

MADRID, 15 DE OCTUBRE DE 1881.

TOMO XXIX.

NÚM. 19.

SUMARIO.

Fallecimiento del Ingeniero Jefe D. Antonio María Vazquez.—Longitudes virtuales de un trazado de camino de hierro, por M. Charles Baum, extractado por M. P. M. Lefèvre (conclusion).—Memoria sobre el progreso y adelanto de las obras de mejora de la ría de Bilbao (continuacion).—Parte oficial.—Subastas.—Noticias varias. Personal.

Con honda pena cumplimos el triste deber de participar á nuestros lectores el fallecimiento ocurrido el día 12 del presente mes, de nuestro querido amigo el Sr. D. Antonio María Vazquez, Ingeniero Jefe de primera clase del Cuerpo de Caminos, Canales y Puertos, y Jefe del movimiento de los ferro-carriles de Madrid á Zaragoza y Alicante.

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

LONGITUDES VIRTUALES

DE UN TRAZADO DE CAMINO DE HIERRO

POR M. CHARLES BAUM

EXTRACTADO POR M. P. M. LEFÈVRE (1).

(Conclusion.)

FÓRMULAS AUSTRIACAS.

Método de la Compañía de los caminos del Sur de Austria.—El cuadro que á continuacion insertamos da á conocer los resultados obtenidos por la Compañía del Sur de Austria, mediante experiencias practicadas con vehículos de dos y de cuatro ejes.

Velocidad en kilómetros por hora	Vehículos de cuatro ejes.	Vehículos de dos ejes.
45.....	$R = 2,25 P$	$R = 2,33 P$
De 45 á 24....	$R = 2,42 P$	»
De 24 á 29....	$R = 2,68 P$	»
De 29 á 36....	$R = 2,92 P$	$R = 2,73 P$
De 36 á 44....	$R = 3,45 P$	$R = 2,90 P$
De 44 á 52....	$R = \text{ » }$	$R = 3,24 P$

(1) Véase los números 6.º, 8.º, 9.º y 13.º de esta REVISTA.

En este cuadro, R representa la resistencia del tren expresada en kilogramos, y P el peso del mismo en toneladas, sin comprender el de la máquina y tender, y los resultados que en él aparecen corresponden á experiencias hechas cuando la atmósfera estaba tranquila.

Fórmulas de la Sociedad Austriaca.—Son debidas á M. Fink, antiguo Inspector principal del material y traccion de la Sociedad Austriaca, el que considera dos casos para su aplicacion: 1.º Aquel en que las condiciones sean favorables, considerando como tales la circunstancia de que no existan curvas cuyo radio sea inferior á 500 metros, ó que existan en corto número, viento débil, temperatura superior á 5º, empleo del aceite para lubricar los muñones de los ejes, y una carga bruta superior á 100 toneladas.

La fórmula correspondiente á este caso es

$$r = 2,5 + 0,001 V^2.$$

Segundo caso aquel en que las condiciones son desfavorables; es decir, que existan muchas curvas cuyo radio sea inferior á 500 metros, viento fuerte, temperatura inferior á 5º, empleo de la grasa para atenuar los efectos del rozamiento en los ejes, y una carga bruta inferior á 100 toneladas, debiendo aplicarse entónces la siguiente fórmula:

$$r = 3,75 + 0,0015 V^2.$$

FÓRMULAS FRANCESAS.

Método de MM. Vuillemin, Guébbard y Dieudonné.—Estos Ingenieros han clasificado en dos grupos los resultados obtenidos al practicar diversas experiencias con los trenes.

Primer grupo.—Corresponde á las experiencias practicadas en buen tiempo y con una temperatura de 15º próximamente con trenes de mercancías, cuya velocidad está comprendida entre 12 y 32 kilómetros por hora, recorriendo un tramo horizontal con curvas de gran radio, obteniendo las dos fórmulas siguientes:

$$r = 1,65 + 0,05 V; \quad r = 2,30 + 0,05 V;$$

de las que la primera se debe aplicar al caso en que se emplee el aceite como materia lubricante, y la segunda cuando se use la grasa.

