

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

PUBLICACION TECNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA QUINCENALMENTE

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

Aplicación del "Cálculo de estructuras,, de Zafra, al estudio de una cubierta de estación

POR

D. JOSÉ ROSELLÓ

Ingeniero agregado a la Comisión de los Ferrocarriles transpirenaicos.

La estación internacional de Canfranc, objeto de este estudio, es de planta rectangular, de 246 metros de longitud por 13 metros de ancho; por un lado afluye la vía francesa que se proyecta, con tracción eléctrica, y por el otro la española, que será explotada con locomotoras de vapor.

Dada la gran intensidad y duración de las nevadas en este paraje, no cabe pensar en el empleo de una marquesina para proteger el andén, pues aparte de que su forma especial más bien contribuye a la acumulación de la nieve en la cubierta, se tiene la completa seguridad de que, por poco que sopla el viento, quedaría el andén anegado de nieve.

Hay que buscar un tipo de cubierta que cubra, por lo menos, tres vías, para que las más próximas al andén, destinadas a viajeros, queden absolutamente protegidas de la nieve.

Pero una vez hecho esto, se presenta en seguida el grave problema de dar salida a los humos. Si ésta se hace sólo por los extremos, dada la longitud de 246 metros que tiene el edificio, el humo invadiría las dependencias antes de ser evacuado.

No es admisible tampoco poner chimeneas de ventilación, pues alrededor de cada una de ellas se acumularía la nieve, y dado el número bastante grande que habría de poner, se formaría una verdadera barrera.

Además hay que impedir que el humo llegue a las fachadas, y de ocurrir esto, que sea en la menor cantidad posible.

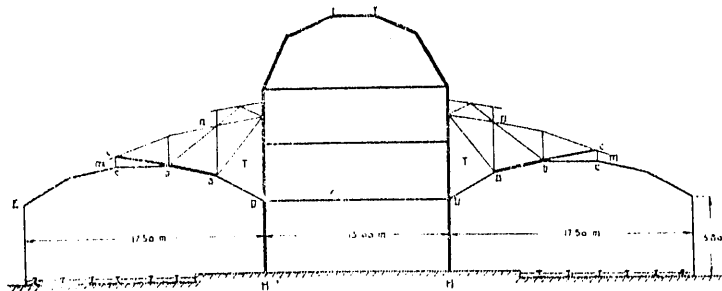
Son, pues, varios los factores que hay que tener en cuenta para encontrar una solución satisfactoria.

Entre los muchos tipos de cubiertas que pudieran resolver el problema, hemos adoptado el indicado en el adjunto croquis, y que, además, está en armonía con la estructura alpina del edificio.

Las dos cubiertas son independientes y están constituidas por una arcada poligonal *HDET*. Para evitar la acumulación de

nieve en los ángulos entrantes *D*, se disponen las partes suplementarias *T*, de celosía triangulada. La parte *abe* de trazo grueso representa un tapamento o corrido de cristal.

El humo, en su ascenso, choca con la superficie *abe*, y su forma es adecuada para guiarle y darle salida por la abertura corrida *m*. Si algo de humo se escapara, como puede ocurrir en días de viento fuerte y llegar a las fachadas, entonces volvería a encontrar nueva salida por la abertura también corrida *n*.



En la parte francesa no se presenta el problema del humo, porque ya hemos dicho que la línea es eléctrica; pero, por simetría, debe adoptarse el mismo tipo.

Descrito a grandes rasgos el tipo elegido de cubierta, pasemos a estudiar con todo detalle su cálculo, que lo creemos muy interesante.

Cálculo de la arcada.

En primer lugar, sustituimos el arco poligonal de la arcada por un arco de círculo, y como la relación de la flecha a la luz es $\frac{1}{3}$, podemos también sustituir este arco de círculo por otro parabólico, que pase por los arranques y el punto más alto, siendo su eje una parábola de ecuación

