



BUENOS AIRES  
Febrero de 1907

INGENIERIA - ARQUITECTURA

AÑO XII° - N° 233

La Dirección y la Redacción de la REVISTA TÉCNICA no se hacen solidarias de las opiniones emitidas por sus colaboradores.

**Sumario:** *Consideraciones sobre la superestructura de los puentes metálicos*, por el ingeniero Fernando Segovia (\*) = HIDRÁULICA: *Diques de embalse*, (Continuación), por el ingeniero S. E. Barabino = *Los progresos del gas y de la electricidad*, (Estudio comparativo), por el ingeniero E. Cornuault — *De la producción y venta de la energía eléctrica*, (Continuación), por el ingeniero H. Laymet = FERROCARRILES, *La tracción eléctrica en los ferrocarriles*, por el ingeniero A. E. Salazar = *Ecos ferroviarios* = *La exposición del centenario* = *Bibliografía*.

(\*) Con una lámina.

## CONSIDERACIONES SOBRE LA SUPERESTRUCTURA DE LOS PUENTES METÁLICOS

**S**E llama *superestructura de un puente* el conjunto de piezas convenientemente unidas que reciben las cargas exteriores y las transmiten a las vigas principales, al mismo tiempo que su peso propio.

La superestructura es un elemento común a todo puente; y del cual no se puede prescindir. Generalmente se compone de tres partes: 1° *Viguetas*, piezas de fuerte escuadría y colocadas normalmente al eje del puente; 2° *largueros* ó *longrinas* piezas paralelas al eje del puente. Son *largueros* cuando sobre ellos apoya el durmiente en caso de un puente para ferrocarril ó la calzada en un puente carretero; son *longrinas*, cuando el riel apoya directamente sobre ellas por intermedio de un durmiente longitudinal.

La figura 1 (véase la lámina) es un croquis de la superestructura de un puente.

Finalmente, sobre los largueros ó sobre las viguetas según el caso ó tipo, apoyan las calzadas para el puente carretero. También hay casos en puentes mixtos, en que las viguetas son parte integral de la calzada.

La figura 2 nos deja ver claramente la disposición

de una superestructura para puente de ferrocarril. La viga principal es de enrejado múltiple; el cordón inferior tiene forma de cajón, la vigueta vá roblonada á él y consolidada la unión con chapas verticales unidas á los montantes, las longrinas se roblonan á la vigueta. Este tipo de puente de vía inferior permite reducir la altura de la viga.

**LARGUEROS**— Generalmente son de alma llena y tienen de  $\frac{1}{7}$  á  $\frac{1}{10}$  de su luz, se forman de alma vertical, cantoneras y chapas horizontales, convenientemente roblonadas entre sí.

Se unen con las viguetas, como muestra la figura 2.

En las figuras 3 y 4 se ve muy claramente esta unión que no necesita explicación. Siempre conviene que el larguero apoye sobre la vigueta y cuando no se puede hacer la unión anterior ni, por la altura de la viga, colocar el larguero arriba de la vigueta, se pondrá bajo el plano inferior del larguero, una consola cantonera, roblonada al alma de la vigueta.

Según los estudios de Rabut en su experimentación de los puentes metálicos, cuando pasa un tren los largueros trabajan como vigas continuas, las deformaciones se producen como muestra la figura 5, pero como es casi imposible el conocer los esfuerzos que se desarrollan gracias á esta continuidad y además la desnivelación de los apoyos (viguetas) es de temer á causa de cualquier roblón que no esté en buenas

condiciones, resulta que el cálculo se deberá verificar de la siguiente manera:

- 1° Para la sección media del larguero suponiendo que este se apoye libremente sobre las viguetas.
- 2° Para los apoyos y uniones teniendo en cuenta el empotramiento sobre las viguetas.
- 3° Verificando el espesor del alma para resistir al esfuerzo de corte.
- 4° Teniendo en cuenta el movimiento ondulatorio ó balancec que hace flexionar horizontalmente los largueros.
- 5° Avaluando los esfuerzos secundarios, estáticos y dinámicos y sobre todo la presión del viento.

Hagamos un ejemplo en el cual tengamos en cuenta las observaciones anteriores. (\*)

Supongamos que las viguetas estén á 2,90 unas de otras y que los tres ejes más pesados estén á 1,50 unos de otros (fig. 6) tendremos

$$M_x = R_A x$$

$$\therefore R_A = \frac{20000 \text{ kg} (2,90 - x)}{2,90} + \frac{19000 (1,40 - x)}{2,90}$$

$$M_x = \frac{20000 (2,90 - x) x}{2,90} + \frac{19000 (1,40 - x) x}{2,90}$$

derivando con respecto á  $x$  para tener el máximo

$$M_x = \frac{20000 \times 2,90 x - 20000 x^2 + 19000 + 1,40 x - 19000 x^2}{2,90}$$

$$\frac{d M_x}{d x} = 0 = 58000 - 40000 x + 26600 - 38000 x$$

$$x = 1,08 \text{ m}$$

$$M = 15820 \text{ kg m.}$$

Para cada larguero tendremos

$$M = 7910 \text{ kg m.}$$

Suponiendo que el larguero pesara 60 kg por m. tendremos para el momento del peso propio.

$$M_1 = \frac{p \cdot i \cdot d}{2}$$

$$p = 60 \text{ kg m}^{-1}$$

$$i = 1,08 \text{ m}$$

$$d = 1,82 \text{ m}$$

$$M_1 = \frac{60 \times 1,08 \times 1,82}{2} = 59 \text{ kg m}$$

$$M = 796,900 \text{ kg cm}$$

Según los últimos reglamentos se aconseja aumentar los esfuerzos obtenidos en la superestructura en la relación

$$2(15 - l)\%$$

(\*) No tendremos en cuenta los pesos del durmiente ni el riel para no hacer más largos cálculos sencillos.

$l$  siendo la luz en metros; este aumento se ha aconsejado para tener en cuenta los choques y efectos dinámicos, cuya influencia es tanto más grande, cuanto más débil es la luz. En nuestro caso

$$2(15 - 2,90)\% = 24\%$$

luego

$$M = 796,900 \times 1,24 = 988,156 \text{ kg cm.}$$

Veamos ahora qué coeficiente de seguridad adoptamos. La viga es de acero dulce del comercio.

Según la fórmula francesa, aconsejada por Vierendeel para el acero

$$\rho = 8 \text{ kg} + 4 \text{ kg} \frac{\text{min.}}{\text{máx.}}$$

y mín.=0 en nuestro caso (según Vierendeel).

Según las fórmulas alemanas antiguas (Launhardt)

$$\rho = 1100 \left( 1 + \frac{1}{2} \frac{\text{min.}}{\text{máx.}} \right)$$

Según modernamente Bauschinger

$$\rho = \frac{\sigma_p}{n}$$

$$\sigma_p = \text{límite de elasticidad} = 2400 \text{ kg m}^{-2} \quad n = 2.$$

$$\text{Adoptaremos} \quad \rho = \frac{2400}{2} = 1200 \text{ kg cm}^{-2}$$

Este valor parece un poco fuerte á primera vista; veremos al terminar este cálculo si conviene reducirlo.

$$\frac{M}{\rho} = \frac{l}{v} = \frac{988,156}{1200} = 823 \text{ cm}^3$$

Podríamos adoptar una viga de  $\Gamma$  pesando 68 kg m<sup>-1</sup> con un momento resistente de 931 cm<sup>3</sup> y una altura de 0,34 m. Estas vigas corresponden á una altura entre  $\frac{1}{8}$  y  $\frac{1}{10}$ , pero puede mejor formarse un perfil compuesto, que dé más economía y rigidez.

Si adoptamos un perfil compuesto de un alma de  $0,33 \times 0,01$  y cuatro cantoneras de  $0,09 \times 0,09 \times 0,01$  tendremos un momento resistente (roblones de 0,02 de diámetro) de 862 cm<sup>3</sup> (fig. 7.)

El esfuerzo de corte máximo sería la reacción en un apoyo, entonces

$$T = 10 + 4,6 = 14600 \text{ kg. (*)}$$

para comprobar el espesor del alma

$$\rho_t = \frac{T s}{l z}$$

$T$  = esfuerzo de corte.

$s$  = momento estático de la sección.

$l$  = » de inercia.

$z$  = espesor del alma.

$\rho_t$  = coeficiente de resistencia del corte.

(\*) Despreciaremos el peso propio.

Según algunos autores italianos  $\rho_t = 600 \text{ kg cm}^{-2}$  para el material que nos ocupa. Según Vierendeel,  $\rho_t = \frac{2}{3} \rho$   $\rho_t = \frac{2}{3} \times 600 = 400 \text{ kg cm}^{-2}$ . Creemos que son valores de una seguridad excesiva. Siguiendo el cálculo con los coeficientes que adoptamos primeramente sería  $\rho_t = \frac{2}{3} 1200 = 800 \text{ kg cm}^{-2}$ .

Apliquemos la fórmula

$$\rho_t = \frac{14600 \text{ kg} \times 610 \text{ cm}^3}{14025 \text{ cm}^2 \times 1 \text{ cm}} = 636 \text{ kg cm}^{-2}$$

Esto nos demuestra que el perfil elegido trabaja en buenas condiciones; pero no es el perfil más económico pues su peso es de  $79 \text{ kg m}^{-1}$ . Combinando mejor la altura y hierros ángulos se llegaría a un perfil más liviano; pero no hay que perder de vista que es conveniente un ancho no limitado de las cantoneras para el buen asiento del durmiente.

Puede suceder, que por comodidad constructiva se interrumpan las cantoneras del larguero, en la proximidad de su unión con la vigueta; luego la sección resistente del mismo será  $z h$ ; entonces

$$\rho_t = \frac{3}{2} \frac{T}{z h}$$

en nuestro caso

$$\rho_t = \frac{3}{2} \times \frac{14600}{1 \times 33} = 663 \text{ kg cm}^{-2}$$

Vemos que el esfuerzo tangencial ha aumentado.

Como es sabido por la resistencia de materiales, los esfuerzos de resbalamiento varían según los planos de la viga que se consideren desde que la fórmula que los representa  $\rho_t = \frac{T s}{I z}$  puede ponerse bajo la forma general

$$\rho_t = \frac{\Sigma T}{z I} \int_u^v y d\omega$$

Además hay que tener en cuenta que los esfuerzos calculados por las fórmulas

$$\rho = \frac{M v}{I} \quad \rho_t = \frac{\Sigma T}{z I} \int_u^v y d\omega$$

no representan siempre los esfuerzos máximos, porque cuando se presenta el caso (tan común en el cálculo de puentes) de una barra sometida al mismo tiempo a un esfuerzo de tracción ó compresión y otro de resbalamiento, la fatiga máxima del material estará dada por la fórmula

$$\rho_{\text{máx.}} = \frac{1}{2} \rho + \rho'_t$$

siendo

$$\rho'_t = \frac{1}{2} \sqrt{\rho^2 + 4 \rho_t^2}$$

Conviene, sobre todo, cuando se trate de vigas altas en los puentes de alma llena, verificar este máximo esfuerzo  $\rho_{\text{máx.}}$

Refiriéndose á los niveles A, B, C y D (fig. 7) formaremos el siguiente cuadro:

I.

$z$	$\int_u^v y d\omega$	$\frac{1}{z} \int_u^v y d\omega$	$\rho_t = \frac{\Sigma T}{I} \times \frac{1}{z} \int_u^v y d\omega$	$z \rho_t$	Observaciones (*)
A -0,01	0,000 610	0,061	6,36	63,6	
B } 0,01	0,000 582	0,058	6,05	60,5	
} 0,03		0,019	1,98	59,4	
C } 0,03	0,000 306	0,0102	1,06	31,8	
} 0,19		0,0016	0,16	30,4	
D -0,19	0	0	0	0	

(\*)  $\rho_t$  por milímetro cuadrado.  $z \rho_t$  para un milímetro de altura y  $z$  de espesor.

II.

Niveles	$\rho$ kg mm <sup>-2</sup>	$\rho_t$	$\rho'_t$	$\rho_{\text{máx.}}$
A	0	6,36	6,36	3,50
B	5,30	6,05	6,60	9,25
		1,98	3,32	5,97
C	10,93	1,06	5,54	11,00
		0,16	5,46	10,93
D	12,00	0	0	12,00

Si deseamos el máximo de solidaridad entre los elementos que componen el perfil, tendremos que calcular la roblonadura de las cantoneras con el alma con la resultante del esfuerzo al resbalamiento longitudinal

$$\frac{T}{I} \int_B^D y d\omega$$

y del esfuerzo de resbalamiento vertical

$$\int_B^D z \rho_t du = \int_B^D \left[ \frac{\Sigma T}{I} \int_u^v y d\omega \right] du$$

Suponiendo de 10 cm la separación entre roblones, tendremos

$$\frac{T}{I} \int_B^D y d\omega = \frac{14600 \times 0,10}{0,00014025} \times 0,000582 = 6069 \text{ kg.}$$

Además:

El trapecio BC: . . . . .  $\frac{59,4 + 31,8}{2} \times 80 = 3648$

El triángulo CD: . . . . .  $\frac{30,4}{2} \times 10 = 152$

3800 kg

$$R = \sqrt{3800^2 + 6069^2} = 7180 \text{ kg.}$$

$$2 \times \frac{\pi d^2}{4} \times 800 = 7180 \quad d = 24 \text{ mm.}$$

Si aplicamos la fórmula común

$$2 \frac{\pi d}{4} \times \frac{4}{5} \rho = \frac{T \Delta x}{I} \int_u^v y d\omega$$

tendremos  $d = 22 \text{ mm.}$

De todo lo anterior deducimos

- 1° Que el coeficiente  $\rho = 1200 \text{ kg cm}^{-2}$  es muy elevado, pues dá para el perfil un momento de inercia pequeño que hace trabajar mucho al material;
- 2° Es conveniente aumentar la altura para que aumente el momento estático;
- 3° No siempre la fatiga máxima se producirá á expensas de una fuerza de resbalamiento;
- 4° El cálculo de la roblonadura debe ser cuidadosamente controlado.

Determinaremos ahora el momento de empotramiento, suponiendo los apoyos á nivel; para comprobar no solo la sección de la viga pero sobre todo la unión del larguero con la vigueta.

Aplicaremos la fórmula suponiendo las cargas  $P$  iguales, y, tomando una media

$$M_1 = \frac{P}{L^2} x(L-x)^2 + \frac{P}{L^2} (l+x)(L-l-x)^2$$

diferenciando é igualando á cero:

$$6x^2 - 2(4L - 3l)x + 2L^2 + 3l^2 - 4lL = 0$$

en nuestro caso:

$$L = 2,90$$

$$l = 1,50$$

$$6x^2 - 14,2x + 6,17 = 0$$

$$x = 0,57 \text{ m}$$

$$M_1 = \frac{P}{L^2} (0,57 \times 2,33^2 + 2,05 \times 0,83^2) = 0,53 P$$

$$M_1 = 0,53 \times 19500 = 10335 \text{ kg m}$$

para cada longrina

$$M = 5168 \text{ kg m.}$$

Como este valor es menor que el debido al apoyo libre solo lo tendremos en cuenta para la unión del larguero con la vigueta.

Si esta unión se verifica como indica la figura 8, es decir, no habiendo apoyo inferior, deberemos tener

$$\rho_t = \frac{T}{2\pi \sqrt{\frac{\pi d^2}{4}}}$$

para los roblones que unen las escuadrias al alma del larguero.

Además, en el empotramiento se verifica una tensión tangencial, la cual es máxima para el roblón más alejado del eje neutro;

Indiquemos con  $e$  la distancia del centro de un roblón á este eje; con  $e'$  la del más alejado, será

$$\rho_s = \frac{\frac{1}{2} M_1 e'}{\frac{\pi d^2}{4} \Sigma e^2}$$

el roblón más fatigado soportará la resultante

$$R = \sqrt{\rho_t^2 + \rho_s^2}$$

Cada uno de los  $n$  roblones, por efecto del esfuerzo  $T$  trabaja al  $\rho_t$  (tensión vertical) y á una normal producida por el momento  $M$

$$S_1 = \frac{\frac{1}{2} M \delta'}{\frac{\pi d^2}{4} \Sigma \delta^2}$$

siendo  $\delta$  y  $\delta'$  lo que indica la figura 8, es decir, las distancias de un roblón cualquiera y del más alejado al plano inferior de la cantonera considerado como eje de rotación; el roblón más fatigado trabajará

$$S = \frac{3}{8} s_1 + \frac{5}{8} \sqrt{s_1^2 + 4\rho_t^2}$$

La aplicación de estas fórmulas nos dan enseguida el criterio necesario para la formación de las roblonaduras. Creo inútil hacer un ejemplo numérico.

Cuando se considere el larguero simplemente apoyado sobre la longrina se empleará la fórmula conocida

$$2n \frac{\pi d^2}{4} \times \frac{4}{5} \rho = F$$

De aquí deducimos la ventaja de apoyar al larguero solo las chapas de la vigueta, colocarlo arriba, ó consolidarlo por medio de cantoneras que hagan el efecto de consolas.

Cuando el tren circula por el puente, se carga un larguero: el opuesto al lado donde sopla el viento.

En un larguero como el que nos ocupa, hay un aumento de trabajo en el metal á causa de la presión del viento.

En los apuntes publicados anteriormente en esta Revista, se ha efectuado un cálculo completo á este respecto, por lo cual no volvemos sobre este asunto.

Recordaremos sin embargo, que hasta el 45% suele ser el aumento producido en las tensiones por este efecto dinámico y esto sin tener en cuenta el esfuerzo de torsión á que se somete el larguero.

Por todas estas razones, resumimos:

- 1° El cálculo de los largueros no puede hacerse á la ligera; es necesario tener en cuenta todos los factores que intervienen para fatigar el material y no es prudente en obras importantes, tomar para  $\rho$  un valor mayor de  $700 \text{ kg cm}^{-2}$ , para acero dulce.

- 2° Las roblonaduras serán calculadas con exceso y efectuadas á la máquina siempre que sea posible.
- 3° Cuando se ensayan los puentes se estudiarán también las deformaciones locales de los largueros.

LONGRINAS — Su cálculo no difiere en nada del anterior. Generalmente se tiene en cuenta para el trabajo solo la parte metálica. La madera y el riel no son sino trasmisores de las cargas.

La figura 9 muestra un armamento sobre largueros.

La figura 10 sobre longrinas, pero debe tenerse presente que la disposición de esa figura es defectuosa, pues la excentricidad de 20 milímetros dá lugar á momentos de torsión en el sentido indicado por la flecha y esta torsión origina un notable aumento de fatiga en el material.

CALZADAS — Además de las ordinarias de maderas (para puentes carreteros) y de pisos de hormigón y granitos, se emplean hoy mucho las calzadas en las cuales los largueros son hierros unidos del tipo de la figura 11, á los cuales apoyan solo las viguetas como puede verse en la figura 12.

El cálculo se hará en la forma indicada, revisando alguna mayor sencillez por la posición del piso sobre las viguetas.

Un tipo muy usado es el empleo de los *buckle-plates*, que se disponen como indican las figuras 13 y 14, suficientemente claras para entrar en explicaciones.