Segundo grupo.—Corresponde á las experiencias llevadas á cabo con trenes de todas clases recorriendo un tramo horizontal con curvas de gran radio á una velocidad superior á 32 kilómetros por hora, dando por resultado las siguientes fórmulas:

$$r = 1,80 + 0,08 V + \frac{0,009 SV^2}{P};$$

$$r = 1,80 + 0,08 V + \frac{0,006 SV^2}{P};$$

$$r = 1,80 + 0,14 V + \frac{0,004 SV^2}{P}.$$

La primera se aplica al caso en que la velocidad esté comprendida entre 32 y 50 kilómetros por hora; la segunda para velocidades de 50 á 65 kilómetros, y la tercera para velocidades de 70 kilómetros en adelante.

Las diversas letras que figuran en las fórmulas de los dos grupos representan lo siguiente: r la resistencia en kilogramos por tonelada de tren; V la velocidad en kilómetros por hora; S la seccion de frente del tren ($S = 5$ metros cuadrados), y P el peso del tren expresado en toneladas.

SEGUNDO APÉNDICE.

MÉTODOS INGLESES.

Fórmulas inglesas.—Los Ingenieros ingleses se sirven de la fórmula $I = \frac{1}{n}$ para calcular una rampa que oponga á la marcha del tren la misma resistencia que una curva cuyo radio sea de n yardas.

Tambien se usa en Inglaterra para los coches de viajeros la fórmula $R = \frac{1,4}{r}$, en la que R representa la resistencia por tonelada expresada en libras, y r el radio expresado en millas inglesas de 1.610 metros.

En América se ha obtenido la expresion siguiente:

$$R = \frac{0,578}{r};$$

en la cual R y r tienen la misma significacion que en la fórmula precedente. La considerable diferencia que existe entre los coeficientes de estas dos expresiones de la resistencia de una

curva, proviene de la diferencia del material móvil empleado en los dos países.

Fórmula de M. Haswell.—Llamemos:

R_1 á la resistencia en una curva,
 R á la resistencia en tramo recto y horizontal,
 α al ángulo en el centro correspondiente á la longitud del tren.

Segun M. Haswell, se tendrá:

$$R_1 = \frac{\alpha}{40} R.$$

Si se designa por L la longitud del tren, se obtiene:

$$\alpha \frac{2\pi r}{360} = L,$$

siendo r el radio de la curva.

Además M. Haswell ha calculado R segun la fórmula

$$R = P (3,5713 + 0,001008 V^2),$$

en la cual P representa el peso del tren en toneladas, R la resistencia en kilogramos, y V la velocidad por hora en kilómetros.

Se tiene, pues, para la resistencia en curva la expresion

$$R_1 = \frac{0,573}{r} LP (3,5713 + 0,001008 V^2).$$

Si $V = 30$ kilómetros, será:

$$\frac{R_1}{P} = \frac{0,00256}{r} L.$$

M. Haswell ha basado su fórmula sobre resultados de experiencias hechas con material americano. Esos resultados no podian aplicarse al material francés, que da lugar á una resistencia en las curvas muy superior á la del material americano.

FÓRMULAS ALEMANAS.

Método del Brunswick.—Sea ρ el radio de la curva expresado en *ruthen* del Brunswick (1 *ruthe* = 4^m,57). Los Ingenieros alemanes suelen calcular la resistencia debida á una curva de radio ρ , investigando la resistencia sobre una rampa equivalente. Esta rampa de resistencia igual á la de una curva de radio ρ es

$$I = \frac{1}{6\rho}.$$

Esta fórmula, referida al sistema métrico y designando por r el radio de la curva en metros, da

$$I = \frac{0,76}{r}$$

Método de Roeckl.—Ya hemos hablado del método experimental empleado por M. Roeckl para determinar la resistencia debida á las curvas.

