

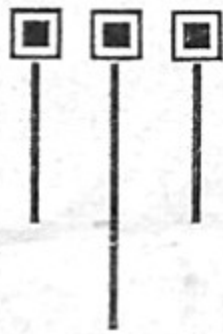
TIRADA APARTE DE «IBÉRICA», N.º 648, 16 DE OCTUBRE DE 1926

EL "CONTRAVAPOR" DE LAS LOCOMOTORAS

POR

JOSÉ PRATS TOMÁS

INGENIERO INDUSTRIAL EN M. Z. A.



OBSEQUIO DEL AUTOR

AL PERSONAL DE MÁQUINAS DE M. Z. A., R. C.

IBÉRICA
REVISTA SEMANAL ILUSTRADA
PALAU, 3 - APARTADO 143
BARCELONA

REVISTA
IBÉRICA
PALAU, 3
BARCELONA
1926



EL "CONTRAVAPOR" DE LAS LOCOMOTORAS

Definición.— Se llama «contravapor» al dispositivo especial de una locomotora en virtud del cual, teniendo abierto el regulador y avanzando la máquina en sentido contrario al que le corresponde por la posición de la palanca o volante de cambio de marchas, se presenta una fuerte resistencia al movimiento.

Importancia.— Las locomotoras antiguas destinadas al servicio de mercancías sólo llevaban aparatos de freno en el tender, y la timonería o palancas que efectuaban el aprieto de las zapatas contra las ruedas, eran movidas a mano. Se daba el caso que las ruedas frenadas eran insuficientes algunas veces, no sólo para parar los trenes de mercancías sino incluso para evitar que adquiriesen una marcha demasiado rápida para ser compatible con la seguridad.

Se apelaba al recurso del contravapor, esto es: de colocar el cambio de marcha a *punto muerto*, abrir el regulador en grande y *alargar la palanca* hacia atrás con el fin de que los cilindros comunicasen con la caldera, por cada una de sus caras, en los momentos en que los pistones se dirigen hacia las

mismas. Cuando el pistón va hacia adelante se encuentra con que precisamente le llega vapor por este mismo lado y se opone a su camino porque el pistón va *contra el vapor*, de aquí el gran esfuerzo resistente que se produce por efecto del *contravapor*; al ir el pistón hacia atrás le sucede lo propio que lo explicado en este mismo párrafo para cuando va hacia adelante.

Las locomotoras modernas tienen freno automático en todas sus ruedas, y sus timonerías o palancas están calculadas de tal manera que, cuando se aplican con toda su potencia, son capaces de hacer patinar las ruedas sobre las que rozan las zapatas. Cuando llega este caso ya se ha pasado del máximo esfuerzo de frenado que puede pedirse de la máquina.

Al empezar el aprieto de unas zapatas contra las llantas de las ruedas de un eje, es evidente que aparece una resistencia al movimiento de rotación del mismo; esta resistencia crecerá a medida que aumente la fuerza que mantiene apretadas las zapatas del freno contra las ruedas, pero llegará un momento en que el eje dejará de rodar y avanzará patinando *a rastras* como vulgarmente se dice: desde este momento baja el esfuerzo resistente de frenado porque el rozamiento es menor entre el acero de las llantas y el de los carriles, que entre el primero y la fundición de las zapatas; para que las ruedas vuelvan a rodar, precisa rebajar el aprieto de las zapatas a un límite bastante inferior al que se ejercía momentos antes de empezar el patinaje.

Si consideramos que el máximo coeficiente de adherencia vale $\frac{1}{4} = 0'25$ (cuando la vía está muy seca o se usa de un buen arenero), se deducirá fácilmente que el *contravapor* puede dar un *máximo esfuerzo resistente* igual a la cuarta parte del peso que carga sobre las *ruedas acopladas*, mientras que un *freno automático*, o a mano, con zapatas en

todas las ruedas, *puede darlo* igual a la cuarta parte del peso total de máquina y tender; el efecto de éste es por lo tanto en general mayor que el del contravapor, salvo el caso de las *máquinas tender* en que todos los ejes sean acoplados.

Se ve, pues, que el *contravapor* era un recurso corriente e imprescindible en las máquinas antiguas que no llevaban zapatas de freno en sus ruedas acopladas, pero no es tan esencial su uso en las locomotoras modernas que tienen, o deberían tener, sus ejes totalmente enfrenados: en la práctica se usa hoy día bastante menos que antes este recurso de frenado del que nos estamos ocupando.

No quiere esto decir que los detalles anexos al *contravapor* sean dispositivos inútiles ni mucho menos; cuando se trata de una bajada larga y fuerte resulta que, si se aplica el freno corriente de un modo continuo, se calientan las zapatas desgastándose bastante aprisa y se corre el peligro de aflojar las llantas por efecto de la dilatación consiguiente al aumento grande de temperatura: en estos casos el *contravapor* es todavía un sistema muy racional de *aguantar* el peso del tren y contrarrestar los efectos aceleradores de una pendiente.

