

## FRENO LUYERS

(Traducción)

Todo freno tiene por objeto el desarrollar un trabajo resistente capaz de anular, en un intervalo de tiempo mas o menos corto, toda o parte de la fuerza viva de una masa en movimiento. El mecanismo del freno debe entónces enjendrar una fuerza — jeneralmente una presion — i trasmitirla al cuerpo móvil en un punto que cambia de lugar relativamente al órgano trasmisor.

La enerjía del freno se mide por el trabajo resistente producido; varía por uno o por los dos factores de este trabajo: presion i velocidad. Cuando se trata de un vehículo o de un conjunto de vehículos formando un tren, se puede pasar patines bajo las ruedas, i se le hace así muchas veces, la presion resulta de la reaccion del suelo o de los rieles i la velocidad es la velocidad de traslacion del vehículo, variable a cada momento hasta que el tren se para. Jeneralmente se procede de otra manera i se aplican zoquetes sobre las ruedas, con una presion mas o menos grande. La velocidad que interviene en el trabajo resistente, se debe a la rotacion de las ruedas. En los frenos en uso el contacto se hace sobre la llanta, cuya velocidad es exactamente igual a la de traslacion del vehículo, cuando no hai deslizamiento entre la rueda i el suelo.

En el caso del patin, la presion es igual al peso  $P$  que lleva la rueda, i si designamos por  $f$  el coeficiente de frotamiento sobre el riel (para quedarnos en el caso de una línea férrea), i por  $v$  la velocidad del tren en el instante considerado, el trabajo resistente correspondiente será, durante el elemento de tiempo  $dt$ :

$$T_r = f \cdot P \cdot v \cdot dt \dots \dots (1).$$

Con el freno de zoquetes, la presion puede ser i será variable  $Q$ ; el coeficiente de frotamiento entre el zoquete i la rueda será  $f_1$ , diferente de  $f$ , pero la velocidad del punto de contacto será la misma o nó: la designaremos por  $v_1$ , de donde el trabajo del freno:

$$T_r' = f_1 \cdot Q \cdot v_1 \cdot dt \dots \dots (2).$$

Comparando estos dos valores se ve que  $T_r'$  es mas elástico que  $T_r$ , atendido a que la presion  $Q$  varía a voluntad del guarda-frenos. Siempre hai un límite superior i en ningun caso  $T_r'$  no puede ser mayor que  $T_r$ , porque el deslizamiento llega a ser mas fácil que la rodadura: las ruedas se calan i patinan sobre los rieles.

Resulta:

$$f_1 \cdot Q \cdot v_1 \leq f \cdot P \cdot v \dots \dots (3),$$

i si no hubiese que considerar sino la energía, el freno de patines sería el más ventajoso, tanto más que la presión  $P$  puede ser obtenida sin gastos, lo que no tiene lugar con los zoquetes.

En igualdad de condiciones, puesto que la presión  $Q$  exige un gasto de fuerza, conviene que el zoquete tome contacto con la rueda en el punto más alejado del centro de ésta, donde  $v_1$  es un máximo. Es así que en todos los sistemas de frenos, el zoquete se aplica siempre sobre la llanta; algunos inventores han buscado aun el producir el frotamiento sobre el reborde de la rueda.

Sin embargo, la conclusión no es tan evidente i simple después de las experiencias de Gallon Douglas, en 1878, reproducidas i completadas después por varios ingenieros. Han hecho conocer así las variaciones de los coeficientes de la llanta, tanto sobre los rieles como sobre los zoquetes; independientemente del estado de las superficies en contacto i de la naturaleza de los cuerpos, estos coeficientes varían en límites muy grandes con la velocidad de los trenes i la duración del funcionamiento del freno. En todos los casos—no considerando sino al freno ordinario de zoquetes, para el cual  $v_1 = v$ ,—la ecuación (3) muestra que su energía máxima corresponde a