Admite, bajo el punto de vista de la resistencia, la equivalencia entre las resistencias de las curvas y la de las rampas que siguen:

RÁDIO DE LAS CURVAS.	RAMPAS EQUIVALENTES.
Metros.	Milímetros.
300	6,25
360	5,30
450	3,57
540	2,40
600	1,43
Más de 750	0,00

M. Roeckl, actualmente Director de la construcción de los ferro-carriles del Estado de Baviera, ha emprendido, en 1877 y 1878, nuevas y numerosas experiencias para determinar la resistencia de los trenes en las curvas. Los resultados de esas experiencias no han sido publicados todavía. Sin embargo, en la Revista de la Union de los ferro-carriles alemanes (*Zeitung des Vereins deutscher Eisenbahnen*), núm. 40, del 28 de Mayo de 1880, hallamos un análisis de los trabajos de M. Roeckl, publicado por *mon-sieur de Weber*.

Segun las nuevas experiencias de M. Roeckl, la resistencia adicional debida á las curvas tiene por expresion:

$$W = \frac{0,6504}{R - 55},$$

siendo R el radio de la curva en metros.

M. Roeckl llega á las dos fórmulas siguientes para la expresion de la resistencia total en una seccion en curva:

1.° *Tren de vehículos:*

$$W + p = \frac{0,6504}{R - 55} + 0,0025 + 0,00000021 v^2;$$

2.° *Locomotora:*

$$W + p = \frac{0,6504}{R - 55} + 0,0050 + 0,00000021 v^2,$$

siendo v la velocidad en kilómetros por hora.

Separacion de los ejes, 3^m,7 á 4^m,1.

Fórmula de M. de Bauernfeind. — M. de Bauernfeind ha establecido la fórmula teórica siguiente para calcular la resistencia debida á las curvas.

Sean:

r el radio de la curva, en piés bávaros,
 e la anchura de la vía, en piés bávaros,
 M la carga, en toneladas,
 a la separacion de los ejes,
 f el coeficiente del rozamiento por resbalamiento.

$$(f = \frac{1}{40});$$

se tiene, segun M. de Bauernfeind,

$$R = 2240 fM \frac{a + e}{r},$$

expresando R en libras.

Método de M. Redtenbacher.—Si se designa por

f el coeficiente de rozamiento por resbalamiento de las llantas sobre los carriles,
 l la separacion de los ejes,
 b la anchura de la vía,
 ρ el radio de la curva,
 Q el peso del wagon.

M. Redtenbacher expresa la resistencia teórica del wagon en la curva por la fórmula

$$R = fQ \frac{\frac{b}{2} + \frac{l}{2}}{\rho}.$$

Resultados obtenidos por M. Boedecker.—Admitiendo:

- 1.° Que la conicidad de las llantas sea de $\frac{1}{20}$.
- 2.° Que el huelgo entre la pestaña de la rueda y el carril esté comprendido entre 10 y 25 milímetros.
- 3.° Que el coeficiente del rozamiento de la llanta sobre el carril sea de $\frac{1}{4}$.

M. Boedecker determina, para las separaciones de 3^m y 3^m,85 entre ejes, la inclinacion de la rampa de resistencia igual á la de una curva de radio dado. El cuadro siguiente contiene los resultados obtenidos por M. Boedecker.

RADIO.	RAMPA EQUIVALENTE Á LA CURVA.	
	Separacion de los ejes 3 metros.	Separacion de los ejes 3m,85.
Metros.	Milímetros.	Milímetros.
300	2,60	3,05
350	2,49	2,60
400	4,90	2,26
450	4,67	4,99
500	4,33	4,63
550	4,20	4,47
600	4,12	4,36
650	0,89	4,13
700	0,83	4,05
750	0,77	0,98
800	0,72	0,92
900	0,64	0,81
1000	0,38	0,72
1100	0,37	0,65
1200	0,37	0,45
1300	0,36	0,45
1400	0,35	0,42
1600	0,28	0,35
2000	0,26	0,34
2400	0,19	0,28

La separacion de los ejes influye de una manera muy sensible sobre la resistencia debida á las curvas.