Fases de la marcha a contravapor.—A las distintas vicisitudes por las que pasa el vapor en los cilindros se llaman *fases* del mismo, tanto en la marcha normal de una locomotora como en la marcha especial que estamos detallando.

Supongamos que tenemos una locomotora que avanza en marcha normal y, a causa de venir una larga pendiente, le colocamos la palanca de cambio de marcha en posición para que los pistones trabajen a *contravapor*; vamos a ver lo que sucede. Éstos continúan marchando en la misma forma que en la marcha normal, porque la locomotora sigue

avanzando en idéntico sentido, pero las válvulas de distribución tienen movimientos diferentes a los de la marcha directa y esto ocasiona la variación de las fases por las que pasa el vapor entre la marcha normal y la de *contravapor*.

Suponiendo que se conocen las de la marcha corriente, se describirán las correspondientes al contravapor en el mismo orden en que se suceden.

1.^a Admisión. Es lo que tiene lugar durante una pequeña parte de la carrera del pistón cuando éste se empieza a separar de uno de sus puntos muertos (extremos de carrera): la válvula de distribución establece comunicación del vapor de la caldera con el cilindro, y por lo tanto esta fase nos perjudica la finalidad del frenado que se persigue, puesto que durante la misma se favorece el movimiento de la máquina en vez de frenarlo; no puede evitarse fácilmente, porque es el resultado del movimiento continuado y relativo del pistón, por un lado, y la válvula distribuidora por el otro. Afortunadamente es una fase corta, igual que lo sería el avance a la admisión si la máquina marchase en dirección contraria a la que avanza.

2.^a Expansión. Cuando el pistón llega a un cierto punto de su carrera, se cierra la comunicación del cilindro con la caldera y por lo tanto se termina la admisión. El vapor admitido durante la fase primera queda encerrado entre las paredes del cilindro y el pistón; éste continúa su carrera y el vapor, no pudiendo hacer otra cosa, se dilatará para llenar todo el volumen que el émbolo va formando, hasta tanto que demos al mismo una comunicación con la atmósfera que permita el que se iguale su presión con la del aire exterior.

3.^a Aspiración. Al seguir sus movimientos tanto el pistón como la válvula distribuidora, se llega a un momento en que ésta pone en comunicación el

lado del cilindro, en el cual pasan los fenómenos que se están describiendo, con el tubo de escape. Al establecerse esta comunicación podrá suceder que la expansión del vapor efectuada en la fase anteriormente explicada haya dejado al mismo a una presión superior, igual o inferior a la del aire atmosférico: si sucede lo primero, tendremos que se producirá un escape a la chimenea en el momento en que empiece este período, pero en seguida se ha nivelado la presión interior del cilindro con la exterior de la caja de humo y de la atmósfera; por lo tanto, se producirá una aspiración de los gases que llenen el tubo de escape porque el pistón va continuando su movimiento y aumenta el volumen interior del cilindro; si la presión a que ha quedado el vapor al final de la expansión es igual o menor que la del exterior, ya se producirá la aspiración así que empiece este período o fase.

4.^a Escape forzado. El pistón ha llegado ya al final de su carrera y emprende el viaje de regreso; la válvula tenía en comunicación el cilindro con el exterior y continúa unos momentos manteniendo abierta esta comunicación; es evidente que una parte de los gases que han sido aspirados por el pistón en la fase anterior se verán obligados a volverse por el mismo camino que han entrado, es decir: el pistón los ha hecho entrar por aspiración mientras llegaba al extremo de su carrera y ahora el mismo pistón los hace salir al empujarlos cuando emprende su viaje de regreso: es evidente que si esta fase fuese *tan larga* como la aspiración, no quedaría en el cilindro nada de lo que se había aspirado en el período anterior, pero puede adelantarse que es muy corta, casi tanto como la admisión.

5.^a Compresión. Siguiendo el pistón su curso de regreso llega el momento en que la válvula de distribución cierra otra vez la comunicación de esta

cara del cilindro con el exterior, de modo que a los gases que hay en el mismo no les queda otro recurso que el de dejarse comprimir por el pistón a medida que éste sigue su movimiento: a cada momento encontrará el mismo mayor resistencia, porque aumentará la presión de los gases de referencia los cuales se calentarán bastante por efecto de esta compresión que puede llegar, según el sistema de válvula de distribución que se emplee y el % de contravapor a que se trabaje, a un valor más elevado que el timbre de la caldera.

