

MADRID, 15 DE DICIEMBRE DE 1881.

TOMO XXIX.

NÚM. 23.

SUMARIO.

Fallecimiento del Ingeniero primero D. Antonio Herrera y Bonilla.—Método para el cálculo de las cargas arrastradas por una locomotora.—Memoria sobre el progreso y adelanto de las obras de mejora de la ría de Bilbao (continuación).—Empleo de la luz eléctrica en las locomotoras.—Subastas.—Noticias varias. Personal.

Tenemos el sentimiento de anunciar á nuestros suscritores el fallecimiento de nuestro distinguido compañero el Ingeniero primero D. Antonio Herrera y Bonilla, ocurrido en Granada el día 13 del presente mes.

La Redaccion de «La Revista,» en nombre de todos nuestros compañeros, envía á su desconsolada familia el pésame por tan irreparable pérdida.

MÉTODO

PARA EL

CÁLCULO DE LAS CARGAS ARRASTRADAS
POR UNA LOCOMOTORA.

La carga que una máquina puede arrastrar es funcion de tres elementos: el trabajo que el vapor desarrolla sobre los émbolos, ó trabajo *indicado* por metro recorrido; la resistencia del mecanismo; la resistencia á la rodadura del tren (el ténder comprendido), la cual depende de la velocidad y de la inclinacion de la vía.

Si se llama T el trabajo del vapor sobre los émbolos, por metro recorrido;

K la resistencia del mecanismo;

r la resistencia por tonelada á la rodadura, correspondiente á la velocidad del tren, y m la inclinacion de la vía expresada en milímetros por metro;

Q el peso total de la máquina, Q' el peso adherente, Q'' el peso del ténder, y C la carga que la máquina puede arrastrar, se tendrá:

$$C = \frac{T-R}{r+m} - (Q+Q'') \quad (1)$$

A; el valor representado por la carga C , sólo podrá llegarse cuando el esfuerzo tangencial á

la circunferencia de las ruedas, ó $T-R-Q'r$, sea superior á la adherencia $Q, \frac{1}{n} \cdot C$ debe por lo tanto satisfacer á la condicion:

$$C = \frac{Q'(\frac{1}{n} + r)}{r+m} - (Q+Q'')$$

$\frac{1}{n}$ siendo el coeficiente de adherencia.

Segun las experiencias de MM. Vuillemin, Guébbard y Dieudonné, este coeficiente varia de $\frac{1}{5}$ á $\frac{1}{9}$, y aún $\frac{1}{11}$: en la red de Lyon se admite la cifra media de $c,14$.

Para una máquina dada el trabajo efectuado por el vapor sobre los émbolos mientras que recorre una distancia de 1 metro, depende de la longitud de admision; gracias á la distribucion por corredera, el maquinista puede hacer variar esta longitud desde 7 á 8 por 100 hasta 75 por 100 próximamente.

El gasto de vapor varia necesariamente con la longitud de la admision, y más adelante veremos que la es sensiblemente proporcional.

La velocidad que la máquina puede adquirir es proporcional á la produccion de vapor en la caldera, y está en razon inversa de la admision. Si se conoce, por consiguiente, la produccion de vapor por hora ó la potencia de vaporizacion de la caldera, así como el consumo de vapor por kilómetro recorrido, para una cierta longitud de admision, se tendrá una relacion que permitirá calcular esta longitud en funcion de la velocidad, y recíprocamente teniendo la longitud de la admision, se deducirá el trabajo T sobre los pistones, y por consiguiente la carga C correspondiente.

Esta manera de operar es la única racional y que permite calcular, con una aproximacion admisible, las cargas que las máquinas pueden arrastrar con diferentes velocidades. Se usa desde hace muchos años en la red de Lyon, en la que ha permitido utilizar toda la potencia de las máquinas, principalmente de las de mercancías, cuyas cargas exceden frecuentemente en un 30

por 100 á las que se admiten para los mismos tipos en otras redes.