Su cálculo se hace como sigue:

El eje de la chapa se puede considerar como parabólico, entonces (fig. 15) llamando  $p$  la carga por metro:

$$y = \frac{p x^2}{2 H}$$

$$f = \frac{p l^2}{8 H} \qquad H = \frac{p l^2}{8 f}$$

En la unión del buckle con el larguero

$$T = \sqrt{\left(\frac{p l}{2}\right)^2 + H^2}$$

El espesor será

$$e = \frac{T}{\rho}$$

Se considerará para el cálculo una carga uniformemente repartida  $p l$ ; cuando la carga sea concentrada se tomará

$$p l = \frac{P}{0,70}$$

Winkler, tomando  $\frac{f}{l} = \frac{1}{10}$ , una carga de 400 kg m<sup>-2</sup>,  $\rho = 800$  kg cm<sup>-2</sup> obtiene el siguiente cuadro:

Luz en metros	$l = 6$	8	10 mm
1,00	$P = 3,5$	6,0	9,0
1,50	2,9	4,2	6,4
2,00	1,9	3,2	4,9

$l$  en milímetros;  
 $P$  en toneladas.

Para la unión del buckle con el larguero, por metro

$$n \times \frac{\pi d^2}{4} \rho_t = e \rho \cos \alpha$$

$\rho_t$  = coeficiente para esfuerzo de corte;  
 $\rho$  = » » » de tensión.

Para calcular el espesor del ala de la cantonera en donde se roblona el *buckle-plate*, emplearemos la fórmula

$$\rho_1 = \frac{H_1}{e_1} + \frac{6 V_1 a}{e_1^2}$$

En los roblones tendremos un esfuerzo axial

$$\frac{V_1 a}{a_2} + \frac{H_1 a_1}{a_2}$$

y un esfuerzo de resbalamiento

$$\rho = \frac{V_1 a + H_1 a_1}{a_2} \times \frac{1}{n \frac{\pi d^2}{4}}$$

y uno tangencial

$$\rho_t = \frac{V_1}{n \frac{\pi a^2}{4}}$$

VIGUETAS — Para el cálculo de las viguetas se seguirá exactamente el método aplicado á los largueros. Se tomarán no solo las cargas que actúan directamente sobre las viguetas sino también las reacciones producidas por las cargas que actúan entre viguetas.

Por ejemplo, en el caso de la figura 16, tendremos para la reacción en la vigueta.

$$R_1 = 17.5 + 2 \times \frac{18 \times 1.25}{2.25} = 33.864 \text{ ton}$$

y para cada punto de aplicación, la mitad 16.932 kg.

Como el cálculo es exactamente igual al anterior no insisto en este punto.

También hay que tener en cuenta el esfuerzo del viento en su influencia sobre la vigueta. Cuando el puente sea lo suficientemente alto para colocar arriostamiento superior, tendremos que la vigueta, los montantes y el arriostamiento forman un marco ri-

gido ; cuando más adelante tratemos del método de cálculo de Vierendeel veremos como se puede calcular la vigueta formando parte de este sistema.

Cuando el puente de vía inferior tenga la forma de la figura 17, entonces

$$t_1 = \frac{V_1 h_1}{I r}$$

será la fatiga producida por el viento.

El momento  $V_1 h_1$  sobre el montante se trasmite á la vigueta sobre la cual está empotrado y produce un esfuerzo suplementario ( figura 18 ).

Tanto el cálculo del *pórtico* de entrada en un puente, como la deformación del montante y el exceso de trabajo en la vigueta serán motivo de otro pequeño artículo como el presente.

La cuestión de las ensambladuras de las viguetas con las vigas principales, ha sido un problema muy discutido, sobre todo después que el Ingeniero Rabut hizo conocer sus métodos de verificación experimental.

Ya los ingenieros holandeses, en 1876-1878, constataron que los diagonales interiores de los grandes puentes trabajaban mucho más (hasta un 50%) que los exteriores y eso debido á que las uniones se hacían sobre la cara interior del cordón inferior y las cargas se trasmitían fuera del plano medio de la viga principal, creando los esfuerzos secundarios correspondientes. Con el objeto de remediar este inconveniente, idearon aislar cada vigueta sobre el eje del cordón inferior (fig. 19.)

Esta solución no remedió el mal sinó en parte, creando por otra parte un cierto juego en el puente, sumamente pernicioso. Sobre el gran puente de Merwede se resolvió el problema aumentando la sección interior de los diagonales y cordón inferior.

Según Vierendeel es debido á la desigualdad de repartición de los esfuerzos en los diagonales, que se produce esta diferencia en las tensiones.

En resumen, lo aconsejable en estas clases de construcciones es realizar una unión sumamente fuerte entre las viguetas y las vigas principales.

Volveremos sobre todas estas cuestiones al hacer el estudio completo de la teoría de Vierendeel en el cálculo de los puentes metálicos.

Febrero de 1907.

Fernando Segovia.

## HIDRÁULICA

### DIQUES DE EMBALSE

(Continuación — Vease N° 232)



PARA esto obstruimos más ó menos el acueducto de desagüe mediante una gran paradera, que puede cerrarse por completo. Tanteando un poco se obtiene muy pronto el gasto requerido para que el volumen de agua vertida en la torre se equilibre con el que desagua. El derrame, pues, puede tener una altura tan pequeña como se quiera.

Pero no se puede conseguir esta disposición sino mediante compuertas cilíndricas, rodantes ó levadizas ; los demás sistemas, para una compuerta de dos metros cuadrados de superficie, darían lugar a rozamientos enormes. Admitiendo los de deslizamiento, sería difícil darse cuenta del gasto en la torre.

« Se puede, en fin, mediante un caz regulador alimentar automáticamente una serie de tramos cortos de caudal constante i alimentar el canal más lejos sin pasar por dichos tramos ».

Esto puede ser que no entre absolutamente en la cuestión de los embalses ; es, sin embargo, una cuestión anexa, i he creído deber decir algo a su respecto, porque creo que los caces reguladores, conocidos hace 60 años en el canal del Centro, no lo son, ó poco menos, en otras partes. Ahora bien, ellos presentan grandes ventajas ; fueron ideados por el mismo señor Nöel que había ya determinado el mejor perfil de diques de tierra para represas. Mediante estos caces obtenemos en la serie de tramos cortos un nivel constante i automático, lo que da grandes facilidades á las barcas.

Señor Cadart : Yo me adhiero en absoluto á todas las conclusiones del señor Fontaine. Sin embargo, me parece que podría redactarse en términos menos absolutos las conclusiones relativas á los diques.

El señor Fontaine preconiza una disposición que, sin duda alguna es excelente : la de establecer un vertedero fijo, limitado en toda su longitud a 40 ó 60 centímetros más abajo del nivel de la retención.

Sin embargo, la solución adoptada en el canal del Marne al Saóna, i que, por otra parte, es muy poco diferente, me parece igualmente satisfactoria : en vez de establecer toda la longitud del vertedero más baja que el nivel de la retención, se enrasa una parte a igual nivel que el de retención, i la otra a 1<sup>m</sup>25 más bajo. Esta segunda parte, está constituida por

compuertas que, no sufriendo sinó una debil presión, son mui fáciles de manejar. Creo que podría adoptarse una redacción cuyos términos, algo menos absolutos, no condenasen este sistema.

**Señor Fontaine :** Lejos estoi de condenar este sistema, pues lo creo sensiblemente equivalente al nuestro; pero opino que la disposición que hemos adoptado es más económica. Los portillos, que tienen cuando más 60 centímetros de altura, se cierran mediante pequeñas viguetas que el guardián puede fácilmente maniobrar.

**Señor Cadart :** Deseo simplemente una redacción más elástica, que englobe las dos soluciones. Podrá decirse, por ejemplo, que : « todo ó parte del vertedero sea enrasado a un nivel inferior al de la retención, i cerrado por un sistema móvil ».

Con esta ampliación, creo que las conclusiones del señor Fontaine, por otra parte mui justas i perfectamente estudiadas, no pueden producir ninguna objeción.

**Señor Fontaine :** Mi único objeto fué indicar que los vertederos enrasados al mismo nivel que la retención — como se hallan en muchas obras anteriores — constituye un error; pero me adhiero por completo a la enmienda del señor Cadart.

**SEÑOR PRESIDENTE :** Tiene la palabra el señor Cadart para resumir su exposición.

**Señor Cadart:** Señores: El Injeniero Jefe señor Denys, en su memoria sobre la 2ª cuestión ha hecho conocer las grandes líneas de la alimentación de los canales del Alto Marne y del Marne al Saóna. Estos canales de una longitud total de 253 Km., no forman en realidad sinó una sola vía navegable a punto de división único, situado bajo Langres, que atraviesa en toda su longitud, de N. a S., el departamento del Alto Marne; esta vía navegable no está todavía concluida (1902); solo está enteramente construída i abierta a la explotación en una longitud de 198 kilómetros; otros 55 kilómetros deben construirse aún o se hallan en construcción.

La mayor parte de esta vía navegable, o sea, 190 kilómetros, comprendido la ramificación de Wassy que tiene 23 km., debe ser alimentada por 5 estanques, de los cuales 3 ya construídos i funcionando; los otros 2 por construirse.

En la Memoria que he presentado al Congreso solo estudié los 3 primeros. Los he descrito i he dicho con la mayor franqueza — (pude ser tanto más imparcial cuanto que no soi personalmente el constructor de ellos) — todas las disposiciones acertadas que creo

se han realizado en ellos.

Pero también, persuadido que es por lo menos tan instructivo para el porvenir saber evitar las faltas como el realizar mejoras, indiqué con igual franqueza los puntos que considero que dejan algo que desear. Las conclusiones a que llego consisten simplemente en decir: « He aquí lo que hemos hecho; por una parte, las disposiciones que creemos buenas, de las que estamos satisfechos i recomendamos; i, por la otra, las que consideramos no satisfactorias i que no deben imitarse ».

Antes de esponer estas conclusiones, recordaré en dos palabras las disposiciones principales i el sistema de construcción de los diques de los 3 embalses en servicio.

Dos de ellos son de tierra comprimida — los diques de Liez i de Wassy. Son anteriores de algunos años al dique de Torcy-Neuf i, por consecuencia, algo menos perfectos. Sus dimensiones principales están indicadas en mi Memoria.

La longitud es, sobre poco más ó menos, igual en ambos diques, 492,30 en el dique de Liez i 467,75 en el de Wassy. La altura del primero es de 14,43m.; la del segundo de 15,90m. El espesor, al pié, es de 61,02 en el de Liez i de 65,60 en Wassy.

Estos diques han sido asentados, en Wassy con un rodillo de caballos de 3010 Kg. de peso, con carga completa, i en Liez con otro de 4400 Kg. completamente cargado, accionado por el vapor; pero de un sistema mui diverso al adoptado en Torcy-Neuf por el ingeniero jefe Defontaine. En lugar de un rodillo automotor, conduciendo sus propias caldera i máquina, como los cilindros compresores de los caminos, la instalación era absolutamente análoga á la del laboreo a vapor del sistema Fowler. En cada estremidad del dique se había dispuesto una vía en la que funcionaba un carro provisto de torno i una locomóvil.

Estos dos carros estaban ligados por un cable en cuyo medio se afianzaba el rodillo i cada una de las máquinas trabajando por turno imprimía al rodillo un movimiento de lanzadera. El rodillo era de dos ejes, que lo eran á la vez de dos cilindros acanalados; i un obrero subido sobre el mismo lo podía dirigir a voluntad haciendo converjer o diverjer los ejes.

Este sistema nos dió buen resultado. No puedo compararle con el del señor Defontaine, ni discutir los méritos respectivos de ambos mecanismos; pero si el señor Defontaine está satisfecho del sistema que ha empleado, yo lo estoi del empleado por mí.

**SEÑOR PRESIDENTE :** Aunque presidente os pido permiso para intervenir en la discusión. El señor Fontaine nos ha dicho cuan satisfecho estaba del ro-

dillo de vapor, automotor, que ha empleado; sobre todo, á causa de su movilidad i de la facilidad de hacerlo jirar en un espacio sumamente pequeño.

Pero hai que tener en cuenta la circunstancia, completamente especial en el Canal del Centro, de disponer de tierras de una calidad excepcionalmente favorable, que podían ser empleadas sin mezcla alguna de materias estrañas, i que tenían en sí todos los elementos de una excelente tierra de amasijo. En estas condiciones, la mano de obra necesaria para constipar las tierras consistía en una simple compresión que podía hacerse con un solo instrumento. Nada más sencillo, entonces, que el empleo de un rodillo portador de su propio motor, moviéndose, como podría hacerlo un peatón, por decir así, i jirando en un espacio mui restringido.

Pero en el dique de Liez, las condiciones eran mui diferentes: las tierras mui arcillosas de que se disponía debían ser mezcladas con arena, i era necesario, — como lo ha indicado el señor Cadart en su informe (i si yo intervengo es porque he asistido á todas las fases de la construcción, que evidentemente, él mismo no tiene tan presentes como yo) — estender una capa de tierra arcillosa sobre el terreno, de poco espesor, superponer otra de arena i mezclar el todo.

La ejecución de esta mezcla requirió una mano de obra especial que, para ser económica, tuvo que efectuarse igualmente á vapor.

En suma, primero había que laborear las capas estendidas i luego constiparlas.

Si se puede realizar facilmente la compresión con un aparato automóvil, creo que el laboreo i mezcla o amasado de tierras, de naturaleza diversa, no podría efectuarse tan cómodamente con un mecanismo tan móvil como el rodillo descrito por el señor Fontaine, i que, en este caso, el laboreo mediante aparato de vapor, con vaivén, es particularmente apreciable.

Señor Cadart: Por lo demás, el sistema de laboreo no es realmente práctico sinó cuando el dique es rectilíneo, i su aplicación sería mui difícil en uno curvo.

En todo caso, como acaba de hacerlo notar el señor Presidente, lo que tanto nos ha satisfecho en este sistema de apisonado de vaivén, es que con el mismo útil se hacían dos operaciones: la mezcla de las tierras y su compresión.

La mezcla se hacía con un instrumento completamente análogo al arado Fowler, salvo que las rejas eran algo más pequeñas i análogas a la del instrumento aratorio llamado escarificador. El conjunto de los aparatos estaba dispuesto de manera de poder enganchar en el cable ora el rodillo, ora el rastrillo, de

manera de hacer alternativamente con el mismo aparato, la mezcla i el apisonado.

Evidentemente en esto estribaba la ventaja i la economía del sistema. El señor Fontaine, no teniendo que satisfacer las mismas necesidades, empleó un sistema diverso.

El ingeniero jefe, señor Fontaine, acaba de esponer las ventajas que encontró colocando la torre aislada i a monte del dique. Nosotros hicimos en Liez i Wassy la contraprueba. Estos diques fueron contruidos algunos años antes que el de Torcy-Neuf y el sistema que en ellos se empleó no llegó oportunamente á nuestro conocimiento.

Hemos constatado las enormes dificultades i los considerables inconvenientes que presentan las tomas de agua establecidas en el interior mismo de los macizos de tierra.

En nuestras tomas el pozo ocupa el eje mismo del dique; por consecuencia el macizo, en su mitad agua arriba, está cortado por un canal de 1,<sup>m</sup>20 de ancho, limitado por dos grandes muros que avanzan sobre todo el espesor del talud a monte del dique. Esta disposición es absolutamente mala i presenta dos inconvenientes mui graves: rompe la homogeneidad de la obra i produce considerables dificultades de ejecución.

Rompe la homogeneidad porque en medio de un macizo en terraplén, siempre susceptible de asentarse, se encuentran interpuestas mamposterías que, no pudiendo hacer igual asiento, tienden a desprendérse de las tierras.

Las dificultades de construcción son enormes porque tiene que interrumpirse el apisonado en dicho punto, obligando a hacer dos apisonados sucesivos, haciendo pasar el rodillo trás la torre. Además, no es prudente hacer llegar el compresor hasta el borde de la mampostería: hai que detenerlo a cierta distancia para evitar una caída. Debe, enseguida, procederse al apisonado a mano de la tierra próxima a dichos muros, lo que es siempre difícil i costoso, i, como bien dice el señor Fontaine, apesar de todas las precauciones posibles no se arriba á hacerlo bien.

De ahí, esta conclusión, idéntica a la que presentó hace poco el señor Fontaine: « que debe abandonarse por completo la disposición de las tomas de agua en el interior del macizo de las tierras ».

Creo prudente no construir diques de tierra con rapidez, i esta es una de mis conclusiones.

Se ha hecho la esperiencia sobre el canal del Marne al Saõna: la ejecución del dique de Wassy — de 492<sup>m</sup> de largo por 16 de alto — fué construido con una rapidez vertiginosa, en 14 meses.



Condiciones de orden financiero imponían una rapidísima ejecución, pues un concesionario tenía interés en librar mui pronto a la explotación el canal.

Se produjeron escurrimientos sobre el talud a monte que hubo que rehacer i consolidar con contraertes, como el dique de Cercey.

En Liez se construyeron muy rápidamente las tres gradas inferiores, revistiendo el macizo a medida que se hacía: produjeron asientos, pequeños, es verdad, pero suficientes para quebrar las gradas.

Se resolvió, entonces, ir más despacio, construyendo antes el terraplén i revistiéndolo tan solo dos inviernos más tarde. Esta disposición dió buen resultado.

Creo, pues, que puede aconsejarse dejar un intervalo de tiempo bastante considerable, por lo menos un invierno, dos, si se puede, entre la ejecución del apisonado i la del revestimiento de mampostería.

Para terminar con los diques de tierra, creí conveniente esponer en mi Memoria un sistema que empleé el año pasado, en un estudio de anteproyecto para efectuar mui rápida i aproximadamente una comparación entre diversos diques, igualmente posibles, del punto de vista de su precio de coste.

El método es escesivamente elemental; pero como me dió buen resultado, creí que podría ser interesante hacerlo conocer.

Consiste simplemente en descomponer — como en toda valuación de obra — el gasto total en un cierto número de elementos parciales i aplicar a cada uno el precio unitario que le conviene. Todo consiste en hacer una elección juiciosa de estos elementos.

La obra — solo se trata de diques de tierra — está dividida en 4 partes:

El macizo.

El revestimiento del paramento agua arriba (a monte.)

El muro de guardia i el parapeto.

Las obras de toma de agua i desagüe.

Se calcula mui fácilmente el volumen del macizo cuando se ha fijado el perfil tipo del dique. Basta una hora de medición, puesto que no hai más que aplicar dicho perfil tipo á la sección trasversal del valle en el sitio de la obra, único perfil que tiene que levantarse. Si no se poseen datos previos sobre la naturaleza del terreno conviene verificar algunas calicatas, simultáneamente al levantamiento de la sección, para determinar la profundidad media del muro que hemos llamado de *guardia*, (de *seguridad*), que debe empotrarse en los terrenos impermeables.

El segundo elemento es el precio del revestimiento del talud a monte. Se le refiere a la superficie vertical de proyección del dique sobre un plano vertical

paralelo a su eje, a cuya proyección es proporcional la superficie por revestir. Se procede así por analogía con el método empleado para referir el coste de los grandes viaductos de mampostería al metro superficial de la superficie en elevación; pero con mayor exactitud.

El volumen del empedrado a monte, que cubre una serie de bermas i taludes de inclinación constante, es evidentemente proporcional a esta superficie de proyección; basta, pues, aplicar un segundo precio unitario convenientemente elegido, para valuar este segundo elemento del dique.

El tercer elemento, muro de seguridad i parapeto, es proporcional a la longitud del dique que se deduce del perfil levantado. Basta tener cuidado, en la fijación del precio unitario por aplicar, de dar al muro la profundidad media que debe tener.

La valuación hecha en esta forma es suficientemente exacta en cuanto a los tres primeros elementos.

La del cuarto, es un poco menos precisa.

