

A black and white photograph of a steam locomotive on a railway track. The locomotive is dark-colored with a large smokestack emitting a plume of white steam. The number '258' is visible on the front. The train is on a track with gravel bed, and there are some people and structures in the background.

Manual de Vapor

Capítulo II: Caldera

José Gabriel Naranjo

CAPÍTULO II

LA CALDERA

10. Antecedentes históricos de la caldera. — En la figura 129 podemos observar el corte de la caldera de una primitiva locomotora: la caja de fuego, que no está rodeada de agua, un solo tubo hervidor, una chimenea lo suficientemente alta como para provocar algo de tiraje. El hogar es profundo, apto para los carbones ingleses, y no está provista de cenicero.

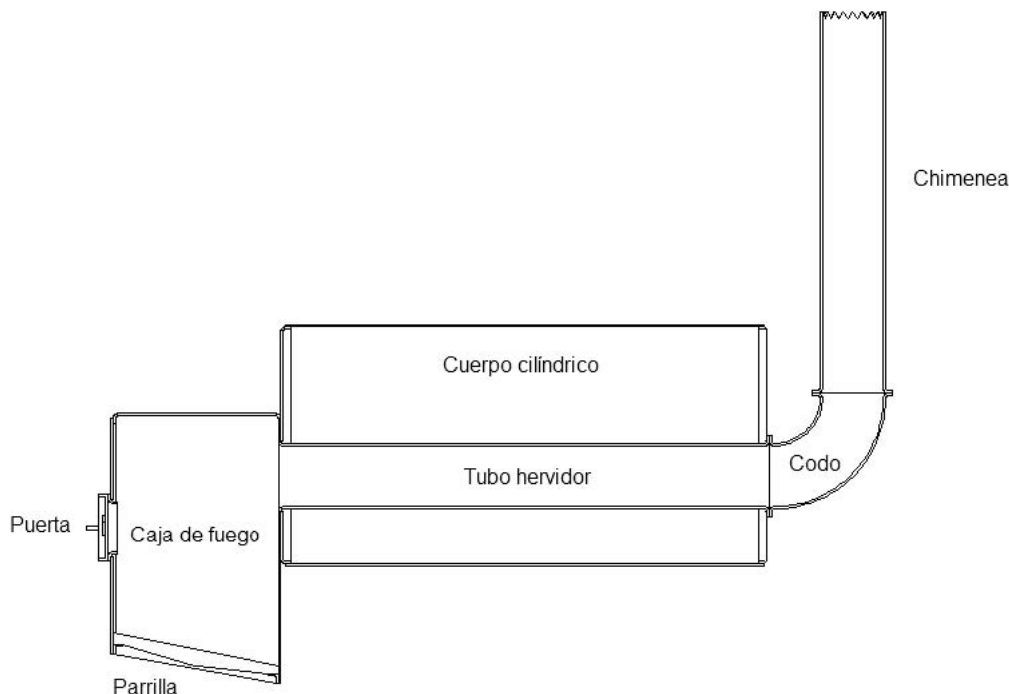


Fig. 129 – Caldera de una locomotora primitiva

11. Disposiciones esenciales de la caldera. — Un generador de vapor incluye un hogar, donde se quema el combustible, y un recipiente cerrado, conteniendo el agua que debe vaporizarse. El hogar debe ser lo bastante grande como para permitir la combustión de la cantidad adecuada de combustible por hora, y debe presentar a tal efecto una superficie de parrilla conveniente. La utilización del calor producido por la combustión depende de la superficie calefaccionada del recipiente, que llamaremos de aquí en más superficie de calefacción. El generador a menudo es completado por un recalentador de vapor, y, en las instalaciones fijas, por calentadores de agua y aire.

Las partes principales de la caldera de una locomotora (fig. 130 y 131) son el hogar, los tubos, la caja de fuego, el cuerpo cilíndrico, la caja de humo, y el recalentador.

El hogar es una suerte de caja, formada habitualmente por cuatro paredes aproximadamente verticales, soportando un cielo horizontal, y abierta en la parte inferior, donde se ajusta la parrilla. Esta parrilla no sería suficiente para quemar la cantidad de carbón necesaria, si el vapor del escape, lanzado por una tobera colocada bajo la chimenea, no activara la combustión. El hogar se ubica dentro de una caja en chapa de mayor tamaño, que se denomina caja a fuego; un marco de acero, llamado marco fundamental, reúne las dos cajas a su parte inferior; el agua cubre el cielo y baña las paredes laterales del hogar, excepto la zona del agujero que recibe la puerta, que puede estar cerrado por un marco (fig. 130) o por las mismas chapas embutidas y remachadas (fig. 156).

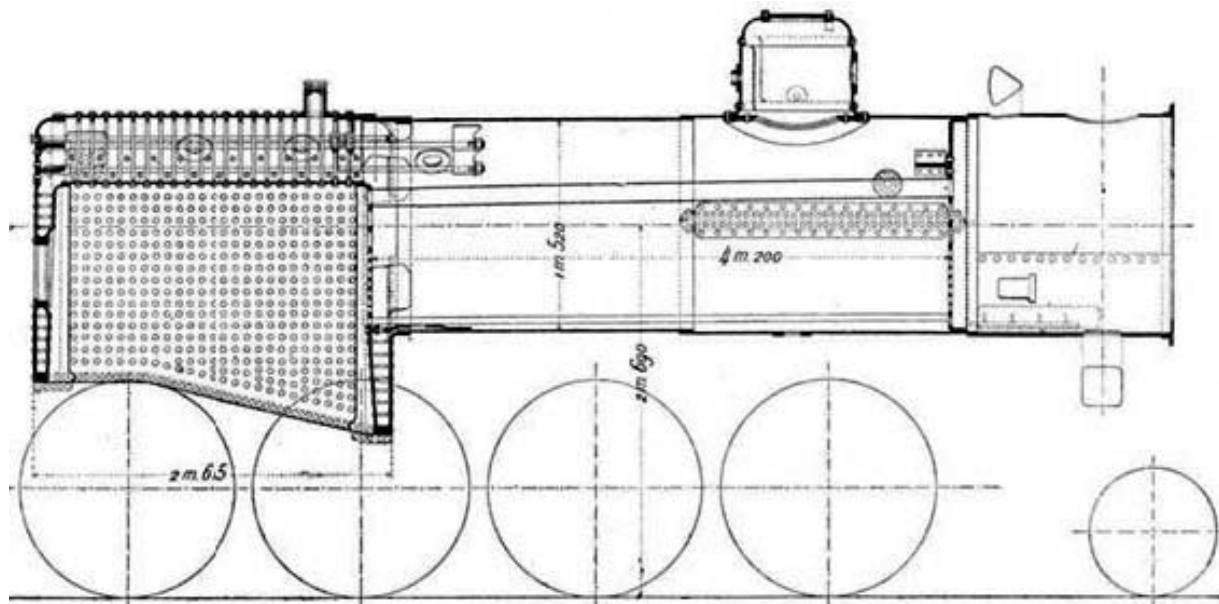


Fig.130 – Caldera de las locomotoras serie 4.400 del Este; corte longitudinal

Superficie de parrilla: 2,422 m²; Timbre: 14 kg/cm²; Superficie de calefacción del hogar: 11,87 m²; Cantidad de tubos de 48,75 mm Ø exterior: 137; Superficie de calefacción interior de los tubos: 115,28 m²; Cantidad de tubos de 133 mm Ø exterior: 21; Superficie de recalentamiento: 36,51 m²; Sección de pasaje de gases a través de los tubos: 32,5 dm²

Los gases calientes que produce el hogar pasan a través de los tubos que los llevan, enfriados, a la caja de humo; estos tubos se mantienen siempre dentro del agua, como el hogar; sobre el nivel del agua queda un espacio para el vapor, tanto en la caja de fuego como en el cuerpo cilíndrico. Los tubos de gran diámetro, que se ven en la figura 131, en la parte superior del haz, contienen el recalentador.

Al frente, el cuerpo cilíndrico está cerrado por la placa tubular de la caja de humo. Los bordes de las chapas se achaflan en la cepilladora y a todo su alrededor (fig. 132).

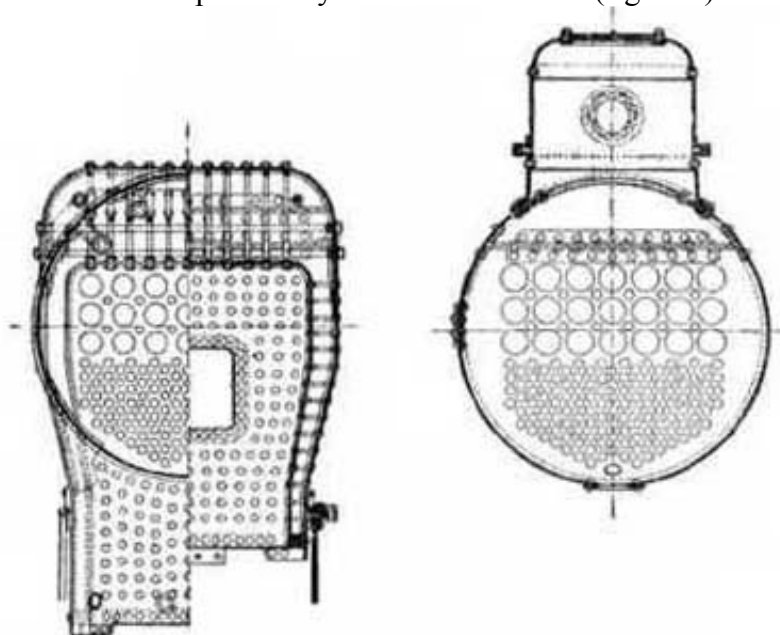


Fig.131 –Caldera de las locomotoras serie 4.400 del Este; semi-corte transversal en la caja de fuego, corte transversal por el domo.

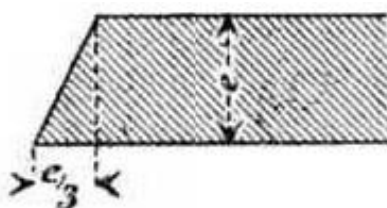


Fig.132 –Chaflán de las chapas (Este)

Las calderas de locomotoras se construyen en chapa de acero dulce, a excepción de los hogares, para los cuales se empleaba generalmente, y especialmente en Europa, el cobre.

Deben tener la resistencia suficiente para soportar la presión del vapor. Las partes de sección circular, como el cuerpo cilíndrico, resisten bien a una presión interior, con tal que la chapa tenga un grosor conveniente; pero las paredes planas deben ser sostenidas por riostras, refuerzos, o tirantes (virotillos), fijados de distancia en distancia.

La caldera de una locomotora es caracterizada por la vivacidad de la combustión, debida al escape, y por la gran superficie de calefacción bajo un pequeño volumen, debida a la disposición tubular.

12. Calderas de tubos de agua — Varias tentativas se han hechas para aplicar a las locomotoras una caldera de tubos de agua, con la esperanza de reducir el peso o de disminuir los gastos de mantenimiento.

Tal, en particular, era la caldera Robert, aplicada hacia 1905 al P.L.M. argelino e intentada también sobre una 031 del P.L.M. en el área metropolitana. Después de resultados bastante alentadores en un principio, esta caldera fue abandonada.

Cambios menores que se limitan al hogar, dieron lugar a numerosas tentativas. Recordemos aquéllas hechas en el Norte en 1907-1910 sobre la locomotora 2741, tipo 222, y en 1912 sobre la locomotora 3-1101, tipo 232, máquinas en las cuales el hogar estaba constituido por una verdadera caldera de pequeños tubos, modelo Temple.

Después de una impresión también favorable al principio, las fugas frecuentes declaradas en los puntos de inserción de los tubos sobre los colectores de la parte baja del hogar hicieron abandonar las pruebas.

Por el contrario, la caldera Brotan, utilizada desde hace muchos años a los Ferrocarriles Húngaros, dio de mejores resultados. Equipa actualmente más de 1000 máquinas, lo que representa un 25% del total de esta red. Se utilizó con el fin de sustituir a los hogares de cobre, que se deterioraban extremadamente rápido, como consecuencia del alto contenido de azufre ⁽¹⁾ de los combustibles que se encuentran en ese país. Buena desde el punto de vista del rendimiento, esta caldera presenta, al igual que las constituidas solamente por tubos de agua unidos, una falta de rigidez y estanqueidad, los refractarios y las chapas que forman las paredes no cumplen mucho tiempo con su misión y dan lugar a retornos de aire que perjudican el tiro. El ingeniero Fialovits mejoró esta caldera conservando, en particular, una cuña de agua en la parte delantera (fig. 133), lo que la volvió más rígida.

También tuvieron caldera de tubos de agua las dos locomotoras Sentinel Cammel del Ferrocarril Midland de Buenos Aires (foto en el capítulo anterior).

1. La adición del 3% de níquel a las chapas de cobre también contribuyó y permitió multiplicar por 6 a 10 la resistencia a la corrosión. El mismo metal se utilizó para los virotillos. Se intentó también con éxito el cobre con un 0,7% de hierro y un 0,5% de silicio.

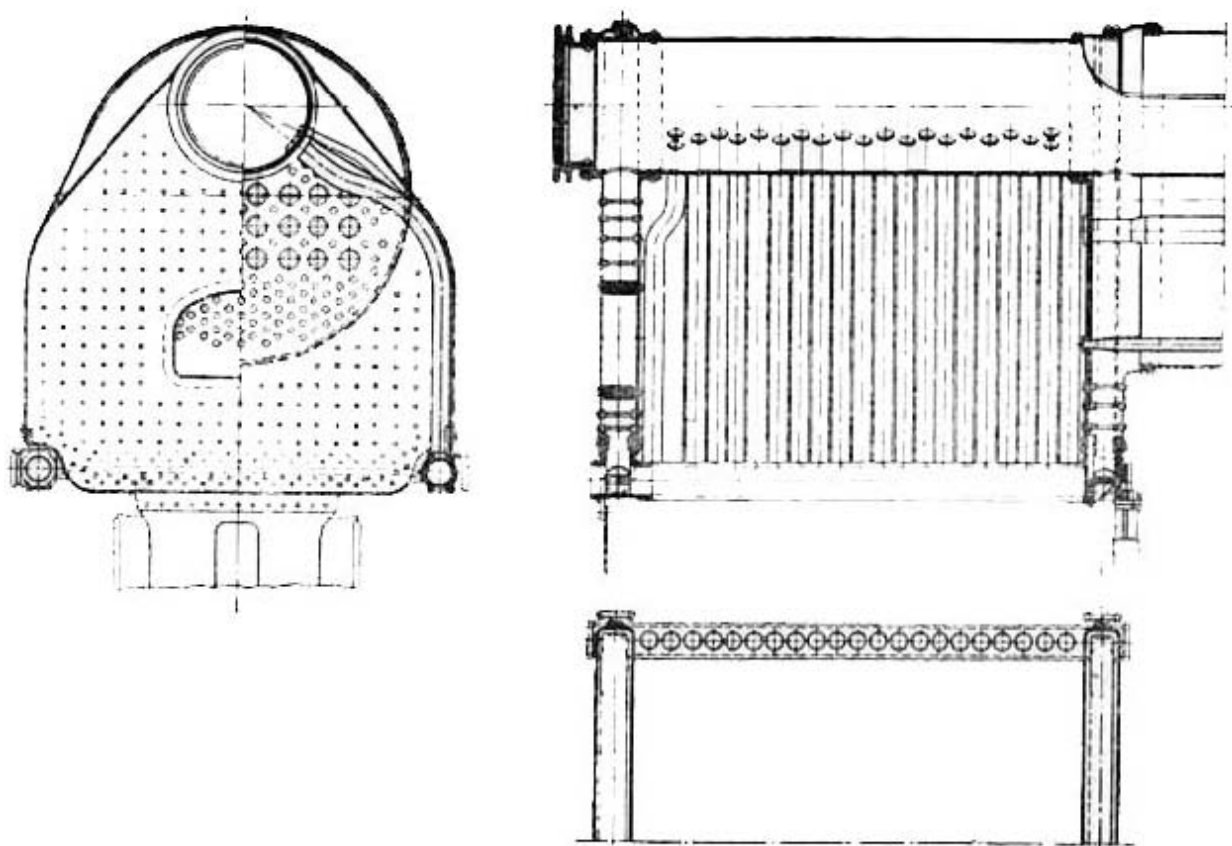


Fig.133 – Caldera Fialovits, con hogar de tubos de agua, de los Ferrocarriles Húngaros.

La caldera americana del tipo Emerson es bastante similar a esta última. Parece haber dado bastante de buenos resultados sobre una serie de locomotoras de alta presión (24 kg/cm^2 del Baltimore & Ohio).

Una caldera enteramente a tubos de agua, la Yarrow-Gresley, se aplicó recientemente a una locomotora a alta presión ($31,6 \text{ kg/cm}^2$) del L.N.E.R. Fue reemplazada bastante rápidamente, sobre la misma máquina (locomotora N° 10.000 tipo 232), por una caldera clásica con presión normal.

Como se puede ver, el problema de una caldera móvil es mucho más complejo y más difícil que se podría creer a priori, y es por una extraordinaria casualidad que se ha llegado desde el principio a la solución más adecuada.

13. Hogar — Los hogares se pueden fabricar en cobre o en acero. El acero, utilizado desde hace tiempo en los Estados Unidos, se ha extendido en Europa mucho más tarde. Las precauciones que se toman para los hogares en cobre (evitar todo enfriamiento brusco por acceso de aire en el hogar o por lavado precipitado al agua fría) deben ser respetadas estrictamente en los hogares en acero, so pena de desarrollarse grietas, a veces brutales, en los laterales o fugas en los tubos si éstos se colocan directamente sobre la placa tubular. *Es necesario, en particular, evitar cuidadosamente maniobrar por sus propios medios una locomotora aún en presión cuyo fuego se apagó.*

La prueba de los hogares en acero en Europa no es nueva; ya el P. L. M. hizo una experiencia sobre una serie de sus máquinas en 1892; no se prosiguió, en particular, ante los numerosos incidentes y las fisuras de los laterales que se produjeron.

Se reanudó, pero esta vez con éxito, en 1907 en la Red de Orleans y hoy se generalizan estos hogares de una manera sistemática sobre todas las locomotoras de la S.N.C.F.; se comportan bien cuando son bien diseñados y bien conducidos; el mantenimiento es fácil: los daños siempre se notan, son visible y reparables por soldadura. Antiguamente remachados, los hogares se sueldan ahora con autógena (fig. 134), lo que evita el desgaste de las juntas mal enfriadas y garantiza una estanqueidad perfecta. Generalizada sobre los hogares en acero, la soldadura se utiliza también sobre los hogares en cobre.

