

Todas las ciudades romanas, desde la capital a la más pequeña, tenían conducciones de agua; Rávena la transportaba desde 30 km; Lyon tenía mejor dotación en la época romana que en la actualidad; Nîmes y Segovia la recibían corriendo sobre acueductos de tan bellas proporciones que aun hoy muestran al mundo cómo la Ingeniería, en alas del puro volumen, llega a veces con vuelo insospechado a las cumbres del arte arquitectónico.

Tomás GARCÍA-DIEGO
Profesor de la Escuela de C., C. y P.

Bibliografía

- CH. DAREMBERG ET EDM. SAGLIO: *Dictionnaire des antiquités grecques et romaines*.
K. WOERMANN: *Historia del Arte* (Tomo II).
J. PIJOÁN: *Historia del Arte* (Tomo I).
SIR J. G. FRAZER: *Pausanias and other Greek Sketches*.
FUSTEL DE COULANGES: *La cité antique*.
E. BERTAUX: *Rome (L'Antiquité)*.
BOESWILWALD ET CAGNAT: *Timgad, une cité africaine sous l'Empire romain*.
TH. BIRT: *La cultura romana*.

Las longitudes virtuales de los ferrocarriles con tracción por vapor y de los ferrocarriles con tracción eléctrica ⁽¹⁾

II

Las longitudes virtuales en los ferrocarriles de tracción por vapor

La diferencia entre la tracción por vapor y la tracción eléctrica se acusa esencialmente en las fórmulas halladas para las longitudes virtuales, por los diferentes valores de d y f en ambos casos.

En la tracción por vapor, el peso total de locomotora M , comprende, como es lógico, el peso del tender, estando máquina y tender en condiciones normales medias (agua y carbón) de servicio. Con la palabra locomotora hemos querido designar el conjunto «máquina + tender», necesario para la tracción, y que constituye en el total del peso del tren todo lo que no es realmente peso útil remolcado, Q .

La relación d vale, por tanto, en este caso:

$$d = \frac{\text{peso total de máquina y tender en servicio normal}}{\text{peso adherente de la locomotora}}$$

Para los dos ferrocarriles más importantes españoles, Norte y M. Z. A., el valor de d , deducido de todas las locomotoras que prestan servicio de mercancías, teniendo en cuenta su número, para llegar a un valor medio de la forma $\frac{\sum dn}{\sum n}$, resulta ser con gran aproximación (2):

$$d = 2$$

Esta cifra puede aceptarse como válida en una primera aproximación, para todos los ferrocarriles españoles (3).

El coeficiente de adherencia f , definido por la relación

$$f = \frac{\text{esfuerzo máximo sostenido de tracción en llantas, en kg}}{\text{peso adherente, en t}}$$

(1) Véase REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, número 2 446, página 75.

(2) Debo los datos para este cálculo a la amabilidad del Sr. Viani, ingeniero subjefe de Tracción del Norte, y del Sr. Salto, ingeniero jefe adjunto de Material y Tracción de M. Z. A.

(3) En los ferrocarriles federales suizos también existe el mismo valor medio de d .

no es prudente tomarlo, en la tracción por vapor, con un valor en el servicio superior a 140 kg/t, si se desea tener una explotación segura, aun con un mal estado del carril por suciedad, humedad, etc.

Haremos, pues,

$$f = 140 \text{ kg/t}$$

En cuanto a los valores de las resistencias en kg/t ω_s y c_s , pueden emplearse, entre otras, las siguientes fórmulas, que parecen ser las que más se adaptan a las condiciones medias de los ferrocarriles españoles (no debe olvidarse que se trata siempre, en este estudio, de trenes de mercancías):

$$\omega_s = 2,5 + 0,0005 V^2 \text{ kg/t (vía normal española y vía de un metro).}$$

$$c_s = \frac{650}{R - 55} \text{ kg/t (vía normal española).}$$

$$c_s = \frac{400}{R - 20} \text{ kg/t (vía de un metro).}$$

V = velocidad, en km/hora.