Experiencias hechas en el Semmering (camino del Sur de Austria). — Las experiencias practicadas en el Semmering por la Compañía de los ferro-carriles del Sur de Austria, han permitido estimar la influencia de la longitud de los trenes sobre la resistencia debida á las curvas.

Las experiencias se han verificado á la velocidad de 15 kilómetros con trenes largos y cortos de igual peso en las curvas del Semmering. Hé aquí las cifras obtenidas para el aumento de resistencia por tonelada, debida á las curvas:

RADIO.	TREN DE 26 WAGONES.	TREN DE 13 WAGONES.
	498t,7.	496t,5
Metros.	Kilógramos.	Kilógramos.
189	3,58	3,03
265	2,57	2,32
284	2,57	2,22

Duplicando el número de wagones, ha aumentado la resistencia debida á las curvas, permaneciendo siempre el mismo el peso total del tren.

FÓRMULAS FRANCESAS.

Las fórmulas teóricas para expresar la resistencia de las curvas son bastante numerosas en Francia; no sucede lo mismo respecto de las fórmulas experimentales. Entre las fórmulas teóricas indicaremos, por vía de recuerdo:

1.º La de Navier, *Annales des Ponts-et-Chaussées*, 1834, segundo semestre.

2.º La de Dupuis, *Annales des Ponts-et-Chaussées*, 1838, primer semestre.

3.º Las contenidas en el tratado de Fevre, sobre *le mouvement de translation des locomotives*, 1844.

Entre los métodos teóricos mencionaremos solamente los de MM. Perdonnet, Reynard y Bordas.

Fórmula de M. Perdonnet.—Sean:

f_1 el coeficiente de rozamiento de la pestaña sobre el carril,

f_2 el coeficiente de rozamiento de la rueda sobre el carril,

P el peso del wagon y de su carga en kilogramos,

p el peso de las ruedas y de los ejes en kilogramos,

b la anchura de la vía en metros,

c la separacion de los ejes,

r el radio de la curva,

v la velocidad del tren en kilómetros por hora,

R el radio de las ruedas en metros,

h la altura de la pestaña en metros.

Se tiene, segun M. Perdonnet:

$$R_1 = f_1 (P + p) \frac{\sqrt{\left(\frac{b}{2}\right)^2 + \left(\frac{c}{2}\right)^2}}{r} + f_2 \frac{(P + p) v}{gr R} \sqrt{2Rh + h^2}.$$

Método de M. Reynard.—Designemos por

T la resistencia total en curva,

φ el coeficiente de resistencia al movimiento del wagon en alineacion recta horizontal,

P el peso del wagon y de su carga,

f el coeficiente de rozamiento de la llanta sobre el carril,

f' el coeficiente de rozamiento de la pestaña sobre el carril,

R el radio de la curva medido sobre el eje del camino,

$\frac{1}{m}$ la inclinacion de la pestaña sobre la llanta, ó la razon del radio de la rueda al radio de curvatura de la sección de la pestaña por un plano tangente á la llanta,

l y λ la mitad de las distancias de la proyección horizontal del centro de rotación y de resbalamiento del wagon, á los vértices de las proyecciones horizontales de los ángulos del wagon dirigidos hácia el exterior de la curva.

M.-Reynard llega á la expresión

$$T = P \left[\varphi + (f + m f f') \frac{\lambda + l}{R} \right];$$

$m f f' \frac{\lambda + l}{R}$ representa la resistencia debida al rozamiento de la pestaña (V. *Annales des Ponts-et-Chaussées*, 1833, primer semestre).