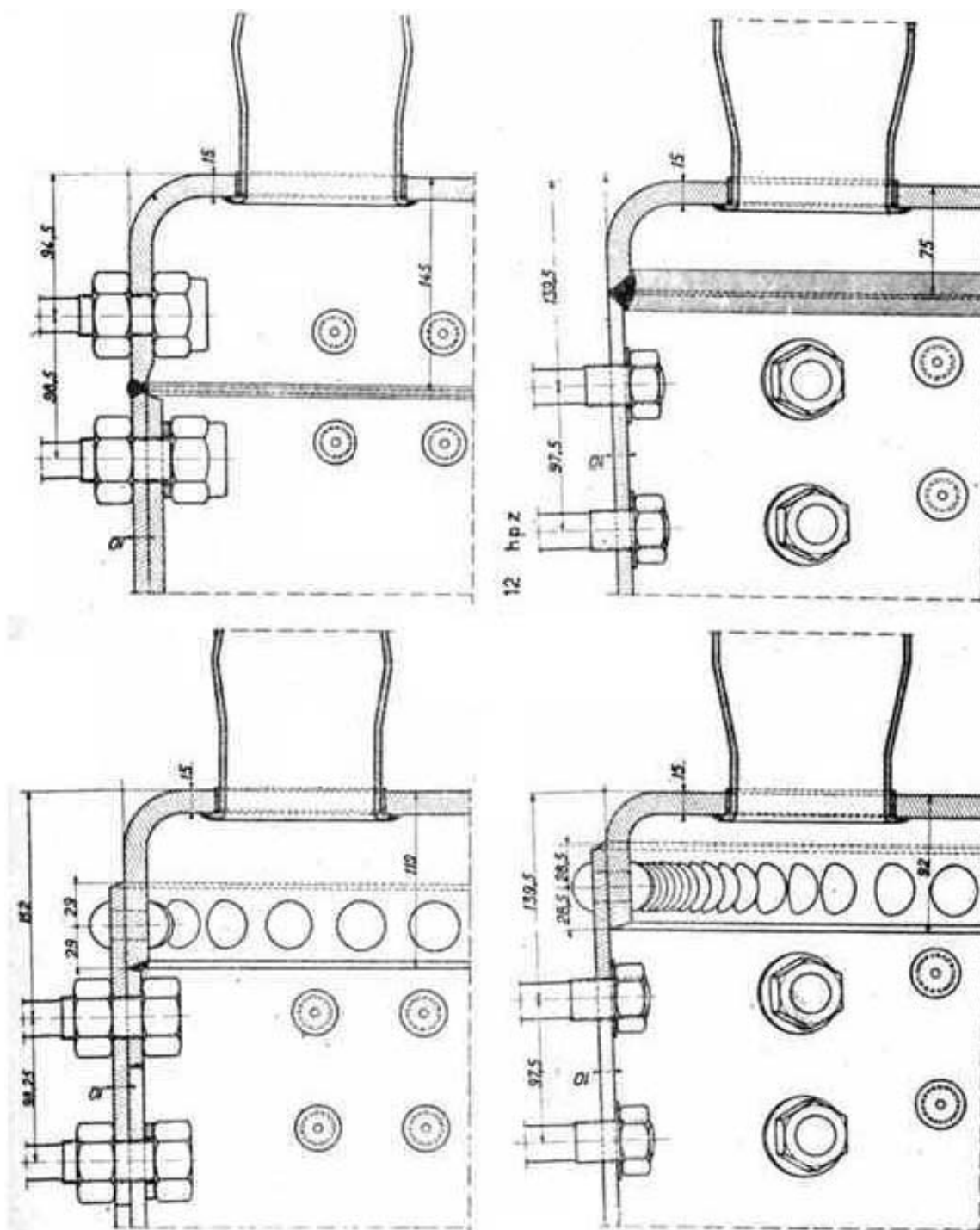


Fig.134 – Ejemplos de aplicación de hogares en acero soldado con autógena:

1° Con modificación de las hileras de tirantes y riostras; máquinas modelo 240 A, P.O. y 240 P, SE, timbradas a 20 kg/cm².

2° Sin modificación de los tirantes y riostras; máquinas modelo 141, P.O. timbradas a 15 kg/cm².

Podemos clasificar los hogares según diferentes criterios: según su ancho, las primitivas locomotoras, con calderas de pequeñas dimensiones, tenían hogares de paredes verticales, que se ubicaban entre las ruedas, dando lugar a hogares rectos. A medida que se aumentaron las dimensiones de las calderas, debieron curvarse las paredes del hogar, de modo de seguir ubicándolos entre las ruedas, desarrollándose los hogares entrantes. Con el fin de utilizar parrillas de grandes dimensiones, destinadas a quemar carbones menudos, los hogares fueron colocados por sobre y hacia fuera de las ruedas.

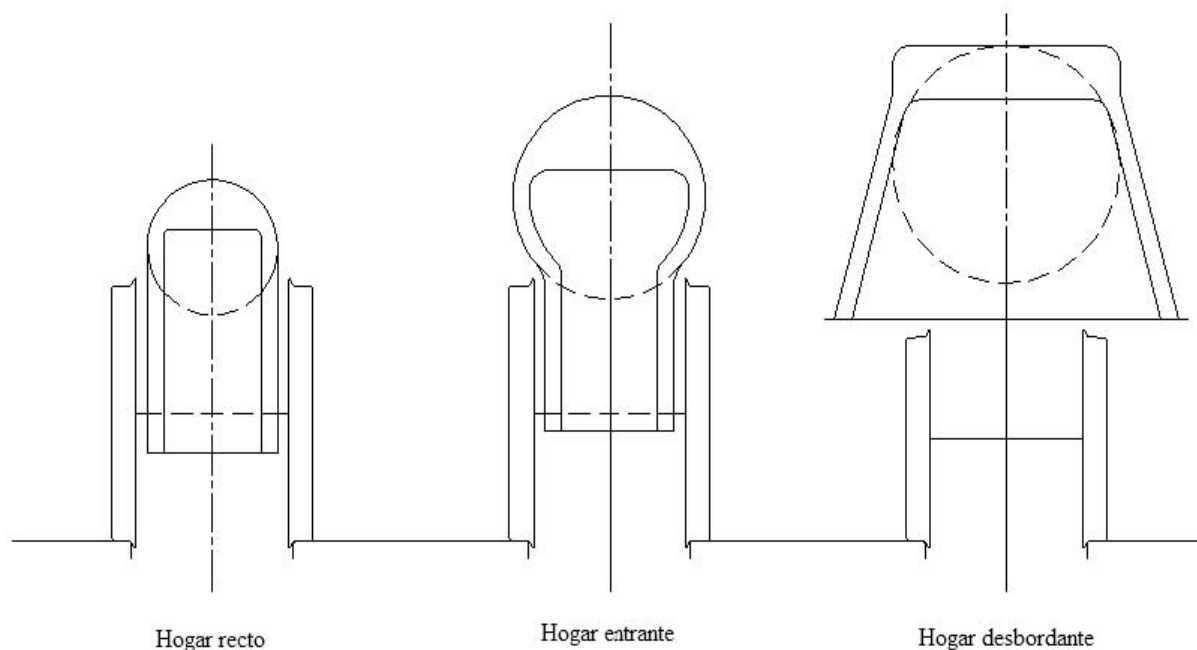


Fig. 135 – Clasificación de los hogares de acuerdo a su forma.

Desde el punto de vista de su profundidad, los hogares difieren según el combustible empleado: cuando se emplean carbones que no se aglutinan, que se queman con grandes espesores de carga, se da a los hogares una profundidad de aproximadamente 60 cm, desde el umbral de la puerta a la parrilla, por lo que se denominan hogares profundos. Poseen parrillas relativamente pequeñas, y necesitan tiros enérgicos. Para una buena combustión deben tener bóveda y puerta deflector. En caso de quemar carbones menudos, con poco espesor de capa, la parrilla se encuentra muy poco por debajo del umbral de la puerta, tiene una mayor superficie, y el tiro debe ser moderado. Se denominan hogares planos. Cuando el combustible es mixto, con presencia de carbones menudos, la profundidad es de aproximadamente 40 cm, el tiro moderado, la bóveda más corta, y se puede suprimir el deflector. Se denominan hogares semiprofundos.

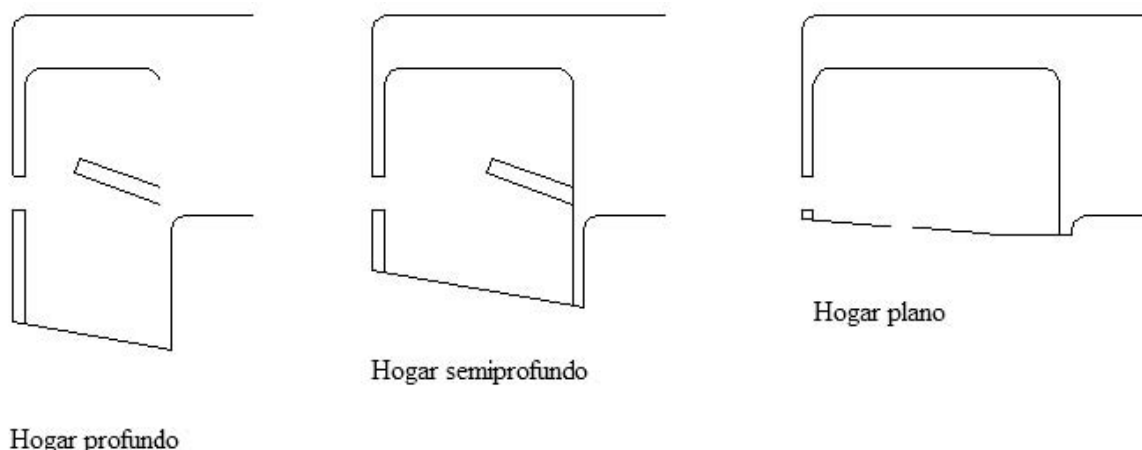


Fig. 136 – Clasificación de los hogares según su profundidad.

Las caras vecinas del hogar y la caja de fuego son unidas por virotillos (fig. 137) de cobre o de acero, este último metal con los hogares de acero. Algunas aleaciones sirven también para la elaboración de los virotillos, en particular, el cobre y manganeso mencionados, y mejor aún el metal Monel (aleación de níquel, hierro y cobalto).

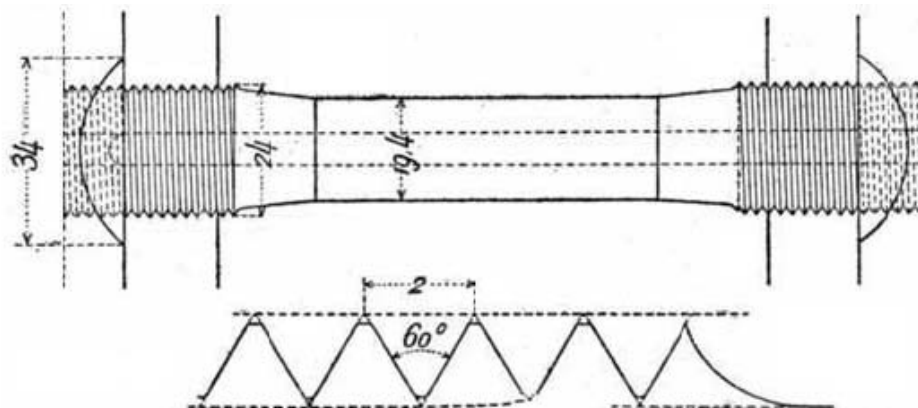


Fig. 137 – Virotillo para hogar, perforado de parte a parte, luego taponada exteriormente, con filetes eliminados entre las dos chapas. Debajo, filete agrandado.

Con las presiones muy elevadas en uso hoy, estos últimos virotillos, muy resistentes, deben recomendarse: de más pequeño diámetro que los de cobre, soportan mejor los esfuerzos de flexión que son la causa principal de las roturas. Además, permiten un mayor número de sustituciones sin que la dimensión de los agujeros de las chapas, que es necesario repasar, se vuelva excesiva.

Los virotillos se atornillan en las dos chapas que reúnen, luego se remacha una cabeza en cada extremidad (fig. 137).

Se suprimen a veces las cabezas remachadas, taladrando en cada extremidad del virotillo un agujero bastante grande para permitir un mandrilado, que hace clavar los filetes contra los de la chapa. Esta supresión parece ventajosa, dado que se exponen las cabezas, del lado del hogar, a una alta temperatura que las altera, y el remachado de las cabezas, en frío, tiende a aflojar los filetes. La rosca utilizada es S.I. (Sistema Internacional), en Francia y el paso Witworth en Alemania, Inglaterra y los Estados Unidos. Para un diámetro dado (diámetro exterior) esta rosca es un poco más fuerte que el paso S.I., o 1/12 de pulgada o 2,15 mm en vez de 2 mm.

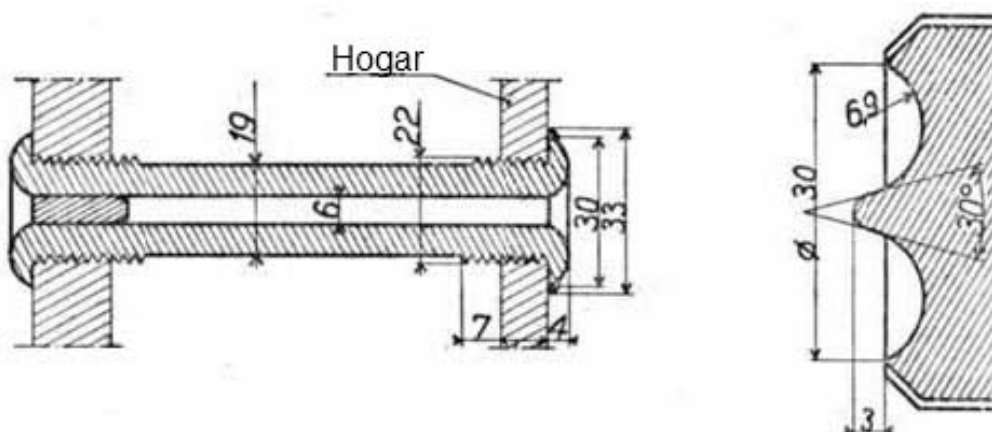


Fig. 138 – Virotillo modelo P.O. remachado, con cabeza de la parte del hogar cerrada por un cordón de soldadura, operación que se hace con la caldera llena de agua a 50°. A la derecha y a mayor escala, buterola para la formación de la cabeza.

Contrariamente a lo que se podría pensar, es muy difícil, o incluso imposible, obtener prácticamente la estanqueidad de las cabezas de los virotillos por la única precisión de ajuste de los filetes. Por necesidad, ésta debe ser obtenida ya sea por el remachado de la cabeza (P. O.) (fig. 138), ya sea por taladrado, con ayuda de un mandrilador adecuado, de la extremidad del virotillo convenientemente perforado (Reichsbahn) (fig. 139). Contrariamente a la práctica del continente europeo y los Estados Unidos, algunas redes inglesas (L.M.S.) utilizan virotillos macizos en acero (fig. 140) en las zonas de fuego y en metal Monel (fig. 141) en las otras partes. Estos virotillos, empleados sobre hogares de cobre, son de pequeño diámetro con cabezas no remachadas y provistas de tuercas del lado del hogar. Aunque se busque precisión de ajuste de la rosca para lograr estanqueidad, esta se logra por una deformación de la chapa en la proximidad de ésta.

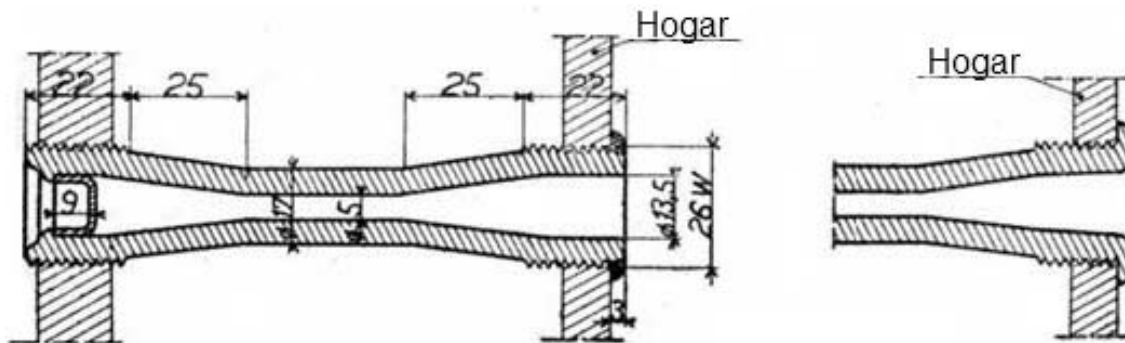


Fig. 139 –Virotillo alemán modelo Henschel, mandrilada con ayuda de un aparato especial y remachado o soldado con autógena de la parte del hogar

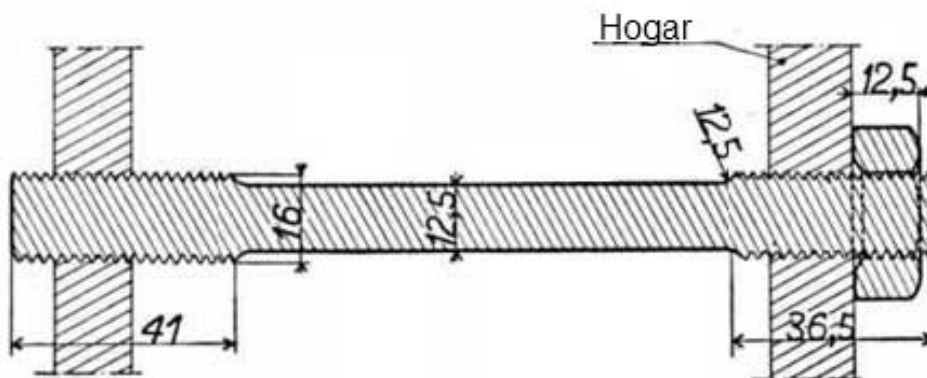


Fig. 140 –Virotillo inglés (LMS), en acero, no perforado, con tuerca del lado del hogar. Se practica un engarce de la chapa en las dos extremidades, en proximidad de la rosca.

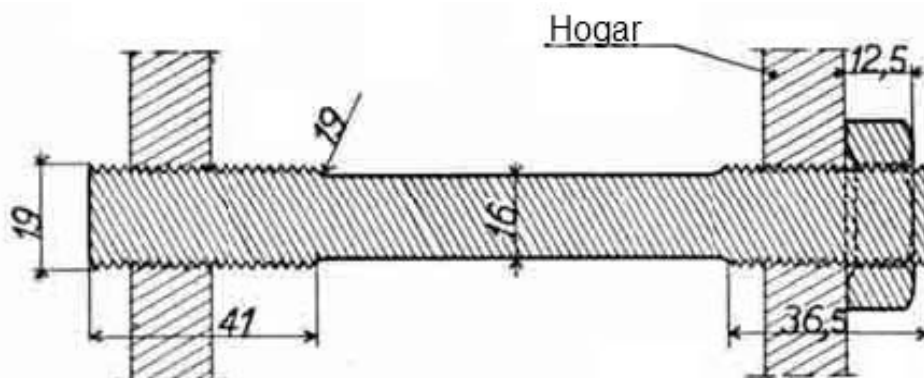


Fig.141 –Virotillo inglés (LMS) en metal Monel (aleación de níquel, hierro y cobalto), no perforado, con tuerca del lado del hogar. Se practica un engarce de la chapa en las dos extremidades en proximidad de la rosca.