R = radio de la curva, en m.

Las resistencias ω_s y c_s se refieren, como constantemente se ha supuesto en la deducción de las fórmulas fundamentales, a la tonelada de peso total de tren, locomotora comprendida.

La influencia de la rasante s sobre ω_s aparece en el valor de la velocidad V , que será, en general, una función de la rampa $+s$ o de la pendiente $-s$.

Admitiremos, con objeto de poder llegar a expresiones numéricas definidas, la siguiente tabla de velocidades de los trenes de mercancías en las diversas rasantes, con la tracción por vapor, que vienen a representar valores medios de las que realmente existen en la práctica. Entrando con el valor de V obtenido de esta tabla, en la expresión ω_s , se encuentra el valor de esta resistencia a la marcha, en las diversas rasantes.

En cuanto a la resistencia debida a la propia rasante (gravedad), viene dada por su valor, $\pm s$, en milésimas. En total, la resistencia por tonelada de tren es la tantas veces indicada:

$$\omega_s + c_s \pm s \text{ kg/t}$$

Rampa + s ‰	Velocidad km/h	Pendiente - s ‰	Velocidad km/h
0,0	38	0,0	38
5,0	38	5,0	38
10,0	30	10,0	34
15,0	24	15,0	31
20,0	20	20,0	29
25,0	18	25,0	28
30,0	18	30,0	28

La resistencia ω_h , en horizontal, aplicable a la línea virtual, resulta ser

$$\omega_h = 2,5 + 0,0005 \times 38^2 = 3,22 \text{ kg/t}$$

Sustituyendo los valores numéricos de d , f , y ω_h en las expresiones generales de A_1 y A_2 , [23], [24], [25], [26], [27], [28], encontradas en el capítulo anterior, resulta para valor de estos coeficientes característicos, en la tracción por vapor (vía normal española, y vía de un metro):

Caso 1.º:

$$Q = Q_1 = Q_2$$

$$A_1 = \frac{20,739}{70 - (\omega_{sm} + c_{sm} \pm s_m)} \text{ t/kg} \quad [29]$$

$$A_2 = \frac{20,739}{70 - (\omega_{sm} + c_{sm} \pm s_m)} \text{ t/kg} \quad [30]$$

Caso 2.º:

$$Q = Q_1 > Q_2 \quad r = \frac{Q_1}{Q_2} > 1$$

$$A_1 = \frac{20,739}{70 - (\omega_{sm} + c_{sm} \pm s_m)} \text{ t/kg} \quad [31]$$

$$A_2 = \frac{20,739}{70 - (\omega_{sm} + c_{sm} \pm s_m)} \times \frac{(\omega_{sm} + c_{sm} \pm s_m)(r - 1) + 70}{3,22(r - 1) + 70} \text{ t/kg} \quad [32]$$

Caso 3.º:

$$Q = Q_2 < Q_1 \quad r = \frac{Q_1}{Q_2} > 1$$

$$A_1 = \frac{20,739}{70 - (\omega_{sm} + c_{sm} \pm s_m)} \times \frac{(\omega_{sm} + c_{sm} \pm s_m) \left(\frac{1}{r} - 1 \right) + 70}{70} \text{ t/kg} \quad [33]$$

$$A_2 = \frac{20,739}{70 - (\omega_{sm} + c_{sm} \pm s_m)} \times \frac{70}{3,22(r - 1) + 70} \text{ t/kg} \quad [34]$$

Con estos valores de A_1 y A_2 pueden ya calcularse las longitudes virtuales, en m,

$$L_{v1} = A_1 \Sigma (\omega_s + c_s \pm s) L_{cs} = A_1 T_1 \quad [15] [17]$$

$$L_{v2} = A_2 \Sigma (\omega_s + c_s \mp s) L_{cs} = A_2 T_2 \quad [16] [18]$$

y los coeficientes virtuales,

$$\alpha_1 = A_1 \frac{T_1}{L} \quad [21]$$

$$\alpha_2 = A_2 \frac{T_2}{L} \quad [22]$$

recordando que $(\omega_s + c_s - s)$ no puede tomar valores negativos.