6.^a Contravapor. El pistón sigue su curso, empujado por el mecanismo de la locomotora y la válvula de distribución pone por fin al cilindro en comunicación con la caldera; la presión del vapor contenido en ésta se opone a la marcha del pistón, con una fuerza que evidentemente es igual al producto de la superficie de éste por la presión que hay dentro de aquélla. Apesar de todo, el pistón avanza *contra el vapor* y lanza hacia la caldera los gases comprimidos en la fase anterior. Los períodos de admisión y escape ya se ha dicho que eran afortunadamente cortos; los de aspiración y contravapor pueden alargarse casi tanto como la carrera completa.

Mecanismo. — La marcha a contravapor, como puede comprenderse por todo lo dicho, no usa de ningún mecanismo especial, pues, todo se reduce a variar el movimiento relativo entre el pistón y la válvula de distribución para cambiar, no solamente el orden, sino hasta la clase de las fases por las que pasa el vapor en la marcha normal. Para producirlo basta únicamente con abrir el regulador y variar convenientemente la posición de la palanca del cambio de marcha.

Debe tenerse presente que en el período de *aspiración* entran en el cilindro los gases de la caja de

humo que ya por sí mismos están a elevada temperatura, y al comprimirlos todavía se calentarán más, lo cual es un gran inconveniente porque dificulta y llega a imposibilitar el engrase: además de los gases se aspiran carbonillas que se interpondrán entre las camisas o asientos de las válvulas y los pistones con sus distribuciones respectivas. Esta mezcla se impulsa luego a la caldera y esto es otra fuente de contrariedades que fácilmente se alcanza a comprender.

Se han evitado en parte estos inconvenientes, disponiendo una toma de agua en la caldera, que maniobrándose desde la marquesina permite cómodamente que el maquinista pueda dejar salir aquélla en más o menos cantidad hacia la base del escape, en donde se convierte en vapor; éste se interpone entre los gases de la caja de humo y la distribución, por lo tanto es lo único que puede entrar en los cilindros durante la fase de aspiración descrita.

Si del vapor de referencia queda un sobrante que no es aspirado por los pistones, sale por la chimenea y por este detalle conoceremos, con un poco de práctica, que la abertura de la toma de agua es la conveniente. No conviene que sobre agua, porque gastaremos inutilmente la de la caldera, pero no conviene tampoco que falte, porque aspiraríamos carbonillas y gases de la caja de humo. Es, pues, muy interesante el graduar convenientemente la apertura de la toma de agua del contravapor, especialmente durante las marchas largas en que precisa usar bastante rato seguido este sistema especial de frenado.

Esta toma de agua es el único mecanismo especial para dar el contravapor y no es que sea una cosa esencial esta introducción de vapor en la base del escape, pues aquél se daría *en seco* de la misma manera y produciendo un efecto parecido; lo único que se pretende con ella es hacer desaparecer los

inconvenientes que se han indicado respecto a la acción nociva de las carbonillas y gases de la combustión sobre los metales de los cilindros y distribuciones, no sólo por efecto mecánico, sino también térmico y químico en casi todos los casos.

Correspondencia de fases del contravapor y la marcha directa.—Debe entenderse por correspondencia de fases las que tienen lugar en uno y otro sistema de marcha para cada posición del pistón: es decir, que si suponemos el pistón en cualquier punto de su carrera, podremos colocar la palanca de cambio de marcha en un $\%$ determinado de admisión para marcha normal, y en el correspondiente a la marcha a contravapor: la válvula de distribución ocupará, pues, una posición diferente que marcará una *fase* para cada uno de los sistemas de marcha: *cada grupo de estas fases para cada posición del pistón son correspondientes.*

El orden en que se suceden, partiendo de una misma posición inicial del pistón, en el extremo de su carrera, por ejemplo, son:

Marcha directa: 1.^a Admisión, 2.^a Expansión, 3.^a Avance escape, 4.^a Escape, 5.^a Compresión y 6.^a Avance admisión.

Marcha a contravapor: 1.^a Admisión, 2.^a Expansión, 3.^a Aspiración, 4.^a Escape forzado, 5.^a Compresión y 6.^a Contravapor.

Las tres primeras corresponden a la carrera del pistón en que éste se aleja de la cara del cilindro por cuyo lado entra vapor, y las tres segundas corresponden a la carrera de vuelta. El orden expuesto es una cosa invariable, pero no quiere decir que siempre se correspondan respectivamente unas y otras, para todas las posiciones del pistón.

En efecto, la admisión en la marcha directa puede tener lugar durante un $\%$ muy elevado de la

carrera del pistón, según sea la posición de la palanca o volante de cambio de marcha; en cambio la admisión del contravapor ya se ha dicho que siempre es relativamente corta; tendremos pues, que la fase correspondiente a la admisión de la marcha normal, será un rato la admisión del contravapor y otro rato la expansión de éste, según la posición que consideremos para el pistón.

La expansión de la marcha directa puede ser muy larga o muy corta, a la inversa de lo que sea la admisión; su correspondencia en la marcha a contravapor será la expansión o la aspiración según la posición que consideremos para el pistón.