El cálculo de las cargas que una locomotora puede remolcar con velocidades dadas, envuelve tres determinaciones principales:

1.ª De la cantidad de vapor proporcionada por la caldera en una hora;

2.ª De la cantidad de vapor gastada por kilómetro recorrido con una velocidad determinada;

3.ª Del trabajo indicado, y del trabajo disponible del vapor por metro recorrido.

Las fórmulas que vamos á deducir difieren notablemente de las que M. E. Marié ha adoptado para el cálculo de las cargas en la red de Lyon. Son ménos sencillas que éstas, pero creemos que dan resultados más aproximados á la verdad, al ménos cuando se trata de una máquina que no ha entrado todavía en servicio. En efecto, los coeficientes prácticos que entran en las fórmulas de dicha red han sido determinados, en cada caso particular y para cada tipo de máquinas, segun los resultados de la experiencia; pero estas deducciones, que son el complemento necesario del sistema de cálculo adoptado, no pueden hacerse para una máquina en proyecto.

I.—CANTIDAD DE VAPOR PROPORCIONADA POR LA CALDERA.

En la mayor parte de las redes francesas, se admite que la produccion del vapor en las locomotoras aumenta con la velocidad. Esta idea, poco razonable y fundada en observaciones imperfectas, ha sido combatida por MM. E. Marié y Coucher. El primero ha calculado las cargas de las máquinas, admitiendo una produccion constante de vapor por hora, cualquiera que fuese la velocidad; y como estas cargas son prácticamente arrastradas todos los dias, hay una prueba cierta de la exactitud de sus consideraciones. Numerosas observaciones que ha hecho sobre este problema, le han conducido á reconocer que la produccion del vapor no depende más que de la superficie de parrilla y de la superficie de calefaccion, y que la cantidad total de agua vaporizada, ó arrastrada de la caldera, por hora, está representada por la fórmula:

$$V = 368 \sqrt{g. s.}$$

g superficie de la parrilla,
 s superficie total de calefaccion en metros cuadrados.

El número V representa la cantidad total de agua que sale de la caldera por hora, ya sea en estado de vapor, ya sea en el de agua arrastrada por el vapor.

Las notables experiencias de MM. Leloutre y Hollaner, han demostrado que en las calderas fijas la cantidad de agua arrastrada por el vapor es de 4 á 6 por 100 del peso total.

Ninguna experiencia de este género se ha hecho sobre las locomotoras en que el arrastre es indudablemente mucho más considerable á causa de la actividad de la vaporizacion sobre una superficie relativamente pequeña.

En sus experiencias sobre la red del Este, MM. Vuillemin, Guebhard y Dieudonné, han medido la cantidad de agua consumida en un recorrido determinado, y calculado el peso del vapor gastado por medio del volumen engendrado por los émbolos durante la admision, y han encontrado que la relacion entre estas dos cantidades era de 1,31 para una locomotora de tres ejes acoplados, consumiendo solamente 29 kilogramos de agua por hora y metro cuadrado de superficie de calefaccion.

La cantidad de vapor que se condensa sobre las paredes de los cilindros durante la admision, siendo igual á 18 ó 20 por 100 del peso del vapor sensible, es decir, del que llena el cilindro durante el período de admision, quedaria, por lo tanto, para el agua arrastrada 12 por 100 del peso del vapor sensible, ó sea 9 por 100 del peso total del vapor de agua.

La vaporizacion de esta caldera, sin embargo, era escasa, y el arrastre de agua debe ser tanto mayor cuanto la vaporizacion se aproxime más á ser impulsada con toda la actividad de que es susceptible, como las máquinas de Lyon, cuyo consumo llega normalmente á 40 kilogramos por hora y metro cuadrado de superficie de calefaccion. Creemos, en consecuencia, que se puede adoptar la cifra de 12 por 100.

La cantidad de vapor realmente producida por hora estará así, representada por la fórmula

$$V_h = 0,88 \times 368 \sqrt{g. s.} = 324 \sqrt{g. s.}$$

II.—CONSUMO DE VAPOR POR KILÓMETRO RECORRIDO.