* * *

Hemos calculado, para dar una idea de su orden de magnitud, los coeficientes virtuales α_1 y α_2 , en el caso 1.º $Q = Q_1 = Q_2$, y en la hipótesis de tratarse de líneas constituidas por una sola alineación recta en una sola rasante. El viaje de ida, que ahora queda indeterminado, por ser $Q_1 = Q_2$, hemos supuesto que es el que tiene lugar en rampa. En las adjuntas tablas se dan los valores de α_1 y α_2 para las diversas rasantes, así como el valor $\alpha = \alpha_1 + \alpha_2$, coeficiente virtual correspondiente a la línea virtual representativa del viaje de ida y vuelta. En el caso de ser $s = 0$, resulta $\alpha = 1 + 1 = 2$, como tenía que suceder.

No necesitamos hacer la advertencia de que estas tablas de ningún modo pueden usarse para calcular, en líneas reales, longitudes virtuales, según las falsas expresiones $L_{v1} = \Sigma \alpha_1 L_{cs}$ y $L_{v2} = \Sigma \alpha_2 L_{cs}$, es decir, considerando los coeficientes virtuales de las rasantes parciales. El error que así se comete, ha sido ya denunciado anteriormente.

Las tablas sólo pueden servir, si se emplean en la práctica (cuando $Q_1 = Q_2$), para dar valores poco aproximados, a título indicativo más bien, en función de la rasante *media* de la línea de que se trate, y siempre inferiores entonces esos valores a los valores reales. Por ejemplo, para una rasante media de 10 por 1 000, como existe en muchos ferrocarriles españoles, las tablas nos dicen que el coeficiente virtual para el viaje en rampa es, aproximadamente, igual a 4,70; la línea virtual es cerca de cinco veces la línea real.

El cálculo exacto de las longitudes virtuales ha de hacerse siempre con las fórmulas [15], [17], [17'] y [16], [18], [18'], tomando para A_1 y A_2 las expresiones [23] y [24], o [25] y [26], o [27] y [28], según sea $Q = Q_1 = Q_2$, o $Q = Q_1 > Q_2$, o $Q = Q_2 < Q_1$. En la tracción por vapor deberán tenerse en cuenta los valores correspondientes de d y f . Si se aceptan los que antes hemos dado para estas constantes, y para ω_h , los coeficientes característicos A_1 y A_2 vienen entonces definidos numéricamente por las fórmulas [29] y [30], o [31] y [32], o [33] y [34].

Tabla de coeficientes virtuales en la tracción por vapor
VIAJE EN RAMPA (IDA)

Rampa constante + s ‰	Velocidad V km/h	Resistencia ($\omega_s + s$) kg/t ($c_s = 0$)	Coeficiente virtual α_1
0,0	38	3,22	1,00
1,0	38	4,22	1,33
2,0	38	5,22	1,67
3,0	38	6,22	2,02
3,22	38	6,44	2,10
4,0	38	7,22	2,38
5,0	38	8,22	2,76
10,0	30	12,95	4,70
15,0	24	17,79	7,06
20,0	20	22,70	9,95
25,0	18	27,66	13,55
30,0	18	32,66	18,15

Tabla de coeficientes virtuales en la tracción por vapor

VIAJE EN PENDIENTE (VUELTA)

Pendiente constante — s ‰	Velocidad V km/h	Resistencia ($\omega_s - s$) kg/t ($c_s = 0$)	Coefficiente virtual α_2
0,0	38	3,22	1,00
1,0	38	2,22	0,70
2,0	38	1,22	0,39
3,0	38	0,22	0,07
3,22	38	0,00	0
4,0	38	—	0
5,0	38	—	0
10,0	34	—	0
15,0	31	—	0
20,0	29	—	0
25,0	28	—	0
30,0	28	—	0