Método de M. Bordas. — M. Bordas llega (*Annales des Ponts-et-Chaussées*, 1858, primer semestre) á la fórmula

$$T - \varphi R = \frac{1}{4} f P \left(\frac{c}{R} + \sqrt{\frac{c^2}{R^2} + \frac{4a^2}{R^2}} \right) + f' \frac{P}{g} \frac{V^2}{R} \sqrt{\left(\frac{\varepsilon}{r} + \frac{2a}{R} \right)^2 + \left(\frac{1}{\sin \mu} \frac{c}{R} \right)^2}$$

$T - \varphi R$ es el aumento de resistencia debida á la curva para un vehículo de cuatro ruedas y ejes paralelos,

φR es la resistencia en tramo recto horizontal, c la semi-distancia entre los ejes,

$2a$ la anchura de la vía, de eje á eje,

ε la altura del punto de contacto de la pestaña bajo el plano superior del carril,

$\tan \mu$ la inclinación de las generatrices de la pestaña ó reborde cónico sobre el plano de la rueda,

r el radio de la rueda,

R el radio de la curva en el eje de la vía,

V la velocidad,

P el peso del vehículo y de su carga.

En el caso de un vehículo de seis ruedas, M. Bordas obtiene una fórmula diferente.

Experiencias de M. Camilo Polonceau (1). — Los resultados de las experiencias practicadas por M. Camilo Polonceau en la Compañía de Orleans le han conducido á admitir que la resistencia de las curvas da lugar á suplementos de esfuerzos que consignamos á continuación:

RÁDIO DE LAS CURVAS.	SUPLEMENTO DE ESFUERZO POR TONELADA.
—	—
Metros.	Kilógramos.
300	3,90
400	3,30
500	2,75
1000	0,75

Experiencias de M. Forquenot (2). — M. Forquenot, Ingeniero Jefe de material y tracción de la Compañía de Orleans, ha continuado las ex-

periencias de M. Camilo Polonceau; ha llegado á las cifras siguientes:

RÁDIO DE LAS CURVAS.	SUPLEMENTO DE ESFUERZO POR TONELADA.
—	—
Metros.	Kilógramos.
300	3,90
500	1,40
1000	0,32

Las experiencias de M. Forquenot dan para curvas de radio superior á 300 metros resistencias más débiles que las indicadas por M. C. Polonceau.

Experiencias de MM. Vuillemin, Guébbard y Dieudonné. — Con trenes de viajeros, compuestos de 10 á 20 carruajes, marchando á velocidades de 35 á 50 kilómetros por hora, y en trayectos cuyas curvas tenían un radio mínimo de 800 metros, no se ha patentizado influencia alguna. Con velocidades superiores á 50 kilómetros, la influencia se hace sentir; en una experiencia ha sido de 5 por 100.

Para los trenes de mercancías, las curvas, aún las de gran radio, tienen una influencia sensible. MM. Vuillemin, Guébbard y Dieudonné han deducido que, si se designa por f el coeficiente de resistencia, por tonelada, en recta, el coeficiente de resistencia en curva será:

RADIO DE LAS CURVAS.	COEFICIENTE DE RESISTENCIA.
—	—
Metros.	—
1000	$f + 1$
800	$f + 4,50$

(*Revue générale des Chemins de fer*, 1880, 2.º semestre).

MEMORIA

SOBRE EL

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

(Continuacion.)

En la de 7 de Diciembre de 1757 consta que «se habian consumido en las obras y reparos de la ría y canal de este puerto que han corrido á cargo del Ingeniero Jefe D. Joseph de Crane ciento noventa y dos mil pesos escudos de á quince reales de vellón cada uno que se habian sacado á censo en virtud de Real facultad», y por este motivo y el de no haber fondos para continuarlos, se mandaron suspender las obras, sin tener por tanto en que ocupar al mencionado Crane, lo cual se acordó poner en conocimiento de S. M., para que dispusiese de dicho Ingeniero. Satisfechos debieron de quedar el

(1) Sévène, *Cours de chemins de fer professé à l'Ecole des Ponts et Chaussées*, 1876-77, 3.ª parte, pág. 48.

(2) Id., ib.