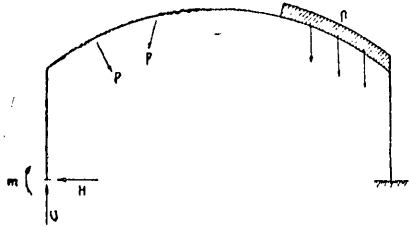
$$z = \frac{4f}{l^2} x(l-x)$$

Esta hipótesis, que facilita mucho los cálculos, es muy racional y admisible, pues prácticamente, a partir de rebajamientos menores de $\frac{1}{4}$ el error que se comete es despreciable. En cuanto a la sección y momento de inercia pueden ser constantes, o, lo que es más lógico, variables con el coseno del ángulo de la tangente con la cuerda. Llamando, pues, S_c I_c sección y momento de inercia en la clave y α el ángulo de inclinación, se tendrá

$$I = \frac{I_c}{\cos \alpha} \quad \text{y} \quad S = \frac{S_c}{\cos \alpha}$$

Esto tiene, además, la ventaja de que en las fórmulas que luego se establecerán, automáticamente se reemplaza la diferencial del arco dl por la diferencial de la abscisa dx .

La arcada la podemos considerar como un arco quebrado continuo, formado por otro parabólico y dos pies derechos. Está perfectamente empotrada en sus extremos y sometida a las cargas siguientes: en la mitad izquierda son cargas aisladas, transmitidas por las barras de la celosía superior, y en la mitad derecha, la carga es uniforme.



Llamando m , H y V las reacciones desconocidas en el empotramiento izquierdo, y M , N y T el momento flector, esfuerzo normal y esfuerzo tangencial respectivos en una sección cualquiera, la teoría de elasticidad nos da las siguientes ecuaciones para determinar m , H y V .

$$\begin{aligned} \frac{1}{EI} \int M \frac{dM}{dm} dl + \frac{1}{ES} \int N \frac{dN}{dm} dl + \int \frac{xT}{EtS} \frac{dT}{dm} dl &= \rho m \\ \frac{1}{EI} \int M \frac{dM}{dH} dl + \frac{1}{ES} \int N \frac{dN}{dH} dl + x \int \frac{T}{EtS} \frac{dT}{dH} dl &= \rho H \\ \frac{1}{EI} \int M \frac{dM}{dV} dl + \frac{1}{ES} \int N \frac{dN}{dV} dl + x \int \frac{T}{EtS} \frac{dT}{dV} dl &= \rho V \end{aligned}$$

Pero despreciando los trabajos elásticos debidos al esfuerzo tangencial T y al esfuerzo normal N , porque sus valores son insignificantes comparados con el debido al momento flector M , y sustituyendo l por $\frac{I_c}{\cos \alpha}$, S por $\frac{S_c}{\cos \alpha}$ y dl por $\frac{dx}{\cos \alpha}$, se llega al sistema siguiente:

$$\begin{aligned} \frac{1}{EI_c} \cos \alpha \int M \frac{dM}{dm} \frac{dx}{\cos \alpha} &= \frac{1}{EI_c} \int M \frac{dM}{dm} dx = \rho m \\ \frac{1}{EI_c} \cos \alpha \int M \frac{dM}{dH} \frac{dx}{\cos \alpha} &= \frac{1}{EI_c} \int M \frac{dM}{dH} dx = \rho H \\ \frac{1}{EI_c} \cos \alpha \int M \frac{dM}{dV} \frac{dx}{\cos \alpha} &= \frac{1}{EI_c} \int M \frac{dM}{dV} dx = \rho V \end{aligned}$$

Los segundos miembros de este sistema de ecuaciones, representan los giros o recorridos de las reacciones. Pero como no tenemos en cuenta las variaciones de temperatura y además hay verdadero empotramiento, estos giros o recorridos son nulos todos ellos, y por tanto, en definitiva las ecuaciones que resultan son las siguientes:

$$\begin{aligned} \int M \frac{dM}{dm} dx &= 0 \\ \int M \frac{dM}{dH} dx &= 0 \\ \int M \frac{dM}{dV} dx &= 0 \end{aligned}$$

extendiendo los integrales a todo el contorno de la arcada.

Como hay cargas aisladas y cargas uniformes, desarrollaremos el sistema para una sola carga aislada, ya sea vertical u horizontal, y los cálculos obtenidos serán aplicables a todas las cargas aisladas, sin más que sustituir valores, y luego supondremos que la carga aislada se hace uniforme.

De este modo bastará resolver un solo sistema de tres ecuaciones con tres incógnitas m , H y V .