Tabla de coeficientes virtuales en la tracción por vapor

VIAJE COMPLETO (IDA Y VUELTA)

Rasante constante s ‰	Coefficiente virtual Viaje de ida α_1	Coefficiente virtual Viaje de vuelta α_2	Coefficiente virtual Viaje completo $\alpha = \alpha_1 + \alpha_2$
0,0	1,00	1,00	2,00
1,0	1,33	0,70	2,03
2,0	1,67	0,39	2,06
3,0	2,02	0,07	2,09
3,22	2,10	0	2,10
4,0	2,38	0	2,38
5,0	2,76	0	2,76
10,0	4,70	0	4,70
15,0	7,06	0	7,06
20,0	9,95	0	9,95
25,0	13,55	0	13,55
30,0	18,15	0	18,15

III

Las longitudes virtuales en los ferrocarriles de tracción eléctrica

En la tracción eléctrica, y dadas las pequeñas velocidades de los trenes de mercancías, las locomotoras serán, prácticamente en todos los casos, de peso total adherente, con cuatro o seis ejes motores (1). Por consiguiente, en este caso

$$d = \frac{\text{peso total de la locomotora}}{\text{peso adherente de la locomotora}} = 1$$

Se observa la gran diferencia que existe, en este respecto, entre la tracción por vapor ($d = 2$) y la tracción eléctrica ($d = 1$).

El coeficiente de adherencia es algo mayor en las locomotoras eléctricas que en las de vapor, por la uniformidad del par motor. De todos modos, no es pru-

(1) Así son las locomotoras eléctricas de la línea de Gergal a Santa Fe y las de la Rampa de Pajares. En los diversos proyectos importantes de electrificación que actualmente existen en España, todas las locomotoras de mercancías propuestas son de peso total adherente.

dente sobrepasar, en la tracción eléctrica, un valor en el servicio de f igual a 160 kg/t, para obtener una explotación segura:

$$f = \frac{\text{esfuerzo máximo sostenido de tracción en llantas, en kg}}{\text{peso adherente en t}} = 160 \text{ kg/t}$$

Las resistencias por tonelada de tren, locomotora comprendida, ω_s y c_s , pueden tomarse como dadas aproximadamente por las mismas fórmulas que en la tracción por vapor:

$$\omega_s = 2,5 + 0,0005V^2 \text{ kg/t (vía normal española y vía de un metro).}$$

$$c_s = \frac{650}{R - 55} \text{ kg/t (vía normal española).}$$

$$c_s = \frac{400}{R - 20} \text{ kg/t (vía de un metro).}$$

Las velocidades de los trenes de mercancías en las diversas rasantes serán, con la tracción eléctrica, ligeramente superiores a las que existen con la tracción por vapor. Tomemos, para valores de esas velocidades V en función de $\pm s$, las cifras indicadas en la tabla siguiente. Llevando a la expresión de ω_s los valores de V sacados de esta tabla, se encuentra la resistencia a la marcha, en las diversas rasantes.

La resistencia debida a la propia rasante (gravedad), la determina su valor, $\pm s$, en milésimas. En total, la resistencia por tonelada de tren, es como siempre:

$$\omega_s + c_s \pm s \text{ kg/t}$$

Rampa + s ‰	Velocidad km/h	Pendiente — s ‰	Velocidad km/h
0,0	45	0,0	45
5,0	45	5,0	45
10,0	40	10,0	40
15,0	36	15,0	36
20,0	33	20,0	33
25,0	31	25,0	31
30,0	30	30,0	30

La resistencia ω_h , en horizontal, aplicable a la línea virtual, resulta ser ahora

$$\omega_h = 2,5 + 0,0005 \times 45^2 = 3,51 \text{ kg/t}$$

Sustituyendo los valores numéricos de d , f y ω_h en las expresiones generales de A_1 y A_2 , [23], [24], [25], [26], [27], [28], encontradas en el primer capítulo, resulta para valor de estos coeficientes característicos, en la tracción eléctrica (vía normal española, y vía de un metro):