Para las obras de desagüe, he admitido que el gasto es proporcional a la altura, lo que no es del todo cierto. Lo es en cuanto a las obras de toma i canal de descarga que baja del vertedero al fondo del valle; pero no lo es para el vertedero i sistema de compuertas de desagüe, cuyas dimensiones e importancias, dependen, sobretodo, del caudal de las crecidas por desaguar; pero como estas primeras obras cuestan poco en relación a las tomas i canal de descarga, no se comete un gran error admitiendo para el todo la proporcionalidad a la altura.

Yo tenía que considerar una veintena de embalses posibles, entre los cuales debía elegir dos i estimar las ventajas de cada uno. Como se presentaban diferencias notables, no era necesaria una grande precisión i pude llegar en pocas semanas a compararlos entre sí, de modo que la elección se impusiera sin hesitación posible.

En la creación de un embalse las espropiaciones cuestan, con frecuencia, tanto como el dique. Era, pues necesario darse cuenta del coste de los terrenos por adquirir. Pero aún en esto adoptamos un método rápido calculando, nó sobre la superficie exacta de las ocupaciones, mui largo de determinar, sinó sobre el area de la superficie superior del lago que se deduce de un mapa, aplicando la curva de nivel correspondiente, salvo el aumentar convenientemente el precio de la hectarea para tomar en cuenta la diferencia entre las dos superficies.

La esperiencia de los embalses construidos ha demostrado que con este método se alcanza una exactitud mui grande.

Voi á decir algunas palabras sobre el dique de Mouche.

Es de mampostería i más alto que los de tierra de que acabo de hablar. Tiene 410,<sup>m</sup>25 de largo, 22,55 de altura aparente de retención sobre el umbral de la compuerta de fondo, i 20.<sup>m</sup> sobre la vaguada. La altura efectiva del embalse es de 28,<sup>m</sup>82 sobre el piso de la fundación. Los terrenos sólidos — marnas mui duras i compactas del lias superior — estaban á mucha profundidad bajo el terreno natural.

Las fundaciones tienen una profundidad de 7,<sup>m</sup>26 como minimum en la vaguada; i alcanzan á 21,<sup>m</sup> en su empotramiento en una de las faldas, pués las tierras superficiales se elevaban más en los flancos que en los terrenos primitivos. La mayor altura de la obra, entre las fundaciones i el parapeto es de 34,<sup>m</sup>92.

Es una circunstancia mui particular tener fundaciones tan importantes, pues si se hace separadamente la cubicación de la mampostería que se halla sobre el terreno del valle, se encuentra que el volumen de esta es solo un 44% del total, es decir, que hai enterrado 56% de la mampostería total.

Estas fundaciones dieron lugar á dificultades de ejecución mui grandes. Se produjeron escurrimientos mui importantes en una de las laderas, que fueron perfectamente dominados bajo la hábil dirección de M. Carlier, entonces Injeniero Jefe, circundando el terreno con un pilotaje i tablestacado, hincado hasta el terreno firme. En la otra falda se tuvo la suerte de evitar los deslizamientos, o mejor aún, de contenerlos en absoluto, desde el principio.

Se ha construido mui rápidamente contrafuertes de sostén en la ladera que amenazaba derrumbe; los que se duplicaron i luego triplicaron de manera de constituir un sector de sostén continuo que se adosó enseguida en la mampostería de fundación de la estrechidad del dique, que se construía simultáneamente atrás.

La composición del mortero es análoga á la indicada por el señor Bouvier para los diques del Mediodía. El dosaje es de 390 Kg. por <sup>m</sup>3 para la cal de Aube; i de 350 Kg. para la de Teil, que es más liviana.

El perfil fué calculado exactamente según el método preconizado por los señores Bouvier i Guillemin, es decir, que no se ha limitado á considerar las secciones horizontales, sino que calculado para estas el perfil, se verificó minuciosamente las tensiones en las secciones oblicuas, i que en ambos casos se tuvo en cuenta la totalidad de la resultante. Son los métodos de cálculo que dan mayores espesores i el máximun de seguridad. Se trató también de mantener en la parte superior la curva de las presiones

en el interior del tercio medio. En esta parte, las presiones sobre el paramento agua abajo, son bastante inferiores al límite de resistencia prefijado. No es posible, pues, que se produzcan tracciones en ningún punto del paramento agua arriba.

Las presiones por <sup>cm</sup>2 no pasan de 6,26 Kg. con embalse lleno, i 6,36 Kg. cuando está vacío. Estas presiones son indudablemente pequeñas para las mamposterías; pero las marnas del lias que servían de terreno de fundación, tienen una resistencia mucho menor que las rocas durísimas sobre las que se fundaron los diques del mediodía, i no se creyó prudente ultrapasar dichas presiones, lo repito, no por la mampostería, sinó en vista de la roca marnosa sobre que se fundó.

Lo que tiene de orijinal el dique de Mouche es la disposición adoptada para permitir la creación de un camino vecinal, de 7 metros de ancho, sobre su coronación.

Esta disposición, que produce el más bello efecto, es debida á nuestro honorable presidente, Sr. Carlier.

El camino, con los parapetos, debía ocupar un ancho de 7,<sup>m</sup>60, i no era racional dar al dique un ancho tan considerable en la coronación, innecesario i costoso. Limitóse á 3,<sup>m</sup>50, agregándose una especie de viaducto en el paramento á valle, constituido por unos 40 arcos de 8 m de luz. Este viaducto tiene el mismo ancho que la parte maciza de la coronación, i un voladizo sostiene el plinto i el parapeto de agua abajo. Esta solución al mismo tiempo que economiza mampostería dá á la obra un grandioso aspecto arquitectónico mui satisfactorio, poco más o menos, el mismo aspecto que presenta el dique de Grois Bois del que habló ha poco el señor Fontaine; pero con esta diferencia, que los contrafuertes de este dique no hacen parte integrante de una obra construida racionalmente i de un tirón, mientras en los de Mouche la arquería constituye una solución eminentemente racional i económica, á la vez que irreprochable del punto de vista técnico.

En los cálculos de resistencia se tuvo en cuenta el viaducto, i el método seguido está espuesto en mi Memoria, donde pueden consultarla los interesados, pues sería mui largo esponerla aquí.

Creo, pues, que podría proponerse esta conclusión en el caso particular de que tuviera que pasar un camino ancho por la coronación de un dique de mampostería:

« La solución adoptada en el dique de Mouche para permitir el paso de un camino vecinal sobre la coronación de un dique de mampostería parece mui acertada, tanto del punto de vista técnico como del efecto decorativo conseguido ».

En fin, las tomas fueron dispuestas como las del dique de Bouzey, en el canal del Este.

Se ha agregado a monte del dique una media torre de paramento exterior semi-decagonal, con 3,<sup>m</sup>15 de apotema, e interiormente semicircular, con radio de 1,<sup>m</sup>15. En las caras externas se hallan las compuertas de toma, espaciadas verticalmente de 4,<sup>m</sup>50 entre sí, que establecen la comunicación entre el embalse i el pozo interior de la media torre. En el paramento plano (diametral) de este pozo se han practicado dos compuertas de seguridad que permiten el desagüe del agua que entra en la torre. Hai, pues, doble seguridad.

Ordinariamente, se levanta las compuertas de seguridad interiores sin presión; pero sus cremalleras de maniobra han sido calculadas, sin embargo, para que dichas compuertas puedan ser levantadas bajo la presión de la retención máxima. Por esto se resolvió establecer dos pequeñas compuertas de seguridad gemelas, más bien que una grande compuerta única.

Si ocurriera un accidente á una compuerta exterior, o si un cuerpo extraño impidiera su cierre, se podría seguir el servicio con solo las compuertas interiores hasta el próximo agotamiento del embalse.

Cual lo espuso el señor Fontaine, a propósito de Torcy-Neuf, la doble seguridad presenta además la ventaja de permitir disponer del nivel de agua dentro de la torre i atenuar, cuanto se quiera, la caída en el pozo del agua que entra por los portillos de toma exteriores de la media torre.

Nuestras paraderas no son tan perfeccionadas como las de Torcy-Neuf; no tenemos ningún sistema que nos permita sustituir el rozamiento de deslizamiento por el de rodadura. Las nuestras son simple planchas de hierro colocadas delante de escurridores del mismo metal. Su espesor varia de 20 a 45 mm. Con este último espesor las planchas son verdaderas placas de blindaje. Hemos reconocido que este sistema era suficiente i nos satisficé su funcionamiento, puesto que en los embalses no es necesario que las maniobras sean rápidas. Conviene, por lo contrario, que sean estremadamente lentas. Siendo considerable la presión sobre la paradera, tenemos crics de maniobras mui poderosos i, por consecuencia, que multiplican grandemente la fuerza. Su relación es de 1:1000 para las grandes paraderas. Se requiere así 1 minuto para levantar de 2 cm. la compuerta, lo que no es un inconveniente. Durante la alimentación normal, la variación por dar a la paradera de un día á otro para conservar un gasto constante, jamás pasa de 2 cm.; i no es, por lo demás, excesivo imponer a los maniobreros un trabajo de 1 minuto por día.

No es prudente, al comenzar la alimentación, le-

vantar rápidamente las paraderas puesto que daría lugar á una onda que produciría grandes desperfectos en los molinos, no teniendo tiempo los molineros para preparar sus compuertas para el nuevo caudal por desaguar. Es conveniente que el agua llegue gradualmente, i, de este punto de vista, es más seguro dar a los maniobreros un mecanismo que no les permita una maniobra rápida.

No pretendo, por esto, decir que nuestras paraderas, de sistema completamente primitivo, sean superiores a las perfeccionadas i tan ingeniosas de Torcy-Neuf. Digo solo lo que se ha hecho, i agrego simplemente que los resultados obtenidos nos parecen suficientes, sin pretender que no se pueda hacer mejor. Ya se hizo mejor en Torcy-Neuf, i el señor Fontaine acaba de decirnos que se puede aventajar aún en el porvenir.

Terminaré mi esposición con una consideración sobre la forma icnográfica por dar a los diques de mampostería. El dique de Mouche es rectilíneo i la temperatura ha producido en él pequeñas deformaciones i aún pequeñas fisuras. Es absolutamente indudable que tales movimientos son debidos á la temperatura. Se han observado las deformaciones i fisuras con la mayor prolijidad i se ha constatado que en invierno se formaron grietas de 1 mm., en media. Algunas eran mui pequeñas; otras alcanzaban hasta 2 mm.

Estas fisuras presentaban su máximo de abertura en el coronamiento del dique i desaparecían por completo a 8 m bajo el nivel del agua. Estaban mucho más abiertos en el paramento a valle, en el cual se constataron las dimensiones arriba indicadas, que en paramento a monte, donde eran mui poco visibles.

Esta disposición de las hendiduras indica por sí sola que son debidas á la contracción producida por el frío, puesto que donde la temperatura se mantiene constante, es decir, en la parte inferior del paramento a monte, donde las capas de agua quedan siempre a 4°, no se produjeron grietas.

Pero la observación siguiente es aun más convincente. En verano no solo las fisuras se cierran de nuevo sino que el dique se deforma en plano, no bastando el cierre de las hendiduras para contrarrestar su dilatación. Se ha colocado puntos de referencia en el cuarto, en el medio i en los  $\frac{3}{4}$  de la fonjitud del dique i se ha observado que este tomaba en verano formas escesivamente variables, jeneralmente con puntos de inflexión.

La separación más grande observada fué de 19 m.m. en medio del dique, pero este varia constantemente de forma i, hace pocos meses, volvió por casualidad casi a su forma primitiva rectilínea.

Parece que estos fenómenos no se producen en los diques curvos con la convexidad agua arriba. He leído con detención, la Memoria del señor Bouvier i no he visto que se hayan producido hechos análogos en los diques curvilíneos del Mediodía. Encuentro, por lo demás, esta diferencia absolutamente racional.

Dando a los diques una icnografía curva circular, convexa a monte, se somete, en efecto, la dilatación i la contracción a una lei precisa, en lugar de dejarlas obrar arbitrariamente. La dilatación se traduce por un desarrollo mayor del arco de círculo. Para que el desarrollo sea mayor basta que el orco se eleje del centro de curvatura, i, si esta es uniforme, la alargamiento por metro corriente es igual en todas partes.

Por consecuencia, no deben de producirse en cada unidad de longitud sinó deformaciones absolutamente infinitésimas, las que no pueden, como en los diques rectilíneos, acumularse sobre una estención de 40 ó 50 metros para producir fisuras.

En estas condiciones, el radio de curvatura aumentaría en verano i disminuiría en invierno en las partes espuestas a las variaciones de temperatura, permaneciendo constante en las sumerjidas. No moviéndose el pié del dique, el releje del muro agua arriba disminuiría en verano i aumentaría en invierno; se produciría, como acalamos de decir, una especie de movimiento elástico i periódico, i no habría que temer ni grieta, ni deformaciones permanentes.

Creo que esto no es pura teoría, sino que se trata de hechos confirmados por la esperiencia. En efecto, no se han observado fisuras aparentes en los diques curvilíneos, ni, sobre todo, que se abran i cierren alternativamente. Por lo contrario, todos los diques rectilíneos de grande longitud se han agrietado. Se han hecho, además, recientemente, esperiencias sobre los grandes arcos de mampostería.

El ingeniero Draux ha dado cuenta, en un artículo recientemente publicado en los Anales de Puentes i Calzadas, de las observaciones que ha hecho sobre las grandes bóvedas de mampostería, en las que ha medido sus movimientos durante muchos años, con instrumentos de alta precisión. Observó que la llave de la bóveda se elevaba en verano, i descendía en invierno con un movimiento absolutamente periódico i, hasta cierto punto, elástico, sin que se produjera en ellas la menor grieta.

Opino, pues, que puede admitirse la conclusión que he propuesto en pro de los diques curvilíneos, no solo por ser conforme con la teoría, sino porque ha sido confirmada por la práctica, especialmente

por las observaciones hechas tanto sobre los diques rectilíneos o curvilíneos como sobre las bóvedas de mampostería de grande luz.

SEÑOR PRESIDENTE : Como dijimos al principiar la Sesión; dejamos la discusión de las conclusiones presentadas por diferentes relatores para después de espuestas todas las memorias. Nos quedan aún tres por examinar sobre la cuestión embalses, i aunque no contienen conclusiones, sus autores podrán suministrarnos datos capaces de aclarar las ulteriores discusiones. Tiene la palabra el señor Hoerschelmann para resumir su relación.

Señor Hoerschelmann : Los principales reservorios construídos en Rusia tienen dos particularidades : ante todo, la mayor parte no sirven para alimentar canales i esclusas como es frecuente en los demás países; luego, el aumento de volumen de agua no es obtenido por represas mui elevadas sino por la estension de los lagos que en la mayor parte de los casos se utilizaron para crear reservorios.

Como el mayor de nuestros embalses, el Werkhnevoljsky, sirve para la alimentación de un gran río, el alto Volga, tiene que dar de golpe bastante agua para que la alimentación artificial pueda ser de alguna utilidad a la navegacion. Da paso, en efecto, en condiciones ordinarias, a un gasto de  $60 \frac{m^3}{s}$ , lo que aumenta considerablemente el calado del Volga. A una distancia de 150 Km proximamente, la creciente artificial alcanza una altura de 8,85. A mayores distancias su altura disminuye gradualmente i termina por ser inapreciable a 700 Km del embalse.

Este volumen de  $60 \frac{m^3}{s}$ , lo suministra el reservorio durante 80 o 90 días, vale decir, que abastece cerca de 400 millones de metros cúbicos.

Se hace aprovechar esta agua de alimentación en dos ocasiones por la navegacion : al principio del verano (22 Mayo al 2 de Julio), época en que concluye la natural crecida de primavera del río, i los barcos necesitan aumento artificial de calado para proseguir su viaje. Hacia principios de Julio el agua del estanque empieza a agotarse. Entonces se cierra el dique para almacenar aún una cierta cantidad de agua, de a que se aprovecha para alimentar al río desde fines de Julio hasta mediados de Setiembre. En esta época la altura natural del río alcanza ordinariamente su mínimo, i para posibilitar la navegacion de los barcos que cargaron en Julio, se alimenta de nuevo artificialmente hasta el 15 de Setiembre próximamente, en cuya época se producen lluvias más o menos fuertes que aumentan el caudal del río i permiten a los barcos navegar hasta el principio de las heladas,

con un calado, sin embargo, menor que en primavera.

El trecho del Volga comprendido entre las ciudades Tver i de Rybinsk, esto es, a una distancia más o menos de 350 a 700 Km del embalse de Verkhnevoljsky, está también alimentada por una parte de las aguas del reservatorio de Zavodsky, que primitivamente fué creado para alimentar la vía navegable Vichnevoljtsky, construída al principio del siglo último i en la que existen rápidos muy peligrosos, cuya mejora requeriría un gasto excesivo por lo cual, a principios del siglo actual, se reunieron el Volga y el Neva mediante una nueva vía, los sistemas de canales Marie. Por estos canales, mucho más cómodos para la navegación, pasa actualmente la mayor parte de las mercancías que se dirijen por agua del Volga a S. Petersburgo.

Así, el reservatorio de Zavodsky puede ser utilizado, en parte, para alimentar el alto Volga, con el cual comunica por el canal Tveretsky i el Tvertsa, que desagua en el Volga cerca de Tver, a 350 Km. agua abajo del embalse de Verkhnevoljsky.

El de Zavodsky tiene la particularidad de parecerse a un gran lago artificial de unos 70 Km<sup>2</sup> de superficie. Sirve para trasportar los productos de un gran número de establecimientos, de diferentes industrias, instalados en sus bordes.

Los otros reservatorios del sistema fluvial Vichnevoljtsky son menos importantes que el Zavodsky.

Todos estos embalses están cerrados por diques de construcción muy sencilla, compuestos de montantes i paraderas de madera. La altura de la retención no pasa de 5, m<sup>33</sup>.

El caudal de agua de alimentación provisto por todos los reservatorios del sistema fluvial Vichnevoljtsky alcanza a cerca de 600.000.000 metros cúbicos.

De los datos que he dado en mi memoria no entiendo deducir principios o conclusiones jenerales: quise tan solo demostrar que, en Rusia, algunas veces las circunstancias locales permiten con medios muy modestos, facilitar sensiblemente la navegación sobre los ríos, introduciendo en sus cauces volúmenes considerables de agua de alimentación suplementaria. Tal es el significado que deseo atribuyais a mi relación.

Por la traducción:

S. E. Barabino.

(Continúa)

## Los progresos del gas y de la electricidad

(ESTUDIO COMPARATIVO)



En la sesión celebrada en París el 4 de Enero último por la *Société des Ingénieurs Civils de France*, M. Hillairet, presidente de ésta importante institución durante el año 1906, procedió á poner en posesión de su cargo al nuevo presidente de la misma M. Cornuault, un veterano de la industria del gas cuyos trabajos técnicos sobre temas de su especialización son universalmente conocidos.

Con tal motivo, M. Cornuault pronunció un notable discurso, en el que hizo un exámen comparativo de los progresos del alumbrado eléctrico, y de su rival: el alumbrado á gas.

Este estudio constituye una síntesis hecha por mano maestra, por lo que hemos creído no deber privar á los lectores de la «REVISTA TÉCNICA» de esta verdadera primicia, que ha sido traducida en su obsequio.

Omitiendo aquello que no se refiere al tema principal de su exposición, dijo M. Cornuault:

El alumbrado interesa á la humanidad entera.

