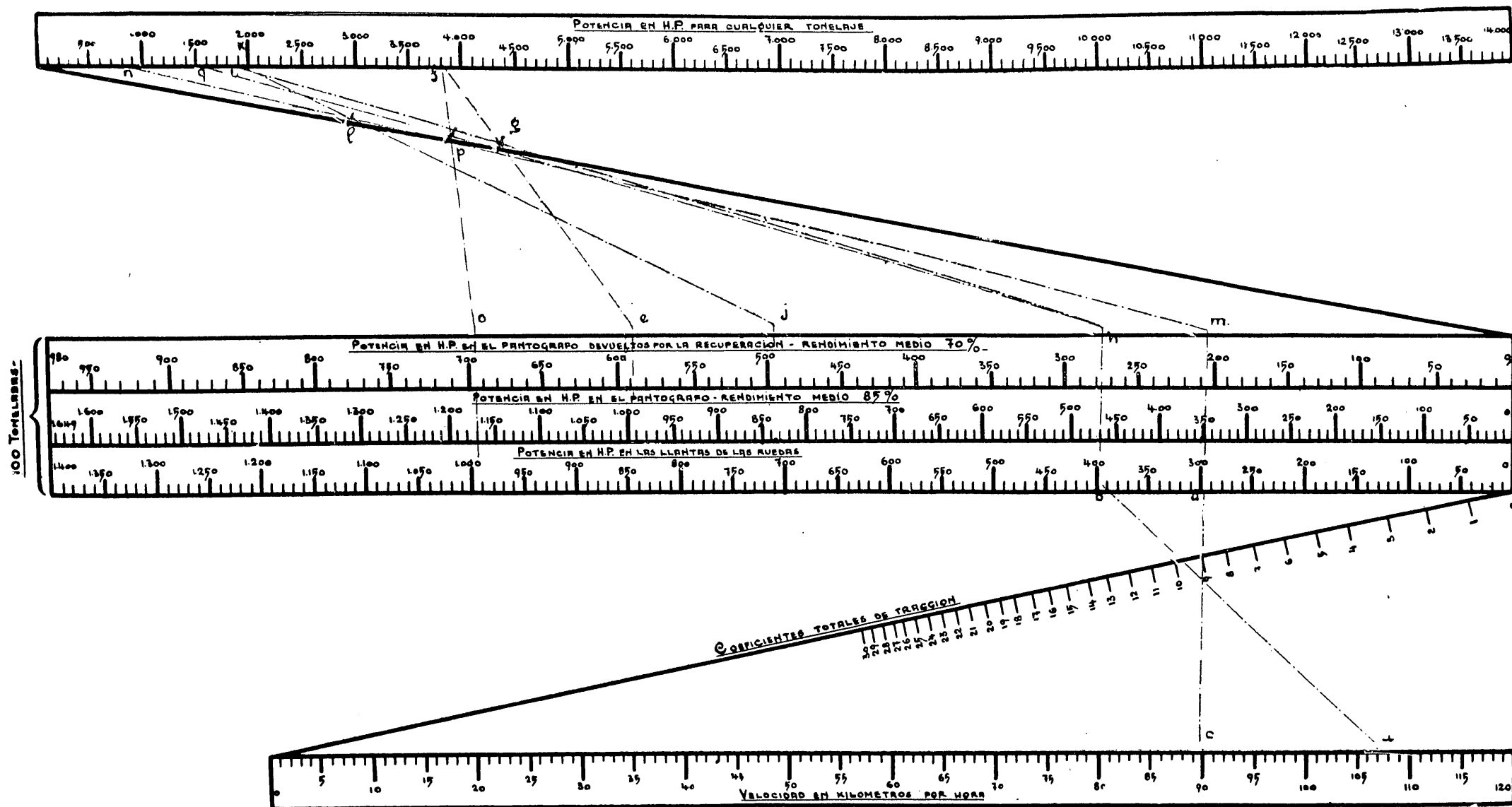


Ábaco para el cálculo de las potencias en HP. absorbidas por los trenes en los Caminos de hierro,  
por el Marqués de Gaviria, Ingeniero de Caminos.



# Ábaco para el cálculo de las potencias en HP absorbidas por los trenes en los caminos de hierro.

Al hacer el estudio de un proyecto de locomotora de vapor o eléctrica para una línea férrea, suele ser conveniente tener medios expeditivos de calcular la potencia absorbida por los trenes en las diferentes partes de sus recorridos.