Caso 1.º:

$$Q = Q_1 = Q_2$$

$$A_1 = \frac{44,584}{160 - (\omega_{sm} + c_{sm} \pm s_m)} \text{ t/kg} \quad [35]$$

$$A_2 = \frac{44,584}{160 - (\omega_{sm} + c_{sm} \pm s_m)} \text{ t/kg} \quad [36]$$

Caso 2.º:

$$Q = Q_1 > Q_2 \quad r = \frac{Q_1}{Q_2} > 1$$

$$A_1 = \frac{44,584}{160 - (\omega_{sm} + c_{sm} \pm s_m)} \quad \text{t/kg} \quad [37]$$

$$A_2 = \frac{44,584}{160 - (\omega_{sm} + c_{sm} \pm s_m)} \times \frac{(\omega_{sm} + c_{sm} \pm s_m)(r - 1) + 160}{3,51(r - 1) + 160} \quad \text{t/kg} \quad [38]$$

Caso 3.º:

$$Q = Q_2 < Q_1 \quad r = \frac{Q_1}{Q_2} > 1$$

$$A_1 = \frac{44,584}{160 - (\omega_{sm} + c_{sm} \pm s_m)} \times \frac{(\omega_{sm} + c_{sm} \pm s_m) \left(\frac{1}{r} - 1 \right) + 160}{160} \quad \text{t/kg} \quad [39]$$

$$A_2 = \frac{44,584}{160 - (\omega_{sm} + c_{sm} \pm s_m)} \times \frac{160}{3,51(r - 1) + 160} \quad \text{t/kg} \quad [40]$$

Con estos valores de A_1 y A_2 pueden calcularse las longitudes virtuales, en m,

$$L_{v_1} = A_1 \Sigma(\omega_s + c_s \pm s) L_c = A_1 T_1 \quad [15] [17]$$

$$L_{v_2} = A_2 \Sigma(\omega_s + c_s \mp s) L_c = A_2 T_2 \quad [16] [18]$$

y los coeficientes virtuales

$$\alpha_1 = A_1 \frac{T_1}{L} \quad [21]$$

$$\alpha_2 = A_2 \frac{T_2}{L} \quad [22]$$

recordando que en la tracción eléctrica tampoco $(\omega_s + c_s - s)$ puede tomar valores negativos, a no ser que exista el frenado con recuperación de energía (véase, para este caso, el capítulo a él dedicado más adelante).

* * *

Se han calculado, como en la tracción por vapor, los coeficientes virtuales α_1 y α_2 , en el caso 1.º ($Q = Q_1 = Q_2$), y en la hipótesis de tratarse de líneas constituídas por una sola alineación recta en una sola rasante. Las tablas adjuntas dan los valores de α_1 y α_2 para las diversas rasantes, y el valor de $\alpha = \alpha_1 + \alpha_2$, coeficiente virtual representativo del viaje de ida y vuelta, habiéndose tomado como dirección «ida», la que corresponde al viaje en rampa.

La misma advertencia preventiva sobre el empleo de estas tablas ha de hacerse aquí que en la tracción por vapor.

El cálculo exacto de las longitudes virtuales debe realizarse con las fórmulas [15], [17], [17'] y [16], [18], [18'], tomando para A_1 y A_2 las expresiones [23] y [24], o [25] y [26], o [27] y [28], según sea $Q = Q_1 = Q_2$, ó $Q = Q_1 > Q_2$, ó $Q = Q_2 < Q_1$. En la tracción eléctrica deberán tenerse en cuenta los va-

lores correspondientes de d y f . De aceptarse los que antes hemos dado para estas constantes, y para ω_s , los coeficientes característicos A_1 y A_2 vienen entonces definidos numéricamente por las fórmulas [35] y [36], o [37] y [38], o [39] y [40].