Cuando el sol desaparece en el horizonte, el hombre civilizado recurre, para reemplazar á la luz del día y prolongar las condiciones de la vida social, á luces artificiales cuyo número é intensidad aumentan sin cesar en nuestros días, sin que se pueda racionalmente asignarles otros límites que la claridad del día mismo; límite bien distante si, partiendo de los antiguos trabajos de Bouguer y de las evaluaciones más recientes de Fontaine, se considera que la cantidad de luz solar desparramada en una ciudad como París, por ejemplo, representa más de 10000 veces la suma de todo el alumbrado artificial tal cual se emplea actualmente en esta capital.

Se puede pues decir con verdad que el campo de acción del alumbrado es indefinido. Puede decirse igualmente que el alumbrado es esencialmente moderno.

Desde los tiempos más remotos hasta fines del siglo XVIII, no había hecho, puede decirse, ningun progreso de un siglo sobre otro, bien que la luz artificial parezca ser contemporánea de los primeros tiempos de la humanidad.

Desde el origen del mundo, los hombres han debido buscar á prolongar sus trabajos más allá del tiempo que se lo permitía la luz del sol y, á no dudarlo, el fuego de leña ha sido la primera luz utili-

zada para disipar las tinieblas; del fuego de leña se ha pasado á la antorcha de madera resinosa ó inducido de resina, luego á la lámpara romana constituida por un vaso agujereado para dar paso á una mecha embebida en aceite y, en fin, á la vela de cera, que constituía el alumbrado de lujo de los Romanos; más tarde, vino la vela propiamente dicha, vela de cebo, del más difundido uso durante siglos. Velas de cebo para los pobres, vela de cera para los ricos, tal ha sido todo el material de alumbrado de nuestros antepasados; el consumo aumentó, pero el sistema permaneció siendo el mismo.

Es apenas durante la segunda mitad del siglo XVIII que aparece el reverbero de aceite, y en fin, en 1784, que la invención y la divulgación de la lámpara Argand, lámpara de aceite á doble corriente de aire, señalan visiblemente el punto de delimitación entre el antiguo alumbrado y el moderno.

Desde esta época, he aquí, en breves líneas, las etapas sucesivas recorridas:

**PERÍODO 1800-1820** — Perfeccionamiento de la lámpara Argand, lámparas de aceite Carcel y Gagneau y, en fin, y sobre todo el alumbrado á gas, la invención de Felipe Lebon, á cuyo nombre deben asociarse los nombres de Murdoch y Winsor.

**PERÍODO 1820-1840** — Es apenas desde 1830 que el alumbrado á gas se implanta prácticamente, que metamorfosea el alumbrado público de las ciudades al mismo tiempo que viene á revolucionar poco á poco el alumbrado del interior de las habitaciones; en esta misma época, el alumbrado interior recibe un refuerzo considerable con la invención de la bugía esteárica fabricada industrialmente por *de Milly* desde 1834, la que dá un golpe mortal á la vela y á la bugía de cera.

**PERÍODO 1840-1860** — Desarrollo de los alumbrados precipitados, sobre todo del alumbrado á gas que, al término de éste período (1855), ha recibido un nuevo impulso por la fusión de diversas Compañías de gas instaladas en París, concentradas en una poderosa y única Compañía.

**PERÍODO 1860-1870** — Fuera del desarrollo del alumbrado á gas que continúa, este período se señala por la aparición de la lámpara de aceite mineral alimentada por los petróleos descubiertos en los Estados Unidos é importados á Europa desde 1861. La baratura del petróleo, la ausencia de todo mecanismo en la lámpara alimentada por un líquido volátil, por ende, la simplicidad y el reducido coste de la lámpara á petróleo, permitieron su rápido desarrollo y modificaron profundamente el alumbrado privado, sobre todo entre las clases trabajadoras.

**PERÍODO 1870-1880** — Este período es señalado por la entrada magistral en línea de una nueva fuente de luz, el alumbrado eléctrico, que vá á crear una nueva era en el arte del alumbrado, levantar continuamente su nivel y estimular ardientemente los alumbrados rivales; es en 1878 que la aparición de la bujía Jablochhoff, sobre la Avenida de la Opera, daba al alumbrado eléctrico un impulso que no debía ya pararse, y que era seguido de cerca por la aparición de las lámparas eléctricas á incandescencia, (1880).

En fin, desde el alumbrado eléctrico, tenemos aún á señalar como invento nuevo el acetileno, gas carburado, conocido desde largo tiempo, pero cuya producción no se ha hecho práctica sino desde 1894 época en la cual el carburo de calcio ha sido fabricado al horno eléctrico: el acetileno, en razón de su gran poder de iluminación, del carácter esencialmente portátil de sus aparatos de producción, presenta un interés real en numerosas circunstancias especiales.

Esta rápida revista de conjunto, es suficiente para rendirse cuenta de todo el camino recorrido desde hace un siglo.

Permitidme ocuparme ahora de lo que me proponía tratar ante vosotros, es decir, de los progresos recientes del alumbrado á gas:

Es, según os dije hace un rato, hácia 1830 que el alumbrado á gas, bien que conocido desde fines del siglo precedente, entró verdaderamente y prácticamente en línea; fechas precisas, particularmente para el alumbrado de vías públicas parisienses han podido ser consignadas, y es así como puede saberse que es el 1° de Enero de 1829 que los primeros picos de gas fueron instalados sobre la vía pública, plaza del *Carrusel*, luego calle de la Paz, etc.

En 1835, no había aún sino 203 picos de gas en todo París.

En 1839, había 1162 picos de gas y 11654 picos de aceite.

En 1848, había 8600 picos de gas y 5880 picos de aceite.

En 1852, había 13733 picos de gas y algunos centenares de picos de aceite.

Los picos de gas generalmente empleados eran los picos llamados mariposas, encerrados en linternas y dando una llama chata, en forma de abanico. Los tipos de estos picos han sido definidos en 1843, por Fresnel, así:

	Consumo	Poder de iluminación	Consumo por carcel
	Litros	Carrels	Litros
Picos mariposas, 1° série...	100	0,77	129
» » 2° » ...	140	1'10	127
» » 3° » ...	200	1'72	116

Fuera del pico-mariposa hendido, se empleaba el pico bugía ó pico agujereado; en fin, el pico de doble corriente de aire, imitado de la lámpara de Argand, llamado después pico Bengel. Este último muy minuciosamente descrito por Dumas y Reynault, en su instrucción clásica, sirve á los ensayos de verificación del gas en París y otras partes; el pico tipo dá el carcel para 105 litros de consumo horario de gas. Se podía naturalmente hacer picos de mayor poder, pero raramente se pasaba de 200 á 300 litros de consumo y, por consiguiente, 2 á 3 carcels de intensidad.

Tal era la situación, cuando apareció, en 1878, la luz eléctrica (bugías Jablochhoff) sobre la avenida de la Opera. Los productores de gas, un tanto emocionados, — porque no habrían de confesarlo? — se desvivieron entonces para poder probar que podían, con el gas, hacer tan bien, sinó mejor y con gasto menor; esta emulación fecunda fué alentada por la ciudad de París que cedió, en 1879, á la compañía del gas, la calle del Cuatro Setiembre, próxima á la Avenida de la Opera, como campo de experimentación. La primera idea fué de agrupar varios picos mariposas en un mismo farol y es así que se creó el pico intensivo llamado con el nombre de esa calle, el que hizo entonces sensación; componíase de seis fuertes picos mariposas, con hendiduras de  $\frac{6}{10}$  de milímetro, consumiendo cada uno 233 l. por hora, sea un total de 1400 l., y dispuestos en un círculo de 16 centímetros de diámetro; este pico, especie de canastilla de fuego muy decorativa, daba una intensidad de unos 13 á 14 carcels.

La comparación entre el alumbrado intensivo de la calle Cuatro Setiembre, por los nuevos picos de gas, y el alumbrado de la Avenida de la Opera por las lámparas Jablochhoff, se hizo en la forma siguiente:

GAS — Calle del Cuatro Setiembre, 0,15 carcel por  $m^2$ ; gasto horario 14,<sup>56</sup> f.

ELECTRICIDAD — Avenida de la Opera, 0,05 carcel por  $m^2$ ; gasto horario 19,<sup>20</sup> f.

La ventaja resultaba ampliamente para el gas, y el alumbrado Jablochhoff desaparecía provisoriamente de la Avenida de la Opera en 1882.

Ante el éxito del pico intensivo del Cuatro Setiembre, de 1.400 l, otro tipo del mismo género, de 875 l, era creado y, en un informe de diciembre 1878, presentado por M. Cernesson, en nombre de la Comisión del Concejo Municipal, la aplicación de estos nuevos picos estaba regulada de tal manera que, por ejemplo, la cantidad de luz calle Cuatro Setiembre era aumentada en la proporción de 4,2 á 112, y en la plaza del *Chateau d'Eau* en la proporción de 10,7 á 80.

Un primer beneficio del alumbrado eléctrico ha sido pues el de aumentar considerablemente las cantidades de luz distribuidas sobre la vía pública.

Los picos de gas intensivos á aire libre continuaron multiplicándose los años siguientes, siendo así que se contaba en París:

En 1882, 279 picos de 875 l. y 466 de 1.400 l.  
» 1888, 379 » » » 1.126 » »

Pero, en el intervalo, los picos á recuperación, — á aire caliente, como también se les llama, — hacían su aparición, y tras algunos años de tanteos, llegaban á suplantar poco á poco los picos intensivos á aire frío, que acababan por desaparecer casi totalmente.

El primer pico á aire caliente es debido á un francés, Chaussonot, que hizo notar el interés que había en elevar la temperatura del aire alimentando la combustión del gas de un quemador, del punto de vista del aumento de la intensidad luminosa producida; desde 1836, obtenía un premio de la *Société d'Encouragement*, por su lámpara reuniendo, dice el informe: « los medios más eficaces para aumentar el poder luminoso de las llamas producidas por la combustión del gas », pero es solo mucho más tarde, hácia 1879, que Federico Siemens, utilizando, para calentar el aire, el medio fecundo de la recuperación, ya aplicado á la calefacción industrial, hacía práctica la idea de Chaussonot y constituía el pico intensivo á recuperación, que tuvo su período de éxito.

He tenido el honor de presentar los primeros picos Siemens introducidos en Francia, á la Sociedad de Ingenieros Civiles, hace ventiseis años, en la sesión del 21 de Enero de 1881, y de explicar los principios sobre los cuales se fundan; básteme recordar someramente que es á la incandescencia de las partículas de carbono liberadas por la descomposición de los carburos de hidrógeno, que se debe el poder luminoso del gas y que las partículas de carbono incandescentes dan tanta más luz que ellas son llevadas á una temperatura mayor. Es un fenómeno análogo el que se constata en las lámparas á incandescencia eléctrica; cuando son, como se dice vulgarmente « *empujadas* », emiten más luz y una luz más blanca, conteniendo la luz rayos más refrangibles.

Para obtener pues una temperatura más elevada de la llama, F. Siemens calculó el aire necesario á la combustión, utilizando ó recuperando para ello, el calor perdido de los mismos productos de la combustión; en límites prácticos, es decir, entre 0 y 400 ó 500 grados, el rendimiento mejora, según los experimentos de M. E. Sainte Claire-Deville, de un 20% para 100 grados de elevación de temperatura.

Es en estas condiciones que fueron creados picos intensivos á recuperación de los tipos principales siguientes :

Picos de					
350 l. de consumo horario, dando	5 á 6	carcels, sea	60 l.	por	carcel
700 " " " " " "	13 á 14	" " "	50 á 60	" "	" "
900 " " " " " "	20 á 22	" " "	40 á 50	" "	" "
1600 " " " " " "	40 á 45	" " "	40 á 50	" "	" "

Ello constituía pues, tanto del punto de vista de la economía en el consumo como de la intensidad producida, un progreso considerable para la época.

Esos quemadores se han propagado sobre todo en Alemania, pero la forma poco graciosa de los recuperadores, la dificultad de disimular el caño lateral, etcétera., no les permitieron divulgarse seriamente en Francia, apesar de los ensayos hechos, en 1882, sobre la plaza del *Palais Royal*, y, en 1883, calle *Royale*; es solo cuando los constructores se aplicaron — colocando el recuperador en la parte superior, — en dar á la llama la forma de una tulipa quemando en una copa de vidrio suspendida al recuperador, que los picos á recuperación se difundieron (1882-1885) bajo los nombres de picos Cromartie, picos Wenham, para el alumbrado particular.

Cuanto á la aplicación al alumbrado público, de los picos Siemens; ella se mantenía siempre defectuosa, cuando, hácia 1884, bajo el nombre de picos Schulke, nuevos picos Siemens perfeccionados, con recuperador sobre la llama, fueron introducidos en Francia; el recuperador era construido de níquel, su conservación era ménos onerosa y perfeccionamientos de detalle eran innovados.

En fin, los picos Siemens y luego picos concurrentes (picos industriales, picos parisienses, etc.) llegaban, hácia 1887, á constituir aparatos de alumbrado público económicos y notablemente intensos.

Los picos Schulke, de 750 litros, instalados en 1887 sobre la vía pública parisiense, daban 17 á 18 carcels, proveyendo así el carcel por 40 á 45 litros; sustituían los picos intensivos á aire frío de la calle 4 de Setiembre, los cuales consumían, hemos dicho, 1400 litros por hora, para solo rendir 13 á 14 carcels.

La marcha de los picos á recuperación sobre la vía pública, en París, ha sido la siguiente :

1889 . . . . .	27	picos á recuperación
1891 . . . . .	1.444	" "
1893 . . . . .	2.169	" "
1898 . . . . .	3.570	" "
1899 . . . . .	212	" "

El decrecimiento del número de picos á recuperación á partir de 1898, indica bastante que hechos nuevos debieron producirse en el intervalo; es que, en efecto, los picos á incandescencia á gas, por el

descubrimiento genial de Auer, habían venido á producir, desde 1892, una verdadera revolución en el alumbrado á gas.

El principio de la incandescencia era conocido desde largo tiempo; todos los cuerpos sólidos refractarios, calentados á una temperatura suficiente, se vuelven incandescentes, y todo el problema consiste en obtener una temperatura necesaria en condiciones aborables en la práctica.

La primer aplicación de la incandescencia fué conocida bajo el nombre de luz Drummond y se remonta á 1826; ella era obtenida llevando al rojo una barra de cal mediante una mezcla de hidrógeno y de oxígeno.

Más tarde, en 1849, Frankenstein que parece ser el verdadero precursor de la incandescencia tipo Auer, llevaba á la incandescencia un tejido de tul de gaza previamente embebido en una masa poco espesa, preparada, dijo, textualmente, de partes iguales de tisa pulverizada, de magnesia calcinada y de agua con goma arábiga; obtenía así é introducía en la llama un cono que llamaríamos hoy redecilla (vulgo *mecha*) y que él llamaba un « multiplicador de luz ». Frankenstein precisa textualmente lo que sigue: « El tejido es prontamente carbonatado; al cabo de algún tiempo el carbón quema y los óxidos terrosos quedan solos bajo la forma del tejido primitivo; el cono no tarda en volverse rojo-blanco intenso ».

He deseado hacer esta cita textual verdaderamente expresiva y que justifica como antes lo he dicho el papel precursor de Frankenstein talvez demasiado olvidado.

En 1869, *Tessié du Motay* y *Maréchal* renovaban la idea de Drummond y hacían sobre la plaza del *Hotel-de-Ville*, un ensayo de luz llamada oxidrica; no era otra cosa, en realidad, que la luz Drummond en que el hidrógeno era sustituido por gas de hulla y la barra de cal por un lapiz de magnesia comprimida ó zircona.

En fin, en 1882, Clamond introducía en la llama de un pico á doble corriente de aire una mecha, ó cesta formada de magnesia hilada, aliada á una cierta proporción de zircona; no tardaba — aprovechando del invento de Siemens — en calentar previamente el aire de la combustión, elevando así la temperatura de la incandescencia; el efecto del pico era realmente satisfactorio y el pico Clamond, invertido ó no, tuvo su hora de éxito; pero la cesta era frágil, su duración efímera; faltaba aún hallar la redecilla suficientemente sólida á la par que delgada y pudiendo volverse incandescente á una temperatura relativamente baja: todos los cuerpos ensayados hasta Auer presentaban demasiado cuerpo y no eran sus-



ceptibles de ser llevados, en las condiciones usuales, á la temperatura necesaria para obtener su incandescencia luminosa.

Sea de ello lo que fuere, el problema de la incandescencia no ha sido verdaderamente resuelto sino por la intervención del Dr. Carl Auer von Welsbach, de Viena, antiguo alumno del profesor Bunsen en la Universidad de Heidelberg, y que aportó á la industria del gas un arma de primer orden, la cual principiaba á hacerle realmente falta — reconozcámo — en presencia de los progresos incesantes de su joven y brillante rival, la electricidad.

En 1885, el Dr. Auer, retomando la misma idea de Frankenstein, llegaba, después de numerosas investigaciones de laboratorio, a una solución casi perfecta del problema de la incandescencia por el gas.

En principio, el pico Auer se compone de una redcilla formada de un tejido de óxidos metálicos refractarios infusibles, convenientemente elegidos, dispuesta sobre el quemador Bunsen; una mecha de algodón es embebida en una solución de óxidos metálicos; el tejido se incrusta de esos cuerpos á la manera de petrificaciones naturales, y es luego quemado, quedando solo el esqueleto de cenizas, constituido por los óxidos incombustibles, el cual se vuelve incandescente bajo la acción de la combustión del gas.

En su origen, la redcilla constituida por los óxidos de zirconio y de lantano, daba una luz de un tinte verdoso, lívido, que fué ciertamente una de las causas del escaso éxito del nuevo procedimiento durante algunos años; la redcilla era, además, de una gran fragilidad; en fin, su duración era muy pequeña y su poder luminoso disminuía rápidamente con la duración del alumbrado. Es más ó menos en estas condiciones que el pico Auer se presentó, en 1889, al Jurado de la clase de Alumbrado de la Exposición Universal; y aquí, permítaseme un recuerdo personal, pues recuerdo las discusiones que tuvieron lugar á su respecto en el jurado, y de lo que costó obtener, para este pico que yo había experimentado en el laboratorio con M. *Sainte Claire-Deville*, una simple medalla de plata. He aquí textualmente lo que escribí en el informe oficial:

« La luz de este pico es fija y agradable á la vista, el calor desarrollado es débil; cuando la mecha es nueva, el carcel puede obtenerse con 23 litros de gas; pero el efecto útil disminuye con el uso de la mecha, hecho que hallamos igualmente en las lámparas eléctricas á incandescencia y los experimentos de M. *Sainte Claire-Deville* han establecido que la intensidad de 2,92 carcel con la mecha nueva bajaba á 1,41 carcel al cabo de unas 250 horas. Este pico

se ha mejorado y se mejorará aún verosímilmente; tal cual es, el pico Auer es de naturaleza á prestar servicios reales... »

Era, como se vé, un poco un premio de estímulo — y los resultados han demostrado que estaba bien otorgado, pues dos años después un gran premio no le habría sido muy disputado — pero esta cita cuya fecha es de fines de 1889, demuestra bien que si el porvenir del pico Auer era entrevisto desde entónces, estaba lejos, sin embargo, de poseer aún las cualidades que iban á permitirle transformar el alumbrado á gas.