El avance al escape de la marcha directa es siempre corto y, como que la aspiración del contravapor es más larga, aquélla se corresponderá siempre con ésta, sin que suceda lo inverso. Si se reflexiona un poco sobre lo indicado, nos convenceremos de que no existe propiamente una correspondencia de fases y lo único que podemos decir que se corresponde siempre, es: El principio en los períodos de aspiración de ambas marchas, el principio de escape de la directa con el de escape forzado del contravapor, el final del avance al escape con el final de la aspiración, y el final del avance a la admisión con el final del contravapor.

Maniobra del contravapor y su efecto de frenado.—El dar contravapor supone desde luego: 1.º que la máquina va con el regulador cerrado, 2.º que se llevan los equilibradores de presión abiertos (si la máquina los lleva), 3.º que la palanca o volante de cambio de marcha está a punto muerto, y 4.º que la locomotora avanza movida por el efecto de una pendiente o de una fuerza viva anteriormente adquirida. La necesidad de modificar todo esto para dar contravapor con el fin de retener el tren, dismi-

nuir su velocidad y llegar a efectuar su parada, se realiza sujetándose a las instrucciones siguientes:

Se empieza por abrir la toma de agua para inyectarla a la base del escape; luego se cierra el equilibrador de presión (se acostumbra a llamar by-pas), nos aseguramos de que el cambio de marcha está al punto muerto (más bien a 10^o/_o hacia atrás); se abrirá del todo el regulador y se empezará luego a recoger la palanca hacia atrás para ir aumentando paulatinamente el período o fase de contravapor hasta que se note la resistencia necesaria de frenado.

Se vigilará el robinete de salida de agua al escape, porque, si bien no conviene bajo ningún concepto que falte agua, tampoco es conveniente tirarla; pronto se vaciaría la caldera, a pesar de alimentarla de un modo continuo. Se verá salir un poco de humo blanco (sobrante de vapor) por la chimenea, pero si se abre demasiado el robinete de referencia se mojará toda la marquesina y llegará el agua incluso al furgón de cabeza o primeras unidades del tren.

Casos especiales y detalles complementarios del contravapor.—Puede darse el caso de tener que emplear el contravapor como freno de urgencia en caso de peligro, y entonces no nos entretendremos en abrir el robinete de inyección de agua, sino que abriremos el regulador, si no lo está ya, y llevaremos el cambio de marcha hacia atrás, cuidando o vigilando que las ruedas motoras no patinen. Este modo de dar contravapor, se llama *en seco* y debe tenerse cuidado de no producir, con el mismo, mayores daños de los que se trata de evitar; si el retroceso de la palanca es muy brusco se produce sobre el material del tren el efecto de un choque y los vagones de éste pueden precipitarse y saltar sobre la máquina.

Conviene desde luego para el que lleva una máquina, el familiarizarse con este sistema de frenado en los ratos en que no sea necesario su uso: hay muchos detalles que escapan a la explicación, salvo el caso en que ésta sea demasiado extensa. En todas las cosas precisa su práctica especial y es evidente que usará mejor de ellas quien más las conozca. Cuando se trate de locomotoras *compound* son los cilindros de baja presión los que aspiran de la atmósfera para inyectar lo aspirado en los llamados recipientes intermedios y los cilindros de alta presión son los que aspiran de éste para llevarlo a la caldera. En general, cuando se da el contravapor en una locomotora *compound* no es conveniente el suprimir el mecanismo de referencia, y se dice esto, porque hay varios tipos de locomotoras de esta clase, en las que se puede hacer trabajar aisladamente cada cilindro; en estas condiciones, el efecto de frenado sería demasiado enérgico a poco que el maquinista se precipitase al llevar la palanca hacia atrás.

La presión de la caldera no bajará si el contravapor se da en debida forma; más bien aumentará si el efecto de frenado ha de ser enérgico y de larga duración. Las válvulas de seguridad no permitirán que se pase del timbre de la caldera, y el maquinista procurará que no suba la presión, porque la gastará alimentando la misma y graduando también la salida de agua hasta que se establezca régimen de nivel y de presión, lo más constantes posible.

Si dando contravapor patinan las ruedas de una locomotora, no se cerrará el regulador como se hace a veces en la marcha directa; se llevará el cambio de marcha hacia el punto muerto, hasta que por disminuir la duración del período de *contravapor* se suprima el patinado iniciado.

Con estas líneas daremos por terminada esta nota en la que se ha detallado lo más saliente e

interesante de lo que al contravapor se refiere; con ella tendrá el lector idea suficiente de lo que había tenido importancia muy grande antes de los frenos automáticos y que no deja de ser una racional utilización de los elementos de que constan las locomotoras, para aplicarlos en casos especiales del frenado de los trenes