Los virotillos se vuelven más flexibles, sin disminuir la resistencia a la tracción, eliminando la rosca de la parte comprendida entre las dos chapas (fig. 137).

Parece no obstante que esta precaución nunca ha implicado disminución sensible en la frecuencia de las roturas de virotillos, como resulta de las experiencias antiguas del Norte y las experiencias recientes del P. O.

En los hogares en acero, a veces se sueldan con autógena las cabezas de los virotillos, para suprimir el remachado (fig. 139 y fig. 142), o conservando éste para mantener en servicio una estanqueidad perfecta, que se satisface entonces con un ligero cordón de soldadura (fig. 138) presentando la ventaja, en los cambios de virotillos, de no deteriorar las chapas del hogar. La figura 143 muestra otra disposición utilizada por Skoda en 1928 sobre máquinas del este chino, donde se suprimió enteramente el aterrajado.

El diámetro de las riostras del tipo normal con agujero central de 6 mm, varía de 19 a 30 mm, ya sean de cobre, de cuproaleación o de acero. En calderas nuevas, se evita ir a diámetros demasiado grandes, para retrasar el momento dónde se verá obligado a suplementar o reemplazar las chapas.

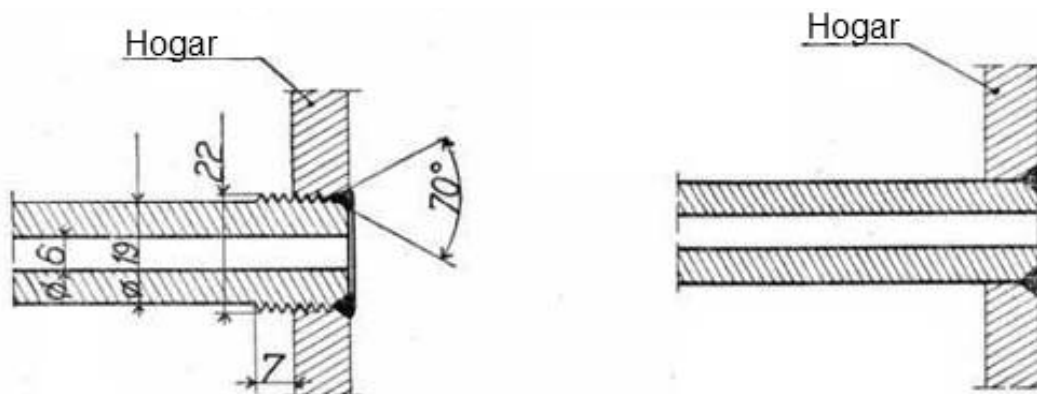


Fig.142 – Virotillo en acero con cabeza soldada. Fig.143 – Virotillo en acero sin rosca, con cabeza soldada

Algunos Ingenieros creen no obstante, y quizá con razón, que los virotillos de gran diámetro, a causa de su flexibilidad menor, se rompen más frecuentemente que otros.

Para evitar las roturas de virotillos por flexión y compresión, en particular cuando el hogar se dilata más rápidamente que la caja a fuego, en los encendidos, se emplean en América, en lugar de virotillos en cupromanganeso, utilizados en Francia para las hileras de borde, virotillos cuya cabeza exterior es una articulación esférica, que puede por otro lado levantarse de su asiento.

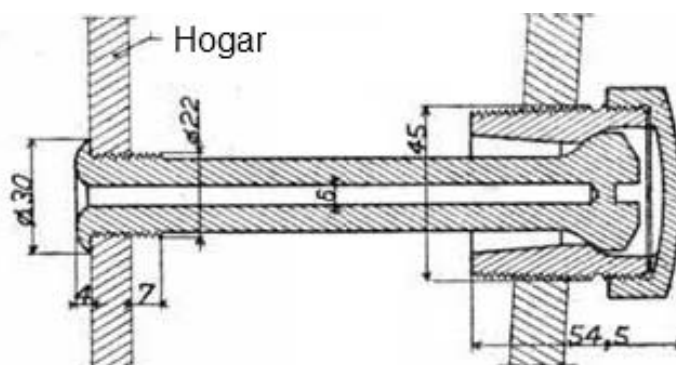


Fig.144 – Virotillo con cabeza articulada y asiento roscado

Las figuras 144 y 145 muestran virotillos de este tipo utilizados sobre algunas máquinas francesas recientes, la primera tiene asiento atornillado (locomotoras modelo 141, timbre 20 kg/cm²) y otro asiento soldado con autógena (locomotoras del tipo 152, timbre 22 kg/cm²).

Los agujeros taladrados en los virotillos para detectar la rotura se cierran hacia el exterior, para evitar la entrada de aire; en caso de rotura el agua fluye hacia el hogar. Estos agujeros se bloquean bastante rápidamente del lado del hogar: es necesario de vez en cuando destaparlos, por lo que, a veces, se pusieron los tapones del lado del hogar (P.O.)

Un virotillo especial (fig.147) es necesario para fijar la pared plana de la placa tubular del hogar por debajo de los tubos. En inglés este virotillo especial se denomina palm-stay, que nuestros maquinistas tradujeron como palma-estay.

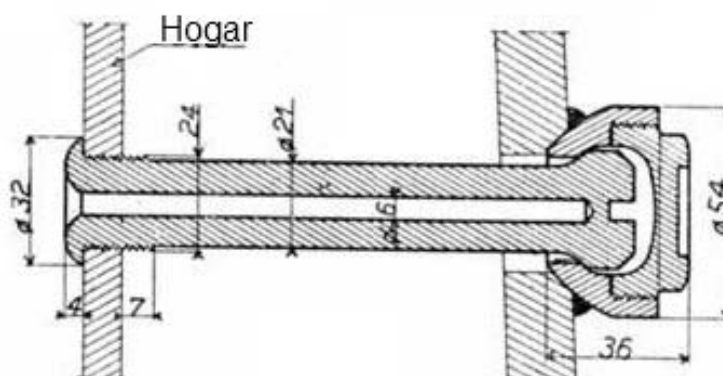


Fig.145 – Virotillo con cabeza articulada y asiento soldado

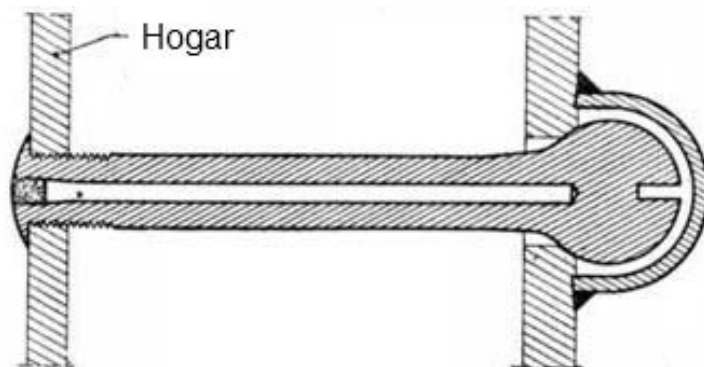


Fig.146 –Virotillo con cabeza articulada sin asiento, con sombrero soldado (locomotoras americanas modernas)

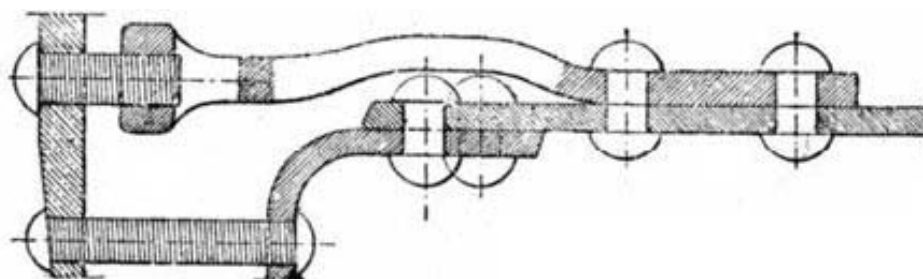


Fig.147 –Hilera superior de virotillos con brida, sobre la placa tubular del hogar.

La consolidación más difícil es la del cielo del hogar. En una locomotora, con una superficie de 3 m^2 , soporta 480 toneladas bajo la presión de 16 kg/cm^2 . En las pruebas hidráulicas, esta carga alcanza 660 toneladas.

Antiguamente, se suspendía el cielo de viguetas o costillas longitudinales (fig. 148) o transversales (fig. 149), apoyadas en las paredes verticales del hogar.

Las costillas transversales pueden levantarse sobre las ménsulas remachadas contra las paredes de la caja de fuego (fig. 149); en el encendido, la dilatación levanta el cielo del hogar y las costillas se levantan sobre las ménsulas; pero la presión restablece el contacto. Las costillas, longitudinales o transversales, frecuentemente están vinculadas a unos hierros T remachados a la caja a fuego (fig. 148).

Se prefiere hoy la sujeción directa, con ayuda de tirantes, del cielo de hogar y la cara superior de la caja a fuego, también plana (fig. 160), caso del hogar Belpaire. Esta sujeción con tirantes es aplicada incluso cuando la parte de la caja a fuego es cilíndrica (fig. 150), caso del hogar Crampton.

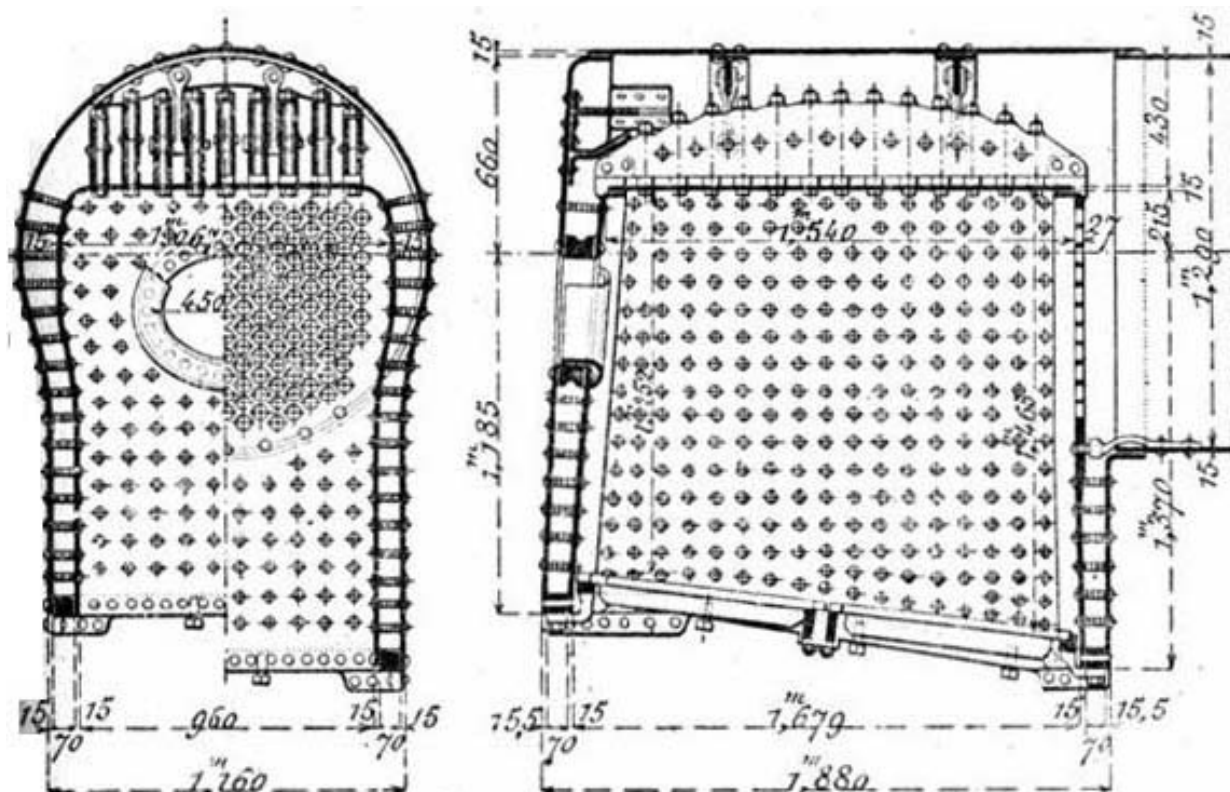


Fig.148 –Hogar con costillas longitudinales, sujetas a la cuna cilíndrica de la caja de fuego.

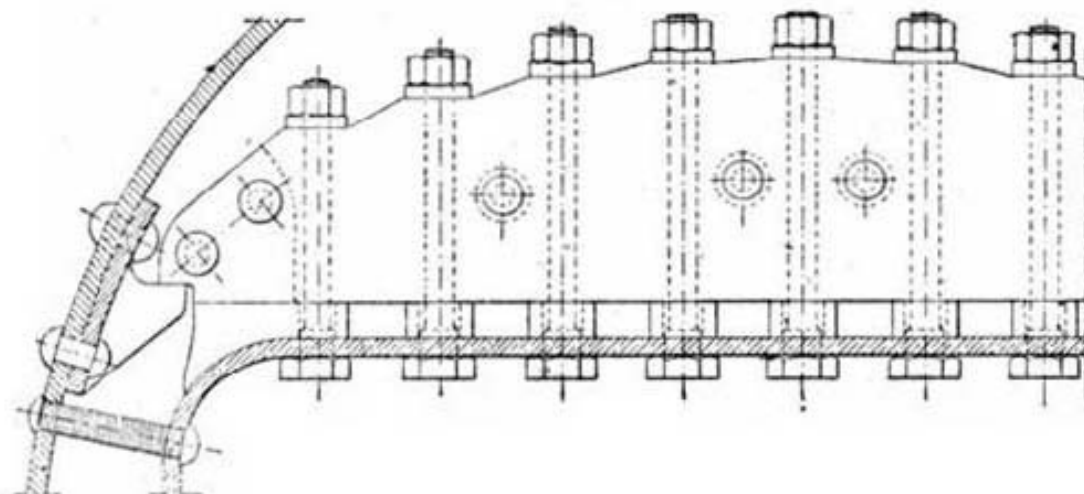


Fig.149 – Costillas transversales que se apoyan en ménsulas remachadas contra la caja de a fuego. Fig.150 – Sujeción con tirantes del cielo del hogar Crampton de las locomotoras 141 P de la SNCF.

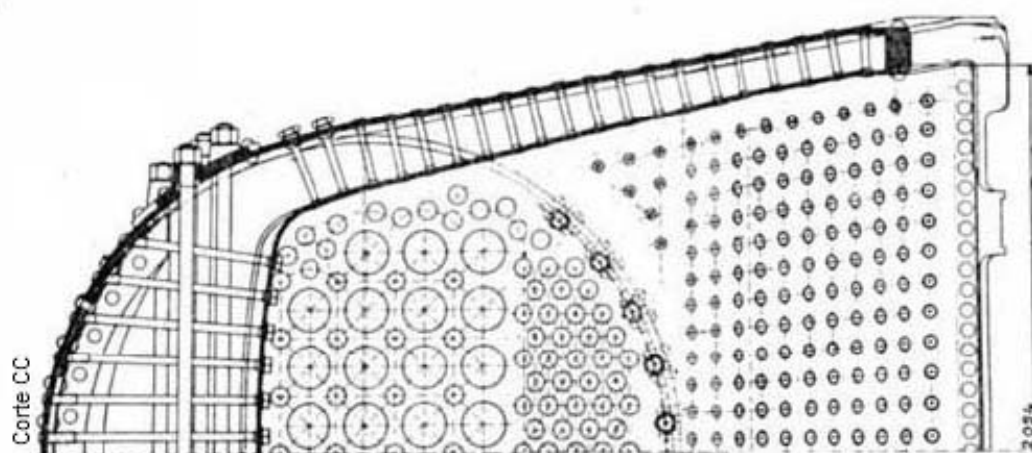


Fig. 150 – Sujeción con tirantes del cielo del hogar Crampton de las locomotoras 141 P de la S.N.C.F.

Yendo aún más lejos en esta dirección, la Compañía de Orleans adoptó, en 1932, un hogar con parrilla de 3,800 m de longitud en sus locomotoras modificadas, serie 240.700, que fue reproducida en 1940 en las locomotoras 240 P del Sudeste, que sólo difieren de las precedentes por la aplicación de un cargador mecánico.

El éxito fue completo; los maquinistas, acostumbrados a la dura línea de Brive a Montauban (cuestas de 10 mm/m con curvas de 500 m de radio) con las Pacific de hogar desbordante, con parrilla de 2,74 m de longitud lograron encontrar la calefacción necesaria, al menos tan fácilmente, con las parrillas largas y angostas de las nuevas máquinas.

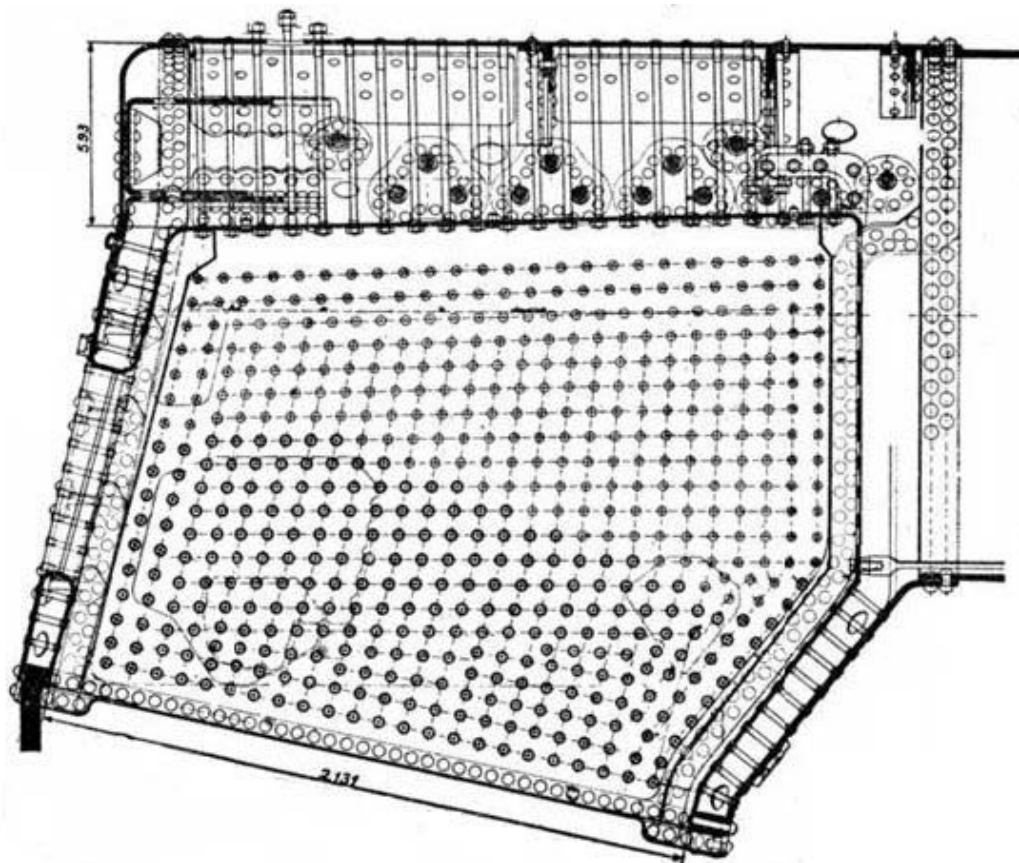


Fig. 151 – Caja de fuego y hogar en acero de las locomotoras 141 P; corte longitudinal. Caras anterior y posterior inclinadas; chapas soldadas con autógena en torno a la apertura de la puerta.