Es solo en 1892, después de numerosas investigaciones, que el Dr. Auer, modificando la composición primitiva, adoptaba su redcilla de óxido de tório y de una débil cantidad de óxido de cério (alrededor de 99 % de tório y 1 % cério), fué esta « la mezcla Auer »; habíase reconocido que el óxido de cério empleado en pequeña cantidad, aumentaba en una proporción considerable el poder emisor del óxido de tório. Esta nueva composición y numerosos perfeccionamientos de detalle obtenidos poco á poco, modificaron completamente la situación; las redcillas proveyeron, desde 1892, una luz cálida, brillante; « ofreciendo superficie », como se dice profesionalmente, excediendo notablemente, como intensidad, la luz de lámparas eléctricas á incandescencia comunes; no es, pues, extraño que, desde 1893, se contase por « centenares de mil », el número de los picos Auer instalados en Francia.

Mucho antes de Auer, los ingenieros especialistas en materia de gas, habían pensado que éste podía ser mejor utilizado empleándolo en llevar á la incandescencia un cuerpo refractario determinado, que sirviéndose de su solo poder luminoso obtenido directamente por la combustión, y se razonaba así:

Las partículas de carbono libre cuya irradiación ó incandescencia produce la luz, son contenidas en una débil parte del volumen del gas, puesto que no provienen sino de la descomposición de los hidrocarburos de la série aromática y etilénica que, según M. *Sainte-Claire-Deville*, no entran sinó en un 4 á 6 % en el volumen total del gas, las otras partes de este volumen total no traen ningún otro contingente al poder luminoso; aunque poseyendo un valor calorífico importante, ellas resultan pues, inutilizadas en los quemadores no fundados en la incandescencia, y es esta energía perdida lo que estos últimos han venido á utilizar.

Sea cual fuere el valor de ésta explicación, ella ha sido juzgada insuficiente, y ha sido necesario reconocer que, además del valor de combustión del

gas, era necesario, para explicar el poder de iluminación de la redecilla Auer, que se produjese otra acción que aumentase la intensidad de las radiaciones luminosas emitidas.

Varias teorías han sido invocadas: la del doctor Bunte atribuye el gran poder emisor de la redecilla á la alta temperatura que alcanzan los óxidos de tierras raras en la llama, debido á las propiedades catalíticas del óxido de cério; la combustión del gas trae primero, en la redecilla, una elevación de temperatura y, por ende, una irradiación de luz de la masa de la redecilla; luego, en presencia de la llama del gas, el cério, por su acción catalítica, exalta la combinación del hidrógeno y del oxígeno y desarrolla una temperatura muy elevada, por la cual es llevado á una muy viva incandescencia.

M. Sainte Claire-Deville, á quien se debe tantos trabajos científicos concernientes á la química del gas, atribuye bien, igualmente, la intensidad de la luz producida en la redecilla Auer — compuesta como antes se ha dicho, de un 99 % de tório y 1 % de cério — á la presencia del cério, cuerpo cuyo espectro es mucho más rico en radiaciones luminosas que el de la torina (óxido de tório) á la misma temperatura; pero explica — adoptando así, después de experimentos personales muy concluyentes, la teoría emitida por el profesor Féry, en 1902 — que es necesario, para que la enorme irradiación calorífica de la cerita, que se conduce como un cuerpo negro, se transforme en irradiación luminosa, que se pueda mantener la cerita á una alta temperatura; y es precisamente esta condición la realizada en la redecilla de la composición Auer, mediante la mezcla de los dos óxidos de tório y de cério: el óxido de tório, que forma la masa principal de la redecilla é irradia muy poco calor, lo almacena para cederlo por contacto ó convención á la cerita, que, desde este momento, se mantiene á la temperatura necesaria para que su irradiación intensa se manifieste bajo forma luminosa; dicho de otra manera, el papel de la torina es el de servir de sosten al cuerpo radiante, ó, según la expresión de M. Sainte Claire-Deville, de «mantener caliente» á la cerita.

En resumen, la condición primordial, en una redecilla de incandescencia, es la de ser constituida en las proporciones requeridas, por dos especies de cuerpos: un cuerpo radiante de gran poder emisor, y un cuerpo cálido, de muy débil poder emisor, que sirve de vehículo al precedente.

Una vez creada la redecilla, ha sido necesario constituir el quemador *ad-hoc*, es decir el pico Bussen especial destinado á proveer únicamente el calor á la redecilla y á llevar su temperatura al más alto

grado de incandescencia posible; la construcción de este quemador ha hecho trabajar — lo hace aún — el ingenio de los inventores y constructores; los perfeccionamientos de detalles permitiendo mejorar las condiciones del arrastre del aire (y, por lo tanto, los de la combustión de la mezcla de aire y gas) desempeñan, en efecto, un papel muy importante, tanto del punto de vista del buen funcionamiento del pico como de su rendimiento, es decir, la economía de su consumo.

En principio, el dispositivo del quemador debe ser tal que la vena gaseosa saliendo por el orificio de admisión produzca una llamada de aire, al instar de una especie de Giffard.

La mezcla íntima del gas y del aire debe también perseguirse; M. Denayrouze mismo había seguido esta vía (1895) hasta efectuar mecánicamente el braceaje de la mezcla mediante un pequeño ventilador eléctrico, pero renunció pronto á ello para emplear otros medios más prácticos.

Bandsept (1896) buscó, en la misma vía, á perfeccionar el quemador mediante aparatos (*chicanes*) que producían el braceaje de dos fluidos, pero la fuerza viva de la mezcla gaseosa era reducida con detrimento del rendimiento; renunció entonces á sus aparatos para adoptar los ajustajes troncónicos superpuestos produciendo la mezcla progresiva del gas y del aire comburente: en fin, en un último tipo, intercaló sobre el inyector y en el interior del primero de dos troncos de cono superpuestos, una pieza formando inyector Giffard, separando los dos pisos de aberturas por las cuales se introduce el aire comburente.

Mediante otros dispositivos, el pico Kern, realiza progresos análogos: comprende igualmente un inyector por el cual el gas aspira el aire, y la mezcla concurre primero á una canastilla perforada, luego en una cámara colocada bajo el pico y en la cual se calienta notablemente.

Más recientemente, el pico Busquet, construido por la Sociedad Auer bajo una marca especial, realiza perfeccionamientos del mismo género por medio de inyectores superpuestos, cuya posición relativa varía mediante una ranura helicoidal; se obtiene así, por el juego combinado de los dos inyectores, un reglaje permitiendo modificar y ajustar debidamente el volumen de la llama á la rejilla utilizada.

En todos los picos perfeccionados se busca, en resumen, realizar las mejores condiciones prácticas para aumentar lo más posible la temperatura de la llama.

Las redecillas, como los quemadores, recibían también perfeccionamientos de detalles, se hacían menos

frágiles, etc., gracias á los cuidados puestos en su fabricación, á la pureza de los óxidos, etc.; pero el tejido de la reddecilla seguía siendo el mismo; es solo hácia 1904 que se principió á sustituir las reddecillas á base de algodón por otras de seda artificial obtenida por el procedimiento Chardonnet, y conocida con el nombre de reddecillas Plaissetty; estas reddecillas tienen mayor cohesión, elasticidad, homogeneidad, y, esto, sin aumento de la masa, punto esencial. En estas reddecillas, el poder luminoso es un poco mayor, y se mantiene sobre todo más estable que con las reddecillas de tejido cruzado.

Los picos incandescentes á gas han sido más lentos en propagarse sobre las vías públicas que en el interior de las habitaciones y el hecho se explica bien por la fragilidad de las reddecillas en los principios de la incandescencia (1892), que las hacía resistir mal á las trepidaciones del suelo producidas por el paso de los coches, por las dificultades relativas al alumbrado, por su precio en fin, que era de unos 3 francos; se comprende que su conservación, en tales condiciones, era muy onerosa. Resultaba, sin embargo, muy tentador, por la sustitución de un pico Auer de 115 litros (y aún ménos) á una mariposa de 140 litros, de cuadruplicar por lo ménos el poder luminoso, á la par que se realizaba una economía de 25 litros por hora, ó sea, cerca de 100 m<sup>3</sup> por año y lámpara; fueron tantos los que se ingeniaron en este sentido que, poco á poco, todas las dificultades se fueron venciendo.

En 1894, se alumbraba los Campos Elíseos, la plaza de la Concordia, que hizo sensación, la plaza del *Parvis Notre-Dame*, la del Trocadero, etc., con un millar de lámparas; cada año la progresión crecía:

En 1898 . . . . .	2.092 picos
» 1900 . . . . .	19.256 »
» 1901 . . . . .	41.303 »
» 1902 . . . . .	48.962 »
» 1905 . . . . .	50.437 »

sobre 52.313 en total, (independientemente de los 3.728 picos de las vías privadas conservadas por la ciudad.)

La trasformación ha llegado pues á ser más ó ménos completa hácia 1902.

Los picos, de 115 l. en un principio, raramente de 150 l., son ahora de rendimiento muy variable; había, por ejemplo, en 1905:

1.906 picos de ménos de 100 l.
41.167 » » 100 l. (más de los $\frac{4}{5}$ )
124 » » 120 »
4.897 » » 150 »
2.032 » » 150 á 300 l.
311 » » 300 á 750 »

Próximamente, debe instalarse en París picos de 80 l. solamente, de diversos sistemas (Lacarrière, Denayrouze, Kern).

Hacemos votos porque, en cambio, se multipliquen en las encrucijadas (*carrefours*), plazas, etc., los picos intensivos á incandescencia que se difunden con éxito en los portales de las tiendas, terrados de cafés, etc., así como en las usinas y talleres; puede obtenerse, en efecto, con consumos de 450 á 700 l., picos intensivos rivalizando con el arco voltaico, es decir, dando intensidades de 40 á 60 carcel.

La provincia ha seguido, bien entendido, el movimiento, y la generalización, en la vía pública, de los picos incandescentes á gas se ha producido un poco en todas partes.

Tal es el resumen, bastante abreviado, del proceso de la incandescencia á gas desde su descubrimiento; cuanto á los resultados de los progresos de la incandescencia, que hemos enumerado, ellos se traducen, desde 1892, por una economía de un 50 % en el consumo. Los picos N<sup>o</sup> 1, de 75 l., N<sup>o</sup> 2, de 115 á 120 l., que eran entónces los únicos difundidos, consumían 29 á 25 l. por carcel; los picos perfeccionados, como los de que hemos hablado, dán ahora el carcel, prácticamente, por 10 á 12 l. y hasta 8 á 10 l. en el laboratorio; se posee, además, ahora, toda la gama de los picos de intensidades diversas desde 30 l. hasta 700 l. y aún más.

Es interesante tratar de comparar la incandescencia á gas y la incandescencia eléctrica, del punto de vista de su coste; adoptando, por ejemplo, los precios básicos respectivos de 0,20 fr. por metro cúbico de gas y 0,08 fr. por hectowatt eléctrico, — estos dos precios de base siendo considerados como precios medios que podrán reducirse ambos paralelamente, sin confundir demasiado las comparaciones, — se tiene:

$$\text{Por el carcel-hora gas: } \frac{10 \text{ l} \times 0,20}{1000} = 0,002 \text{ fr.}$$

$$\text{y para el carcel-hora eléctrico: (á 3 watts por bu-} \\ \text{gía ó 30 watts por carcel) } \frac{30 \times 0,08}{100} = 0,024 \text{ fr.}$$

El gasto, con el gas, sería pues 12 veces menor. Con un pico incandescente ménos perfeccionado, dando el carcel 12 á 13 l. en lugar de 10 l., el gasto es aún diez veces menor.

Estas cifras, muy significativas del punto de vista de la economía en el precio efectivo de coste, y que explican tan bien, permitidme la expresión, la *democratización*, cada vez más acentuada, del gas, demuestran, en cambio, que esa economía no consiste esencialmente en la cuestión luz: el lujo, el aspecto

decorativo, la fácil división de la luz, la facilidad de encender se pagan como lo demás, y debe reconocerse la superioridad del alumbrado eléctrico bajo estas interesantes fases; pero los progresos se encadenan y se conducen; el gas ha tratado de seguir también á la electricidad en el terreno decorativo, si es posible expresarse así: lo prueba el pico invertido que creado desde algunos años solamente, bajo diversos nombres (Farkas, Liais, Rieder, etc.) goza ahora de gran boga, precisamente á causa de las aplicaciones decorativas especiales de que es susceptible.

En estos picos, la llama sale del quemador verticalmente de abajo hácia arriba, y lleva á la incandescencia una redcilla con forma de casquete esférico cuya convexidad mira hácia abajo; hallándose el quemador arriba de la superficie incandescente, no proyecta sombra sobre los objetos situados debajo de él; la irradiación hácia abajo es racional; es, en suma, un resultado análogo al obtenido antes por ciertos picos á recuperación llamados picos Wenham y, también, por los picos á incandescencia eléctrica.

Se puede, con los picos invertidos, obtener fácilmente aparatos elegantes, con tulipas, bombas sin pulir, etc.; tales como arañas de colgar y de cielo-razo (*plafonniers*), etc..., ventajas á las cuales debe agregarse la atracción, no dudosa, digámoslo, de simular la luz eléctrica tan justamente de moda. Es ésta clase de picos los que principalmente ha adoptado la Compañía del ferrocarril del Oeste, para el alumbrado de sus coches con gas de hulla ordinaria comprimido á 15 kg. en los depósitos; un destensor vuelve la presión del gas en los quemadores á 180 mm., y se obtiene, con 40 litros solamente de consumo por hora, más de 32 bugías que inundan realmente de luz el vagón.

Sea de ello lo que fuere, es justo decir que desde el desarrollo de la incandescencia, y sobre todo con el concurso de los picos invertidos, el gas se defende en el mismo terreno decorativo, y que ha penetrado en las habitaciones burguesas medias, en los comedores, hasta en los mismos salones, de donde parecía por siempre alejado con el antiguo pico-mariposa, relegado á las cocinas ó antecámaras.

E. Cornuault.

(Terminará.)

## De la producción y venta de la energía eléctrica

### SEGUNDA PARTE

#### ELECTRICIDAD

(Continuación. — Véase N. 232)

#### II — Coste de producción de la corriente, con acumuladores



**CARACTERÍSTICA ESPECIAL DE LOS ACUMULADORES.** — La característica especial de los acumuladores reside en su facultad de almacenar corriente eléctrica para restituirla según las necesidades:

**CONSECUENCIAS DE LA ACUMULACIÓN:** — De esta propiedad de los acumuladores resultan las siguientes consecuencias:

1) *Seguridad* — Desde que los acumuladores almacenan corriente, es posible tenerla siempre disponible y hacer frente así á cualquier accidente que pueda ocurrir en el material de producción directa. Los acumuladores son, pues, un medio de seguridad.

2) *Regularidad* — La corriente pasando por la batería, es de una regularidad perfecta y no se halla sujeta, en ningún caso, á las variaciones que á veces afectan el material directo.

Hasta se podría, mediante acumuladores, poseer una corriente en extremo regular, sirviéndose de un motor de velocidad muy irregular.

3) *Importancia del material directo* — Hemos visto antes que, del punto de vista del material, los productos dan lugar á cuatro casos diferentes.

Y que, como la provisión de la corriente eléctrica nunca es uniforme, resulta que cabe dentro del 2º y 4º caso.

En el caso 4º entrará la producción de la corriente eléctrica en marcha directa.

Y, desde que el empleo de acumuladores nos permite almacenar nuestro producto, parece claro, á primera vista, que entraremos aquí en el caso 2º, lo que nos permitiría emplear un material directo de menor importancia.

En el 2º caso (producto acumulable) la importancia del material es representada por una producción de  $\frac{N}{365}$  objetos por día.

En el 4º (marcha directa) ésta misma importancia del material es representada por una producción de  $\frac{N}{u}$  objetos por día;  $u < 365$  y  $\frac{N}{u}$  correspondiendo al día de mayor producción.

Pero si, los acumuladores pueden almacenar la

corriente, no pueden hacerlo durante un tiempo indeterminado, y no pueden en ningun caso permitir el proveer en invierno la corriente producida en verano por ejemplo, es decir, almacenar el producto durante seis meses. En la práctica del funcionamiento de las usinas eléctricas, es solo considerado de 24 horas el tiempo de almacenamiento que se considera y se utiliza en los acumuladores.

Puede pues admitirse con justicia que el empleo de los acumuladores, del punto de vista de la importancia del material directo, no hace entrar la corriente eléctrica en la categoría de los productos á los cuales el 2° caso es aplicable. Cuando mucho puede admitirse que ellos mejoran ligeramente la situación; pero nó más.

Y aun no debemos olvidar, á fin de reducir este beneficio á su justo valor, que la adquisición é instalación de una batería de acumuladores representan una suma bastante elevada.

No habría, en suma, interés en instalar una batería de acumuladores para disminuir la importancia del material directo, sino en el caso en que aquellos costasen ménos que éste, desde que consideramos el punto únicamente de la faz de los gastos anuales de remuneración del capital.

Concluiremos pues diciendo que el estado actual de la cuestión acumuladores y las consideraciones que preceden no nos permiten contar por ahora sobre los acumuladores para disminuir los gastos de remuneración del capital.

4) *Modificación de la fórmula general del coste de producción* — Hemos ya visto que la fórmula del coste de la corriente es:

$$xy - m q y - f = 0$$

Las cantidades  $y$  y  $q$  no podrán ser modificadas por el empleo de los acumuladores desde que estas cantidades no dependen de ellos; pero no ocurre lo mismo con los términos  $m$ ,  $f$  y  $x$ .

Si llamamos  $m'$ ,  $f'$ ,  $x'$ , estos nuevos valores, la fórmula resultante del empleo de los acumuladores será:

$$x' y - m' q y - f' = 0$$

Examinemos ahora las modificaciones que el empleo de los acumuladores hace sufrir á  $m'$  y  $f'$ . No nos ocuparemos de  $x'$  que es una de las dos variables.

*Valor de  $m'$*  — La cantidad representada por  $m'$  corresponde á la parte proporcional de los gastos de explotación por kilowatt-hora saliendo de la usina generatriz.

A fin de generalizar la cuestión, observaremos que pueden salir kilowatts-horas de tres especies:

1° Kilowatts-horas destinados á alimentar  $W_1$  kilowatts instalados sobre una red independiente de los acumuladores.

La cifra de estos kilowatts-horas será  $W_1 y$ , y desde que son kilowatts-horas en marcha directa, su parte de gastos proporcionales será

$$m W_1 y$$

2° Kilowatts-horas alimentando  $W_2$  kilowatts instalados sobre la red unida á la batería, pero que no la cruza.

El caso más frecuente en las usinas actuales es el empleo de acumuladores como auxiliares; es por ello que, en ciertos momentos, el material directo y la batería funcionan sobre la misma red, proveyendo cada uno por separado su parte de corriente. Llamemos  $W_2$  la parte de kilowatts instalados que puede ser considerada alimentada por el material directo.

Notemos, desde ya, que el empleo de los acumuladores nos permitirá hacer funcionar el material directo con un poder sensiblemente constante y que, por otra parte, la batería, formando regulador de corriente, los aparatos de utilización — las lámparas por ejemplo — sustraídas así á toda variación de la corriente eléctrica, tendrán una mayor duración.

De donde resulta que, para la marcha con un poder constante permitiendo hacer funcionar regularmente calderas y motores á vapor, y que aumenta la duración de los aparatos de utilización, obtendremos una economía en los gastos de explotación aplicable á todos los kilowatts-horas así producidos y, en particular, á los de que nos ocupamos.

Los gastos proporcionales de explotación no serán pues ya  $m$  por cada kilowatt-hora producido para alimentar  $W_2$ , sino una cantidad menor que  $m$  sea  $\frac{m}{a}$  si suponemos  $a > 1$ . La parte de gastos proporcionales de explotación correspondiente á  $W_2$  será

$$\frac{m}{a} W_2 y;$$

3° Kilowatts-horas alimentando  $W_3$  kilowatts instalados sobre una red empalmada y pasando por la batería.