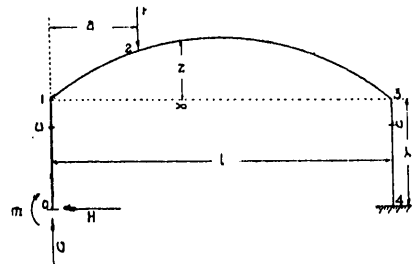
Supongamos, pues, primero una carga aislada P vertical puesta a la distancia a del empotramiento izquierdo. Determinemos momentos flectores.

$$\begin{aligned} M_0^1 &= m + Hu \\ M_1^3 &= m + H(\lambda + z) + Vx - P(x - a) \\ M_3^4 &= m + H(\lambda - v) + Vl - P(l - a) \end{aligned}$$

u varía de 0 a λ ; x , varía de 0 a l y para P de a a l ; v varía de 0 a λ .

Las derivadas respectivas son:

$$\begin{aligned} \frac{dM_0^1}{dm} &= 1 & \frac{dM_0^1}{dH} &= u & \frac{dM_0^1}{dV} &= 0 \\ \frac{dM_1^3}{dm} &= 1 & \frac{dM_1^3}{dH} &= (\lambda + z) & \frac{dM_1^3}{dV} &= x \\ \frac{dM_3^4}{dm} &= 1 & \frac{dM_3^4}{dH} &= (\lambda + v) & \frac{dM_3^4}{dV} &= l \end{aligned}$$



Sustituyendo estos valores en las expresiones integrales se tiene:

$$\begin{aligned} \int_0^\lambda (m + Hu) du + \int_0^l [m + H(\lambda + z) + Vx - P(x - a)] dx + \\ + \int_0^\lambda [m + H(\lambda - v) + Vl - P(l - a)] dv &= 0 \\ \int_0^\lambda (m + Hu) du + \\ + \int_0^l [m + H(\lambda + z) + Vx - P(x - a)] (\lambda + z) dx + \\ + \int_0^\lambda [m + H(\lambda - v) + Vl - P(l - a)] (\lambda - v) dv &= 0 \\ \int_0^\lambda (m + Hu) 0 du + \\ + \int_0^l [m + H(\lambda + z) + Vx - P(x - a)] x dx + \\ + \int_0^\lambda [m + H(\lambda - v) + Vl - P(l - a)] lv &= 0 \end{aligned}$$

integrando

$$\begin{aligned} \left(mu + H \frac{u^2}{2} \right)_0^\lambda + \left[mx + H \left(\lambda x + \frac{4f}{l^2} \left(l \frac{x^2}{2} - \frac{x^3}{3} \right) + \right. \right. \\ \left. \left. + V \frac{x^2}{2} - P \left(\frac{x^2}{2} - ax \right) \right)_a^l \right] + \\ + \left[mv + H \left(\lambda v - \frac{v^2}{2} \right) + Vl - P(l - a)v \right]_0^\lambda &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \left(m \frac{u^2}{2} + H \frac{u^3}{3} \right)_0^\lambda + \left[m \left(\lambda x + \frac{4f}{l^2} \left(l \frac{x^2}{2} - \frac{x^3}{3} \right) \right) + \right. \\ \left. + H \left(\lambda^2 x + \frac{16f^2}{l^4} \left(l^2 \frac{x^3}{3} + \frac{x^5}{5} - 2l \frac{x^4}{4} \right) + \right. \right. \\ \left. \left. + 2\lambda \frac{4f}{l^2} \left(l \frac{x^2}{2} - \frac{x^3}{3} \right) \right) + V \left(\lambda \frac{x^2}{2} + \frac{4f}{l^2} \left(l \frac{x^3}{3} - \frac{x^4}{4} \right) \right) \right]_0^l - \end{aligned}$$

$$-P \left[\lambda \frac{x^2}{2} + \frac{4f}{l^2} \left(l \frac{x^3}{3} - \frac{x^4}{4} \right) - a \lambda x - a \frac{4f}{l^2} \left(l \frac{x^2}{2} - \frac{x^3}{3} \right) \right]_a^l + \left[m \left(\lambda v - \frac{v^2}{2} \right) - H \frac{(\lambda - v)^3}{3} + v l \left(\lambda v - \frac{v^2}{2} \right) - P(l-a) \left(\lambda v - \frac{v^2}{2} \right) \right]_0^\lambda = 0$$