El peso de vapor gastado por kilómetro recor-

ruido se deduce fácilmente del consumo por una excursión del émbolo. Si se llama H la primera cantidad, H' la segunda y D el diámetro de las ruedas motrices, se deduce

$$H = \frac{4000 H'}{D}.$$

El peso del vapor gastado por excursión del piston es igual:

1.º Al peso del vapor presente en el cilindro al fin del período de admisión, menos el peso del que llenaba el espacio perjudicial al fin del período de compresión, que es el que se ha llamado peso del vapor sensible.

2.º Al peso del vapor que se ha condensado sobre las paredes del cilindro durante la admisión.

En un trabajo publicado en los *Annales des mines* con el título *De la condensation de la vapeur á l'intérieur des cylindres des machines*, hemos desarrollado un método que permite determinar con gran exactitud, con arreglo á las curvas trazadas por el indicador, el peso de vapor realmente suministrado por la caldera durante la admisión. Sirviéndonos de los resultados consignados en esta Memoria, hemos encontrado que se podría representar con mucha aproximación el consumo de vapor por excursión del émbolo por la fórmula empírica:

$$H' = 0,03\pi (d^2 - d'^2) Lx (1 + 0,53\lambda) \Delta \quad (2).$$

Siendo d diámetro del cilindro,
 d' diámetro de la varilla del émbolo,
 L carrera del émbolo,
 x porción de la carrera en que se verifica la admisión,
 λ relación entre el volumen del espacio perjudicial, al volumen total descrito por el émbolo,
 Δ peso del metro cúbico de vapor á la presión de admisión.

De las fórmulas anteriores se deducirá:

$$H = \frac{4200 (d^2 - d'^2) Lx (1 + 0,53\lambda) \Delta}{D}.$$

La velocidad que la máquina podrá sostener, expresada en kilómetros por hora, será:

$$(3) \quad u = \frac{v_h}{H} = \frac{324D\sqrt{g.s}}{4200 (d^2 - d'^2) Lx (1 + 0,53\lambda) \Delta}$$

La admisión x , correspondiente á una velocidad dada u , será:

$$x = \frac{324D\sqrt{g.s}}{4200 (d^2 - d'^2) Lx (1 + 0,53\lambda) \Delta}$$

III.—TRABAJO DEL VAPOR POR METRO RECORRIDO.

Si se designa por T el trabajo del vapor por excursión del émbolo, se tendrá el trabajo t desarrollado por metro recorrido por la relación

$$t = \frac{4T}{\pi D}.$$

Se debe, por consiguiente, determinar t en función de x , que es conocido por la ecuación (4) en función de u .

En la valuación del trabajo entran una multitud de elementos que dependen de las dimensiones respectivas de las luces y del cilindro, de la graduación de la distribución, de la longitud relativa de los períodos de expansión, de escape anticipado, de compresión, etc., etc. En cuanto á la marcha á gran velocidad, es decir, con gran expansión, la longitud de los períodos de escape anticipado y de compresión aumenta mucho. Disminuye, al contrario, con las pequeñas velocidades correspondientes á las grandes admisiones.

Hemos determinado, con un gran número de diagramas trazados por el indicador, el trabajo real desarrollado sobre el émbolo de muchas máquinas, y nos hemos servido de estos resultados para fijar los coeficientes de la fórmula siguiente, cuyos resultados difieren de los verdaderos en menos de un 5 á 6 por 100, aproximación bien suficiente en cálculos de esta clase:

$$T = 2300\pi (d^2 - d'^2) LxP' \left[x + (x+\lambda) 2,303 \lg \frac{1+\lambda}{x+\lambda} - \frac{1,0334}{P'} (1,60 - 0,75) \right].$$

P' representa la presión absoluta en el cilindro durante la admisión en kilogramos por centímetro cuadrado.