Su parte de gastos de explotación será la misma que la de kilowatts  $W_2$ , es decir, participará de la misma economía, pero teniendo cuenta para los kilowatts  $W_3$  de la pérdida de rendimiento de los acumuladores.

Si solo tuviésemos cuenta de la economía indicada por  $W_2$ , su parte sería

$$\frac{m}{a} W_3 y,$$

pero como hay pérdida de rendimiento por razón del pase á través de la batería, debemos admitir que para hacer salir un kilowatt-hora de la batería, le proveeremos  $b$  kilowatt-hora; de tal suerte que la parte de gastos por kilowatt-hora  $W_3$  será

$$b \frac{m}{a} W_3 y.$$

Debiéramos también ocuparnos de los gastos de conservación de la batería de acumuladores, que son gastos de explotación.

Pero si consideramos que los constructores tienen por costumbre tomar este gravámen á su cargo mediante un tanto por ciento sobre el valor de adquisición de la batería, podemos con mayor razón hacer pasar estos gastos entre los de remuneración del capital, dado que son proporcionales al capital de instalación de la batería.

Los gastos de explotación son pues, en total:

$$\left( m W_1 + \frac{m}{a} W_2 + b \frac{m}{a} W_3 \right) y$$

ó

$$m \left( W_1 + \frac{W_2}{a} + b \frac{W_3}{a} \right) y$$

Y como la cifra total de kilowatts-horas producidas es

$$(W_1 + W_2 + W_3) y$$

es decir

$$W y$$

y desde que

$$W_1 + W_2 + W_3 = W$$

número total de kilowatts instalados, la expresión de los gastos proporcionales de explotación por kilowatt-hora producido será, pues, el valor que antecede, dividido por la cifra total de kilowatts-horas, ó:

$$m' = \frac{m}{W} \left( W_1 + \frac{W_2}{a} + b \frac{W_3}{a} \right).$$

Valor de  $f'$  — Hemos visto que debemos sustituir  $f$  por  $f'$ .

Ahora bien:

$$f = \frac{F}{365 W} + \frac{r K}{100 \times 365 W} + \frac{r W g}{100 \times 365 \times d \times W}$$

en que  $F$  representa los gastos constantes de explotación.

En determinados casos, por ejemplo cuando la batería es suficiente para alimentar, la presencia de ésta podrá producir como consecuencia algunas economías de personal. Otras causas, que por otra parte no prevemos, podrían igualmente modificar el valor

de  $F$ . Es por ello que sustituimos  $F$  por  $F'$  y admitiremos que  $K$  no cambiará, lo mismo que el valor de  $r$  representando la tasa de remuneración del capital.

Observaremos que en el término

$$\frac{r W g}{100 \times 365 \times d \times W}$$

$$W = W_1 + W_2 + W_3$$

y que cada uno de los grupos  $W_1$   $W_2$   $W_3$  podrá bien no representar igual capital.

En este caso siendo  $W_1$  y  $W_2$  alimentados en marcha directa, costarán lo mismo, sea  $g$ ; pero  $W_3$  alimentado por la batería costará un precio diferente, sea  $g'$ .

Deberemos así sustituir  $W g$  por

$$(W_1 + W_2) g + W_3 g'$$

Hemos visto por fin, que los gastos de conservación de la batería hallarán aquí su sitio.

Sea  $\frac{s}{100}$  de su valor, la tasa de conservación.

Agreguemos pues

$$\frac{s W_3 g'}{100 \times 365 \times W d}$$

al valor de  $f$  para tener  $f'$ .

Introduciendo en el valor de  $f$  las modificaciones anteriores, obtenemos:

$$f' = \frac{1}{365 W} \left[ F' + \frac{r k}{100} + \frac{r(W_1 + W_2) g}{100 d} + (r + s) \frac{W_3 g'}{100 d} \right]$$

Bastará pues sustituir en la fórmula:

$$x' y - m' q y - f' = 0$$

los valores de  $m'$  y de  $f'$  para las expresiones precedentes para tener la ecuación correspondiente al empleo de los acumuladores.

Como para la marcha directa, la curva será una hipérbola cuyas asíntotas y el vértice podrán no ser los mismos; pero la fórmula

$$x y - m q y - f = 0$$

es una fórmula general aplicable á la marcha directa ó á la marcha por acumuladores, á condición de hacer variar los valores de  $m$  y de  $f$ .

H. Laymet (M.I.C.E.)

Ex-ingeniero-jefe de la Soc. Ind. Franco-Italiana,  
(Usina eléctrica de Tivoli-Roma)

(Continúa).

# FERROGARRILES

## LA TRACCIÓN ELÉCTRICA

### EN LOS FERROCARRILES



En el último número de los Anales del « Instituto de Ingenieros » de Chile, que acabamos de recibir, hallamos un interesante informe del profesor de electrotécnica en la Universidad de Santiago, señor A. Salazar, presentado por él á la Dirección de obras públicas de Chile; y cuya trascripción consideramos de oportunidad en estos momentos en que no solo se procede á la electrificación del ferrocarril rural de La Croze, sino que se piensa en establecer otras líneas ferroviarias á tracción eléctrica en la República, además de que no puede dejar de interesarnos todo lo referente á la línea de La Paz, á la cual se refiere el señor Salazar.

Por otra parte, el estudio del Sr. Salazar será también debidamente apreciado porque, además de oportuno, sintetiza el estado actual de la tracción eléctrica ferroviaria en una forma que no podrá menos de ser apreciada por nuestros profesionales, que muy poco se han preocupado de estudios de esta índole hasta hoy.

He aquí el informe del Sr. Salazar:

SEÑOR DIRECTOR:

Tengo el honor de presentar á Vd. el informe que, por encargo del señor Ministro, se ha servido Vd. pedirme acerca de la presentación del Sindicato de Obras Públicas, referente á la electrificación del ferrocarril de Arica á La Paz, en la sección de Arica á Tacora.

Designado conjuntamente para el mismo objeto el señor Kranz, ingeniero de esa Dirección General, hemos creído conveniente, para el más espedito desempeño de nuestro cometido, informar por separado, sin que esto implique desacuerdo en las conclusiones generales á que en nuestro estudio llegamos.

Los puntos á que debe referirse el informe son los siguientes, según oficio de esa Dirección, número 2.371, de 19 de Octubre:

- 1º Juicio crítico de la solución propuesta, desde el punto de vista electrotécnico.
- 2º Dada por efectiva la potencia hidráulica necesaria, apreciar el valor de dicha solución, comparada con la tracción á vapor bajo los siguientes aspectos:

- a) Potencia.
- b) Continuidad y permanencia del servicio de explotación.
- c) Seguridad.
- d) Rapidez de las comunicaciones. (Horarios).
- e) Economía de explotación.
- f) Ensanches ulteriores.

#### I. — Juicio crítico desde el punto de vista electrotécnico

La base de toda la cuestión relativa á la electrificación propuesta es saber si existe ó nó actualmente un sistema de ferrocarril eléctrico real y verdaderamente aplicable al caso presente; sencillo y económico en cuanto á su operación y mantenimiento; eficaz, desde todo punto de vista en cuanto á las exigencias del tráfico; libre, en suma, de las objeciones que en este orden de ideas se han hecho á la tracción eléctrica aplicada á las grandes líneas de ferrocarriles.

Si este conjunto de condiciones no fuera realizable todavía sinó de un modo imperfecto, no habría para qué discutir la proposición hecha al Supremo Gobierno por el Sindicato, en orden á la electrificación aludida. En caso contrario, cabe entrar á apreciar la solución propuesta, para la electrificación parcial del ferrocarril de Arica á La Paz, bajo los diversos aspectos señalados por esa Dirección General.

En los actuales momentos, tres son los sistemas de ferrocarriles eléctricos en uso. Enumerados en el orden cronológico de su creación y desarrollo, tenemos:

- 1º Sistema de corriente continua.
- 2º Sistema trifase, con motores de inducción.
- 3º Sistema unifase, con motores de conmutación.

De estos tres sistemas, el de corriente continua — tratándose de líneas largas y no de un servicio urbano como el de Santiago — no puede emplearse hasta aquí sinó en combinación con una transmisión polifase de alta tensión. Desde el punto de vista técnico, el resultado es, á no dudarlo, satisfactorio, pues el motor continuo se adapta á cualquier peso de trenes ó tasa de aceleración. Es inaplicable, sin embargo, en casos como el contemplado, por ser muy costoso en primera instalación, y exigir sub-estaciones con maquinaria rotatoria en diversas partes del trayecto. Cada una de estas sub-estaciones requiere para su vigilancia y manejo un personal competente, resultando así más costoso y menos seguro que en los otros dos sistemas, el servicio de explotación.

El sistema trifase es ya un gran avance respecto del anterior. Bastaría á probar su adaptabilidad á las

largas líneas el buen éxito que ha tenido en la interesante línea de Valtellina (Italia), operada eléctricamente en sus 108 km. desde 1902. Con todo, presenta todavía algunos inconvenientes que, en ausencia de otro sistema más perfeccionado, no harían recomendable un proyecto de electrificación como el de Arica á Tacora. Consiste el más serio de estos inconvenientes en el empleo obligado de doble alambre aéreo. La línea doble complica considerablemente el problema de las junciones y los desvíos, exige doble trolley y, á más, dificulta el aislamiento eléctrico, el cual hay que mantener no sólo respecto de tierra (el riel), sino entre alambre y alambre. En cuanto al motor trifase mismo, hay que decir que no es el ideal para un servicio de ferrocarriles, pues es un motor de velocidad constante, prácticamente para toda carga, lo que introduce complicaciones en la construcción y manejo del regulador de marcha. A más, en este sistema, como en todos los de carácter polifase, una pequeña diferencia en el tamaño de las ruedas motrices resulta en una notable desigualdad en la carga de los motores. Si, por ejemplo, unas ruedas son más viejas que otras, ciertos motores harán todo el trabajo y aún pueden mover á los otros como a generadores. La diferencia de tamaño de las ruedas casi no ejerce influencia en el sistema por corriente continua ni en el sistema que paso á considerar en seguida, i que es el propuesto por el Sindicato : el de corriente alterna simple ó unifase, con motores de conmutación.

Desde mucho tiempo atrás se ha comprendido que la solución verdaderamente práctica y económica del problema de los ferrocarriles eléctricos dependía de la combinación de los siguientes elementos : 1) el empleo de los más altos potenciales ; 2) el de transformadores estáticos en vez de transformadores rotatorios ; 3) el de un solo conductor aéreo ; y 4) de un motor alterno unifase, de alto factor de poder, y con las características de un motor continuo, en cuanto á torque, eficiencia y regulación.

Hasta hace poco, apenas cuatro años, solo las tres primeras condiciones eran realizables ; faltaba el motor. Pero, atacado seriamente el problema del ferrocarril unifase, en 1900, con la mira de una solución final, ya en 1902 era posible hacer pruebas del nuevo sistema, en escala comparable á la de condiciones reales de un ferrocarril. En el corto espacio de tiempo transcurrido desde entónces, el motor alterno unifase ha demostrado ya su adaptabilidad á los casos más difíciles de servicio de ferrocarriles eléctricos, tanto en Estados Unidos como en Europa.

Las características del sistema son :

1. Empleo de los más altos potenciales, en los *fee-*

*ders* y en el alambre del *trolley*, con la consiguiente gran economía de cobre. Esto no es posible en el sistema continuo, y solo parcial ó limitadamente hacedero en el trifase.

2. La reducción de la alta tensión (33.000 á 6.600 volts en el presente caso) se hace, como en todo sistema alternante, por transformadores estáticos, de alta eficiencia, seguros y automáticos. Queda así suprimido el empleo de convertidores rotatorios, cuyos principales inconvenientes ya se han señalado. En esto iguala al trifase y supera al continuo.
3. Empleo de un solo alambre aéreo. En esto iguala al continuo y supera al trifase.
4. La sencilla, eficaz y económica regulación de marcha. Esta operación la realizan menos satisfactoriamente, desde todo punto de vista, los otros dos sistemas considerados. En el unifase, la velocidad de los motores no se regula con interposición de resistencias muertas, que desperdician gran suma de energía, sino graduando el número de vueltas del secundario del transformador que quedan en circuito con el motor ; así como el maquinista de la locomotora á vapor, moviendo la manecilla, abre más ó menos la válvula de admisión.

Es indudable que en los actuales momentos el problema de la electrificación de los ferrocarriles sin sujeción á distancias ni restricciones en cuanto á exigencias de servicio, tiene una solución, que ha sido calificada de brillante, en el sistema cuyas características se acaban de bosquejar. El consenso de la prensa técnica puede considerarse unánime al respecto.

El desarrollo comercial del ferrocarril eléctrico unifase llega en el justo momento en que debe decidirse por el Supremo Gobierno si la sección de la costa á Tacora, en el ferrocarril á La Paz debe explotarse á vapor, con línea de cremallera, ó bien eléctricamente con locomotoras de adherencia, segun dicho sistema unifase.

## II. — Comparación entre los dos sistemas de tracción propuestos.

Aceptada como practicable, desde el punto de vista electrotécnico, la solución propuesta por el Sindicato, falta apreciar su valor, comparándola con la tracción á vapor, bajo los diversos aspectos que á continuación se discuten.

a) POTENCIA — Punto de partida de este cálculo es el valor de la potencia eléctrica asignado en la propuesta á la estación primaria que se instalaría á



la altura del km 88. En su presentación de 11 de Octubre al señor Ministro de Industria y Obras Públicas, el Sindicato expone que el propósito es instalar en la planta hidro-eléctrica de Puluni 3 jeneradores de 750 kilowatts cada uno, fuera de un cuarto generador del mismo poder y su correspondiente motor hidráulico, como reserva. A mas de esto, habria una pequeña planta duplicada independiente de  $2 \times 55$  kilowatts, destinada á la excitación de los alternadores y al alumbrado de la estación de fuerza.

Son, entonces,  $3 \times 750 = 2.250$  kilowatts, los disponibles en el origen como potencia total. Agregando los 55 kilowatts para la excitación, etc., se llega á un número redondo de 2.300 kilowatts.

Se puede admitir, á plena carga, una eficiencia combinada de 75% para los alternadores y las ruedas Pelton-Francis, lo que es conforme á los resultados de la práctica comercial. Entonces la potencia de la caída de agua deberá ser de

$$\frac{2.300}{75} = 3.060 \text{ kilowatts}$$

Esto equivale á unos 4.000 H. P. Como en la presentación antedicha se dice textualmente que «la fuerza permanente en el río Luta asciende según los cálculos del señor Harding á unos 70.000 H. P.», luego, aún suponiendo que en esto haya un error de cero y que se trate solo de 7.000 H.P., la potencia hidráulica mínima permanente, excede casi en el doble de la requerida por la instalación general, antes de pensarse en ensanches.

Falta calcular cuántos de los 2.250 kilowatts de los tres alternadores, funcionando á la vez á plena carga normal, llegarán á utilizarse en las llantas de las ruedas de las locomotoras eléctricas, á través de la serie de pérdidas inherentes al sistema. La figura adjunta ilustra diagramáticamente este cálculo.

Representación diagramática del establecimiento de la eficiencia final,  $\frac{P_u}{P_t} = 66\%$ , del sistema eléctrico proyectado. (\*)

(\*) Este diagrama necesita dos explicaciones: 1° En la estación primaria la alimentación se haría directamente del generador al trolley y no por intermedio del transformador estático indicado; 2° en la locomotora hay un autotransformador y no un transformador ordinario. Ambas circunstancias son ligeramente favorables á la eficiencia final que, por lo mismo, estaría más cerca del 70% que del 66% indicado.

Sean:

- $P_1 = 2.250$ , potencia de origen, en kilowatts.
- $e_1 = .98$ , eficiencia de la trasformación de subida.
- $e_2 = .95$ , » media de las líneas de alta tensión.
- $e_3 = .98$ , » de los trasformadores de reducción.
- $e_4 = .96$ , » media de los trasformadores en las locomotoras.
- $e_5 = .76$ , » media de los motores, tomando en cuenta engranage y fricciones hasta las ruedas.

La pérdida en el alambre del trolley se dá por incluida entre  $e_3$  y  $e_4$ .

Lo anterior nos dá como potencia utilizable:

$$P_u = 2.250 \times .67 = 1.500 \text{ kilowatts.}$$

Luego, la eficiencia final puede estimarse á lo sumo en un 60%, en funcionamiento de la instalación á plena carga.

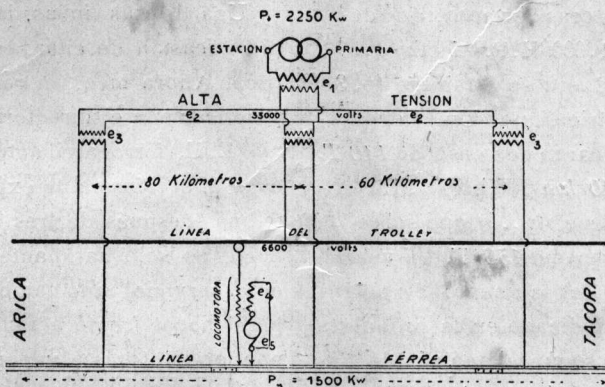
En la nota «Electricificación» suministrada á los informantes por el Sindicato, como complemento de los datos consignados en la presentación de 11 de octubre al señor Ministro, se establece un «rendimiento efectivo de 89%» entre los mismos puntos; pero ésto no es posible, si se atiende al análisis que precede, y

que considero más bien ligeramente optimista.

Comparación de este resultado con la potencia de vapor — En la presentación se dice: «Todas las locomotoras, incluso las de maniobra, serán idénticas. Pesarán más ó menos 36 ton. y serán de 240-320 H.P.». Es decir, de 180-240 kilowatts.

Deduciendo de los 1.500 kilowatts utilizables en la vía, desde Arica á Tacora, los 300 kilowatts que absorberían los diversos servicios locales en la estación de Arica, queda una potencia efectiva para la tracción de los trenes, de 1.200 kilowatts: son 5 locomotoras trabajando simultáneamente á su máximo de 240 kilowatts cada una; ó bien, un mayor número de locomotoras, pero con un promedio de menor potencia por unidad de tracción.

Según las tablas de Davis, relativas á la tracción eléctrica (Foster: Electrical Engineer's Pocket-Book,



6.ª edición, pág. 450), en gradiente de 6 % y para una velocidad de 12 km, se requiere una potencia efectiva de 3 caballos, ó sean 2.25 kilowatts por tonelada. Es evidente, entonces, que una sola locomotora eléctrica de la máxima potencia señalada no podrá arrastrar sobre rampa de 6 %, á razón de 12 km, las 150 T. netas del tren correspondiente á la tracción á vapor: serán necesarias dos locomotoras eléctricas acopladas para llegar al resultado establecido para la locomotora á vapor en la página 30 de las propuestas de 2 de Enero de 1906.

Según las mismas tablas, para arrastrar 150 T., *en riel seco*, con una pendiente de 6% se requiere un peso de locomotoras, de 64 T. Luego, por este otro camino se llega á la misma conclusión de que serían necesarias, para tal servicio, dos locomotoras á la vez.

La potencia eléctrica disponible en la vía, equivaldría así á la tracción á vapor en las condiciones de explotación inicial del ferrocarril, suponiendo que en un mismo instante físico subieran entre Arica y Tacora tres trenes con locomotoras de vapor, que desarrollasen en conjunto unos 1.600 H.P. efectivos.