Tabla de coeficientes virtuales en la tracción eléctrica

VIAJE EN RAMPA (IDA)

Rampa constante + s ‰	Velocidad V km/h	Resistencia ($\omega_s + s$) kg/t ($c_s = 0$)	Coefficiente virtual α_1
0,0	45	3,51	1,00
1,0	45	4,51	1,29
2,0	45	5,51	1,59
3,0	45	6,51	1,89
3,51	45	7,02	2,05
4,0	45	7,51	2,20
5,0	45	8,51	2,50
10,0	40	13,30	4,05
15,0	36	18,15	5,71
20,0	33	23,04	7,51
25,0	31	27,98	9,44
30,0	30	32,95	11,57

Tabla de coeficientes virtuales en la tracción eléctrica

VIAJE EN PENDIENTE (VUELTA)

Pendiente constante - s ‰	Velocidad V km/h	Resistencia ($\omega_s - s$) kg/t ($c_s = 0$)	Coefficiente virtual α_2
0,0	45	3,51	1,00
1,0	45	2,51	0,72
2,0	45	1,51	0,43
3,0	45	0,51	0,15
3,51	45	0	0
4,0	45	—	0
5,0	45	—	0
10,0	40	—	0
15,0	36	—	0
20,0	33	—	0
25,0	31	—	0
30,0	30	—	0

Tabla de coeficientes virtuales en la tracción eléctrica

VIAJE COMPLETO (IDA Y VUELTA)

Rasante constante s ‰	Coefficiente virtual Viaje de ida α_1	Coefficiente virtual Viaje de vuelta α_2	Coefficiente virtual Viaje completo $\alpha = \alpha_1 + \alpha_2$
0,0	1,00	1,00	2,00
1,0	1,29	0,72	2,01
2,0	1,59	0,43	2,02
3,0	1,89	0,15	2,04
3,51	2,05	0	2,05
4,0	2,20	0	2,20
5,0	2,50	0	2,50
10,0	4,05	0	4,05
15,0	5,71	0	5,71
20,0	7,51	0	7,51
25,0	9,44	0	9,44
30,0	11,57	0	11,57

IV

Comparación entre las longitudes virtuales con la tracción por vapor y con la tracción eléctrica

La diferencia entre las longitudes virtuales con la tracción por vapor y las longitudes virtuales con la tracción eléctrica, debida esencialmente a los distintos valores de d y f en ambos casos, se hace patente en las expresiones de los coeficientes característicos, A_1 y A_2 , [19] y [20], dados por las fórmulas [29], [30], [31], [32], [33], [34] en la tracción por vapor, y por las fórmulas [35], [36], [37], [38], [39], [40] en la tracción eléctrica, para los valores numéricos antes indicados de d y f .

Considerando, por ejemplo, los valores [29], [30] y [35], [36], del caso 1.º,

$$A_1 = A_2 = \frac{20,739}{70 - (\omega_{sm} + c_{sm} \pm s_m)}$$

$$A_1 = A_2 = \frac{44,584}{160 - (\omega_{sm} + c_{sm} \pm s_m)}$$

vemos que, aun tomando, como se ha hecho, un valor ligeramente mayor de ω_s (mayores velocidades) en la tracción eléctrica, siempre son en ésta A_1 y A_2 menores que en la tracción por vapor. Lo mismo ocurre en el caso 2.º y en el caso 3.º. Las longitudes virtuales, $A_1 T_1$ y $A_2 T_2$, resultan también más reducidas en todos los casos, salvo para los viajes en pendiente pequeña; en éstos, y debido a los mayores valores de ω_s supuestos en la tracción eléctrica, las longitudes virtuales son más grandes que en la tracción por vapor. Por lo demás, las diferencias en este caso son muy pequeñas, y en conjunto, para el viaje de ida y vuelta, la tracción eléctrica arroja siempre un resultado sumamente favorable, especialmente para fuertes inclinaciones.