$$f_1 \cdot Q = f \cdot P \dots \dots (4),$$

i puesto que  $f$  es variable, le suponemos su mayor valor, el del coeficiente de adherencia  $f_a$ . Se sabe, en efecto, que cerrando un freno hasta el calaje de las ruedas ( $f_1 \cdot Q > f \cdot P$ ), la acción retardatriz disminuye bruscamente, desde que comienza el patinaje. Es preciso, desde luego, evitar el calaje de las ruedas, que entorpece el buen funcionamiento del freno, sin tomar en cuenta los otros inconvenientes; la presión  $Q$  sobre los zoquetes debe entonces quedar inferior a  $\frac{f_a \cdot P}{f_1}$ , acercándosele lo más posible.

Se comprende lo complejo del problema, observando que los tres factores de esta expresión son variables:

$f_a$ , con el estado físico del riel,

$f_1$ , para un zoquete dado, con la velocidad de la rueda i la duración del efecto,

$P$ , con el peso del vehículo, según que esté vacío o cargado.

I estas variaciones son grandes: el coeficiente de adherencia que es de  $\frac{1}{2}$  en tiempo seco, es de  $\frac{1}{10}$  i ménos durante las nieblas. M. Marié, del F. P. L. M., ha medido  $f_1$  sobre zoquetes de fundición e indica los valores extremos de 0,07, cuando el tren corre 100 kms. por hora, i 0,33 en el momento de parar.

En fin, en el material de carga  $P$  varía de 1 a 3.

Un freno para que sea perfecto debería entonces desarrollar sobre los zoquetes una presión  $Q$ :

a) Proporcional a la adherencia, lo que es relativamente fácil con la llave reguladora,

b) Mayor a medida que la detención del tren se acentúa, lo que prácticamente el maquinista no puede realizar con la llave reguladora de la presión, i

c) Proporcional a la carga de los diversos ejes, es decir, variable en la longitud del tren, sobre todo en los trenes de carga. Si no se hace así, si la presión  $Q$  de los zoquetes es constante durante la detención del tren, e igual sobre todas las ruedas, es preciso para evitar todo patinaje que

$$Q \leq \frac{f_2}{f_1} P_{\min} \dots \dots (5)$$

i si el tren contiene wagones vacíos, el freno no podrá utilizar sino la mitad o la tercera parte de su capacidad sobre los wagones cargados.

Estas consideraciones han preocupado mucho a los ingenieros desde largo tiempo i M. C. Luyers, agregado a los ferrocarriles belgas, ha consagrado muchos años al estudio de un freno que satisficere lo mejor posible a todas las condiciones de un aparato perfecto. Hé aquí la solución que propone:

A) En lo que concierne a la adherencia, el inventor abandona al maquinista el cuidado de regular la presión en el conducto jeneral del freno, conforme al estado de la atmósfera i de la vía, lo que no es difícil.

B) La corrección es ménos cómoda para el coeficiente  $f_1$ , cuyas variaciones son bien conocidas, i que dependen de la velocidad del vehículo i del tiempo de aplicación del freno.

En el Ferrocarril Paris-Lyon-Mediterráneo, la experiencia ha proporcionado las cifras siguientes para diversas velocidades:

$v = 100$	80	60	40	20	10	0	km. por hora
$f_1 = 0,07$	0,11	0,14	0,17	0,23	0,27	0,33	

Por experiencia también se sabe que  $f_1$  disminuye a medida que se prolonga el frotamiento i cualquiera que sea la velocidad: después de 10 segundos el frotamiento pierde  $\frac{1}{3}$  i después de 20 segundos  $\frac{1}{2}$  de su fuerza. Es decir que el tren marchando con una velocidad de 40 kms. con los frenos apretados,  $f_1$  pasará del valor 0,17 sucesivamente a 0,12 i 0,085 después de 10 i 20 segundos. Se ve, por esto, que las dos influencias de la velocidad i el tiempo se encontrarían, pues el tren se detiene bajo la acción prolongada del freno. En las grandes velocidades hai casi compensación: de 80 a 40 kms. por hora,  $f_1$  pasa de 0,11 a 0,17 en el comienzo de la detención i cae de 0,17 a 0,12 si pásala un intervalo de tiempo de 10 segundos,