En la propuesta del 2 de Enero se establece (p. 31) respecto de la tracción eléctrica que «Una locomotora podrá llevar un tren de carga con peso de 140 T. neto sobre 6 % á razón de 10 km por hora». En tanto, respecto del vapor establece (p. . .) que sobre la misma gradiente, para un tren de 150 T. la velocidad será de 12 km. Si bien del aumento de potencia eléctrica, respecto de lo indicado en la propuesta de 2 de Enero, se desprende según el análisis de más arriba, que eléctricamente también se obtendrá para el mismo caso la velocidad indicada, con dos locomotoras, convendría no obstante esclarecer mejor el punto con el contratista, en la hipótesis de aceptarse la electrificación por el Supremo Gobierno.

En resúmen, sobre este primer aspecto de la cuestión: La tracción eléctrica, en la propuesta modificada ultimamente por el Sindicato, puede equipararse numéricamente, tocante á potencia disponible, á la tracción á vapor calculada para un tráfico de los primeros tiempos de explotación de la línea.

b) CONTINUIDAD Y PERMANENCIA DEL SERVICIO DE EXPLOTACIÓN — Cuestión es esta que hay que tratar desde el punto de vista general; y, á mas, con referencia á las circunstancias especiales de localidad, naturaleza del servicio, etc., que puedan modificar en uno ú otro sentido las conclusiones establecidas para el primer caso.

La continuidad y permanencia del servicio de explotación de una vía férrea servida eléctricamente y

con una instalación hidráulica como fuente de energía primera, necesariamente está subordinada á las condiciones de seguridad material que caractericen el entero sistema hidro-eléctrico, en su conjunto y sus detalles. A más, á estas condiciones debe corresponder permanentemente una buena dirección técnica y, no hay para que decirlo, una administración vigilante y previsor.

Hay ya suficiente experiencia acumulada en otros países, que prueban que la hidro-electrificación de los ferrocarriles, ha dado y está dando resultados enteramente satisfactorios al respecto. Por ejemplo en Italia — país que no se cita como modelo en materias ferrocarrileras, — dos líneas comparativamente largas, en país montañoso, entre Varese y Milán, fueron electrificadas hace unos cuatro años, con un resultado que confirma lo anteriormente expuesto. Es pertinente decir, *en passant*, que en ambos casos la electrificación fué resuelta en vista del informe de los ingenieros encargados de investigar si convendría ó nó sustituir la tracción á vapor por la eléctrica.

Una de esas líneas, la de Valtellina que ya he tenido ocasión de citar, es exclusivamente hidro-eléctrica. Ahora bien, en reciente investigación mandada practicar por el directorio de la Erie Railroad Company (E. U.) ferrocarril actualmente en curso de electrificación, el informante expone que el ferrocarril de Valtellina, después de tres años de funcionamiento eléctrico, no solo ha mantenido una perfecta continuidad en el servicio, sino también demostrado su capacidad para hacer frente á toda forma de trabajo realizable por locomotoras á vapor, no importa cuan pesado ó complicado pueda ser el tráfico.

Téngase presente que en el ejemplo citado el sistema que se emplea es el trifase, con doble *trolley* y doble alambre aéreo, decididamente ménos sencillo, y de ménos fácil manejo y mantenimiento en su conjunto, que el moderno sistema eléctrico unifase, opcionalmente propuesto con el de vapor, para la línea Arica-Tacora.

La estabilidad de las instalaciones hidro-eléctricas y de líneas de transmisión, cuando son bien construídas y concebidas, ha quedado palmariamente de manifiesto con el poquísimo ó ningún daño que sufrieron las de Valparaiso, á causa del terremoto del 16 de Agosto.

Se podría oponer á esta cita el caso de esta capital, en que el servicio de tracción eléctrica ha sufrido entorpecimiento lamentable durante varios meses del año próximo pasado. Como me ha tocado intervenir en las cuestiones motivadas por estos accidentes, estoy en situación de poder afirmar aquí, á propósito del punto en dilucidación, que en realidad no se

ha tratado de falla del sistema eléctrico, sino de imprevisiones administrativas, que venían de muy atrás.

Por lo que toca á las circunstancias de orden especial que pudieran intervenir como factores contrarios á la electrificación propuesta, no tengo otros datos que los consignados en las propuestas de 2 de Enero.

Hay que mencionar entre otros los siguientes párrafos :

« La parte del trayecto en faldeo que el ferrocarril vá á salvar por el valle de Lluta, es de lo más accidentado: el río hace recodos bruscos, las faldas son abruptas, á veces casi verticales y, mientras que sus taludes se elevan hasta alturas superiores á 1.500 m., el pié presenta puntas y entradas sucesivas y millares de rodados que dificultan la colocación de la línea férrea. »

Y, más adelante en la pág. 27: « . . . . en el trayecto de 50 km. (el ferrocarril) es muy difícil de construcción y expuesto durante la explotación á accidentes de derrumbes, caídas de peñascos y á las aguas del río. »

Por último, se hace mención de un frío intenso, de 15° á 20° bajo cero en la noche, aun en verano. Esto puede ser causa de rupturas en las líneas eléctricas, con la consiguiente perturbación en el servicio.

Es de suponer que estas circunstancias, de carácter puramente local, habrán sido tomadas en cuenta por los ingenieros del Sindicato y los de la Compañía Westinghouse, en la elaboración del proyecto de electrificación. En tal caso, es permitido decir en resumen, tocante al punto b), que si se reúnen los tres factores — buena calidad de las obras, buena dirección técnica y buena administración — á que hice referencia más arriba, no hay razonablemente por qué temer del lado de la continuidad y permanencia del servicio de explotación.

c) SEGURIDAD — Bajo este epígrafe creo que debo referirme principalmente á las garantías comparativas entre el sistema eléctrico y el de vapor, en orden á los accidentes que pueden producirse en el servicio de tracción.

Parece indiscutible, á este particular, que el peligro más serio se deberá á lo fuerte y prolongado de la gradiente á través de un valle profundo y tortuoso, en una extensión considerable del ferrocarril en construcción.

En igualdad de circunstancias, la tracción eléctrica es más segura, pues á más de contar con los sistemas de freno más eficaces que pueden emplearse con el equipo á vapor, cuenta con el poderoso recurso

del freno eléctrico. Si las funciones de este son de la mayor importancia en el orden económico, como moderador de las velocidades en las bajadas, no lo son menos importantes como preventivo de accidentes. A este fin, eso sí, es necesario que el personal del tren esté familiarizado con su uso, y no lo considere meramente como un freno de emergencias.

Se ha comprobado recientemente en Halifax (Inglaterra) que los carros eléctricos corriendo á razón de 45 km. gradiente abajo de  $4\frac{1}{2}\%$ , se detienen á la distancia de poco más de 100 m. en 13 segundos después de aplicado exclusivamente el freno eléctrico.

En cuanto á los peligros propiamente de carácter eléctrico en una línea como la de Arica á Tacora, pueden considerarse sin importancia, á juzgar por la experiencia sobre el particular en otras partes. Existen ya en explotación líneas férreas eléctricas del sistema unifase en Italia, Austria, Alemania, Suiza, Francia, Bélgica, Suecia y Norte América. Los potenciales usados en los alambres del trolley llegan á 3.000, 6.000, 10.000, y 15.000 volts.

En Suecia se acaba de ensayar una tensión de 20.000 volts. En ningún caso se ha tropezado con inconvenientes de servicio ni con peligros para el personal de los trenes ó para el público.

#### d) RAPIDEZ DE LAS COMUNICACIONES (Horarios) —

Bajo este aspecto, la comparación entre la tracción eléctrica y la á vapor, es materia desde un principio resuelta á favor de la electricidad. Los ingenieros de los ferrocarriles á vapor han insistido, cada vez que se ha presentado el caso, en que la tracción eléctrica es más cara; por lo menos cuando no se emplea fuerza hidráulica, ó la electrificación de los ferrocarriles se refiere á países en que el combustible usado en las locomotoras es barato. Pero no han podido negar que el sistema tiene que ser necesariamente superior en cuanto á las conveniencias del tráfico, y por muchos motivos.

Baste tener presente las siguientes cualidades características de la tracción eléctrica general: disminución del tiempo perdido en parar y sobre todo en poner en marcha los convoyes; ninguna pérdida de tiempo en tomar agua ó carbón; velocidad independiente de la habilidad de los fogoneros en mantener la presión, principalmente en las subidas; facilidad en variar el tamaño de los trenes, de modo que éstos correspondan á las justas necesidades del servicio, salvando así kilometraje vacío, etc.

Es tal la flexibilidad del sistema eléctrico que, en igualdad de potencia disponible, resulta aumentada la capacidad de acarreo de una línea, comparado con la tracción á vapor. De ahí que, aún en Ingla-

terra, el país del carbón ultra-barato, se esté adoptando en muchos casos la electrificación, no tanto por la economía directa en el gasto de arrastre de los trenes, cuanto por la circunstancia señalada, con la siguiente mejora en los itinerarios ú horarios.

Demás está decir, con respecto al presente informe, que esta conclusión favorable á la electrificación propuesta presupone que las condiciones estipuladas en a), b) y c) son satisfechas cumplidamente.

Una última reflexión tocante á la materia tratada bajo el presente encabezamiento d): esperar para la electrificación un cambio de un sistema á vapor ya establecido, no conviene. Por lo ménos, mientras haya tráfico misto, el eléctrico queda en desventaja, pues no puede desarrollarse bien.

e) ECONOMÍA DE EXPLOTACIÓN — Cálcula el Sindicato constructor del ferrocarril de Arica á la Paz, en su propuesta de 2 de Enero (pág. 41), que el total de economías anuales, adoptando la tracción eléctrica entre la costa i Tacora, será de \$ 530.000, ó sea en libras esterlinas, más ó menos £ 40.000.

En su reciente presentación al Ministerio de Industria y Obras Públicas, modifica el anterior resultado en sentido *aun más favorable*, diciendo: « Cálcula el señor Harding que la ganancia anual que resultaría al Supremo Gobierno por la electrificación, asciende á £ 60.000. Es decir que el ya conocido aumento de costo de construcción quedará liquidado en menos de tres años ».

Para verificar sustancialmente la exactitud de este cálculo, sin entrar en detalles que poca influencia pueden ejercer en el resultado general, basta someter á un somero análisis el establecimiento hecho por el Sindicato (Anexo « Electrificación »):

- 1) del costo de la energía eléctrica, por un lado; i,
- 2) del costo del carbón, en caso de la tracción á vapor.

El factor determinante del costo del kw. hora en una instalación eléctrica es el llamado « factor de carga ». Este factor, en el caso presente, será como de 50%, ó poco menos; es decir un factor muy favorable, con arreglo á la experiencia hasta aquí adquirida en esta materia.

El Sindicato calcula que el tráfico de los cinco trenes diarios de más ó ménos 950 T. cada uno, absorbería una energía de 14.000 á 15.000 kw.-horas; agregando á esto lo consumido en Arica con los 300 kw. de potencia asignados á esta estación, se llega á un consumo total de 18.000 kw. horas al día: esto es la mitad del 100% representado por el producto.

$$24 \times 1.500 = 36.000 \text{ kw.-horas.}$$

en caso de un funcionamiento de las 24 horas del día. Ahora bien, para una instalación hidro-eléctrica de 2.250 kw. en la estación primaria y con el favorable factor de carga de 50% con respecto á la energía total útil productible, el costo de 1,2 centavo oro de 18 d. por unidad generada no podría impugnarse en justicia par defecto, en las circunstancias ordinarias. Pero, tratándose de una instalación en localidad tan alejada á los centros industriales, y con clase de compromiso tan serio como es el de un ferrocarril de carácter internacional, es mas prudente recargar los ítem « personal técnico » « depreciación », etc. Por ejemplo, un 25% sobre el total de 1,2 centavos oro por unidad generada, eleva el costo á 1,5 centavos de la misma moneda.

Prosiguiendo en su cálculo, el Sindicato en el documento mencionado, pone como rendimiento efectivo de las transmisiones y trasformaciones hasta la misma vía, como igual á 80%; pero no está conforme con el 66% deducido más arriba (diagrama, pág. 185), después de atenta consideración numérica de todas las pérdidas inevitables del sistema.

De acuerdo con este último valor del rendimiento final, resulta un costo, por kw.-hora aprovechado, de 2,25 centavos oro; esto es, 50% más elevado que el que fija el Sindicato para llegar al gasto anual de \$ 64.039 por consumo de energía, con la explotación eléctrica. Aumentando en consecuencia esta cantidad en el respectivo 50%, se llega, según nuestro cálculo, á \$ 96.000. Nótese que la diferencia en exceso no representa siquiera £ 2.500, lo que bien poco afecta al monto de la economía anual de £ 60.000, correspondiente al último cómputo del señor Harding.

Conclusión es esta muy importante, pues ella prueba que aún exagerando hasta el doble el aumento prudencialmente introducido por el infrascrito, siempre quedaría en manifiesto que la explotación hidro-eléctrica, como costo de energía, es mucho más barata, según vá á verse, que la del mismo ferrocarril operado á vapor.

En la nota « Electrificación », el punto de partida para llegar al ítem total correspondiente al importe del carbón consumido anualmente en caso de tracción á vapor es el siguiente:

$$0,544 \text{ kg. por ton. km.}$$

Y, como el tráfico diario, á igual de lo establecido para el caso eléctrico, subirá á 154.000 T.km., luego en 300 días útiles, y á razón de 0,544 kg por unidad, el consumo anual de carbón alcanzará á 25.000 T. para los trenes de subida. Agregando á esto el pequeño gasto correspondiente á los trenes de bajada, llega el Sr. Harding al gran total de 25.950 T. Al

precio de \$ 22,50 la T. puesta en las carboneras, en Arica, dicho consumo representa un valor de \$ 583.875. Fuera de esto, estimando el flete del carbón en \$ 0,10 por T. por km., resulta para un trayecto medio de 81 km., un nuevo ítem que agregar, montante a \$ 210.195. Sumando con el precedente, llega finalmente el Sindicato a fijar en \$ 794.070 el gasto anual de la explotación a vapor, por el solo ítem carbón.

Considero este resultado como algo excesivo, por la razón que paso a esponder.

El consumo efectivo (no calculado) de combustible en el trayecto del Tabon, entre Valparaiso y Santiago, sobre gradiente de  $2\frac{1}{4}\%$  y con una velocidad media muy superior a la fijada para la línea Arica-Tacora, es aproximadamente el que sigue, por tren km.

Expresos . . . . .	26 kgs.
Ordinarios . . . . .	30 »
Carga . . . . .	33 »

El peso de estos trenes varía de 250 a 300 T.

Poniéndonos en el caso más desfavorable, es decir, el de 33 kgs. para 250 T., el consumo medio de carbón, (principalmente de Australia, que será también el del ferrocarril a La Paz), resulta solamente de 0,132 kg por T-km.

En vista de esto, ¿estaría justificado el cálculo de un consumo cuatro veces mayor a lo menos (0,544 kg.) para el otro ferrocarril, solo por tratarse de un trayecto con paradas en las estaciones, de una gradiente media doble más fuerte, y de trocha angosta con cremallera?

Si esto se comprueba satisfactoriamente, tanto mejor para la electrificación. Mientras tanto, adoptemos como base de cómputo un gasto por T-km. sólo tres veces, en vez de cuatro veces mayor que el del Tabon; esto es, de 0,396 kg en vez de 0,544 kg. En tal caso, las 25.950 T anuales se reducen apenas a 19.000; y el ítem final de \$ 794.070 a sólo \$ 578.000, ó sea una diferencia *en menos* de \$ 216.000. Como la diferencia *en mas*, estipulada más arriba para el costo de la energía eléctrica fué de \$ 32.000, la suma de estas dos cantidades ó, sea \$ 248.000 debe deducirse de los \$ 801,735 ó sean las £ 60.000 deducidas a favor de la explotación eléctrica en el mas reciente cómputo del señor Harding.

Hecha esta deducción, queda todavía como saldo a favor de la explotación eléctrica, la suma de \$ 553.700, ó algo más de £ 40.000. Este valor asignado a la economía anual para el caso eléctrico, corresponde, como se ve, al primer cálculo, el de la propuesta del 2 de Enero del presente año.

El proponente advierte todavía, en el anexo de la

presentación de 11 de Octubre, que no ha hecho valer para los resultados de la comparación las siguientes circunstancias:

- 1° Necesidad de dos fogoneros en las locomotoras de cremallera.
- 2° Lavado de calderas, extracción de cenizas, etc.
- 3° Ahorro de combustibles en las maestranzas,

A todo esto me permito agregar el menor gasto de conservación de la vía, que se deteriora mucho menos con las locomotoras eléctricas que con las de vapor.

A título de dato ilustrativo, he aquí una comparación respecto a costo por T-km. entre el calculado para el ferrocarril eléctrico en proyecto, y el efectivo en el ferrocarril eléctrico de Valtellina.

En el primer caso se trata de 30.000.000 de T-km. anuales, con un costo total de explotación eléctrica, que, por las razones aducidas, elevamos en este informe de \$ 178.000 a 210.000: el resultado es de \$ 0,7 de centavo oro chileno por T-km.

En el caso de Valtellina, los gastos de explotación hidro-eléctrica, después del primer año que la línea fué tomada por el estado italiano, fueron solamente de 0,017 d. ó sea escasamente \$ 0,1 de centavo chileno, por T-km.

(Datos leídos en la Asociación Británica para el progreso de la Ciencia, sección C, Agosto del presente año.)

Si bien la gradiente media en el trayecto Arica-Tacora es necesariamente varias veces mayor, de todas suertes el guarismo \$ 0,7 centavo oro es tan grande comparado con el resultante para la línea Valtellina, que ciertamente no puede impugnarse por defecto (\*).

f) ENSANCHES ULTERIORES — Serán fáciles de realizar, sin interrupción del tráfico y menos costosos, por kw. útil que en la primera instalación.

En efecto, esta incluye la entera línea del *trolley*, con suspensión catenaria de acero, que supongo doble, conforme a la práctica más reciente. Como el conductor de cobre, por consideraciones de orden mecánico, tiene que ser de una sección mínima de 50 a 60 mm, queda luego suficiente margen para aumentar la densidad de corriente, y, por lo mismo la potencia, al doble si fuera necesario, en caso de ensanches ulteriores.

(\*) Escrito lo anterior, encuentro una explicación en el hecho de haber tomado sólo el tráfico neto de subida. Como el proponente hace subir a dos veces otro tanto el de bajada las T-km. anuales en que deben repartirse los \$ 2.100, serán 90.000.000. En este caso, el guarismo 0,7 queda reducido a 0,233, lo que es conciliable con el 0,1 de la línea Valtellina.

De lo cual se desprende que estos ensanches se limitarán a aumentar: 1°) la planta, hidro-eléctrica, en unidades iguales a las primitivas, ó aún mayores; 2°) el número de *feeders* de alta tensión y de las correspondientes sub-estaciones de transformadores estáticos.

La línea del *trolley* no habrá necesidad de cambiarla por esta causa.

El costo por kw de potencia útil, calculado ya más arriba en 1.500 kw. es, como se vé por la diferencia de presupuestos de 2 de Enero, de poco más de £ 100. Limitados los ensanches a las partes de la instalación que quedan indicados, el costo por kw. útil que se agregue tendrá que ser muy inferior a esa suma.

En todo caso, para asegurar el máximo de economía por este lado, sin sacrificar la calidad del trabajo, se podría apelar a la licitación pública, toda vez que no se trata de resolver un problema nuevo, sino de ensanches en materia conocida.