Estos hogares en acero, con sifón Nicholson (fig. 159 y 160), se comportan de una manera notable en cuanto al desempeño de sus virotillos, cuyas cabezas se sueldan con autógena del lado del hogar, en las zonas de golpe de fuego.

Pero cuando las ruedas son de pequeño diámetro, al menos en la parte posterior, se puede colocar la caja de fuego enteramente sobre estas ruedas y, por lo tanto, dar al hogar un ancho mucho mayor (fig. 150).

Una solución mixta consiste en una caja de fuego estrecha y colocada delante entre los largueros antes, y desbordante en la parte sobre las ruedas. Se conserva así la ventaja de los hogares profundos (fig. 155). Algunos hogares son prolongados por una cámara de combustión que aumenta su volumen (fig. 156 y 157).

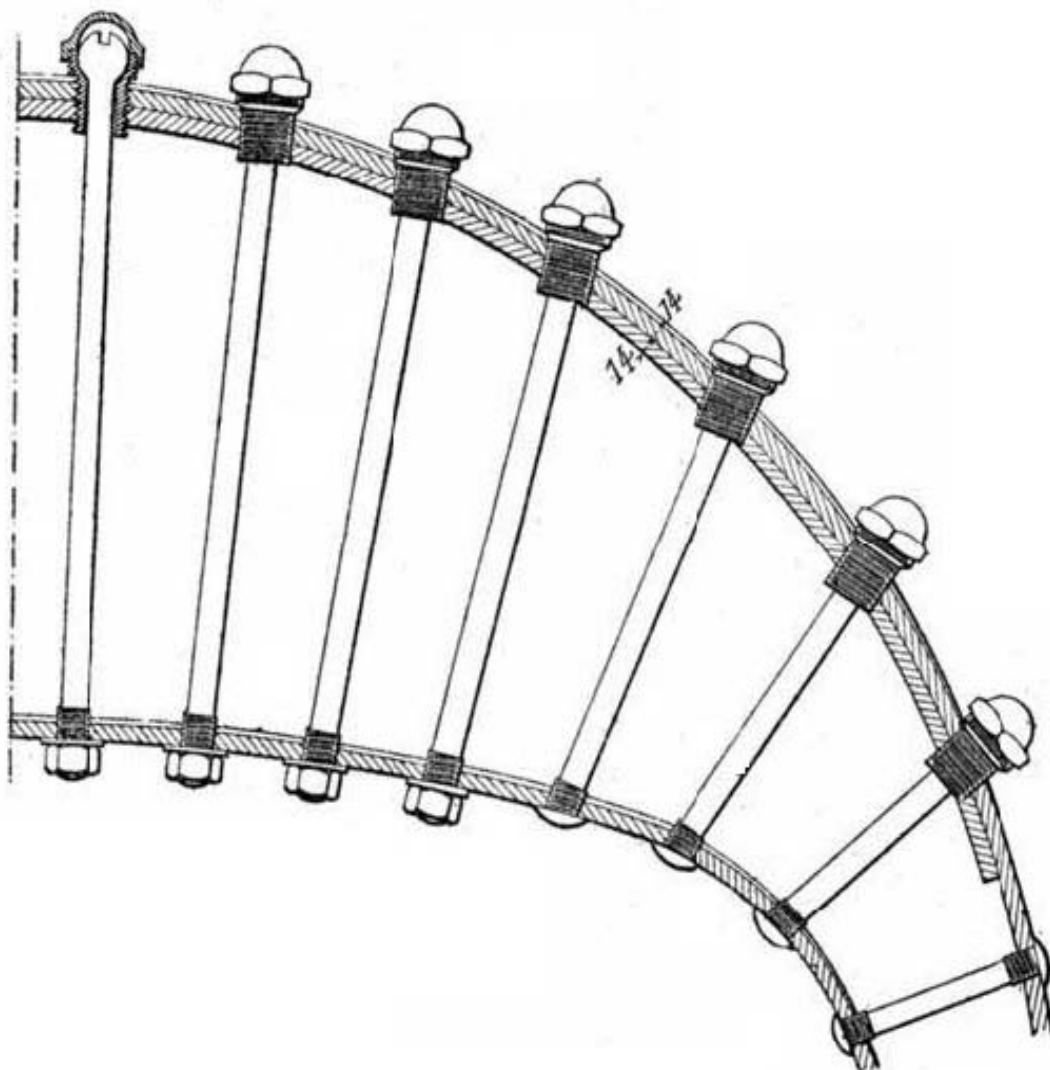


Fig. 152 – Virotillos articulados

Esta ampliación puede garantizar una combustión más completa, que debe terminar antes de que los gases penetren en los tubos, a pesar de la rapidez de su circulación en el hogar (véase § 35).

En las locomotoras muy largas, la cámara de combustión encuentra su lugar sin acortar indebidamente los tubos.

No obstante, con un hogar estrecho pero largo, esta ventaja se encuentra automáticamente obtenida.

Se constata por otra parte que la fatiga de los laterales en las zonas de golpe de fuego es también menor en los hogares largos que en los hogares cortos. Esta fatiga es medida por la cantidad de calor que cruza en la unidad de tiempo 1 m^2 de la superficie directamente expuesta al fuego, cantidad de calor que es proporcional a la relación entre la superficie de parrilla y la superficie que recibe la radiación.

Se encuentra así que para una misma cantidad de carbón quemado por hora, un hogar estrecho, teniendo 1 m de ancho y 4 m de longitud, no recibe sobre 1 m^2 de su superficie de calefacción expuesta a la radiación directa más de los $8/10$ del calor que debe absorber un hogar cuadrado de 2 m x 2 m que tiene la misma superficie de parrilla de 4 m^2 .

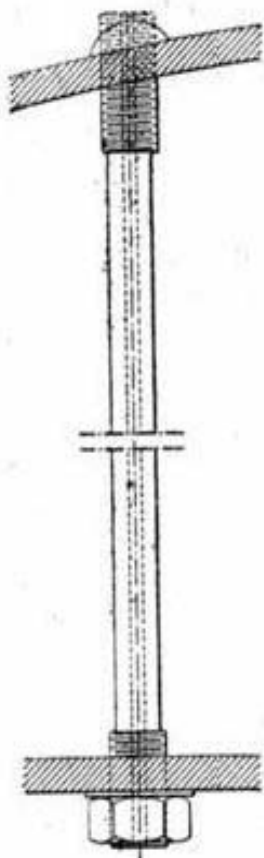


Fig. 153 – Virotillo del cielo del hogar, perforado de parte a parte, con cabeza remachada

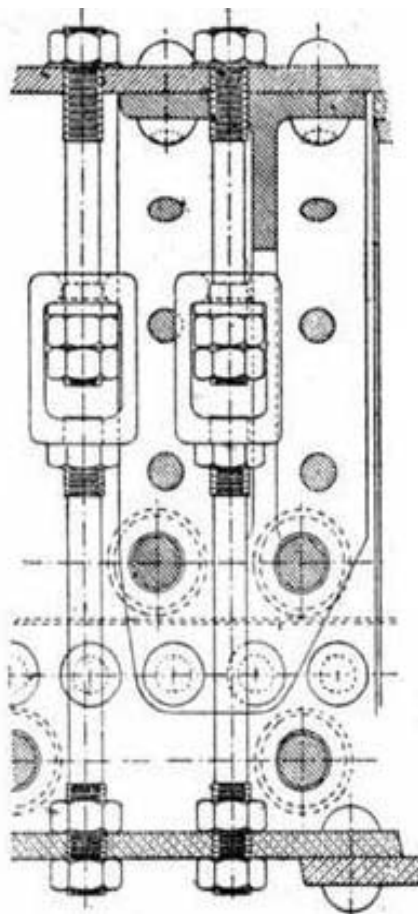


Fig. 154 – Virotillos articulados que permiten la dilatación de la placa tubular.

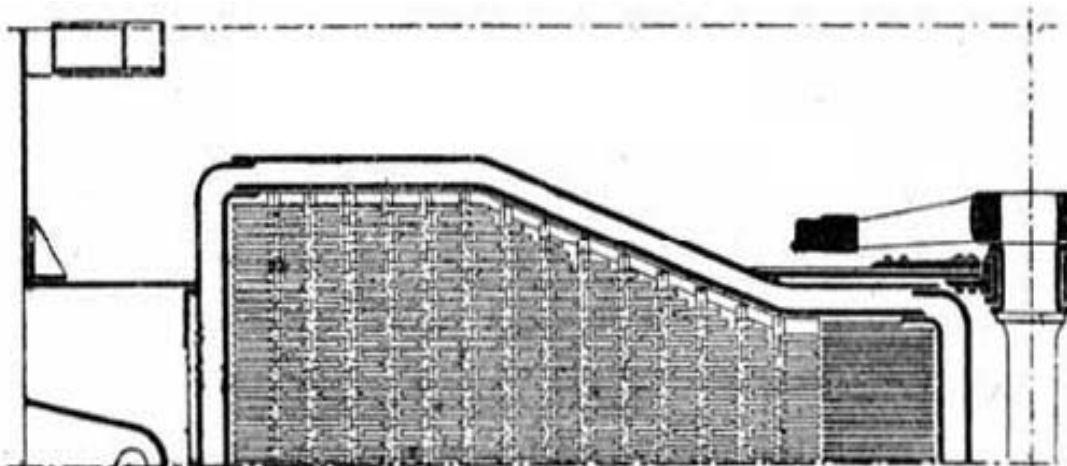


Fig. 155 – Hogar de las locomotoras Pacific del Ferrocarril de Orleans; desbordante sobre la rueda posterior y que desciende entre la ruedas del último eje acoplado; parrilla de sacudidas; tirafuego en la parte anterior.

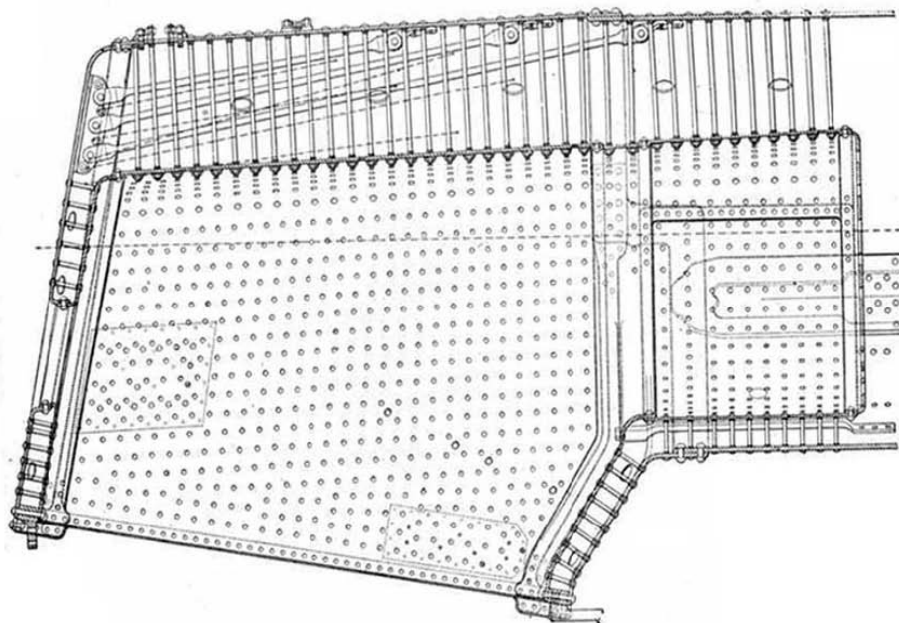


Fig. 156 – Hogar de cobre de las locomotoras Mountain del P.L.M. Corte longitudinal

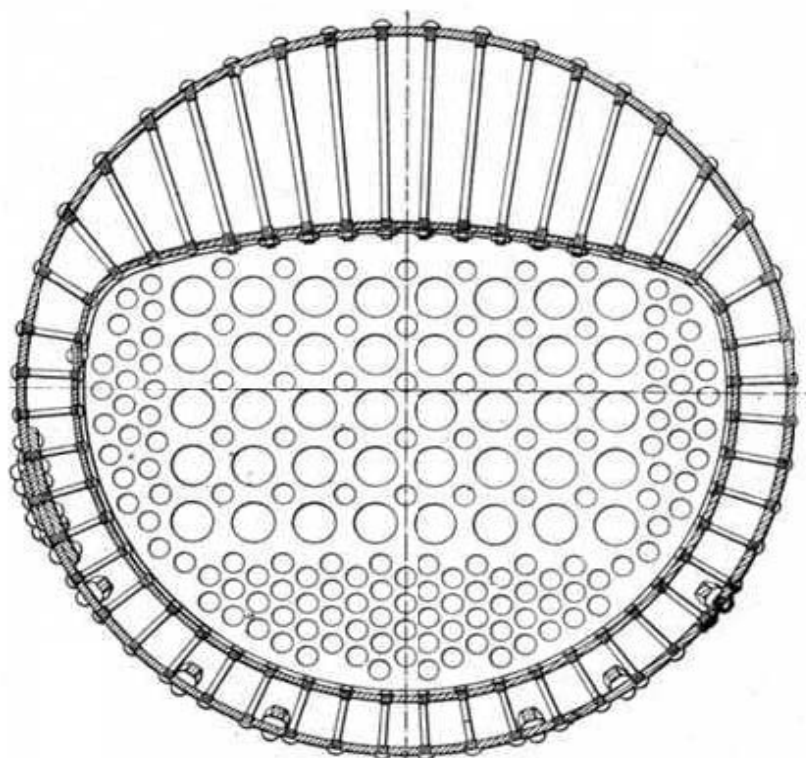


Fig. 157 – Hogar de cobre de las locomotoras Mountain del P.L.M. Corte transversal por la cámara de combustión

Por otra parte, cuando la superficie de parrilla aumenta, la temperatura de la capa de combustible en ignición baja un poco, pero, para un mismo peso de carbón quemado por hora⁽¹⁾, la intensidad de la radiación disminuye, pues la cantidad total de calor irradiado, que es proporcional a la superficie de parrilla⁽²⁾ sigue siendo mayor que con una parrilla pequeña.

1 La temperatura medida sobre la capa en ignición alcanzará así por ejemplo 1240°C para una tasa de carga de 300 kg por m² de superficie de parrilla y por hora, mientras que al forzar la tasa hasta 800 kg por m² de parrilla/hora, la temperatura sólo asciende a 1490° (Experiencias hechas sobre las locomotoras Mountain tipo M1A. del Pennsylvania).

2 Según la ley de Stephan, la cantidad de calor irradiado depende, en efecto, 1º) de la 4ª potencia (el cuadrado del cuadrado) de la temperatura absoluta (temperatura en grados centígrados aumentada en 273°) de la superficie incandescente y 2º) de la extensión de esta superficie.

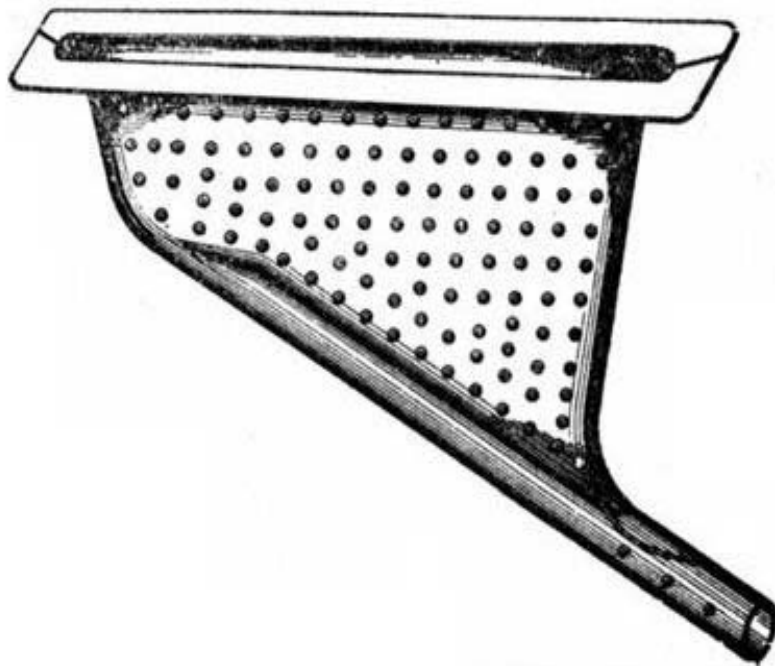


Fig. 158 – Sifón Nicholson (según el Boletín N° 220 del Laboratorio de la Universidad de Illinois.