Es posible llevar más lejos la compensación acortando la escala de las velocidades i es lo que ha hecho M. Luyers aplicando los zoquetes a una polea de menor diámetro que la rueda. Si la relación de los diámetros es de 1 a 2, será la misma la de las velocidades i sobre un tren marchando con una velocidad de 80 kms. este coeficiente  $f_1$ , sobre la polea, corresponderá a la velocidad de 40 kms. En esta hipótesis  $f_1$  no varía sino de 0,17 a 0,22 o a 0,165, según que la detención dure 10 o 20 segundos.

I no hai que imaginarse que se trata de un factor sin importancia sobre la energía del freno: si se aplica a un tren animado de una velocidad de 100 kms. por hora i para una adherencia de 0,18, el freno continuo ordinario, con una presión  $Q$  correspondiente al límite de  $f_1$   $Q$  para una velocidad de 45 kms. (es la presión normal comunmente admitida hoy día en los conductos de aire), el tren recorrerá 630 ms. antes de pararse,

miéntras que si se gradúa la presión de manera de conservar  $f_1 Q = f_a P = 0,18 P$  durante toda la duración de la operación, el tren se parará después de un trayecto de 212 mts. El rendimiento de los frenos es defectuoso, sobre todo en los trenes rápidos, i son estos trenes los que reclaman frenos enérgicos, trenes que son cada día mas numerosos: aumentar la velocidad de marcha es la palabra de orden general en la explotación de los ferrocarriles.

No se pierda de vista que aumentando la presión normal i constante de los zóquetes hasta realizar la igualdad  $f_1 Q = f_a P$ , a la velocidad de 60 a 80 kms., las ruedas no tardarían en calarse, lo que es necesario evitar.

Teóricamente se podría conservar a  $f_1 Q$  un valor constante, como lo es la adherencia  $f_a P$ , graduando la presión sobre la velocidad decreciente del tren; pero esto no es práctico. Tanto como sea posible el freno debía funcionar bajo una presión constante durante toda la operación de parar el tren. Tomando la desigualdad (3) i pasando al límite de rendimiento de energía, tendremos:

$$f_1 Q v_1 = f_a P v \dots \dots (3)$$

Supongamos que los zóquetes actúen sobre poleas i no sobre la llanta de la rueda: cualquiera que sea el diámetro de las poleas, la razón  $\frac{v_1}{v}$  será independiente del tiempo i del número de vueltas:

$$V_1 = \frac{v}{n}$$

$$i \quad f_1 Q = n f_a P \dots \dots (6)$$

esto quiere decir que  $f_1$  tomará valores distintos que los que corresponden al frenaje de las ruedas. Esta ecuación (6) no puede ser satisfecha con  $Q$  constante, sino haciendo que  $f_1$  sea también invariable.

Desde luego M. Luyers ha debido darse cuenta de las variaciones de  $f_1$ , sobre un vehículo imaginario sometido a los frenos. I ayudándose de los resultados de todas las experiencias, ha formado la tabla de los valores de  $f_1$ , para todas las velocidades de 0 a 99 kms. por hora, i el de estos mismos valores, modificados por la acción del tiempo sobre el frotamiento de los zóquetes; después haciendo crecer  $n$  sucesivamente, ha llegado por tanteos a fijar el diámetro de la polea, que para las diversas circunstancias de la adherencia hacia  $f_1$  mas o ménos invariable en la ecuación (6). El hecho se produce con  $n=3$  cuando la adherencia es igual a 0,18, i con  $n=4$ , cuando  $f_a = 0,25$ ; es decir que el diámetro de la polea será respectivamente el tercio o el cuarto del de la rueda, i para que el trabajo resistente quede igual al de la adherencia  $f_1 Q$  deberá ser 3 o 4 veces mas grande. Esto no presenta inconveniente, atendido a que  $f_1$  aumenta notablemente por el solo hecho de la disminución de la velocidad, la presión  $Q$  será entonces mas fuerte, sin duda, pero no exagerada, entonces la energía del freno aumenta en proporciones considerables.