### III. — Resumen y conclusiones

El presente informe versa, primeramente, sobre la practicabilidad de la electrificación, desde el punto de vista electrotécnico, dando por comprobada la exactitud de los antecedentes que sirven de base al proyecto; en segundo lugar, sobre los resultados comparativos entre la tracción a vapor y la eléctrica, bajo los diversos aspectos *a*) a *f*), especificados por esa Dirección General.

De este doble estudio, consignado en las páginas que preceden, fluyen las siguientes conclusiones, que pueden considerarse como suficientes para tomar una resolución definitiva:

- 1° La electrificación del ferrocarril de Arica al Alto de La Paz en la sección de 162 kilómetros Arica-Tacora, es técnica y económicamente realizable, con el advenimiento comercial del sistema unifase, que es el propuesto por el Sindicato de Obras Públicas.
- 2° La economía anual resultante de la electrificación, calculada en un principio en £ 40.000, y últimamente en £ 60.000 por el Sr. Harding, puede razonablemente establecerse en todo caso como no inferior a la primera de estas sumas;
- 3° La realización de esta economía, la continuidad y permanencia del servicio de explotación, así como la seguridad y puntualidad del tráfico, exigen el concurso de estas tres circunstancias:

- a*) instalaciones completas y bien hechas;
- b*) personal técnico suficiente y escogido; y,
- c*) administración vigilante y previsor.

- 4° Sin el concurso permanente de estos tres elementos, la electrificación no sería recomendable: sin llegar a ser forzosamente un fracaso, tampoco correspondería a las expectativas que justifican su adopción.

Saluda atentamente al Sr. Director.

A. E. Salazar

Santiago, 29 de Octubre de 1906

Ampliando su informe en cuanto se refiere al punto *b*), agregó el Sr. Salazar, con fecha 3 de noviembre ppdo., lo siguiente:

En primer lugar, con el propósito de evitar toda vaguedad é incertidumbre acerca del monto efectivo de la fuerza hidráulica, pedí al Sindicato una confirmación especial del dato numérico que, sobre este punto, consigna en su presentación de 11 de Octubre. Según puede Vd. juzgar por la carta que en copia acompaño, esa potencia efectiva excede, en las circunstancias más desfavorables, de 50.000 kilowatts hidráulicos.

Ahora, en cuanto a la instalación misma, doy forma concreta a la idea que tuve el honor de insinuar a Vd. en dicha conferencia. Si se cree conveniente mas amplio margen de seguridad que el que resulta, conforme a la propuesta original, aumentese en una unidad de 750 kilowatts la estación primaria, y en dos más, por ejemplo, los puntos de alimentación de la línea del *trolley*.

Equivaldría esto a anticipar un primer ensanche ulterior, con la mira inmediata de que tal aumento sirviera en el primer tiempo — el de consolidación del servicio — como reserva, en exceso de la consultada como suficiente en circunstancias normales.

Aumentando a la vez el número de camineros electricistas, dotados de los elementos necesarios, cualquier entorpecimiento sería fácil y prontamente subsanado.

Un ensanche de esta naturaleza ú otro equivalente, dejaría el 40 % de la total instalación en el carácter de reserva. Calculo que para ello bastaría elevar a unas £ 20.000, el primitivo costo de £ 165.000 de la propuesta de 2 de Enero. Cuando se piensa en que incuestionablemente la electrificación significa una economía anual de a lo menos £ 40.000 a 50.000, bien se puede adoptar la medida de seguridad que dejo indicada, sin menoscabo perceptible del resultado general. Sobre todo, no sólo se trata del período limitado en que se haría la amortización total de la instalación, sino de lo futuro, en que el ahorro anual pasaría a ser beneficio neto.

Debe tenerse en cuenta, además, que la economía ó diferencia anual calculada en los gastos de explotación tendrá que ir aumentando con el mayor valor del ítem carbón, a medida que se desarrolle el tráfico. Fuera de esto, el precio del carbón tiende incesantemente a subir, siendo muy poco probable que vuelva a sus antiguos precios. Mientras tanto, con la electrificación se va a un gasto siempre fijo.

No terminaré este apéndice, sin confirmar del modo más terminante las conclusiones estampadas en mi informe, en el sentido de que la electrificación se impone, bajo cualquier aspecto que se le considere. Lo único que faltaría hacer al Supremo Gobierno, sería fijar las condiciones especiales en que se haría la recepción de la parte electrificada, en garantía de su cabal ejecución y buen funcionamiento.

A. E. S.

## ECOS FERROVIARIOS

El 23 de Febrero, se ha aprobado los presupuestos ordinarios de explotación de los ferrocarriles del Estado para el año en curso, que son, respectivamente, los siguientes:

### FERROCARRIL CENTRAL NORTE

	Al mes	Al año
Dirección . . . . .	\$ 23.445	\$ 280.980
Tráfico y movimiento . . . . .	> 58.470	> 704.640
Vías y Obras . . . . .	> 434.983	> 4.619.760
Tracción y talleres . . . . .	> 224.175	> 2.690.400
<b>Totales</b>	<b>\$ 441.040</b>	<b>\$ 5.292.480</b>

### FERROCARRIL ANDINO

	Al mes	Al año
Administración . . . . .	\$ 8.750	\$ 105.000
Tráfico . . . . .	> 21.750	> 261.000
Vías y obras . . . . .	> 49.050	> 228.600
Tracción, talleres y movimiento . . . . .	> 51.700	> 620.400
<b>Totales</b>	<b>\$ 101.250</b>	<b>\$ 1.215.000</b>

### FERROCARRIL ARGENTINO DEL NORTE

	Al mes	Al año
Administración . . . . .	\$ 7.475	\$ 86.400
Tráfico y movimiento . . . . .	> 13.720	> 164.640
Vía y obras . . . . .	> 17.890	> 214.680
Tracción y talleres . . . . .	> 25.985	> 311.820
Cablecarril (Chilecito a La Mejicana) . . . . .	> 9.605	> 115.260
<b>Totales</b>	<b>\$ 74.375</b>	<b>\$ 892.500</b>

Con fecha 25 de Febrero ha sido aprobado el contrato celebrado con don Francisco Mulhall en virtud de las leyes N° 4913 y 4914, la primera de las cuales le autoriza a construir y explotar un ferrocarril de la Bahía de San Blas a Choele Choele (empalme con el ferrocarril del Sud) y un ramal de la misma a Patagones, y la segunda: un puerto comercial en la bahía citada, y un muelle en la ribera norte del río Negro, en Carmen de Patagones.

## LA EXPOSICIÓN DEL CENTENARIO

**E**L comité ejecutivo de la celebración del centenario ha elevado al P.E. un informe en el que le somete el propósito de concretar su acción a la realización de dos pensamientos fundamentales, que son: la celebración de una gran exposición y la erección del monumento a Mayo.

Del monumento nos hemos ocupado en el número último de « *Arquitectura* », publicando las bases del concurso formuladas por el comité, correspondiendo a esta sección de la revista todo lo que atañe a la Exposición, respecto de la cual nos proponemos dedicarle permanentemente la debida atención cual corresponde a un asunto de tan trascendental importancia.

Por hoy, nos concretamos a publicar la parte del informe referente a la misma, sometido al P.E. por el comité ejecutivo, por tratarse de un documento que está llamado a fijar el punto de arranque del gran esfuerzo que el país se propone realizar con la celebración de éste certamen mundial en el que van a tener un papel prominente las industrias del país y nuestros industriales, a quienes, por lo mismo, es de esperar se les dará la intervención que corresponde por derecho y porque ella será una garantía del éxito.

Cuanto a las ideas esplayadas por el comité, diremos que caben, dentro de las generalidades del mismo, los más diversos programas. A nuestro juicio, los que lo suscribieron habrían producido seguramente un documento más concreto y terminante si se hubiesen inspirado en la retórica de Mr. Root.

He aquí lo que dice el comité ejecutivo:

La exposición se realizará siguiendo las prescripciones más adecuadas y científicas de distribución, que responden al propósito de facilitar el estudio y el entretenimiento del visitante, en la forma más simple de exhibición y viabilidad en los grandes espacios a ocupar.

Las grandes secciones y sus divisiones sucesivas, seguirán en la construcción un proceso lógico, con relación a la naturaleza del trabajo, la industria ó el arte, de manera a ser utilizadas intensamente, en el estudio propio ó comparativo.

En el régimen de la clasificación, las excepciones no dependerán de la dirección de la exposición, sino de las naciones concurrentes, derivada de la forma que adopten para concurrir.

Los reglamentos podrán hacer llegar las excepciones a los particulares, pero ellas dependerán de las mismas razones que ampararían a las naciones.

Esas excepciones se fundarán especialmente en la concurrencia en pabellón especial construido por cuenta propia.

Como la magnitud lo requiere (?), se fija plazo a las naciones para manifestar la forma de su concurrencia.

Dada la índole de la exposición, es decir, a concurso general para las naciones de la América latina y concurrencia libre para las demás naciones de la tierra, se debe especificar cuáles son las industrias que entrarán a concurso general internacional, como excepción a la regla establecida. La comisión ha señalado:

- 1° La exposición de maquinaria agrícola, que deberá someterse a experimentación en campos preparados.
- 2° La exposición de electricidad, por la coincidencia posible de la época del certamen periódico de las exposiciones de ese género.

*La concurrencia.* — La concurrencia de las naciones a la exposición del centenario, podrá ser en dos formas. La exhibición total de sus productos en un pabellón construido especialmente y a costa de la nación concurrente, ó exhibición distribuidos los productos en los pabellones generales, solicitando las naciones los espacios que calculen necesarios.

Fuera de las naciones de la América latina, todas las demás naciones que quieran concurrir a la exposición del Centenario, deberán exhibir sus productos en pabellones especiales construidos a costo de ellas en el sitio que le será determinado y entregado para su trabajo, libre de todo gasto. Los materiales para estas obras que deban ser importados, se introducirán libres de derechos.

A las naciones de la América latina que quieran concurrir total ó parcialmente en pabellones propios, se les determinará sitio, en las mismas condiciones que a las demás naciones.

La nación Argentina dará gratuitamente espacio cubierto para todas las naciones de la América latina, en los pabellones generales donde ella misma hará la exhibición de sus productos. Cada nación tendrá la libertad absoluta de distribución parcial de los locales dentro de la extensión adjudicada en el pabellón respectivo, pero sin salir del género de exposición a que el pabellón esté destinado. Las peticiones de local por las naciones, deberán hacerse solamente hasta seis meses antes del día señalado para la apertura de la exposición.

Los reglamentos administrativos señalarán las condiciones especiales de admisión, lo que no ofrecerá dificultad, porque son tipos generalmente aceptados que se someterán a nuestro medio.

A los efectos de la exhibición de productos del extranjero, los pabellones de la exposición serán considerados depósitos de aduana y solamente pagarán derechos de introducción si se entregan, concluida la exposición, al consumo.

En general, el contrato que liga a la administración de la exposición con todos los expositores, es un contrato de depósito.

Los comités de admisión darán en todos los casos su fallo inapelable: su organización está también determinada.

Las recompensas serán otorgadas por jurados internacionales en sus gradaciones de clase, de grupo y superior. El modo de organización se registra en el anexo último mencionado.

**Superficie a cubrirse.** — La industria y el trabajo han alcanzado gran progreso en los últimos años en la América latina. Vemos á la altura que han llegado en la Argentina. Estimulará la concurrencia de expositores nacionales el gran propósito que motiva esta exposición, pues se ha demostrado con los resultados de las exposiciones, que la que no lo ha tenido no ha llenado ninguno de los fines anhelados. Puede calcularse que la Argentina sola reclamará como mínimo una superficie de veinticinco mil metros.

Comprendiendo el gran pabellón de máquinas para la agricultura que entran á exposición general internacional y con los elementos de juicio dados y otros informes que aseguran con fundamento la concurrencia amplia de las naciones americanas, se llega á esta conclusión; que será necesario cubrir una superficie mínima de cincuenta mil metros y máxima de sesenta mil.

Estos máxima y mínima dependerán definitivamente de la forma de concurrencia que adopten las naciones de América, como se ha dicho: ó en pabellón especial construído por su cuenta, ó aceptando el lugar techado que ofrece la Argentina.

¿Cuánta será la superficie que ocuparán las demás naciones del mundo?

La Argentina preocupa á la industria y al comercio universal como un gran mercado. La cifra de su comercio internacional es el exponente del interés que despierta. De ahí un juicio de inducción que se complementa con hechos anteriores. En todas las exposiciones habidas en este país algunas naciones de Europa han manifestado su deseo de concurrir y ha habido el caso (en 1882) de una nación que envió sus productos para la exposición debido al error de un cónsul argentino.

Las vinculaciones actuales son más grandes y valiosas. Los intereses pueden decirse enormes. Y si así es con muchas naciones, aquellas con las cuales no lo tenemos tan grandes, aspiran á vincularse más haciendo todo esfuerzo.

Hemos tenido aquí exposiciones de diversos países, y ahora mismo se anuncian otras. El propósito es siempre procurar consumo en este mercado.

La concurrencia sería oficial ó particular. Así ha sucedido en algunas exposiciones, en que los gobiernos, teniendo escrúpulos ó no pudiendo concurrir oficialmente, han estimulado y subvencionado á los comités particulares para que, asumiendo en el hecho la representación del país, favorezcan la concurrencia á las exposiciones.

Por otra parte, se tienen datos fidedignos que aseguran la concurrencia de algunas naciones, lo que significa, que dada la lucha de la industria y del comercio universal, no dejarán las otras de concurrir, y seguramente cada cual lo procurará hacer en la forma más amplia.

Incluyendo el pabellón para la exposición general internacional de electricidad, puede calcularse, tomando base en la concurrencia á las exposiciones últimas y descontando el exceso por especializaciones debidas á la nación en que se celebra ó al momento de la celebración ó otras contingencias, que se cubrirán término medio, cincuenta mil metros.

Ahora deben agregarse los locales para fiestas, novedades, sports, curiosidades, bars, restaurantes, ferias especiales, que ocuparán no menos de 25.000 metros.

Estamos seguros por solicitudes é informes, que la demanda para este último rubro será enorme, pero la administración deberá limitarla á una superficie fijada de antemano. Está demostrado por la experiencia en las exposiciones, que el exceso de estos establecimientos les produce la ruina, mermando las entradas calculadas en ese concepto por la administración y aún obligándola á intervenir en cuestiones enojosas y gastos. Todo lo contrario resulta de la limitación bien calculada que produce beneficios á todos.

Resumiendo, tendríamos un cálculo mínimo de 125.000 metros cuadrados á cubrir, lo que hace indispensable disponer de una extensión de 250.000 metros, cuando menos, á ocupar.

**Ubicación.** — Sobre este punto el comité arriba á las siguientes conclusiones:

Que la exposición debe ubicarse en los terrenos comprendidos entre el Paseo Intendente Alvear y el Parque 3 de Febrero, sobre la Avenida Alvear.

Que si no es posible la unificación de una gran área (por concesión, expropiación ó arrendamiento), la exposición deberá erigirse seccionada en los terrenos de propiedad pública que en ella se encuentran.

La opinión concreta de la comisión en este asunto — que importa al éxito de la exposición — es que debemos ubicarla sobre las grandes áreas de terrenos comprendidas entre las instalacio-

nes de las obras de salubridad (calle Gallo), el Parque 3 de Febrero y Avenida Alvear, adquiriéndose los terrenos necesarios de propiedad particular que quedarán con buen motivo incorporados al haber municipal, al par que resuelto un problema edilicio de largo tiempo planteado, cuya solución demorada todavía será cada día que pase más costosa y tal vez, en breve plazo, imposible.

No se podría augurar y menos demostrar un éxito igual en la exposición seccionada, más costosa y difícil.

## BIBLIOGRAFIA

(En esta sección se acusa recibo y se comenta las obras que se nos remite, dedicándose especial atención á las que se recibe por duplicado.)

## OBRAS

**Revista de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos del Uruguay** — Hemos recibido el primer número de esta publicación, que es órgano de la asociación uruguaya que le dá nombre, recientemente fundada ella misma por un grupo de animosos profesionales de la otra orilla del Plata.

La Asociación de Ingenieros y Arquitectos del Uruguay tiene por misión, según sus estatutos:

- 1º Ofrecer un centro de reunión á los Ingenieros, Arquitectos, Constructores y Empresarios de obras, Agrimensores, Industriales y en general á todas las personas que por sus conocimientos científicos y práctica profesional puedan cooperar al progreso de la Asociación.
- 2º Velar por los intereses generales de los profesionales técnicos é industriales anexas y por su prestigio y mejoramiento.
- 3º Estimular los estudios, investigaciones y trabajos concernientes á los fines de la Institución.
- 4º Fomentar el espíritu de unión entre sus asociados y defender sus intereses profesionales, tratando de que se les reconozcan intereses y atribuciones que las leyes le acuerdan.
- 5º Gestionar de los P. P. la sanción de leyes referentes á las profesiones de los asociados, tendentes al progreso profesional y á la obtención de mejoras justas en favor de las mismas profesiones, de acuerdo con las atribuciones que les corresponden en los países más adelantados.
- 6º Dar curso á las consultas que los P. P. crean convenientes dirigir á la Asociación y contribuir al estudio de las cuestiones técnicas de interés general.

Según el artículo 2º de los mismos estatutos, la asociación comprenderá las secciones de: Obras Públicas; Arquitectura; Topografía; Industria; Empresarios de Obras.

Su primer junta directiva la forman personalidades bien conocidas y reputadas que son una garantía de éxito. Su presidente es el ingeniero Juan Monteverde nuestro distinguido colaborador, á quien secundan eficazmente los señores Horacio Acosta y Lara, Antonio Llambías de Olivar, Eduardo García de Zuñiga y Antonio R. Benvenuto, en los cargos de Vice-presidente, Secretario, bibliotecario y tesorero, respectivamente.

Cuanto al primer número del órgano de la simpática asociación, su factura es tal que nos promete un colega por todos conceptos interesante, cual puede juzgarse por el siguiente sumario:

«Nuestro programa — Ingeniero Juan Alberto Capurro, por Juan Monteverde — Leyes y Reglamentos sobre edificación, por Horacio Acosta y Lara — El proyecto de puerto para Montevideo, por Hans Arnold — Curvas de empalme, por Nicolás N. Piaggio — Apuntes de Historia de la Arquitectura, por Juan Giuria — Reglamento para la construcción de edificios escolares: resolución aprobando el reglamento de construcciones, propuesto por el Departamento Nacional de Ingenieros — Sección Oficial — Crónica.»

Hacemos votos por la prosperidad de la Asociación y del simpático colega.

**Algunos instrumentos ó instrucciones de la casa E. W. Breithaupt & Sohn** — Los señores Otto Hess y Cía., propietarios del afamado taller mecánico de precisión de la calle Florida (667) acaban de editar un interesante opúsculo con el título que encabeza estas líneas. El objeto de esta publicación es llamar la atención respecto de las condiciones que caracterizan los principales instrumentos de precisión que salen de la acreditada casa de Cassel y hacer algunas recomendaciones relativas á su verificación y corrección cuando se trata de sus conocidos taquímetros, de su teodolito de antejo excéntrico, de su nivel de precisión, etc... ó, simplemente, el dar una nota descriptiva al referirse á otros instrumentos de fabricación de la misma firma.

Por la claridad de la exposición, por las oportunas recomendaciones y las útiles instrucciones que esta publicación encierra en unas pocas páginas, ella ha de ser debidamente apreciada por los profesionales que sean favorecidos con un ejemplar,