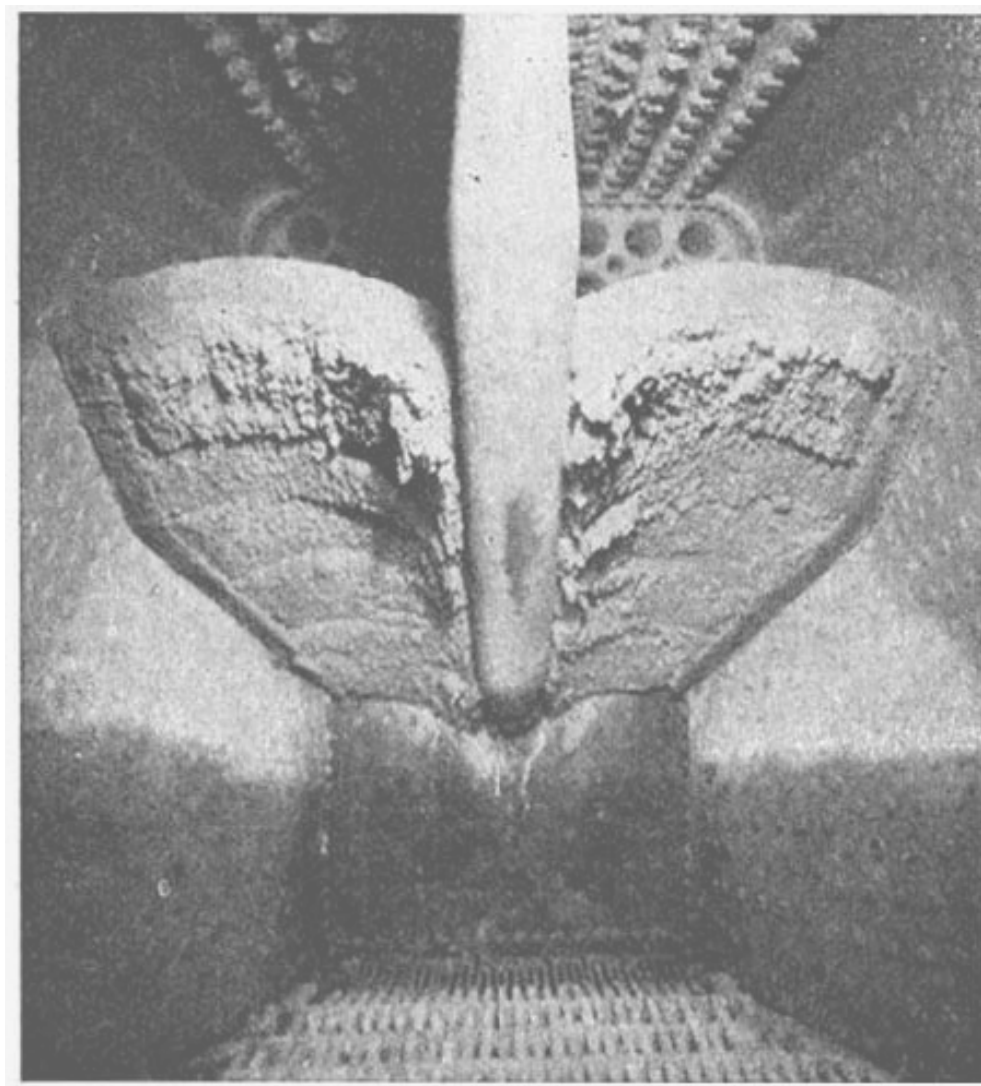


Fig.159 – Sifón Nicholson aplicado a las locomotoras Pacific transformadas de P.O. Vista del interior del hogar.

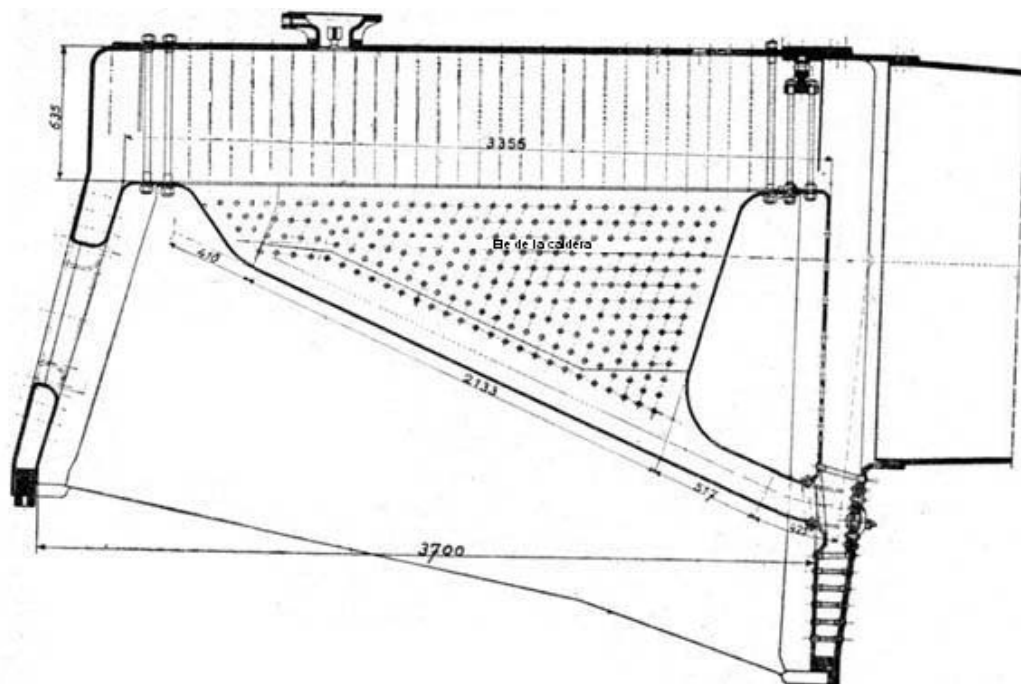


Fig.160 – Sifón Nicholson aplicado a las locomotoras 240 P del Sureste, corta longitudinal.

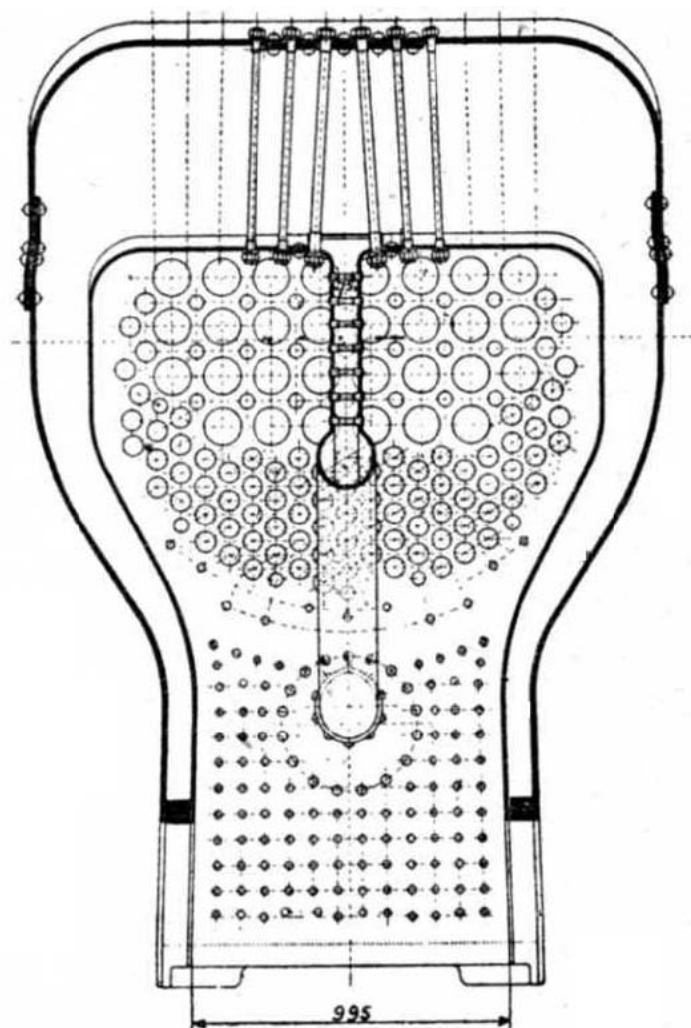


Fig.161 – Sifón Nicholson aplicado a las locomotoras 240 P del Sureste, corta transversal.

Por último, estos dos efectos opuestos definen un determinado valor de la superficie de parrilla, para el cual la fatiga de los laterales es máxima. Se encuentra así que para un peso de 2000 kg de carbón quemado por hora, la parrilla más desfavorable es la de $3,50 \text{ m}^2$, la fatiga de los laterales sigue siendo sensiblemente constante en proximidad de este máximo, para parrillas incluidas entre 3 y 4 m^2 .

Para una cantidad doble de carbón quemado por hora, lo que representa 4.000 kg, la parrilla más desfavorable es la de 7 m², y la fatiga sigue siendo sensiblemente constante entre 4 m² y 10 m².

Por lo que se refiere a la influencia del régimen de combustión, para una superficie de parrilla dada, se constata que al duplicar el peso de carbón quemado por hora, la fatiga térmica de los laterales sólo se aumenta de 20 al 30% según la amplitud de la parrilla.

La tasa de combustión por m² de superficie de parrilla y por hora, está pues lejos de tener toda la importancia que se le asigna a menudo desde el punto de vista de la fatiga de los hogares.

El antiguo hervidor Tenbrinck, utilizado durante mucho tiempo por el P.O. ha hecho recientemente su reaparición bajo una nueva forma: el sifón Nicholson (fig. 158 y 159) que se encuentran en numerosas locomotoras americanas y en las locomotoras del P.O., tipo Pacific transformadas.

Las figuras 160 y 161 muestran los cortes longitudinales y transversales de las locomotoras 240 P del Sureste, que no difieren de las locomotoras 240.700 del P.O. en el hogar Belpaire sino por la aplicación de un cargador mecánico. Independientemente de las ventajas que presenta esta disposición desde el punto de vista de la circulación del agua en la caldera (disminución de las roturas de virotillos, reducción de riesgos de fusión de plomo, puesta en presión más rápida, muy sensible al encendido) facilita considerablemente la instalación de las grandes bóvedas en ladrillos, como ya lo permitían los tubos termosifones (fig. 168) cuya eficacia y comportamiento son no obstante menos buenos.

14. Puerta de hogar — La puerta de hogar está montada en una abertura oval o rectangular; una contrapuerta lo preserva de la acción del fuego. La admisión de aire por la puerta, útil sobre todo para la combustión de hullas muy gaseosas o cargadas en capas gruesas, permite evitar el humo. La puerta que abre hacia el interior del hogar (fig. 162), cómoda para el servicio, se vuelve a cerrar bajo presión del vapor, en caso de rotura de un tubo de humo, si está abierta, y no corre el riesgo de abrirse si se cierra. Es la puerta cerrada herméticamente, actualmente reglamentaria en Francia.

Las dimensiones de la puerta deben estar en relación con el tamaño de la parrilla, si no se vuelve muy difícil cargar convenientemente las esquinas. En los hogares estrechos, un ancho de 400 a 450 mm es suficiente; en los hogares desbordantes, es necesario prever 600 a 800 mm. La puerta unificada utilizada por la SNCF presenta en el primer caso una única hoja (fig. 162) y en el segundo tres hojas (fig. 163), la del medio abriéndose hacia el interior con la hoja de la derecha, o con la hoja de la izquierda. Además estas dos puertas presentan una pequeña abertura, permitiendo el uso del atizador, protegido de la radiación intensa del fuego.

Una protección en fundición o en hierro, llamada parachispas, cubre la parte inferior del marco de la puerta, y lo preserva del choque de las herramientas.

En algunos casos, por ejemplo las locomotoras Camelback de Estados Unidos, que poseían hogares desbordantes de grandes dimensiones, se las dotaba de dos puertas, para permitir una carga correcta, que estaban servidas por dos foguistas.

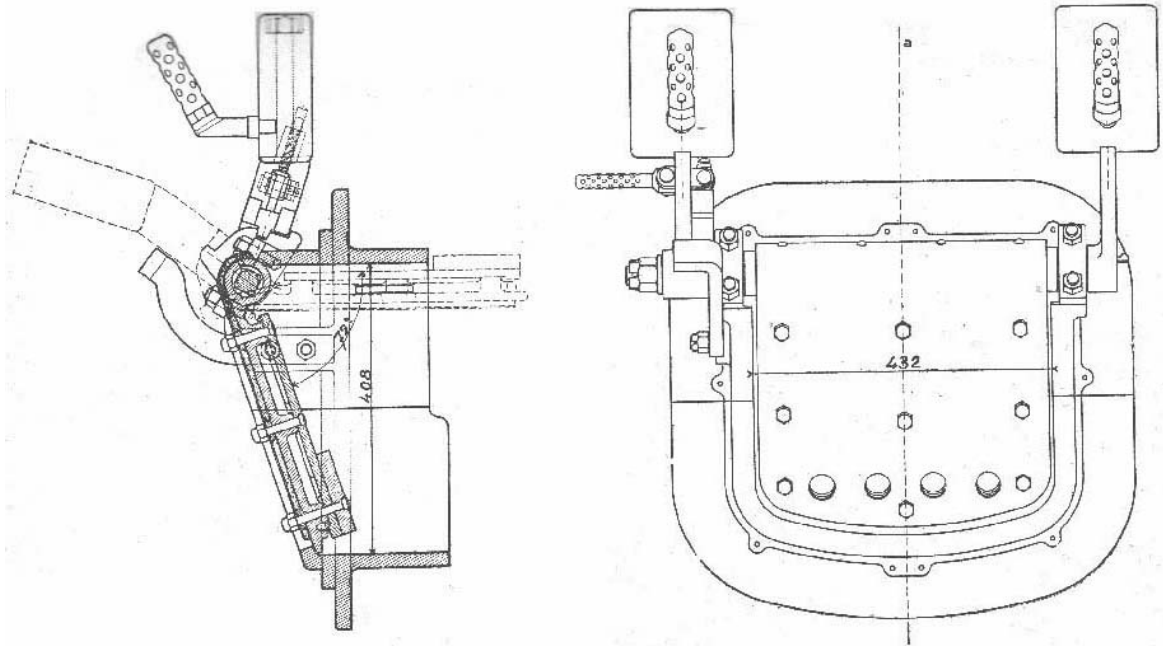


Fig.162 – Puerta de hogar, apertura hacia el interior, con parachispas, modelo unificado de la SNCF.

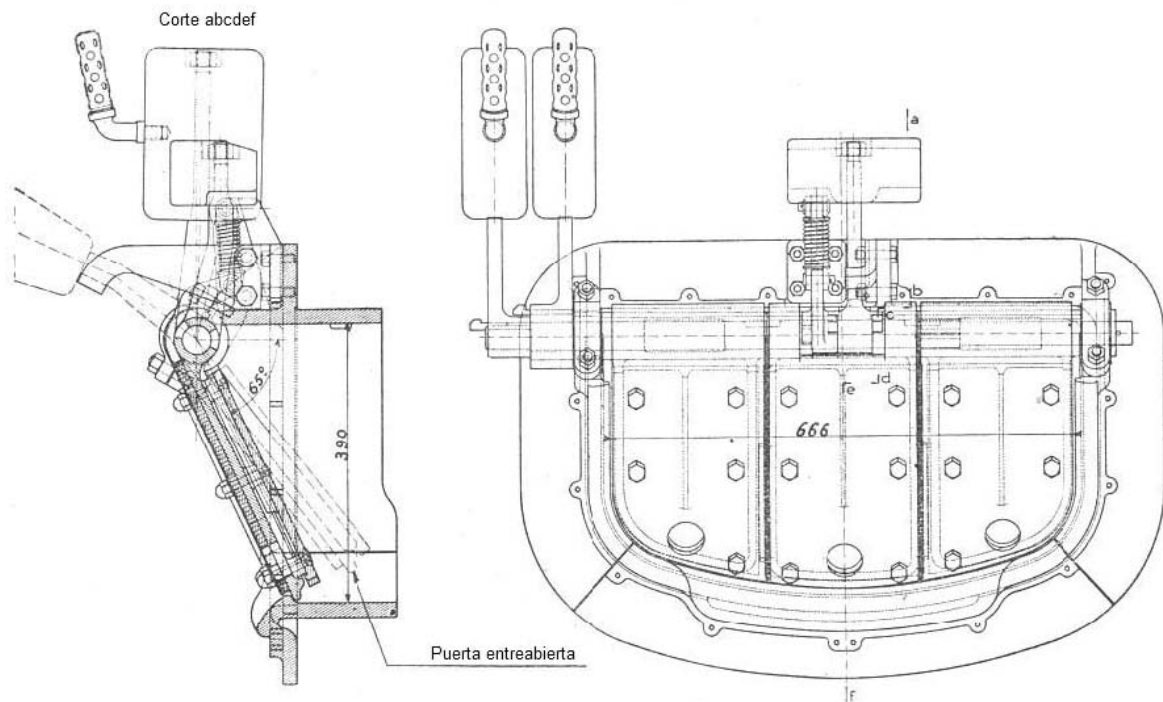


Fig.163 – Puerta de hogar, tipo unificado de 3 hojas de la SNCF.

15. Parrilla – Las dos características de la parrilla son la separación y el grosor de los barrotes, que determinan la sección de paso del aire, y el tamaño de los fragmentos que pueden caer.

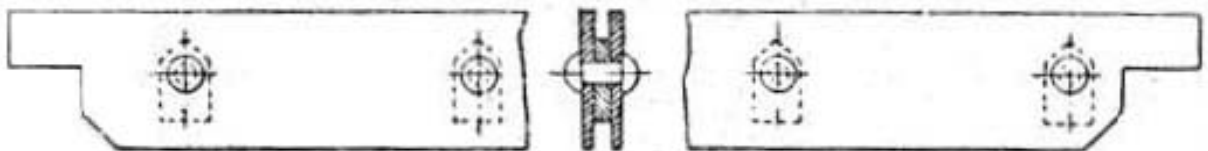


Fig.164 – Barrotes de hierro, remachados

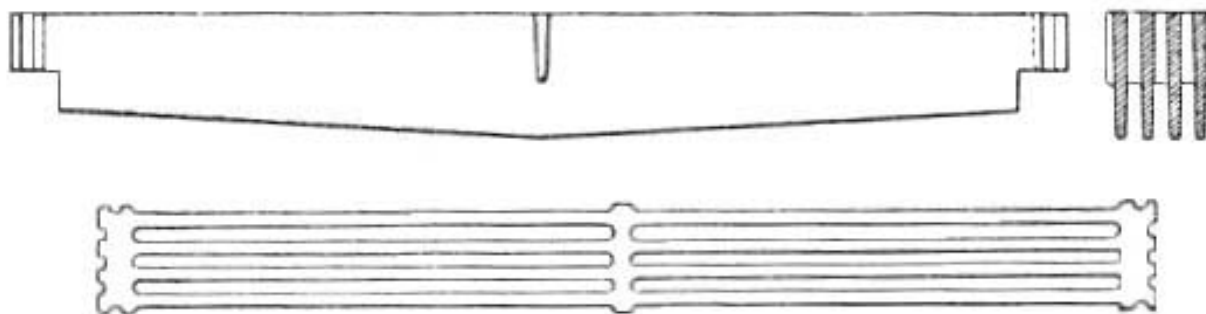


Fig.165 – Barrotes en fundición

Los barrotes se fabrican en hierro o en fundición, y se apoyan en soportes transversales de hierro. Estos soportes no deben apoyar contra las paredes del hogar, porque el calor los dilata: si no, se doblarían o dañarían las paredes. En corte transversal, los barrotes se reducen hacia abajo, para evitar el atascamiento de los fragmentos que caen entre ellos.