Según los cuadros de M. Luyers, la polea da un tercio de lugar a un frotamiento  $f_1$  que varía de 0,191 con la velocidad de 99 kms., a 0,202 al parar, cuando el zóquete sobre las llantas de las ruedas produciría un frotamiento de 0,072 al empezar i de 0,042 al

parar. La experiencia ha confirmado estos resultados. Sobre un tren más rápido  $f_1$  vale un poco más quedando constante más o menos; habrá lugar de disminuir la presión  $Q$ , pero mucho menos que con los frenos actuales.

Como conclusión, i no considerando sino una serie de ejes igualmente cargados, el freno de polea de M. Luyers, permite el desarrollar durante toda la duración de la operación, el trabajo resistente máximo, igual o muy poco inferior al que se podría esperar de la adherencia en un tren, cuyos ejes fuesen motores.

El freno ordinario continuo produce más o menos 30 por ciento de este máximo. Es entonces, bajo el punto de vista de la seguridad i de la rapidez de los trenes, una ventaja considerable que justifica ampliamente la adopción de una polea sobre cada uno de los ejes del tren.

C) Queda como última dificultad, la desigualdad de las cargas sobre los diversos ejes de un tren i sobre todo de un tren de carga. Con los frenos continuos la presión (o la depresión en el freno vacío) es constante desde la cabeza a la cola del tren, puesto que ella emana de una sola i misma fuente i que ella transmite su acción por un solo conducto i de la misma manera a todos los vehículos sin distinción.

Resulta que con el objeto de evitar el patinaje, se debe limitar la presión de los zóquetes conforme a la adherencia de las ruedas más cargadas, la de los wagones vacíos, si el tren los lleva.

En el material de pasajeros el peso varía poco, la carga útil no sobrepasa generalmente el  $\frac{1}{3}$  del peso muerto; pero las condiciones son muy diferentes en los trenes de carga: la capacidad de carga es generalmente doble de la tara del vehículo i la presión de las ruedas sobre el riel puede variar de 1 a 3 en un mismo tren. El trabajo del freno no será entonces sobre los wagones poco cargados, sino el  $\frac{1}{3}$  de lo que puede i debe ser; la operación de parar será muy lenta e inadmisibles la circulación, a gran velocidad. Esta razón sola basta para alejar el freno continuo de los trenes de carga o a lo menos para prohibir su generalización.

Hai un segundo motivo: a una presión constante corresponde un mismo trabajo resistente sobre todos los ejes, los que poseen fuerzas vivas bien diferentes. Los wagones livianos se detienen mucho más ligero que los muy cargados, por lo que se verifican entre los topes reacciones i choques perjudiciales i aun peligrosos. Así antes, de estender los frenos continuos a los trenes de carga de gran velocidad, es necesario descubrir el medio de hacer variar la presión de los zóquetes o el esfuerzo de retardo proporcional a la carga.

M. Luyers realiza este desiderátum, haciendo variar la capacidad del depósito auxiliar que lleva cada vehículo. En el freno de aire comprimido, por ejemplo, el cilindro motor de los zóquetes se acciona con el aire almacenado en el depósito auxiliar; para una misma tensión de fluido, la presión depende de los volúmenes relativos del cilindro i del depósito (lei de Mariotte). M. Luyers instala sobre cada wagon un depósito principal que proporciona la presión correspondiente a la tara del wagon i agrega un número de pequeños depósitos complementarios igual al número de toneladas que puede llevar el wagon; una sola llave de construcción especial, abre las comunicaciones entre el depósito principal i un número cualquiera de los depósitos más chicos, los cuales tienen su capacidad calculada de manera que puedan proporcionar cada uno la presión suplementaria que necesita una tonelada de carga.