Las resistencias que ha de vencer la locomotora se dividen en tres grupos:

1.º Resistencias a la rodadura en rasante horizontal y alineación recta.

2.º Resistencia suplementaria en las curvas; y

3.º Resistencia suplementaria debida a las rampas.

Para evaluar las primeras y segundas existen multitud de fórmulas empíricas; pero para un primer tanteo puede aceptarse con suficiente aproximación la cifra de 6 kilogramos por tonelada para vía ancha y 8 kilogramos por tonelada para vía estrecha, siendo ambas cifras resultado de englobar los dos primeros grupos de resistencias. En cuanto al tercer grupo, es sabido que se valúa a razón de 1 kilogramo por tonelada y milésima de inclinación de la rasante.

Conocido el número total de kilogramos por tonelada y la velocidad que el tren ha de desarrollar, fácil es deducir la potencia necesaria; pero en cierta clase de estudios, principalmente al efectuar el trazado de los gráficos de consumo en un anteproyecto de electrificación, este cálculo sencillo hay que repetirlo muchas veces, por lo que suele convenir hacerlo gráficamente.

Con el adjunto ábaco, entrando con la velocidad en km.-h. y con el coeficiente total de tracción (comprendidas todas las resistencias), se obtiene la potencia en HP. para 100 toneladas de tren. La primera columna da la potencia efectiva en la llanta de la rueda, que es la única que interesa en tracción por vapor. La segunda, la potencia absorbida por las locomotoras eléctricas en el órgano de toma de corriente, suponiendo un rendimiento medio de 85 por 100 de llantas a pantógrafo.

Cuando el tren desciende una pendiente y el coeficiente de tracción resulta negativo, no hay consumo de energía, y, por el contrario, precisa frenar el tren para evitar que la velocidad exceda de cierto valor. Muchas locomotoras eléctricas están dotadas de frenos de recuperación, y en las pendientes devuelven energía a la línea. La tercera columna da la potencia en HP., devuelta al pantógrafo por efecto de la recuperación, suponiendo un rendimiento medio de 70 por 100.

Primer ejemplo: Un tren de cien toneladas (incluida la tracción) sube una rampa de 0,004 a una velocidad de 108 km.-h.

Tomando el promedio 6 para resistencia a la rodadura (incluido el efecto de las curvas), el coeficiente

total de tracción es 10. Como indica la línea *a-b*, se obtiene como resultado 400 HP. en la llanta de las ruedas; y a estima se aprecian en la segunda columna 472 HP. en el pantógrafo, caso de tratarse de tracción eléctrica.

Segundo ejemplo: Un tren eléctrico de 100 toneladas, dotado de freno de recuperación, desciende una pendiente de 0,015 a una velocidad de 90 km.-h.

El coeficiente de tracción es 9 y negativo; la línea *c-d* nos marca 300 HP., que reciben los motores, y 210 HP. devueltos al pantógrafo por efecto de la recuperación.

En el estudio de electrificación de una línea suele ocurrir que se nos dé un tren de peso dado con un cierto itinerario y tener que deducir las potencias absorbidas en las diferentes partes de la línea. En este caso sería muy molesto multiplicar los resultados obtenidos con el ábaco por el número de cientos de toneladas que pese el tren dado, pues habría que repetir esta operación para cada sección de la línea. En este caso puede procederse como sigue:

Supongamos que se trata de un tren eléctrico dotado de freno de recuperación y que pesa 375 toneladas; refiriendo el número 1.000 de la escala de potencias absorbidas en el pantógrafo a la línea de borde en el punto *e*, y uniendo este punto con *f*, que corresponde a 3.750 en la escala de potencias totales, obtenemos el punto *g* en la intersección de la línea *e-f* con la línea de ceros.

Refiriendo a la línea del borde los resultados correspondientes a 100 toneladas, y uniéndolos con el punto fijo *g*, leeremos en la escala de potencias totales la potencia absorbida por el tren de 375 toneladas. Así, por ejemplo: si este tren sube una rampa de 0,004 a 108 km.-h., refiriendo a *h* el punto obtenido en el primer ejemplo y uniendo *h* con *g*, obtenemos en *i*, apreciando a estima, 1.770 HP. como potencia absorbida en el pantógrafo.

Para los efectos de la recuperación no nos sirve el polo *g* antes determinado, sino que es necesario referir a la línea de borde el mil de la escala de recuperación (o su mitad 500) con 3.750 (1.875 tratándose de 500); así, trazaremos la recta *j-k*, que por su intersección con la línea de los ceros nos da el punto *l* como polo relativo a la recuperación.

