

# CÁLCULO DE LA PARADA DE UN TREN

EN LOS DOS CASOS DE LLEVAR FRENOS CONTINUOS AUTOMÁTICOS DEL SISTEMA  
CLAYTON Ó FRENOS DE TORNILLO SERVIDOS

(Conclusión.)

Si á la resistencia efectiva total designamos por  $R_1$ , y si llamamos  $e_1$  la distancia que recorre al pasar desde la velocidad  $v$  á la  $v_1$ , el trabajo será

$$R_1 e_1;$$

y como ha de ser igual al trabajo consumido, tendremos

$$R_1 e_1 = \frac{m(v^2 - v_1^2)}{2}$$

y por tanto,

$$e_1 = \frac{m(v^2 - v_1^2)}{2R_1}.$$

El valor de  $R_1$  se determina en lo tocante á las resistencias propias del tren por las fórmulas de la Compañía del Este de Francia, que son: para la máquina:

$7^{\text{kg}}.16 + 0,11 v$ , excluyendo la correspondiente á la acción del vapor, puesto que al aplicar el freno se cierra el regulador ó toma de vapor; para el ténder  $2^{\text{kg}}.6 + 0,09 v$ .

Para los coches entre 40 y 60 km. por hora. . .  $1^{\text{kg}}.83 + 0,0843 v$   
Id. entre 0 y 40 km. . . . .  $2 + 0,05 v$ ,

siendo  $v$  la velocidad en kilómetros por hora y refiriéndose los coeficientes que anteceden á resistencia en kilogramos por tonelada.

En la resistencia producida por el freno se tiene en cuenta la presión sobre las zapatas, y para los coeficientes de rozamiento, que determinan el esfuerzo retardatriz, hemos adoptado exactamente los adoptados por Galton. A este fin, hemos considerado dividida la parada en ocho intervalos.

- De 60 á 56 kilómetros por hora.
- 56 á 48
- 48 á 40
- 40 á 32
- 32 á 24
- 24 á 16
- 16 á 8
- 8 á 0

La resistencia encontrada de este modo no tenía en cuenta la influencia que en el coeficiente de rozamiento ejerce la duración de la aplicación de las zapatas, y para obviar este inconveniente hemos determinado el tiempo por la fórmula de las cantidades de movimientos, hasta deducir por tanteo el coeficiente correspondiente á un tiempo

$$t_s = \frac{m(v - v_1)}{R}$$

habiendo deducido antes de fijar el valor efectivo de  $R_s$ , un kilogramo por tonelada y milímetro de pendiente por metro.

Con este procedimiento hemos obtenido:

Peso del tren. . . . . 160 toneladas.  
 Valor de  $m$ . . . . . 17.410 kilogramos.  
 Presión sobre las zapatas á 0,50 de vacío. . 130.200 —  
 Pendiente = 5 mm. por metro.

Aceleración que corresponde á la pendiente, 800 kilogramos y los valores que se expresan á continuación:

Intervalos.	Velocidad media.	Esfuerzo retardatriz medio del tren.	Resistencia del tren.	Resistencia total efectiva.	Espacio recorrido.	Tiempo invertido.
Kilómetros.		Kilogramos.	Kilogramos.	Kilogramos.	Metros.	
60 á 56	58	18.318	1.302	18.820	16,537	1",027
56 á 48	52	16.926	1.214	17.340	32,215	2",229
48 á 40	44	17.577	1.100	18.877	26,419	2",162
40 á 32	36	17.577	859	17.636	22,031	2",192
32 á 24	28	17.316	785	17.301	17,358	2",234
24 á 16	20	16.926	700	16.826	12,749	2",297
16 á 8	12	18.228	602	18.030	7,188	2",143
8 á 0	4	18.909	526	18.635	2,302	2",074
TOTAL. . . . .					136,799	16",358

Resumiendo las cifras obtenidas por medio de los distintos procedimientos de cálculo que hemos empleado, resulta el cuadro siguiente:

	Espacio recorrido.	Tiempo invertido.
Empleando las fórmulas de Sequela. .	135 metros.	19 segundos.
Idem la de Marié teórica. . . . .	118 »	14,27 »
Idem la de Marié corregida. . . . .	175 »	21,21 »
Idem la ecuación directa de fuerzas vivas. . . . .	136 »	16,35 »
TÉRMINOS MEDIOS. . . . .	141 »	18 »

## CÁLCULO DE LA PARADA DEL TREN SUPONIENDO QUE SE EMPLEAN FRENS DE TORNILLO Y EL CONTRAVAPOR.

Con arreglo á los datos del problema, el tren de que se trata lleva frenos de tornillo servidos en el t nder, en el furgón de cabeza, en el sexto coche de viajeros, cuyo peso es 8.000 kilogramos, en el noveno coche, cuyo peso es 7.800 kilogramos, y en el furgón de cola.