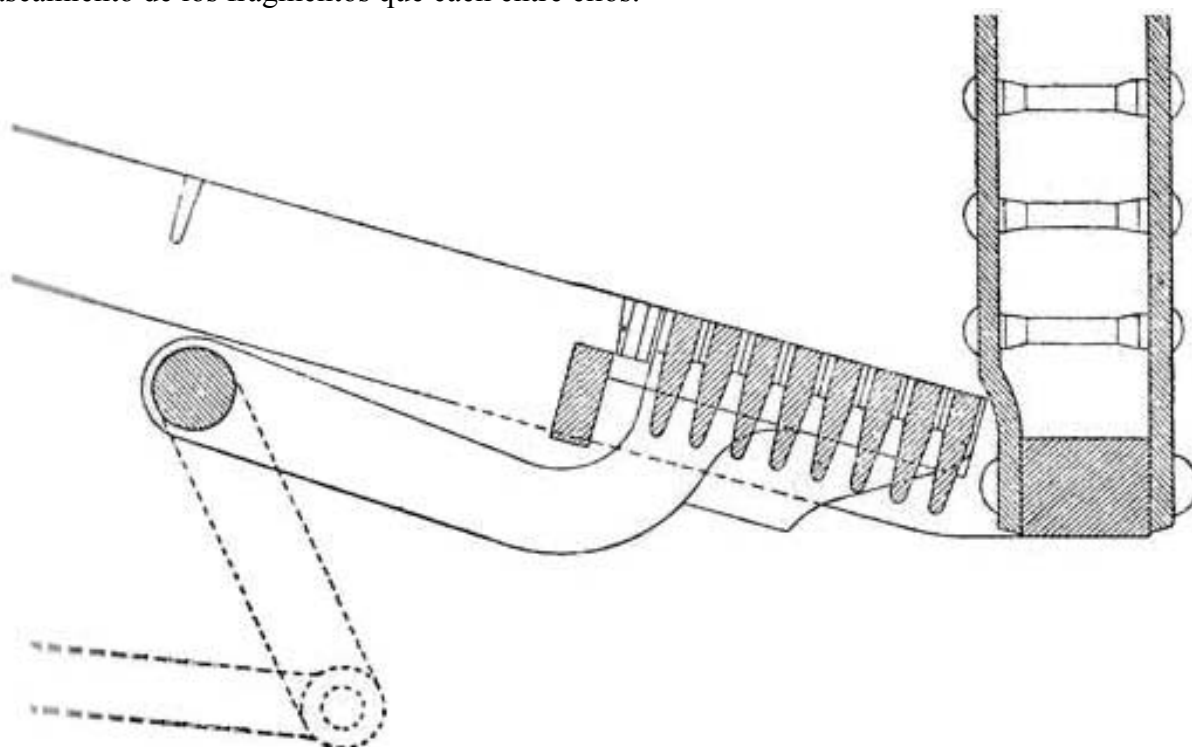


Fig.166 – Tirafuego

Los barrotes de hierro son remachados en grupos de dos o más cuchillas separadas por arandelas (fig. 164). En el caso de barrotes de fundición (fig. 165) se fabrican en grupos de varias cuchillas.

La parte móvil o tirafuego (fig. 166), colocada en la parte anterior de la parrilla, facilita la limpieza.

Los barrotes no siempre cierran completamente los ángulos o los lados de la parrilla: los vacíos que dejan tienen una influencia nociva, permitiendo la caída del combustible y dejando pasar corrientes de aire perjudiciales. Es necesario tapar estos vacíos con escorias o fragmentos de ladrillos refractarios.

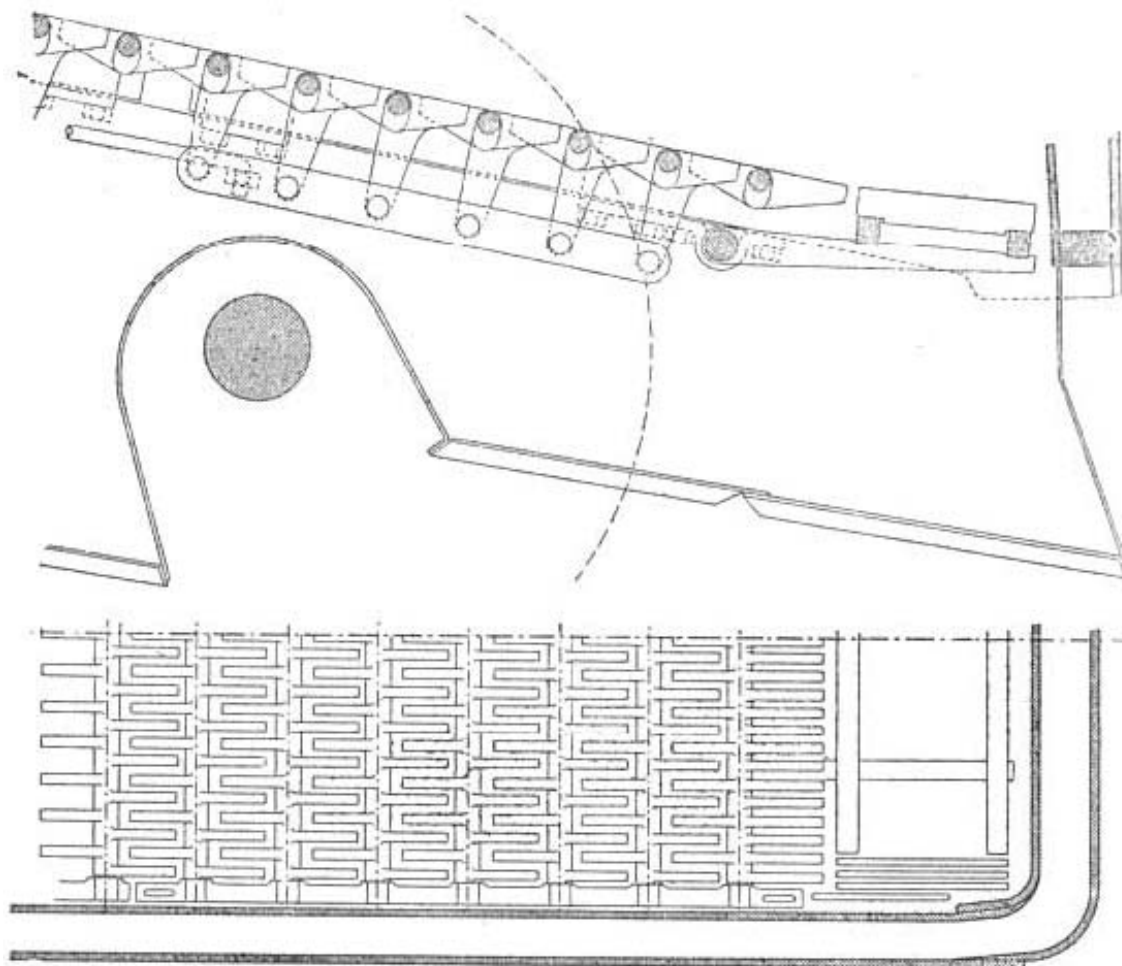


Fig.167 – Parrilla de sacudidas de los ferrocarriles del Estado; mitad anterior, corte longitudinal y semiplano (barrotes del tirafuego no mostrados sobre el semiplano).

La distribución uniforme del aire a través de toda la masa del combustible, está dada por el espesor y la separación de los barrotes. Los barrotes separados son inevitablemente bastante grandes, ya que deben soportar cada uno una carga de combustible mayor que cuando se acercan; finos y poco separados, los barrotes dan paso a capas de aire más numerosas y sólo dejan caer de pequeños fragmentos de combustible. En general es ventajoso emplear a barrotes finos. Un grosor de 8 a 10 mm, con un vacío igual, parece conveniente para los combustibles, a menudo pequeños, empleados en Francia.

A fin de evitar el empaste de los barrotes por las escorias, se emplean parrillas a sacudidas u oscilantes (fig. 155 y 167). La parrilla (fig. 167) está formada por dos grupos móviles, controlados cada uno por barras ubicadas en la plataforma del personal. Tres filas de barrotes fijos encuadran a estos dos grupos. Estas parrillas, que no se empastan, permiten largas jornadas, y se prestan al empleo de combustibles que contienen una gran proporción de materia estéril.

Además, facilitan el apagado del hogar al regresar al depósito. Mientras que con las parrillas fijas la sección de paso de aire representa en general un 50% de su superficie, con las parrillas móviles esta sección se encuentra en del orden de un 33%.

16. Bóvedas de ladrillos — Las bóvedas en ladrillos (fig. 168) presentan la ventaja de alargar las trayectorias de las partículas sólidas y gaseosas en el hogar, aumentando el tiempo asignado para su combustión o para su enfriamiento. Favorecen pues la combustión y tienden a evitar la formación de remolinos.

La experiencia ha puesto de manifiesto que las bóvedas obtienen una economía de combustible aproximada de 5 a 15%, según su longitud, según la marcha y según la naturaleza del combustible utilizado.

Son tanto más necesarias cuanto más ricos en materias volátiles sean los combustibles, pero son también útiles en el caso de las hullas secas o antracitas, ya que actúan, en ese caso, por radiación sobre la capa de carbón fresco y facilitando su encendido. El peso de carbonilla arrastrada es considerablemente reducido por el empleo de la bóveda. Por ello en las antiguas pruebas efectuadas por el P.L.M., una bóveda corta que cubría un 45% de la longitud del hogar había reducido la proporción de las carbonillas arrastradas en un 40% en el caso de una tirada moderada, y una bóveda larga, ocupando el 57% de la longitud del hogar, había permitido llevar esta proporción al 63%. Las bóvedas presentan aún la ventaja adicional, cuando restringen suficientemente la sección de paso de los gases en el hogar, de garantizar una mejor distribución del tiro sobre toda la amplitud de la parrilla. La contrapartida al uso de las bóvedas es un aumento de 20 al 25% de la depresión necesaria en la caja de humo, causada por esta mejora energética y al mayor recorrido impuesto a los gases en el hogar.

En algunas máquinas antiguas, provistas de puertas horizontales, se hacía uso de un deflector (fig. 168) que bajaba hacia la parrilla el aire introducido por la puerta del hogar. Estos deflectores que se quemaban rápidamente debían pues ser simples y fáciles a sustituir. Con la puerta cerrada herméticamente, utilizada actualmente sobre las locomotoras francesas, el mismo efecto es obtenido automáticamente por la propia puerta en el momento de la carga.

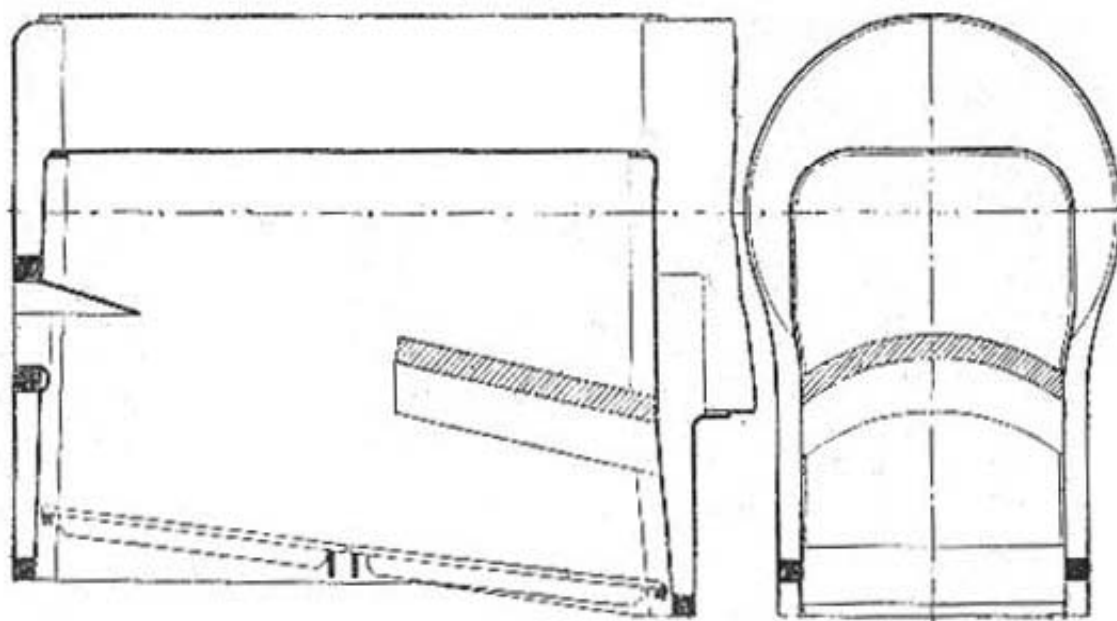


Fig. 168 – Bóveda de ladrillos y deflector

La bóveda tiene el inconveniente de ocultar en parte la placa tubular (fig. 159). Desde hace mucho tiempo las locomotoras P.L.M. contaban con una pequeña apertura ubicada sobre la puerta que permitía examinar esta placa y vigilar la combustión en el hogar. La misma disposición se adopta actualmente, en particular, sobre las máquinas provistas de cargador mecánico.

El cierre de la mirilla así provista en el hogar se opera con ayuda de una cubierta (fig. 236) que vuelve a caer automáticamente en cuanto se libera el punto de maniobra; el personal se encuentra así mejor asegurado contra el efecto de un posible retorno de llama.

La bóveda se construye con ladrillos a cuchillo, es decir, a caras no paralelas dando el radio requerido sobre tabloncillos llevados por curvas ligeras. Las hileras extremas son formadas por ladrillos especiales y se apoyan en soportes de hierro o acero que descansan en cubos constituidos ya sea por tornillos de cabeza cuadrada (fig. 169), ya sea de cualquier otra manera (fig. 171).

Los ladrillos se arman con un poco de tierra arcillosa o cemento refractario. A menudo se dejan algunas aperturas, con el objeto de impedir la acumulación de las carbonillas. Estas aperturas presentan no obstante el inconveniente de favorecer la acumulación de dichas carbonillas sobre la bóveda. Por eso, algunas redes las suprimen, siguiendo el ejemplo de lo que se hace en la práctica americana.

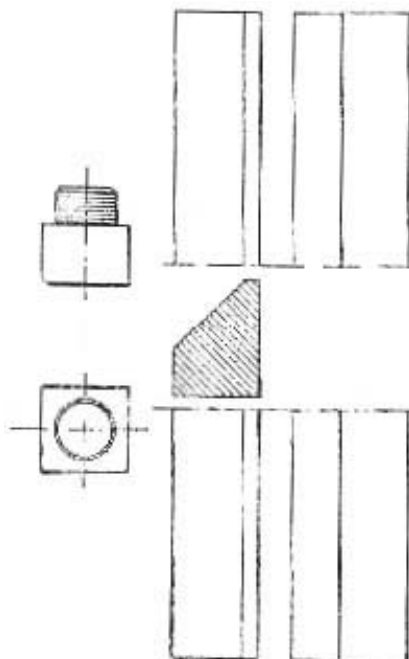


Fig.169 – Soporte de bóveda, en hierro, y tornillo apoyo del soporte.

Las bóvedas pueden también estar constituidas por elementos de grandes dimensiones (fig. 168 y 171) que presentan un menor número de juntas y se dislocan generalmente más rápidamente que las constituidas en pequeños elementos, estos últimos fallando habitualmente por la caída de las filas posteriores.

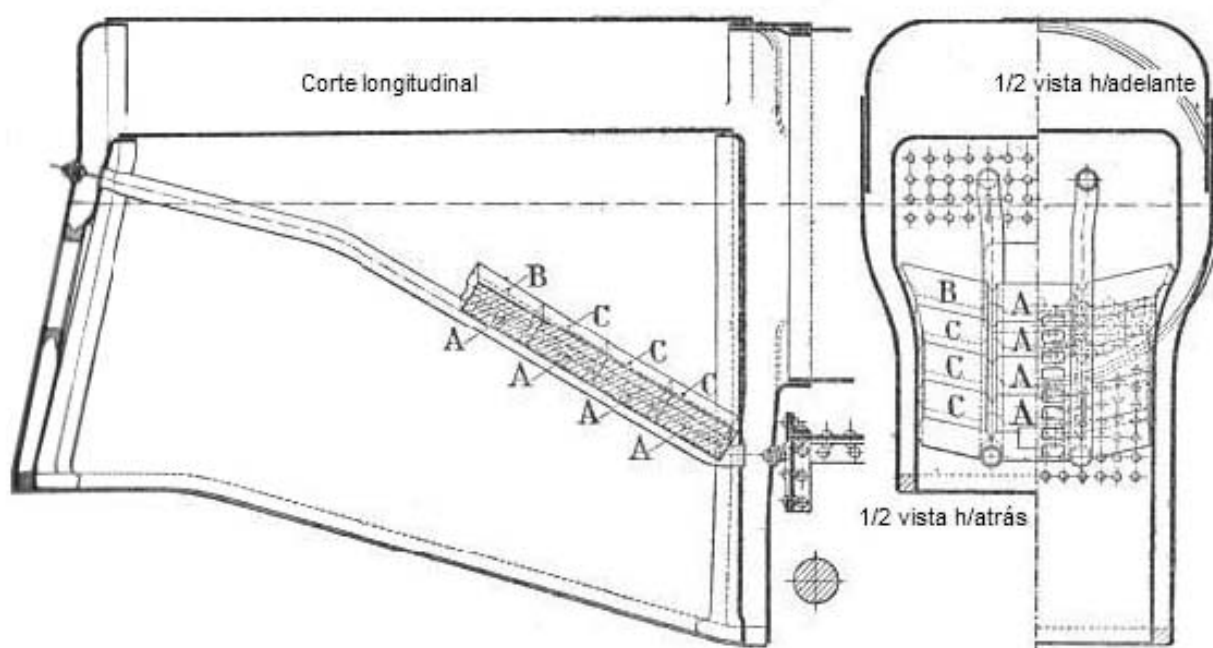


Fig.170 – Bóveda de ladrillos sobre tubos termosifones de agua (locomotoras del Este)

Para que una bóveda se comporte bien, es necesario, no solamente que se haya montado correctamente, sino que es necesario también que su diseño y, en particular, su flecha, sean convenientes (al menos $1/20$ del ancho). La calidad de los ladrillos debe responder a las condiciones de empleo; la temperatura alcanzada y la variación de esta temperatura desempeñan, en efecto, un papel preponderante sobre el comportamiento de los ladrillos.

Más allá de una determinada temperatura, se produce un reblandecimiento que puede implicar la deformación de la bóveda. En cuanto a las variaciones de temperatura, resulta un “choque térmico” que tiende a hacer estallar los ladrillos, implicando una verdadera dislocación interna, como consecuencia de las diferencias de dilatación que resultan.