$$\left[m \frac{x^2}{2} + H \left(\lambda \frac{x^2}{2} + \frac{4f}{l^2} \left(l \frac{x^3}{3} - \frac{x^4}{4} \right) \right) + v \frac{x^3}{3} - P \left(\frac{x^3}{3} - a \frac{x^2}{2} \right) \right]_0^l + \left[m l v + H l \left(\lambda v - \frac{v^2}{2} \right) + v l^2 v - P l (l-a) v \right]_0^\lambda = 0$$

sustituyendo límites se tiene:

$$\left(m \lambda + H \frac{\lambda^2}{2} \right) + m l + H \left[\left(\lambda l + \frac{4f}{l^2} \left(\frac{l^3}{2} - \frac{l^3}{3} \right) \right) \right] + v \frac{l^3}{2} - P \left(\frac{l^3 + a^2}{2} - a l \right) + m \lambda + H \left(\lambda^3 - \frac{\lambda^2}{2} \right) + v l \lambda - P(l-a) \lambda = 0$$

$$\left(m \frac{\lambda^2}{2} + H \frac{\lambda^3}{3} \right) + m \left(\lambda l + \frac{4f}{l^2} \left(\frac{l^3}{2} - \frac{l^3}{3} \right) \right) + H \left(\lambda^3 l + \frac{16f^2}{l^4} \left(\frac{l^5}{3} + \frac{l^5}{5} - \frac{l^5}{2} \right) + \frac{8\lambda f}{l^2} \left(\frac{l^3}{2} - \frac{l^3}{3} \right) \right) + v \left(\lambda \frac{l^3}{2} + \frac{4f}{l^2} \left(\frac{l^4}{3} - \frac{l^4}{4} \right) \right) - P \left[\lambda \frac{l^2}{2} + \frac{4f}{l^2} \left(\frac{l^4}{3} - \frac{l^4}{4} \right) - a \lambda l - \frac{4af}{l^2} \left(\frac{l^3}{2} - \frac{l^3}{3} \right) - \lambda \frac{a^2}{2} - \frac{4f}{l^2} \left(l \frac{a^3}{3} - \frac{a^4}{4} \right) + a^2 \lambda + \frac{4a^3 f}{l^2} \left(\frac{l}{2} - \frac{a}{3} \right) \right] + m \left(\lambda^3 - \frac{\lambda^2}{2} \right) + H \frac{\lambda^3}{3} + v l \left(\lambda^3 - \frac{\lambda^2}{2} \right) - P(l-a) \left(\lambda^3 - \frac{\lambda^2}{2} \right) = 0$$

$$m \frac{l^2}{2} + H \left(\frac{\lambda l^2}{2} + \frac{4f}{l^2} \left(\frac{l^4}{3} - \frac{l^4}{4} \right) \right) + v \frac{l^3}{3} - P \left(\frac{l^3}{3} - \frac{a l^2}{2} + \frac{a^3}{6} \right) + m l \lambda + H l \left(\lambda^3 - \frac{\lambda^2}{2} \right) + v l^2 \lambda - P l (l-a) \lambda = 0$$

reduciendo términos y ordenando respecto a las incógnitas m, H y V

$$m(l + 2\lambda) + H \left(\lambda^2 + \lambda l + \frac{2}{3} l f \right) + v \left(l \lambda + \frac{l^2}{2} \right) = P \left(\frac{l^2}{2} + l \lambda + \frac{a^2}{2} - a l - a \lambda \right)$$

$$m \left(\lambda^2 + \lambda l + \frac{2}{3} l f \right) + H \left(\frac{2}{3} \lambda^3 + \lambda^2 l + \frac{4}{3} \lambda l f + \frac{8}{15} l f^2 \right) + v \left(\frac{l \lambda^2}{2} + \frac{\lambda l^2}{2} + \frac{l^2 f}{3} \right) = P \left(\frac{l \lambda^2}{2} + \frac{\lambda l^2}{2} + \frac{l^2 f}{3} - a \lambda l - \frac{2 a l f}{3} - \frac{a \lambda^2}{2} + \frac{a^2 \lambda}{2} + \frac{2 a^3 f}{3 l} - \frac{a^4 f}{3 l^2} \right)$$