Los dos polos *l* y *g* son invariables para cada peso de tren, y, por consiguiente, su determinación hay que hacerla una sola vez. Con el polo de recuperación *l* se procede lo mismo que con el *g*: así, si este tren de 375 toneladas baja una pendiente de 0,015 a 90 km.-h., para calcular la potencia devuelta a la línea por el pantógrafo, basta referir el punto *d* del segundo ejemplo a la línea del borde en *m* y unir

este último punto con  $l$  y la recta  $m-l$  nos da el punto  $n$ , con el que apreciamos a estima 790 HP. como potencia devuelta a la línea.

Si se tratase de tracción por vapor y quisiéramos conocer la potencia desarrollada en la llanta de las ruedas, necesaria para transportar el tren de 375 toneladas (incluida la tracción), tendríamos que determinar un tercer polo refiriendo el mil de la escala de potencia en las llantas a la línea de borde en  $o$ , y unir este punto con  $f$ , correspondiente a 3 750 en la escala de potencias totales, y la recta  $o-f$  nos da, por intersección con la línea de los ceros, el polo  $p$ . Si ahora suponemos como antes el tren de 375 toneladas subiendo a 108 km.-h. la rampa de 0,004, bastará unir el punto  $h$ , antes obtenido, con el nuevo polo, y la recta  $h-p$  nos da, en la escala de potencias totales, el punto  $q$ , correspondiente a 1 500 HP. efectivos que tendría que desarrollar la locomotora de vapor en la llanta de las ruedas.

Para trazar este ábaco, como algunas líneas cortan a las líneas de ceros bajo ángulos muy agudos, se ha seguido el procedimiento analítico siguiente:

Sea  $x$  la distancia en milímetros de la escala de potencias en las llantas al punto correspondiente a un coeficiente de tracción  $a$ .

Como cada milímetro de la escala de potencias representa 5 HP. y cada milímetro de la escala de velocidades representa 0,5 km.-h., una semejanza de triángulos, fácil de establecer, da:

$$\frac{\frac{(HP)}{5}}{2 (Km-h)} = \frac{x}{50 - x}$$

siendo 50 mm. la separación entre la escala de velocidades y la de potencias en las llantas; pero, por otra parte (siendo  $a$  el coeficiente de tracción),

$$100 \times a \times \frac{(Km-h)}{3,6} = 75 \times (HP)$$

de donde

$$\frac{(HP)}{(Km-h)} = \frac{10x}{50 - x} = \frac{100a}{75 \times 3,6}$$

o sea, haciendo operaciones,

$$x = \frac{50a}{27 + a}$$

en la que dando a  $a$  los valores 1, 2, 3... 30, se han calculado los valores correspondientes de  $x$ .

Para la determinación de los polos puede seguirse un procedimiento análogo, obteniéndose fácilmente las expresiones

$$x = \frac{50 \times N}{8,5 + N}$$

para los polos del pantógrafo;

$$x = \frac{35N}{10 + 0,7N}$$

para los polos de recuperación, y

$$x = \frac{50N}{10 + N}$$

para los polos de las llantas de las ruedas.

En todas estas expresiones  $N$  es el número de cientos de toneladas que pesa el tren;  $x$  la distancia en milímetros del polo a la escala de potencias totales, siendo también de 50 mm. la separación entre esta escala y la línea del borde.

EL MARQUÉS DE GAVIRIA,  
Ingeniero de Caminos.

## Crónica

### Ferrocarril de Matallana a León.

El día 30 del pasado mes de mayo, se inauguró y fué abierto al servicio público el ferrocarril de Matallana a León.

Este ferrocarril constituye la última de las tres secciones en que fué dividido el estratégico de Figaredo a León.

Siendo Matallana la segunda estación del ferrocarril de La Robla a Bilbao, el inaugurado cumple el importantísimo objeto de abrir un cauce entre la floreciente industria bilbaína y la capital leonesa, de enorme energía potencial, constituida por la riqueza natural de su provincia y su especial situación estratégica; ya que el ferrocarril de La Robla a Bilbao, con el perjudicial transbordo en la línea del Norte,

anula en parte el importante papel que debe desempeñar, transportando el carbón de las cuencas de León y de Palencia.



Ferrocarril de Matallana a León.—Paso superior de 15 metros de luz.