La llave de reparticion puede sin inconveniente maniobrarse con la mano, puesto que en los trenes rápidos los wagones conservan su carga inicial hasta el término de su carrera. Sin embargo, M. Luyers ha imaginado un indicador de carga, que acciona automáticamente esta llave.

Los depósitos suplementarios son muy pequeños,—ménos de un litro de capacidad,—i es fácil de calcular el volumen cuando se da la superficie del piston motor i los coeficientes  $f_1$  i  $f_3$ . Los cálculos no son ni costosos ni embarazosos (véase el anexo I).

\* \* \*

Las ventajas del freno Luyers son indisputables i numerosos ensayos han confirmado las deducciones de la teoría (véase el anexo II). La detencion del tren se produce en un trayecto mitad menor i con una suavidad notable, bajo una presión constante de los zoquetes, sin temer el calaje de las ruedas. Además, la polea no está sometida al desgaste de la rodadura como las ruedas, i el contacto de los zoquetes se asegura mejor.

El modo de accion del fluido es exactamente el mismo que en los otros frenos i no hai para qué modificar las instalaciones existentes; pero la presión debe ser mas fuerte, lo que se puede realizar, sea aumentando la tensión del fluido, sea engrosando los cilindros del freno, sea modificando el mecanismo.

Sobre cada eje i hacia el medio de su ancho, es preciso poner una polea cuyo peso, calaje i apretadura modifican las condiciones de resistencia de los ejes. Este inconveniente es mínimo, como tambien el gasto que resulta del nuevo órgano.

Comunmente, con los frenos continuos actualmente en uso, se adopta por presión normal sobre los zoquetes durante la detencion, la que corresponde al valor medio del frotamiento sobre un tren que marcha a razón de 45 kms. por hora, sea  $f_1 = 0,22$ , segun las tablas formadas por M. Luyers.

Desde luego para una adherencia de  $\frac{1}{3}$  la presión será:

$$Q_1 = \frac{f_3}{f_1} P = \frac{0,20}{0,22} P = 0,909 P \dots \dots (7)$$

En realidad  $f_1$  varía de 0,163 a 0,276 i se producen calajes si el maquinista no afloja el freno ántes de parar completamente; el hecho es muy frecuente i conocido de los viajeros. Si a este mismo tren, corriendo 80 kms. por hora, se aplica la polea Luyers de un diámetro igual al tercio del de las ruedas, el coeficiente de frotamiento variará de 0,209 a 0,251, con una media de 0,230, i la energía máxima del freno corresponderá a la presión

$$Q_2 = \frac{3 f_a}{f_1} P = \frac{3 \times 0,20}{0,23} P = 2,609 P = 2,87 Q_1 \dots \dots (8)$$

Es tres veces mas o ménos el esfuerzo desarrollado en un freno ordinario.

Sin duda no hai dificultad en producir esta presión i esto no resultará por un aumento de gasto, puesto que el trabajo resistente por producir queda igual a la mitad de la fuerza viva que se quiere contrarrestar, pero hai que preocuparse de la intensidad de

la presión sobre la polea. Se ha constatado por la experiencia que con una presión de 50 kilogramos por  $\text{cm}^2$  entre fundición y acero se impide el movimiento, y que no conviene sobrepasar los 25 kgs. dando a los zoquetes una superficie útil de

$$S = \frac{1}{25} \times 2,609 P = 0,104 P \dots \text{cms.}^2 \dots \dots (9)$$

Los ejes del material de pasajeros son poco cargados, de 6 a 8 tons, y una superficie de fricción total de 832  $\text{cms.}^2$  es suficiente. Aplicando 2 zoquetes a la polea, cada uno de ellos debería tener un contacto de 416  $\text{cms.}^2$ . Por otra parte la polea es de pequeño diámetro: el arco de 45 a 50°, mide 0,12 a 0,14 ms. y sería necesario dar a los zoquetes una longitud exagerada. M. Luyers conserva con razón los 4 zoquetes que hoy día obran sobre cada eje y los hace obrar sobre una sola polea de llanta ancha donde se aparejan de a dos. El ancho de la polea resulta del empleo de dobles zoquetes; la polea tiene un borde de cada lado y los zoquetes dejan entre ellos un juego de un centímetro.