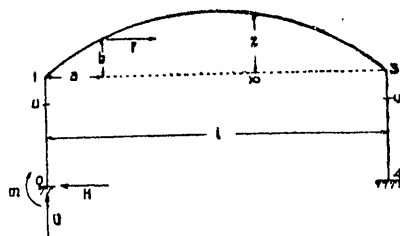
$$m \frac{l}{2} (l + 2\lambda) + H \frac{l}{2} \left(\lambda^2 + \lambda l + \frac{2}{3} l f \right) + v \left(\frac{l^3}{3} + l^2 \lambda \right) = P \left(\lambda l^2 + \frac{l^3}{3} - \lambda l a - \frac{l^2 a}{2} + \frac{a^3}{6} \right)$$

Supongamos ahora el caso de que la arcada esté solicitada por una fuerza horizontal a la altura b sobre la cuerda. Las expresiones de los momentos flectores serán:

$$M_0^4 = m + H u \\ M_1^3 = m + H(\lambda + z) + v x - F(z - b) \\ M_2^3 = m + H(\lambda - v) + v l + F(b + v)$$

u varía de 0 a λ ; x varía de 0 a l y para F de a a l ; v varía de 0 a λ .

Sustituídas estas expresiones y sus derivados respectivos en las ecuaciones de elasticidad, llegaríamos, lo mismo que antes, a un sistema de tres ecuaciones, en el que los primeros miembros serían idénticos a los anteriores, y en los segundos aparecerían los términos integrales, en los que sólo figura la fuerza exterior F .



Por tanto, b será integrar

$$- \int_a^l F(z + b) dx + \int_0^\lambda F(b + v) dv = - \\ = - F \left[\frac{4f}{l^2} \left(l \frac{x^2}{2} - \frac{x^3}{3} \right) - b x \right]_a^l + F \left(b v + \frac{v^2}{2} \right)^\lambda \\ - \int_a^l F(z - b)(\lambda + z) dx + \int_0^\lambda F(b + v)(\lambda - v) dv = - \\ = - F \left[\frac{16f^2}{l^4} \left(\frac{x^5}{3} + \frac{x^5}{5} - 2l \frac{x^4}{4} \right) + (\lambda - b) \times \right. \\ \left. \times \frac{4f}{l^2} \left(l \frac{x^2}{2} - \frac{x^3}{3} \right) - b \lambda x \right]_a^l + F \left[b \lambda v + (\lambda - b) \frac{v^2}{2} - \frac{v^3}{3} \right]_0^\lambda \\ - \int_a^l F(z - b) x dx + \int_0^\lambda F(b + v) l dv = - \\ = - F \left[\frac{4f}{l^2} \left(l \frac{x^3}{3} - \frac{x^4}{4} \right) \right]_a^l + F \left(b l v + l \frac{v^2}{2} \right)^\lambda$$

sustituyendo límites se tiene

$$- F \left[\frac{2}{3} f l - b l - \frac{4f}{l^2} \left(l \frac{a^2}{2} - \frac{a^3}{3} \right) + b a \right] + F \left(b \lambda + \frac{\lambda^2}{2} \right) \\ - F \left[\frac{8}{15} l f^2 + (\lambda - b) \frac{2}{3} f l - b \lambda l - \frac{16f^2}{l^4} \left(l^2 \frac{a^5}{3} + \frac{a^5}{5} - \frac{l a^4}{2} \right) - (\lambda - b) \frac{4f}{l^2} \left(l \frac{a^2}{2} - \frac{a^3}{3} \right) + b \lambda a \right] + F \left(\frac{b \lambda^2}{2} + \frac{\lambda^3}{6} \right) \\ - F \left[\frac{f l^2}{3} - \frac{b l^2}{2} - \frac{4f}{l^2} \left(l \frac{a^3}{3} - \frac{a^4}{4} \right) + \frac{b a^2}{2} \right] + F \left(b l \lambda + \frac{l \lambda^2}{2} \right)$$