Admitimos, como base de cálculo, los siguientes datos experimentales:

El maquinista, desde que advierte el peligro, tarda 3'' en cerrar el regulador y colocar la palanca de cambio de marcha en el punto muerto, y emplea 5'' más en pedir frenos con angustia.

El fogonero no tiene ajustado el freno del t nder hasta 7'' después de recibida la orden, y suponiendo que ésta se le da al divisar el peligro,   los 8'' entra en acción dicho freno.

Los frenos del tren pueden ser aplicados por los agentes encargados en 10'', y contando que inviertan 2'' en ir desde su asiento al manubrio, resulta que actuarán   los 20'' de visto el peligro.

Admitimos también que el maquinista, después de pedir frenos, invierta la palanca del cambio de marcha y abra el regulador para trabajar   contravapor. Y como en los ensayos verificados en otras ocasiones se estimó que la marcha   contravapor no opone resistencia sensible al movimiento del tren para velocidades superiores   la de 50 kilómetros por hora, consideramos la de 52 kilómetros como límite.

Para el cálculo hemos empleado la fórmula general de fuerzas vivas y la de las cantidades de movimiento.

Los intervalos son:

- 1.  De 3''   la velocidad de 60 kilómetros por hora.
- 2.  De 3'' ó 8'' en los que cerrando el regulador, se oponen únicamente al movimiento las resistencias propias del tren calculadas como anteriormente.
- 3.  De 8''   20'', durante los cuales el esfuerzo retardatriz lo constituyen las resistencias propias del tren y las que crea el freno del t nder. Y como un fogonero regular puede enfrenar al 80 por 100 del peso, adoptando como constante el coeficiente 0,14, el esfuerzo resistente debido al t nder será 2.143 kilogramos.

Al acabar este intervalo, la velocidad ha descendido   52 kilómetros por hora, y suponemos que el contravapor obra y produce una resistencia constante hasta la parada completa del tren de 2.000 kilogramos, ó sea el 68 por 100 próximamente de la adherencia de la máquina.

Además de esta resistencia entra la de los frenos del tren, que suponemos actuando al 100 por 100 y con el coeficiente constante 0,14.

De esta suma de resistencias deducimos la aceleración debida á la pendiente de 5<sup>m</sup>/m.

En tales condiciones, los intervalos restantes los hemos tomado del modo siguiente:

- 4.º De 52 á 44 kilómetros por hora.
- 5.º De 44 á 36 id. id.
- 6.º De 36 á 28 id. id.
- 7.º De 28 á 20 id. id.
- 8.º De 20 á 12 id. id.
- 9.º De 12 á 4 id. id.
10. De 4 á 0 id. id.

Intervalos.	VELOCIDADES	Esfuerzo retardativo de los frenos.	Resistencia de contravapor.	Resistencia del tren.	Resistencia total efectiva.	Espacio recorrido.	Tiempo invertido.
	Kilómetros.	Kilogs.		Kilogs.	Kilogs.	Metros.	
1.º	60	»	»	»	»	50	3"
2.º	60 á 59,44	»	»	1.330	530	82,122	5"
3.º	59,44 á 52	2.543	»	1.257	3.000	194,614	12"
4.º	52 á 44	7.443	2.000	1.160	9.803	52,391	3",942
5.º	44 á 36	id.	id.	980	9.623	47,06	4"
6.º	36 á 28	id.	id.	822	9.465	45,60	4",083
7.º	28 á 20	id.	id.	742	9.385	27,22	4",076
8.º	20 á 12	id.	id.	651	9.274	18,47	4",115
9.º	12 á 4	id.	id.	564	9.207	9,13	4",154
10.	4 á 0	id.	id.	507	9.150	1,17	2",122
TOTAL. . . . .						527,777	46",882

Estos resultados y los de la parada con los frenos continuos los hemos expresado gráficamente en el dibujo que se acompaña.

X.