Esta gran superficie de la llanta y de los zoquetes favorece el enfriamiento, cuestión que hay que considerar. Pues si la cantidad total de calor desarrollado por el frotamiento durante la operación de parar es independiente del sistema de frenos, el grado de temperatura es proporcional a la rapidez de la operación, es decir a la energía del freno. Es preciso entonces grandes masas metálicas o grandes superficies de irradiación. Cualquiera que sea la carga del eje se realizará la superficie requerida, puesto que el ancho del zoquete no tiene más restricción que las ruedas.

\* \* \*

La innovación del freno Luyers consiste entonces en restringir hasta anular completamente las variaciones del frotamiento, provocadas por los cambios de velocidad y por la duración de la acción. Este punto adquirido, la presión de los zoquetes puede ser llevada poco más o menos a la tasa que corresponde al máximo de esfuerzo, siendo dada la adherencia: sea conforme a la ecuación (6):

$$Q = n \frac{f_a}{f_1} P$$

Habiéndose elejidos los diámetros de la polea, la presión debe ser apropiada al valor de  $\frac{f_a}{f_1} P$ , es decir, a la adherencia que cambia poco o nada, en una misma estación, a la carga que es constante para los trenes de pasajeros, y al frotamiento que depende de la velocidad del tren en el momento en que se le quiere detener.

Todo quedando constante durante la duración entera de la operación,  $f_1$  y por consiguiente,  $Q$  varían con la velocidad en el momento de apretar los frenos. M. Luyers ha deducido su valor para todas las velocidades de 10 en 10 kilómetros por hora, del cuadro de las variaciones de  $f_1$ , de que se ha hablado más arriba.

El maquinista que quiere parar su tren conoce aproximadamente la velocidad de marcha; la conoce aun exactamente si la locomotora lleva un indicador, y es lo que pasa generalmente hoy día. Poniendo a su disposición un distribuidor o regulador capaz de

producir fácilmente, rápidamente i seguramente la presión que se quiera, el perfeccionamiento hecho al freno será práctico. M. Luyers ha resuelto el caso: su llave de maniobra puede ocupar 17 posiciones (este número parece exagerado) correspondientes a otras tantas combinaciones de adherencias i de velocidad, i las modificaciones de régimen son producidas por el movimiento de dos diafragmas, mas sensibles que los pistones de Westinghouse i que dan lugar a una resistencia menor.

Las variaciones del esfuerzo  $Q$ , segun la carga  $P$ , no pueden obtenerse de la misma manera: la presión del fluido en el conducto jeneral es uniforme de un extremo a otro del tren, la que domina en todos los depósitos, que se ponen en comunicacion con los cilindros del freno. Hemos dicho que el inventor compone cada depósito de varios recipientes o compartimentos, cuya capacidad calcula de manera de poder graduar la depresion por la carga.

\* \* \*

M. Luyers ha estudiado cada uno de los órganos que entran en el mecanismo de su freno; ha hecho modificaciones mas o ménos consiguientes a la mayor parte de ellos, que la práctica sancionará o rechazará, i cuya enumeracion es la siguiente:

1) La bomba compresora de aire está formada de dos cuerpos de bomba de simple efecto, cada una de ellas con dos pistones concéntricos. M. Luyers espera sacar de esta disposicion una economía de 50 por ciento en el gasto del vapor.

2) El mismo perfeccionamiento se ha llevado a los cilindros del freno: el pequeño piston trabaja solo para arrimar los zoquetes a las polcas, i el segundo piston entra entonces en juego para producir, con el primero, la presión necesaria. El volumen de carga del cilindro es menor i menor tambien el gasto de aire comprimido.