Capítulo II - Caldera

Un buen ladrillo para hogar de locomotora debe tener un contenido en alúmina incluido entre 20 y 35%. La temperatura de reblandecimiento no debe ser inferior a 1.630° , libre, o a 1250° bajo una presión de 2 kg/cm^2 . Debe por otro lado poder sufrir varios calentamientos y enfriamientos sucesivos entre 10° y 800° sin dislocación.

Cuando se arma la bóveda y ya está casi seca, un ligero fuego de leña acaba el secado, pero, a la puesta en servicio, debe guardarse de someter la bóveda a fuertes calentamientos. Se debe, en efecto, operar progresivamente; se producen entonces las modificaciones internas de los ladrillos que mejoran su resistencia al fuego.

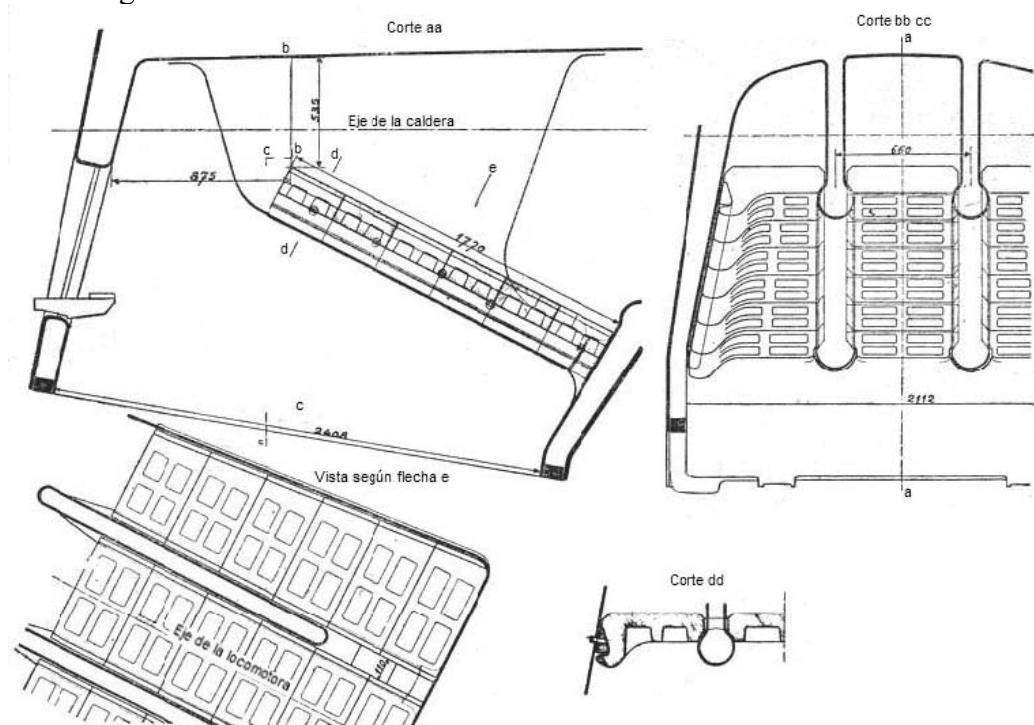


Fig.171 – Bóveda de ladrillos de grandes elementos, con sifón Nicholson, de la locomotora 242 A 1, transformada, del Oeste.

Desde hace unos años, se imita en Francia la práctica americana, formando las bóvedas con grandes ladrillos que se apoyan en tubos termosifones (arch-tubes)⁽¹⁾ que cruzan el hogar en sentido longitudinal (fig. 170). Una circulación intensa se establece a través de estos tubos; es conveniente disponer la parte inferior del tubo de nivel de agua de modo que no esté afectada directamente por esta corriente, ya que podría falsear sus indicaciones. El sifón Nicholson, independientemente de la circulación aún más activa que permite obtener, constituye el apoyo de bóveda ideal. La figura 171 da un ejemplo en el caso de una locomotora a hogar desbordante.

17. Cenicero. — Las antiguas locomotoras no estaban provistas de ceniceros, que se construyeron luego para impedir la proyección de las carbonillas. En un principio, se limitó a instalar bajo el marco del hogar chapas verticales que descendían hasta 12 cm de la superficie del riel, dentro de los límites impuestos por el gálibo. El cenicero completo, provisto de un fondo que se extiende bajo toda la parrilla, es más eficaz; presenta en sus partes anterior y posterior (fig. 174) dos aberturas provistas de puertas, que permiten entonces moderar el tiro durante las paradas y en marcha. Conviene a tal efecto que no presente ninguna abertura anormal, y que las puertas cierren herméticamente.

1) Las bóvedas o pantallas a prueba de calor sobre tubos estaban no obstante en uso sobre las locomotoras de los ferrocarriles del Estado en 1886: Ricour dio su descripción en los *Anales de las minas*, 8ª serie, t. IX, p. 125.

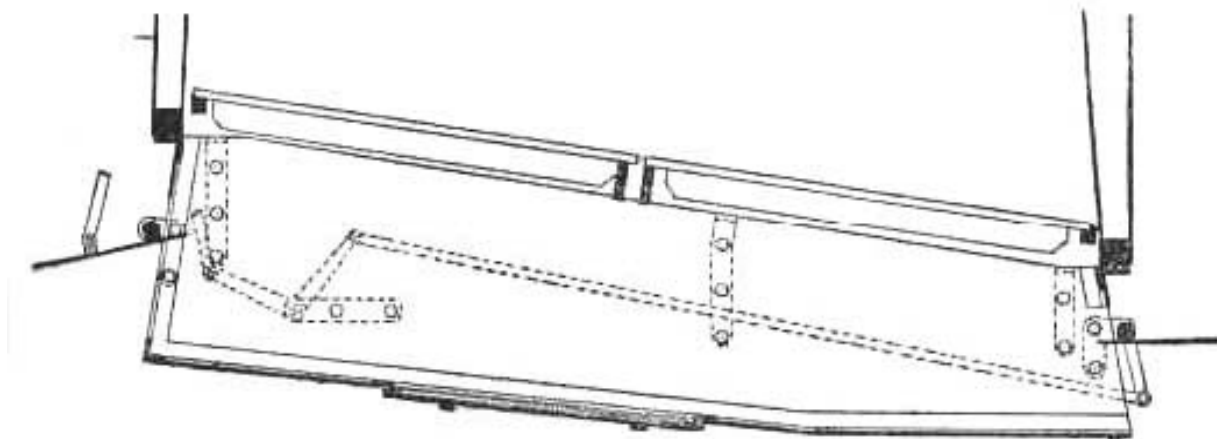


Fig.172 – Cenicero de dos puertas, una frontal, una posterior; corte longitudinal

Cuando un eje pasa bajo la parrilla, disposición habitual con los largos hogares de las locomotoras modernas, el eje cruza el cenicero, protegido por una envoltura en chapa. Pero esta envoltura perturba el acceso del aire hacia la parrilla, y es a menudo preferible formar el cenicero de dos partes colocadas por una y otra parte el eje, cada una provista de una puerta (fig. 173). Se puede conservar o suprimir la puerta de la parte posterior del cenicero.

Cuando la locomotora circula chimenea hacia adelante, se abre la puerta delantera y se cierra la posterior. En la marcha chimenea atrás, puede ser útil dejarlos en la misma posición, si el fuego tiende a convertirse en demasiado activo del lado de la puerta del hogar. Como lo indica la figura 173 conviene levantar el fondo del cenicero en proximidad de las puertas. Se tiende así a evitar la proyección de las carbonillas en la vía, que pueden causar incendios.

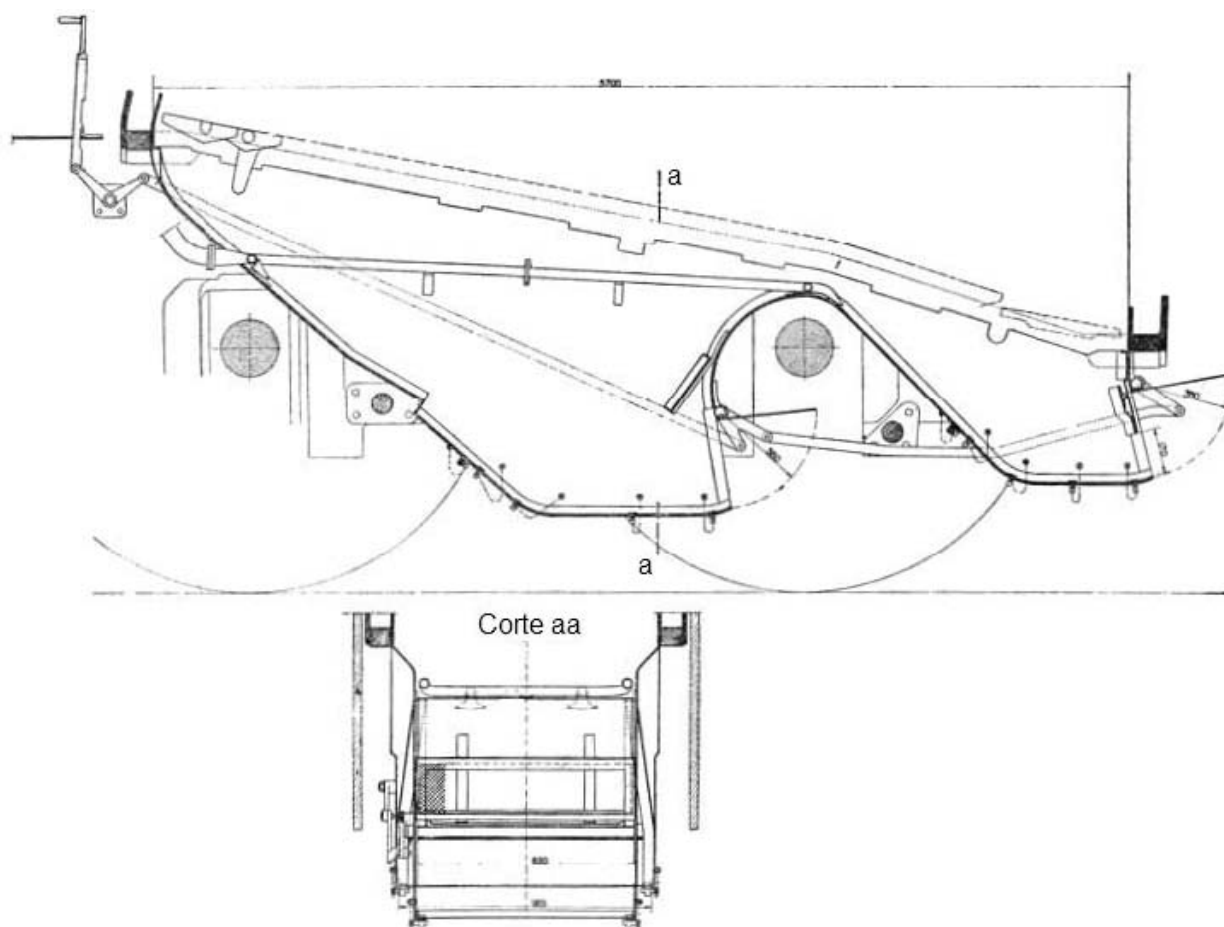


Fig.173 – Cenicero de las locomotoras 240.700 del P.O.

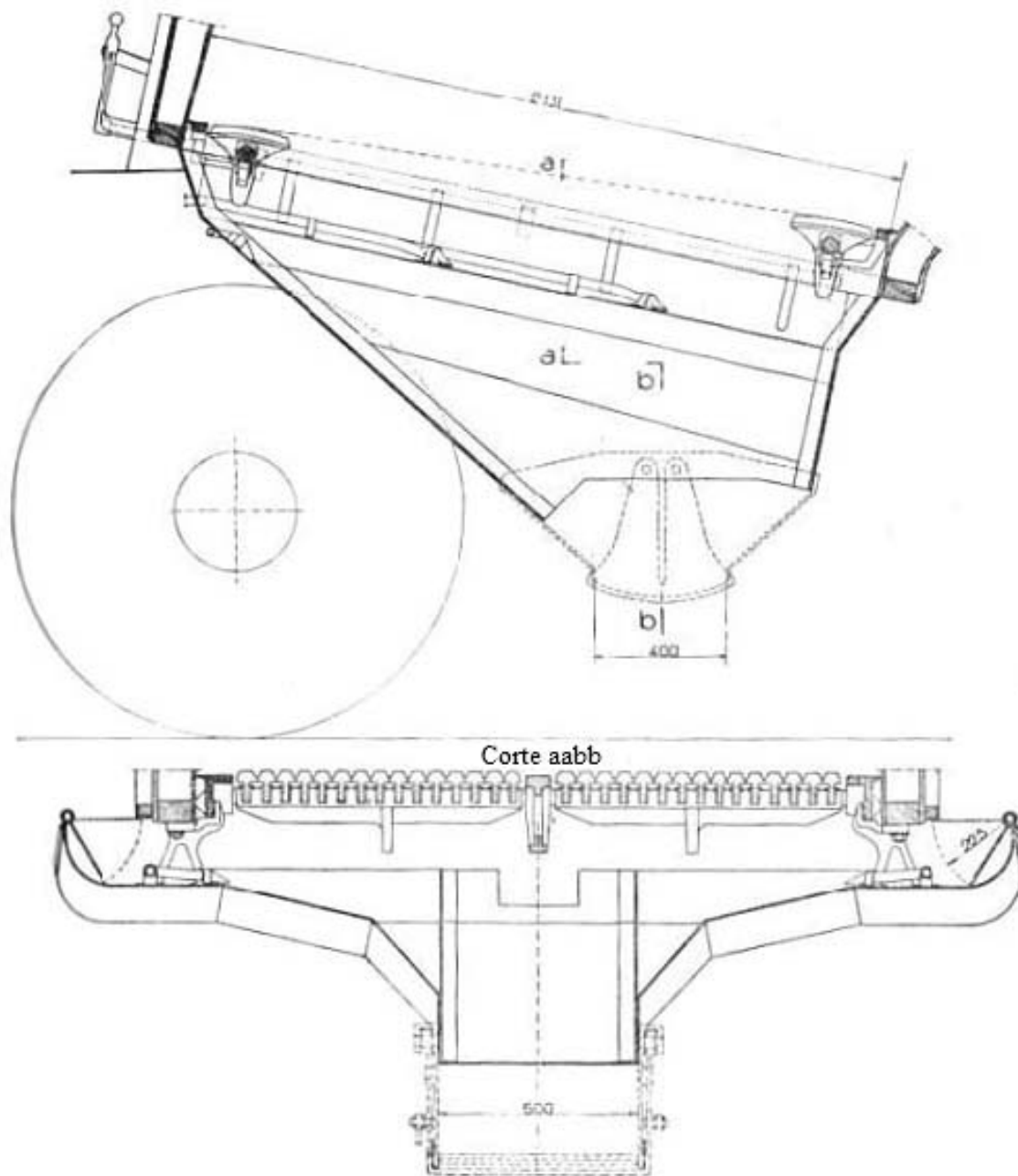


Fig. 174 – Cenicero en forma de tolva, con entradas de aire laterales, de las locomotoras 141 P, de la S.N.C.F.

Una solución mucho más completa es la del cenicero americano, adoptado en Francia, en particular, sobre las máquinas provistas de cargador mecánico, donde se pretende evitar el efecto dinámico del aire soplado en el cenicero bajo la influencia de la velocidad (fig. 174). Este cenicero es cerrado enteramente en su parte inferior por una puerta que forma tolva, actuada solamente en el momento del vaciado de las cenizas, que se encuentran entonces automáticamente evacuadas bajo el efecto de su propio peso.

El aire necesario para la combustión entra en el hogar, a la altura del marco, a lo largo de sus dos bordes laterales. Dos postigos, que no existen sobre las máquinas americanas, permiten evitar el reingreso de aire frío cuando se ha apagado el fuego.

Se debe evitar la acumulación de las cenizas en los ceniceros, si no, el paso del aire se obstruye y las carbonillas calientes queman los barrotes. Es necesario revisar las tuercas o pernos que sujetan el cenicero bajo el marco de la parte baja del hogar, para que no corra el riesgo de caer en la vía

Antes los ceniceros se remachaban; hoy se los suelda con autógena conservando no obstante algunas partes desmontables, como los fondos, para facilitar algunos trabajos de mantenimiento

18. Caja de fuego. — La construcción de la caja de fuego se vincula con la del hogar, que contiene. Las paredes laterales y la cara superior se forman por una única chapa o por tres chapas armadas con remaches. La cara posterior es una chapa embutida, es decir, con sus bordes doblados, sobre los que se remachan las paredes laterales y la cara superior.

Toda la parte inferior de la placa posterior se apoya sobre el hogar; la parte superior de esta placa se rigidiza por medio de refuerzos y tirantes, que la vinculan al cuerpo cilíndrico.

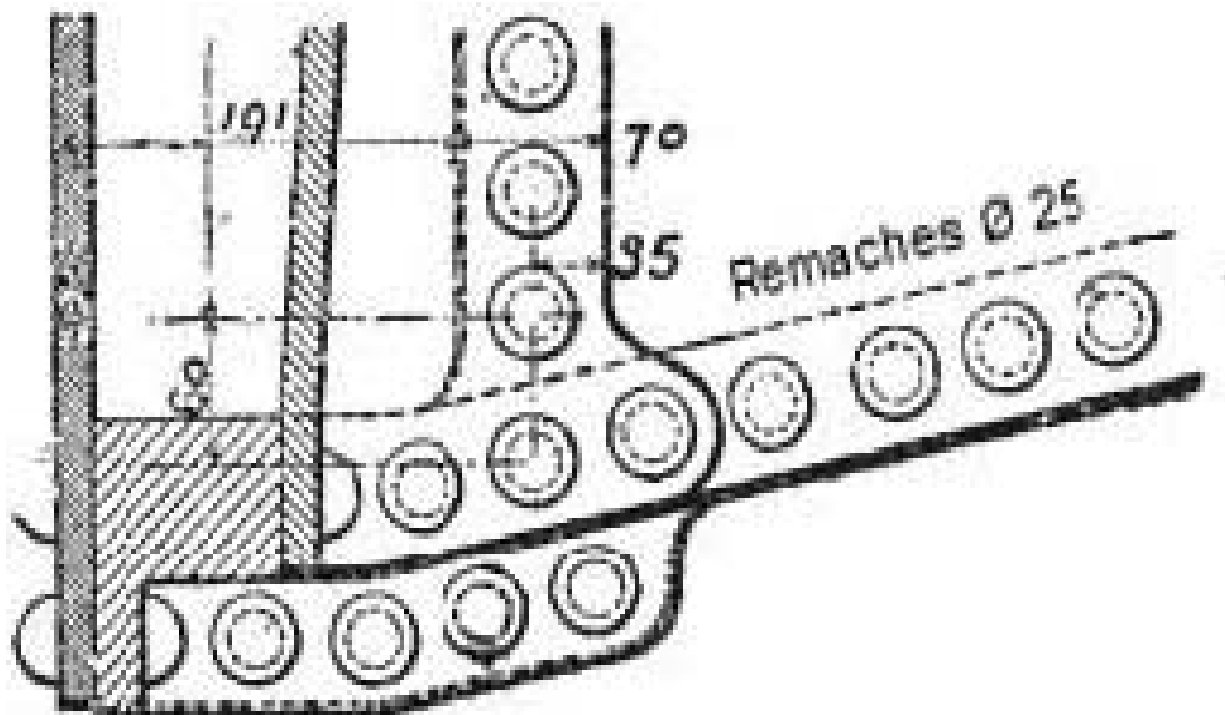


Fig. 175 — Oreja del marco, sobre la que se remacha la caja de fuego.