## FERROCARRIL DE BILBAO Á LEZAMA

El ferrocarril de Bilbao á Lezama, que se halla actualmente en construcción, tiene una longitud de 15 kilómetros; su estación de origen se establecerá dentro del casco de la población de Bilbao, en la plaza del Instituto, cuya cota sobre el nivel del mar es 12<sup>m</sup>,50; á los 1.450 metros del origen y en la cota 57<sup>m</sup>, se establecerá un apeadero próximo al santuario de la Virgen de Begoña, que es muy frecuentado por los vecinos de Bilbao y pueblos

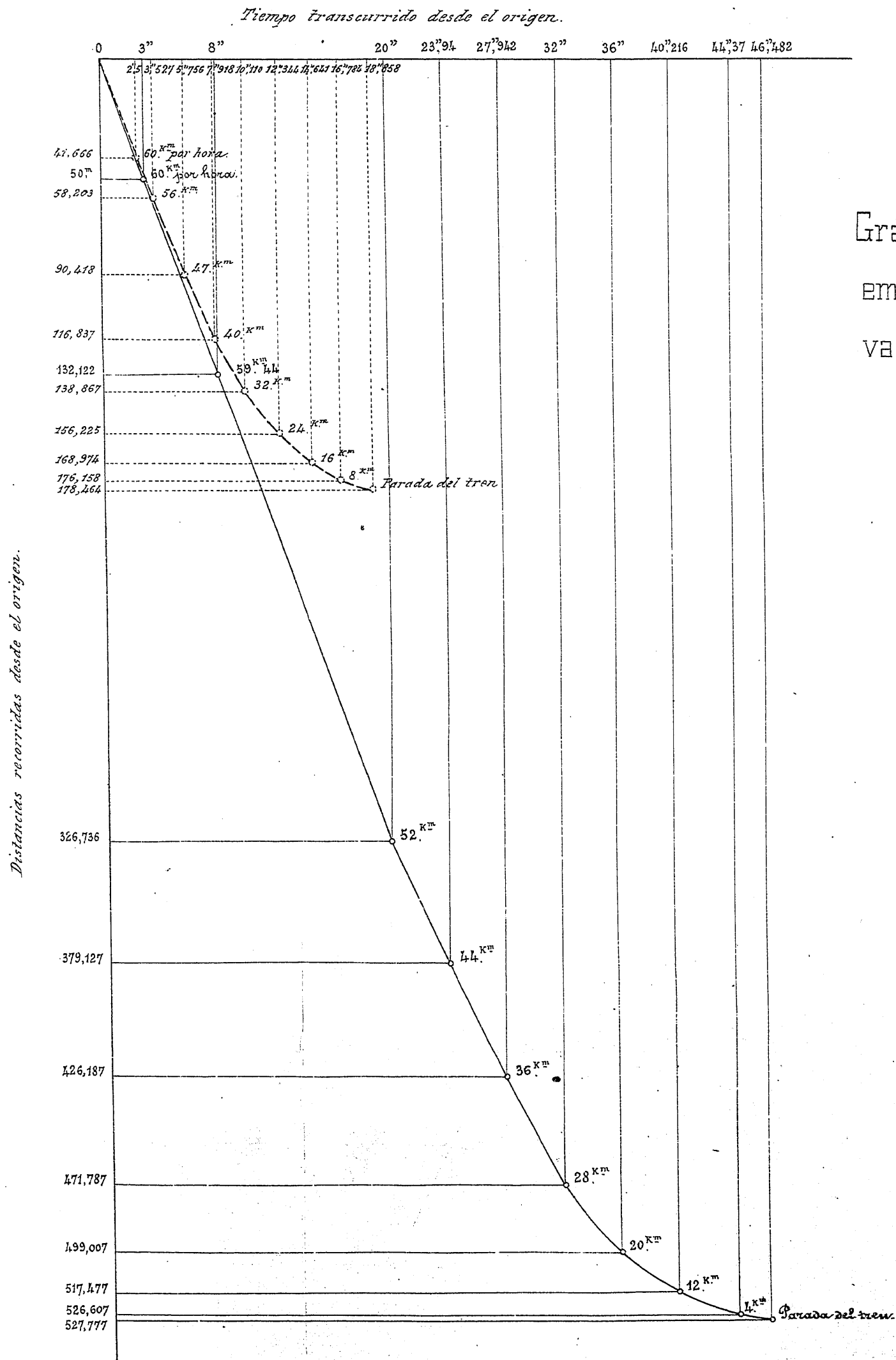


Gráfico de las paradas de un tren, con el empleo del freno continuo automático de vacío y con el de los ordinarios de tornillo.

Escalas de  $\left\{ \begin{array}{l} 3^{\text{m}}/\text{m} \text{ por segundo.} \\ 0^{\text{m}}/\text{m} 5 \text{ por metro.} \end{array} \right.$

Observaciones.

El origen, se supone en el momento en que el maquinista, advierte el peligro.  
 La línea de trazos, corresponde á la parada con el freno continuo.  
 La línea llena, á la parada con los frenos de tornillo y contravapor.