Por último, consideremos el caso de la carga uniformemente repartida sobre la mitad derecha de la arcada, entre los límites c y l . Si directamente aplicáramos a éste caso las ecuaciones de elasticidad, llegaríamos a formar un sistema de ecuaciones en el que los primeros miembros serían los mismos del primer sistema, y los segundos miembros serían el resultado de sustituir la carga aislada P por la uniforme $p da$ e integrar entre los límites c y l . Tendremos pues:

$$m(\lambda) + H(\lambda) + V(\lambda) = \int_c^l \left(\frac{l^2}{2} + l \lambda + \frac{a^2}{2} - a l - a \lambda \right) p da \\ m(\lambda) + H(\lambda) + V(\lambda) = \int_c^l \left(\frac{l \lambda^2}{2} + \frac{\lambda l^2}{2} + \frac{\lambda^2 f}{3} - a \lambda l - \frac{2 a l f}{3} - \frac{a \lambda^2}{2} + \frac{a^2 \lambda}{2} + \frac{2 a^3 f}{3 l} - \frac{a^4 f}{3 l^2} \right) p da$$

$$m(n) + H(n) + V(n) = \int_0^1 \left(\lambda l^2 + \frac{l^5}{3} - \lambda la - \frac{l^2 a}{2} + \frac{a^5}{6} \right) p da$$

cuyos segundos miembros valen, respectivamente

$$p \left(\frac{l^2}{2} a + l \lambda a + \frac{a^5}{6} - \frac{la^2}{2} - \frac{\lambda a^2}{2} \right)_c$$

$$p \left(\frac{l \lambda^2 a}{2} + \frac{\lambda l^2 l}{2} + \frac{l^2 f l}{3} - \frac{\lambda l a^2}{2} - \frac{2 l f a^2}{6} - \frac{\lambda^2 a^2}{4} + \frac{\lambda a^5}{6} + \frac{2 f a^4}{3 l} - \frac{f a^5}{15 l^2} \right)_c$$

$$p \left(\lambda l^2 a + \frac{l^5 a}{3} - \frac{\lambda l a^2}{2} - \frac{l^2 a^2}{4} + \frac{a^4}{24} \right)_c$$

y sustituyendo límites

$$p \left(\frac{l^2 \lambda}{2} + \frac{l^5}{6} - \frac{l^2 c}{2} - l \lambda c - \frac{c^3}{6} + \frac{l c^2}{2} + \frac{\lambda c^2}{2} \right)$$

$$p \left(\frac{\lambda^2 l^2}{4} + \frac{\lambda l^5}{6} + \frac{f l^5}{10} - \frac{l \lambda^2 c}{2} - \frac{l^2 \lambda c}{2} - \frac{l^2 f c}{3} + \frac{\lambda l c^2}{2} + \frac{l f l^2}{3} + \frac{l^2 c^2}{4} - \frac{\lambda c^3}{6} - \frac{f c^4}{6 l} + \frac{f c^5}{15 l^2} \right)$$

$$p \left(\frac{\lambda l^5}{2} + \frac{l^4}{8} - \lambda l^2 c - \frac{l^5 c}{3} + \frac{\lambda l c^2}{2} + \frac{l^2 c^2}{4} - \frac{c^4}{24} \right)$$

Resumiendo, pues, llegamos a plantear un sistema de tres ecuaciones con tres incógnitas *m*, *H* y *V*, en el que los primeros miembros son los comunes a los tres casos, y los segundos miembros serán la suma algébrica de los correspondientes para cada caso.

Sólo nos queda ya sustituir valores numéricos y resolver el sistema.

(Continuad.)

AUTOMOTORES PETRÓLEO-ELÉCTRICOS CON MOTOR DIESEL DE LOS FERROCARRILES SUECOS

Los automotores petróleo-eléctricos se han estudiado desde hace algunos años, con objeto de suplir a los automotores o locomotoras de vapor, y si bien hasta ahora no se ha extendido mucho esta clase de carruajes, no carece, sin embargo, de interés, sobre todo en los países ricos en combustibles líquidos, y aun puede vislumbrarse su empleo para la tracción en ciertas líneas, como las transafricanas, donde faltan el carbón y el agua y donde la electrificación por hilo de contacto aéreo arrastraría gastos desproporcionados con el tráfico que podría preverse en el período de iniciación.

Entre los motores que pueden instalarse en automotoras de este género, con transmisión eléctrica entre ellas y los ejes, los motores Diesel ofrecen las ventajas bien conocidas de economía y robustez, que ha hecho que se adopten a bordo de los submarinos y de otros muchos barcos.