Esta fórmula tiene en cuenta el efecto del espacio perjudicial durante la expansión, y el aumento que sufre la contrapresión á medida que la admisión disminuye, y que, por consiguiente, el período de compresión aumenta.

Para demostrar hasta qué punto las fórmulas (2) y (5) pueden inspirar confianza, presentamos á continuación los resultados de la comprobación de los diagramas y del cálculo para siete casos diferentes, tomados de tres máquinas del camino de Orleans. El consumo de vapor ha sido determinado con el mayor cuidado por el método indicado en mi Memoria precitada:

ADMISIONES POR 100.	PESO del vapor consumido en cada oscilacion del émbolo.		TRABAJO por cada oscilacion del émbolo.		DIFERENCIA POR 100.
	Real.	Calculado por la fórmula (2).	Medido sobre el diagrama.	Calculado por la fórmula (5).	
Máquina núm. 552.					
42,3.	0, k 064	0, k 064	4573	4684	+ 6,8 por 100
48,6.	0, k 093	0, k 093	2505	2402	- 4 por 100
22,6.	0, k 443	0, k 447	3022	3122	+ 3,3 por 100
29,2.	0, k 446	0, k 448	3565	3536	- 0,8 por 100
36,2.	0, k 244	0, k 200	4576	4460	- 2,5 por 100
Máquina núm. 4.204.					
32,4.	"	"	5049	5145	+ 4,8 por 100
Máquina núm. 4.408.					
49.	"	"	7184	7153	+ 0,2 por 100

La presión de admision P' es un poco diferente de la presión en la caldera. Los numerosos diagramas que hemos examinado demuestran que el descenso de presión entre la caldera y los cilindros varía de $\frac{1}{4}$ á 1 kilogramo; se puede apreciar que es próximamente de $\frac{1}{2}$ kilogramo para las admisiones medias. Si P es el timbre de la caldera, la presión absoluta en ésta es $P + 1,03$, y la presión de admision P' será igual á $P + 0,05$.

La fórmula (5) se reduce de este modo á

$$T = 2300\pi(d^2 - d'^2)L(P + 0,05) \left[x + (x + \lambda) 2,303 \lg \frac{1 + \lambda}{x + \lambda} - \frac{1,033}{P + 0,5} (1,60 - 0,75x) \right].$$

El trabajo bruto por metro recorrido t_1 , siendo igual á $\frac{4T}{\pi D}$, se obtiene:

$$t_1 = \frac{9200(d^2 - d'^2)L(P + 0,05)}{D} \left[x + (x + \lambda) 2,303 \lg \frac{1 + \lambda}{x + \lambda} - \frac{1,033}{P + 0,5} (1,60 - 0,75x) \right].$$

Las fórmulas (1), (4) y (6) bastan para determinar las cargas que puede arrastrar con una velocidad dada una locomotora cuyos elementos se conocen. La fórmula (4) permitirá calcular la admision x correspondiente á esta velocidad; por

la fórmula (6) se tendrá el trabajo bruto por metro recorrido á la misma velocidad; por último, la carga útil correspondiente estará dada por la ecuacion (1), siempre que se conozcan R , r y m , es decir, la resistencia debida al mecanismo, la resistencia á la rodadura por tonelada de tren en horizontal, y la resistencia por tonelada de tren correspondiente á la inclinacion de la vía. Esta última es igual al número de milímetros que representa la inclinacion, es positiva ó negativa, segun que el tren marcha en rampa ó en pendiente. En cuanto á las dos primeras resistencias, se encontrará en la relacion de las experiencias de MM. Vuillemin, Guebbard y Dieudonné los elementos necesarios para determinarlas, segun la naturaleza de las máquinas, de los trenes y su velocidad.

(De la *Revue générale des Chemins de fer.*)

MEMORIA

SOBRE EL

PROGRESO Y ADELANTO DE LAS OBRAS DE MEJORA DE LA RIA DE BILBAO

(Continuacion.)

La nueva draga puede decirse que es una verdadera novedad en este género de aparatos, pues es la tercera de la misma clase que se ha cons-