3) Los zoquetes no siguen las oscilaciones verticales de los chasis: estan suspendidos a un fierro U que pasa encima de las ruedas i está fijado a las cajas de aceite. Además, el desgaste se corrige automáticamente por un pequeño mecanismo especial.

4) Queriendo aplicar su freno a los largos trenes de carga, M. Luyers mas que Westinghouse, ha debido ocuparse de la trasmision rápida del aprieta i suelta frenos. Con este objeto ha imaginado un distribuidor-evacuador que provoca en cada vehículo un apartamiento directo desde que se produce una depresion en el conducto jeneral. La accion es un poco ménos rápida que la del mismo órgano en el freno Westinghouse, pero el aparato funciona por una depresion cualquiera, i, por consiguiente, no turba la modificacion.

Concurrentemente con este aparato, M. Luyers establece una trasmision eléctrica mui simple: una pila montada sobre la locomotora crea la corriente i dos hilos, el uno para apretar i el otro para aflojar, ligan la pila a dos electro-imanés colocados bajo cada wagon. Estos accionan tan pronto la válvula de espulsion del cilindro, tan pronto la comunicacion con el depósito, segun que el maquinista mande aflojar o apretar frenos. Es la llave reguladora misma que cierra una u otra corriente. Como se ve, hai una doble seguridad i la trasmision rápida de la depresion se hace por la electricidad o, en su defecto, por el aire comprimido.

Bruselas, 15 de Julio de 1901.

LUIS COUSIN

(Traduccion del frances de L. R. P.)

## ANEXO I

Por la fórmula (6):

$$Q = n \frac{f_3}{f_1} P = kP \dots \dots (a)$$

Los elementos de la presión deben calcularse para el máximo de ésta. Tomaren entonces  $f_3 = 0,25$  i  $f_1 = 0,22$ , correspondiendo a una velocidad de 90 kms., la polea siena del  $\frac{1}{3}$  o  $n = 3$ ,—se trata aquí de frotamiento medio de la polea durante la apretadura.— En estas condiciones  $k = 3,41$ ; pero el esfuerzo  $Q$  debe también vencer la tensión de la doble razón antagónica, el frotamiento del pistón i las resistencias del mecanismo; el todo equivale a 150 kgs. mas o ménos i

$$Q = 3,41 P + 150 = \left(3,41 + \frac{150}{P}\right) P = k'P \dots \dots (a')$$

Por  $Q$  i el mecanismo se determina la presión del fluido o la sección del cilindro del freno. El mecanismo de M. Luyers multiplica por 20 el esfuerzo por transmitir i si  $p$  es la presión del aire por centímetro cuadrado i  $\omega$  la sección del cilindro en cms.<sup>2</sup>, se escribirá:

$$p = \frac{1}{20} \times \frac{Q}{\omega} \dots \dots (b)$$

En el freno Luyers el cilindro o el pistón tiene un diámetro de 305 mms. i una superficie de 750 cms.<sup>2</sup> de los que 30 cms.<sup>2</sup> están destinados a vencer los frotamientos del pistón i otros. En estas condiciones basta dar al fluido una presión en kgms. por cms.<sup>2</sup> o sensiblemente en atmósferas:

$$p = \frac{1}{14000} Q = 0,00007 k'P = 0,00024 P \dots \dots (c)$$

$P$  es el peso del vehículo, puesto que no hai sino un solo cilindro para gobernar todos los zóquetes. Se conocerá en cada aplicación el máximo de este peso i, por consiguiente, la mayor presión por producir en el cilindro  $p_m$ .

A esta presión máxima corresponde el mayor gasto de aire por el cilindro; ella es igual al volumen enjandrado por el pistón multiplicado por la presión absoluta en atmósferas ( $p_m + 1$ ):

$$D = c (p_m + 1).$$

M. Luyer da al conjunto de los depósitos de cada vehículo este mismo volumen  $D$ , de tal suerte que una depresión de una atmósfera en ellos corresponda a una salida de aire capaz de hacer funcionar el cilindro bajo la presión máxima exigida por la maniobra. Para el funcionamiento del cilindro se necesitan  $3\frac{1}{2}$  litros.