Por esta razón, M. A. B. consagra un estudio a diversos modelos de automotoras de este género, que llama, para abreviar, «Diesel-eléctricas», y que circulan desde hace algunos años en varias líneas de algunas pequeñas Compañías suecas de ferrocarriles. Este estudio ha sido publicado en *Le Génie Civil*, y esta nota es un resumen del mismo.

Hay, por lo menos, cuatro modelos diferentes, perfeccionados sucesivamente, de estas automotoras, puestas en servicio en Suecia, entre 1913 y 1917, y que han funcionado en cuanto ha sido posible procurarse el petróleo necesario para sus motores; han reanudado, por otra parte, su servicio tan pronto como esta penuria ha desaparecido.

Cada uno de estos modelos lleva un motor Diesel de seis (y aun de ocho) cilindros (figuras 12 y 13), que gobiernan directa-

mente una dinamo, la cual mueve dos motores montados sobre los ejes más próximos de en medio del carruaje, o sobre los que están más alejados del motor Diesel.

En el primer modelo (figuras 1.^a a 5.^a), uno de los extremos está dispuesto como sala de máquinas, con el puesto del mecánico; vienen en seguida un furgón, un compartimiento postal, un compartimiento de tercera clase (31 plazas), un retrete, un vestíbulo de entrada, un pequeño compartimiento de segunda clase (10 plazas) y, en fin, una caseta de maniobra para la marcha hacia atrás.

El segundo modelo difiere poco del primero, pero es más ligero.

Las figuras 6.^a a 10 dan también los planos del tercer modelo, en el cual el motor Diesel está instalado en medio, en tanto que los dos extremos de la caja están ocupados por furgones de mercancías o para el servicio de correo y por las dos casetas de gobierno. Aquí los ejes son independientes, mientras que el cuarto modelo, cuya caja es análoga al precedente, está montado sobre dos bogías, cada una de las cuales lleva un electromotor. El reparto de las cargas es aquí simétrico con relación a los planos medios del carruaje.

La regulación del caudal de la bomba, según la carga, se hace por un regulador que actúa sobre aquélla. El combustible se inyecta por el aire comprimido a 60 atmósferas, próximamente, suministrado por el compresor. Como este compresor no da aire al ponerse en marcha, existen unos depósitos de aire que se cargan automáticamente durante la marcha del motor. Los gases quemados se conducen por un colector a un receptáculo de escape y salen por encima del techo del carruaje. El enfriamiento de los cilindros y del compresor se hace por el agua puesta en circulación por una bomba montada en el extremo del árbol de distribución. Esta agua se enfría en un radiador montado sobre el techo. Para impedir que el agua se enfríe demasiado se puede montar alrededor del radiador un marco de madera, sobre el cual se tiende tela; en cada extremo de este marco están dispuestas unas puertas, que se pueden abrir desde el interior del carruaje para regular la temperatura del agua. Se puede también, en invierno, dejar al agua pasar por los radiadores del carruaje, para la calefacción.

El engrase del motor se hace por una bomba que conduce el aceite bajo presión a todos los cojinetes. Antes de volver a la bomba, pasa este aceite por un filtro de radiador colocado bajo el carruaje, para que se enfríe. Unos depósitos para el agua y el aceite combustible están dispuestos bajo el techo del carruaje. Estos depósitos se llenan por cañerías exteriores y bombas de mano colocadas en la cámara de las máquinas.

El motor se pone en marcha eléctricamente por medio de una batería de acumuladores, situada debajo del carruaje. En este momento la dinamo trabaja como motor, y todas las conexiones necesarias se hacen automáticamente girando la manivela del registrador en la caseta del conductor. Sobre el motor está montado un pequeño compresor que da el aire a 6 atmósferas, próximamente, para los frenos, señales y enarenamiento.

He aquí los resultados de los ensayos del motor de un carruaje verificados por M. Hubendick en 1916:

Calibre del cilindro, 200 milímetros.
Curso, 240 milímetros.
Combustible, aceite de Texas.

	Ensayo núm. 1.	Ensayo núm. 2.
Duración del ensayo, minutos.....	44	44
Carga, por 100.....	100	110
Vueltas por minuto.....	500	495
Potencia, caballos.....	120	132

Consumo de aceite:

Total, gramos.....	16.900
Por hora, idem.....	23.040
Por caballo-hora.....	192
Presión del aire de inyección, kilogramos por centímetro cuadrado.....	56