A continuación se incluyen tres tablas, en las que se reúnen los resultados de las seis tablas anteriores, viéndose en ellas claramente la disminución de los coeficientes, y por tanto longitudes, virtuales, que se obtiene mediante el empleo de la tracción eléctrica.

Coeficientes virtuales en la tracción por vapor y en la tracción eléctrica

VIAJE DE IDA, EN RAMPA

Rampa constante $+ s \%$	COEFICIENTES VIRTUALES		Disminución en valor absoluto
	Tracción por vapor	Tracción eléctrica	
0,0	1,00	1,00	0,00
1,0	1,33	1,29	0,04
2,0	1,67	1,59	0,08
3,0	2,02	1,89	0,13
4,0	2,38	2,20	0,18
5,0	2,76	2,50	0,26
10,0	4,70	4,05	0,65
15,0	7,06	5,71	1,35
20,0	9,95	7,51	2,44
25,0	13,55	9,44	4,11
30,0	18,15	11,57	6,58

Coeficientes virtuales en la tracción por vapor y en la tracción eléctrica

VIAJE DE VUELTA, EN PENDIENTE

Pendiente constante $- s \%$	COEFICIENTES VIRTUALES		Disminución en valor absoluto
	Tracción por vapor	Tracción eléctrica	
0,0	1,00	1,00	0,00
1,0	0,70	0,72	— 0,02 (1)
2,0	0,39	0,43	— 0,04 (1)
3,0	0,07	0,15	— 0,08 (1)
4,0	0	0	0
5,0	0	0	0
10,0	0	0	0
15,0	0	0	0
20,0	0	0	0
25,0	0	0	0
30,0	0	0	0

(1) El pequeño aumento en estos coeficientes virtuales con la tracción eléctrica, ya señalado anteriormente, es debido a la mayor velocidad supuesta respecto a la tracción por vapor (ω_s mayor). Para iguales velocidades en la pendiente, la longitud virtual es siempre inferior con la tracción eléctrica, aunque la diferencia también es pequeña.

Coeficientes virtuales en la tracción por vapor y en la tracción eléctrica

VIAJE DE IDA Y VUELTA

Rasante constante $s \%$	COEFICIENTES VIRTUALES		DISMINUCIÓN	
	Tracción por vapor	Tracción eléctrica	En valor absoluto	En $\%$
0,0	2,00	2,00	0,00	0,0
1,0	2,03	2,01	0,02	1,0
2,0	2,06	2,02	0,04	1,9
3,0	2,09	2,04	0,05	2,4
4,0	2,38	2,20	0,18	7,6
5,0	2,76	2,50	0,26	9,4
10,0	4,70	4,05	0,65	13,8
15,0	7,06	5,71	1,35	19,1
20,0	9,95	7,51	2,44	24,5
25,0	13,55	9,44	4,11	30,4
30,0	18,15	11,57	6,58	36,3

CONSECUENCIAS

Del examen de las anteriores tablas comparativas se deducen las siguientes consecuencias, con referencia a los viajes completos de ida y vuelta (no ha de olvidarse que se trata de la hipótesis $Q_1 = Q_2$, y de líneas teóricas en recta, con una sola rasante):

1) En todos los casos se produce una disminución de la longitud virtual de las líneas, cuando éstas se electrifican.

2) Esta disminución es tanto mayor cuanto mayor es la inclinación media de la línea.

3) A partir de 5 por 1 000 de inclinación, la disminución del coeficiente virtual es muy importante, llegando a ser de un 36,3 por 100 en líneas de 30 por 1 000 de rampa.

4) Para una inclinación media entre 10 y 20 por 1 000, como vienen a tener en España las líneas cuya electrificación es más necesaria, la reducción de la longitud virtual con la electrificación oscila entre un 13,8 por 100 y un 24,5 por 100; por término medio, la electrificación de estas líneas acortaría la longitud total virtual de su conjunto en una cuantía del orden del 19 por 100.