Teniendo por objeto la subdivisión del depósito, el compensar las variaciones de la carga, el depósito principal debe corresponder a la tara o peso del wagon vacío; es decir, que haciéndolo comunicar con el cilindro, desarrollará la presión  $p_c$ , deducida de la ecua-

cion (c). (M. Luyers agrega a la tara 250 kgs. por eje, por la fuerza viva de rotacion). Por ejemplo, para una tara de 7,000 kgs. la fórmula (c) da:

$$= p_t \ 1,686$$

i la razon entre los volúmenes del depósito grande i del funcionamiento del cilindro será 2,686; lo que da 9,40 lts.

El mismo cálculo para pesos de 8, 9, 10. . . toneladas hará conocer las capacidades totales de los depósitos que hai que poner en juego, i por diferencia, la capacidad de cada uno de los depósitos complementarios; se encontrará una fraccion de litro.

Se concibe, desde luego, la plena eficacia del freno si por una parte el maquinista puede graduar, por medio de la llave reguladora, la presion del aire en el conducto jeneral conforme a la adherencia i a la velocidad del tren, i si por otra parte se llega, manio-brando una llave especial a cada vehículo, a variar la presion en los cilindros proporcio-nalmente a la carga.

## ANEXO II

### ALGUNAS ESPERIENCIAS DEL FRENO LUYERS

1). El 23 de Enero de 1900, en la línea Gand a Terneuzen, un wagon, que armado pesaba 6,900 kgs., fué lanzado con una velocidad de 80 kms. i sometido al freno Luyers bajo una presion de 12,420 kgs. sobre los zoquetes; sea  $Q = 1,8 P$ . La detencion se efectúo en un trayecto de 199 ms.

2) El 24 de Febrero de 1900, en la misma línea, el mismo wagon tarado con 7,000 kgs. i lanzado a 80 kms., fué sometido a una presion de 14.200 kgs, sobre la polea, lo que corresponde a  $k=2$ ; en el primer ensayo la detencion exijió 193 ms. i en el segundo el trayecto no fué sino de 183 ms.

3) El 18 de Febrero de 1901 se sometió a la accion del freno Luyers un tren de 10 wagones de 15 toneladas del Ferrocarril del Estado Belga: la velocidad era 72 kms. i se desarrolló una presion  $Q = 2,2 P$  i la detencion se produjo a 218 ms. del punto donde el freno se puso en accion.

4) El 28 de Febrero de 1901, en presencia de delegados del oeste frances i del Estado Prusiano, se procedió a tres ensayos respectivamente, a las velocidades de 72, 74 i 81 kms. i la detencion se obtuvo en un trayecto de 253, 242 i 296 ms.; con presio-nes de 1, 8, 2,0 i 2,2 atmósferas.

5) El 1.º de Marzo de 1901, se repitieron estas esperiencias, en presencia de los representantes del Estado Frances, del Norte Frances, del Estado Belga, del Estado Neerlandes i de otros:

Velocidades . . . . .	71	72	77	81	kilómetros
Presiones . . . . .	1,8	2,0	2,1	1,5	atmósferas
Trayectos . . . . .	279	247	273	382	metros

6) Esperiencias del 2 de Marzo de 1901:

Velocidades . . . . .	72	78	81	81	kilómetros
-----------------------	----	----	----	----	------------

Presiones.....	2,0	2,2	2,2	2,3	atmósferas
Trayectos.....	276	288	243	332	metros

## 7) Esperiencias del 14 de Marzo:

Velocidades.....	50	72	81	90	100 kilómetros
Presiones.....	2,2	3,0	3,0	3,0	3,3 atmósferas
Trayectos.....	116	196	246	311	370 metros

El Paris-Lyon-Mediterráneo i el Estado Belga habian enviado delegados para asistir a los ensayos.