Al frente, otra placa embutida se remacha sobre la parte inferior del último anillo del cuerpo cilíndrico; sobre la parte superior, si la caja de fuego tiene forma semicilíndrica, esta superficie curva, generalmente, se remacha directamente sobre dicho anillo (fig. 148), o es necesaria otra placa embutida para la conexión (fig. 170). Las dos partes embutidas antes mencionadas se pueden formar en una única parte. Esta placa se denomina “placa delantal”.

Para obtener un montaje bien estanco, se proveen los ángulos del marco de orejas salientes, sobre las que se remachan las esquinas redondeadas de la caja de fuego (fig. 175).

Al considerar la evolución de la caldera, se ven en sus orígenes cajas de fuego profundas, suspendidas detrás del último eje, o entre los ejes; a continuación, para alargar la caja de fuego, se la hace pasar incluso sobre el eje, o sobre dos ejes; por fin, para ampliarla, se las hace desbordar sobre las ruedas. Estas modificaciones fueron posibles por la elevación progresivo del eje de la caldera, y también porque ya no es necesario dar al hogar una profundidad grande por debajo de los tubos.

19. Cuerpo cilíndrico. - El diámetro del cuerpo cilíndrico, en las locomotoras modernas, suele estar entre 1,50 y 2,5 m.

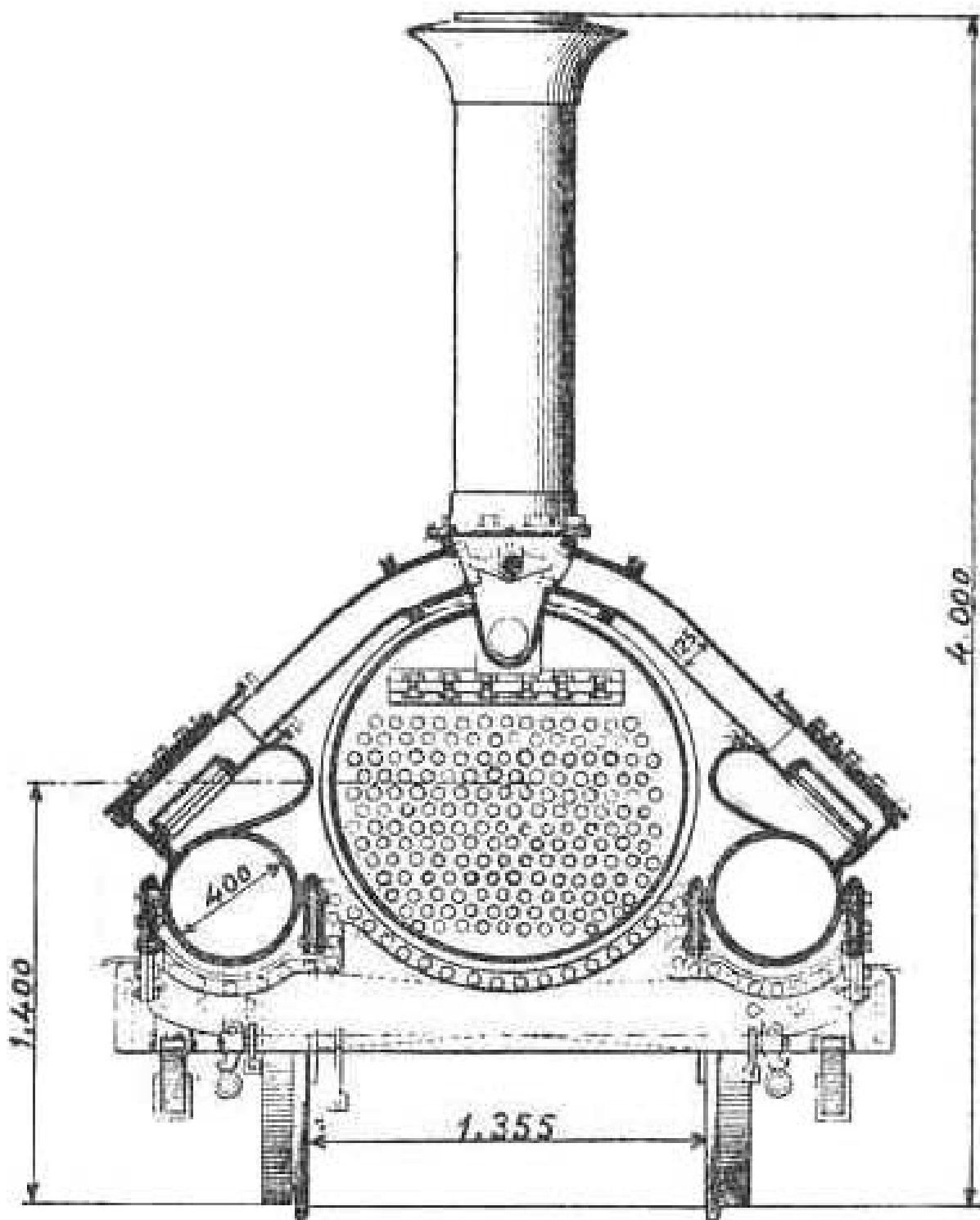


Fig.176 – Corte transversal de una locomotora Crampton

Sobre las locomotoras de alta velocidad, cuyo cuerpo cilíndrico se colocaba entre grandes ruedas, solía ser menor que sobre las locomotoras de pequeña velocidad; pero al elevar el eje de la caldera, se las liberó de esta limitación. Se concedía una gran importancia a que el centro de gravedad de la locomotora fuera tan bajo como fuera posible, lo que conducía a colocar la caldera muy baja. La locomotora Crampton (fig. 176) muestra la aplicación extrema de este principio.

Pero se reconoció que se podía elevar notablemente la caldera sin que el movimiento lateral debiera temerse: al contrario, la elevación del centro de gravedad vuelve menos violentos los choques transversales contra los carriles, que resultan del movimiento de lanzadera. Por eso no es raro ver el eje de las calderas cercano a 3 m sobre la superficie de rodadura de los rieles.

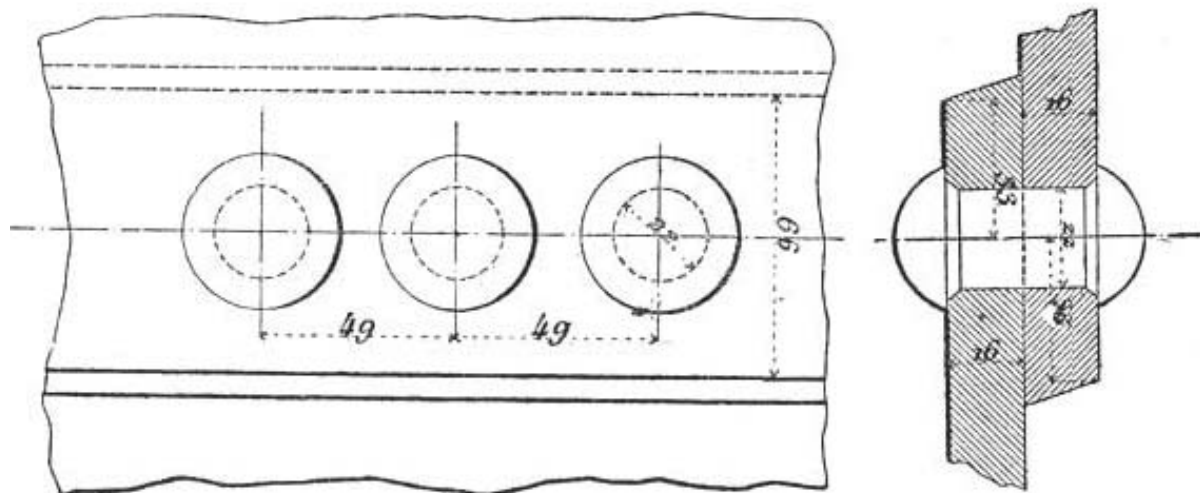


Fig.177 – Remachado de simple recubrimiento, con una fila de remaches.

El cuerpo cilíndrico está formado por dos o más anillos en chapa; los montajes incluyen los remachados longitudinales de las chapas cilindradas, y los remachados circulares reuniendo dos anillos adyacentes.

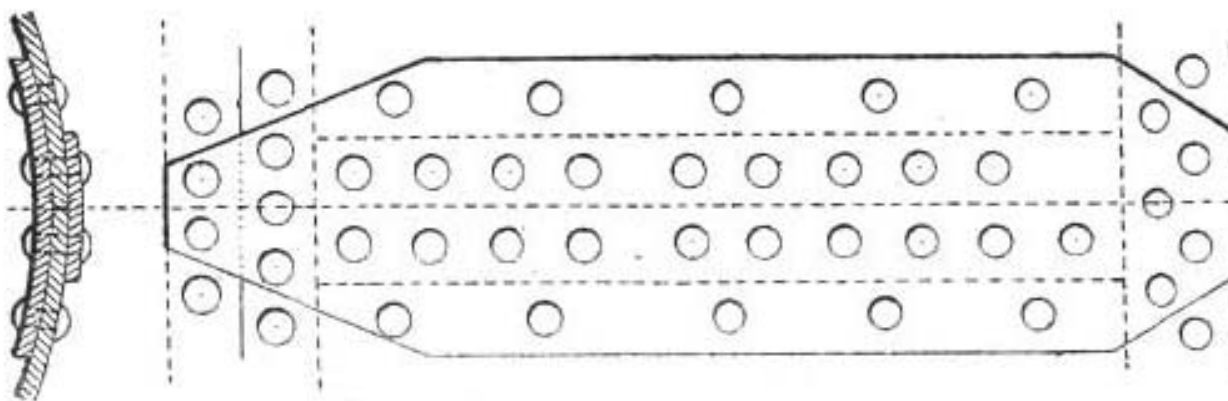


Fig.178 – Remachado longitudinal con dos cubrejuntas desiguales. La misma disposición existe con cuatro filas de remaches sobre el cubrejunta exterior y seis filas sobre el cubrejunta interior (fig.157)

Estos remachados pueden ser por recubrimiento (fig. 177), o con cubrejuntas, cuya resistencia es mayor. Algunos cubrejuntas longitudinales tienen anchos desiguales (fig. 178); el cubrejuntas exterior, más estrecho, está fijado de cada lado por una única hilera de remaches cercanos; los remaches de las segundas hileras, más apartados, unen solamente el cubrejuntas interior y la chapa del anillo. Este anillo no se encuentra demasiado debilitado por los agujeros cercanos de las primeras hileras, puesto que una rotura de la chapa del anillo sobre estos agujeros no bastaría para destruir el montaje; además una grieta resultante de un mal asiento a lo largo del cubrejuntas exterior es menos peligrosa. Los anillos pueden ser alternativamente de diámetro mayor y más pequeño. En las calderas telescópicas, el diámetro de los anillos aumenta sucesivamente, de adelante hacia atrás, de modo que no quede agua cuando se hace el vaciado por la parte baja de la caja de fuego.

Desde hace tiempo, se intentó sustituir a los remaches por la soldadura. Existió así, desde 1936, una locomotora con caldera totalmente soldada con autógena en el ferrocarril Delaware & Hudson. Esta práctica se extendió después en Alemania, donde se pudo ahorrar un peso de cerca de 1 t para una máquina modelo 150, de 4,50 m² de superficie de parrilla timbrada a 16 kg/cm². Se evitan de este modo todos los recubrimientos de chapas; la continuidad en la transmisión de los esfuerzos se encuentra mejor asegurada y, con un control conveniente de las soldaduras con rayos X, se asegura que poseen todas las garantías deseables desde el punto de vista de la seguridad.

20. Cúpula o domo. - La cúpula busca alejar la toma de vapor del nivel del agua. La base puede estar cerrada parcialmente por una chapa que evita los arrastres de agua (fig. 179).

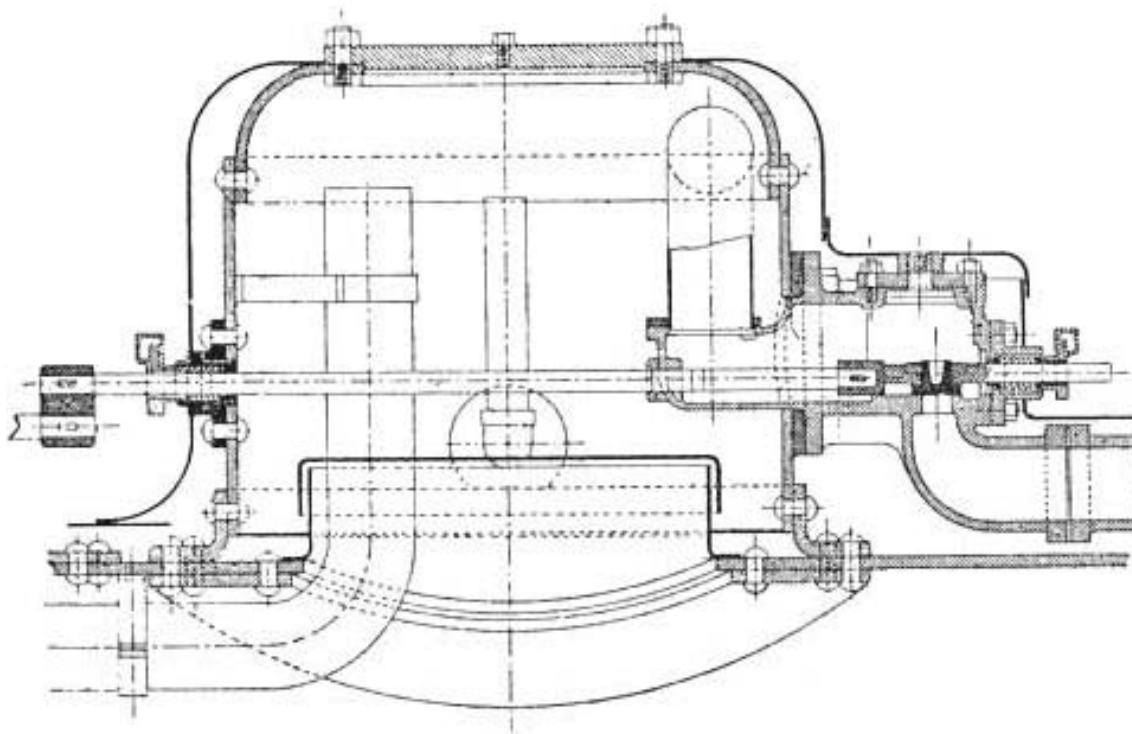


Fig.179 – Cúpula y regulador, de corredera única sobre lumbrera trapezoidal. El tubo que desemboca en la parte izquierda de la cúpula toma el vapor hacia la parte posterior de la caldera (alimentación de accesorios).

La cúpula consta de una chapa embutida, que un collar, también embutido vincula al cuerpo cilíndrico. Se cierra en la parte superior con una tapa desmontable. El borde del agujero abierto en el cuerpo cilíndrico es reforzado con una brida. Un tubo interior a la caldera toma el vapor en la cúpula, y lo conduce al regulador, si no está montado en la cúpula misma.

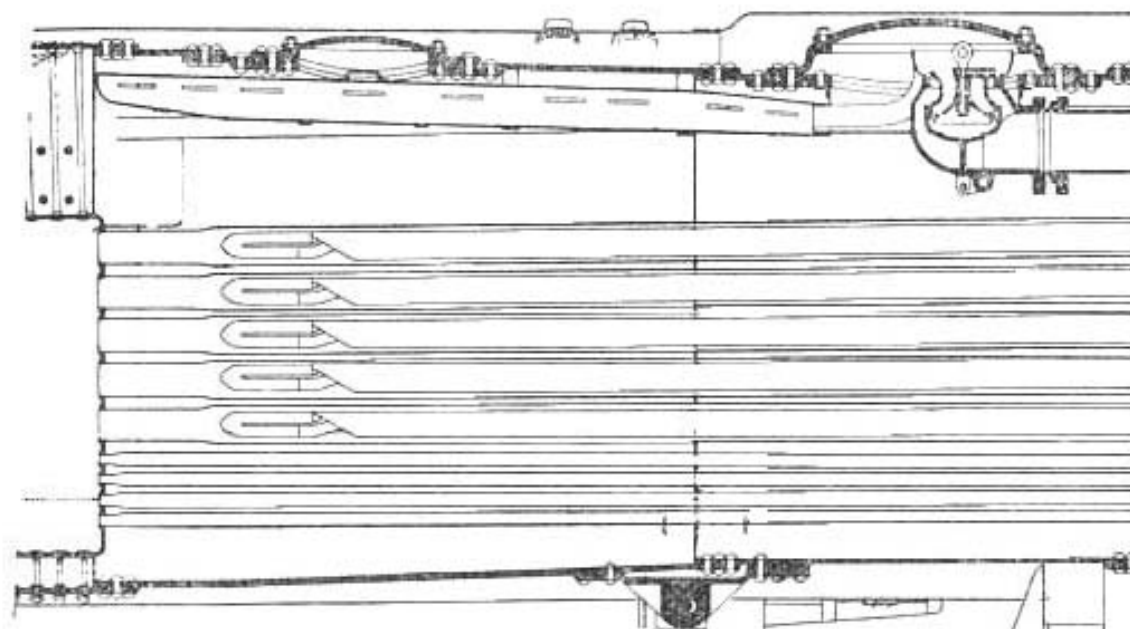


Fig.180 – Toma de vapor y cúpula de las locomotoras modelo 152 de la SNCF.

Las calderas de las máquinas Crampton no tenían cúpula: a vapor se tomaba en la parte superior de la caldera por un largo tubo, partido en su parte superior. Numerosas máquinas inglesas, en particular, las del Great Western, aún están dispuestas de este modo. Se montan tubos, similares a este aparato Crampton, a veces dentro de las calderas, para traer el vapor de la cúpula (fig. 180).

En las grandes locomotoras de construcción moderna, la altura sobre el carril de la generatriz superior de la caldera es tal que el saliente de la cúpula es muy reducido (fig. 180).

21. Tubos. — El diámetro exterior de los tubos lisos de locomotoras generalmente está entre 45 y 55 mm (excepto los que contienen los elementos del recalentador). El grosor es de 2 a 3 mm. Son de acero; hoy día casi no se emplea el latón, antes de un uso general.

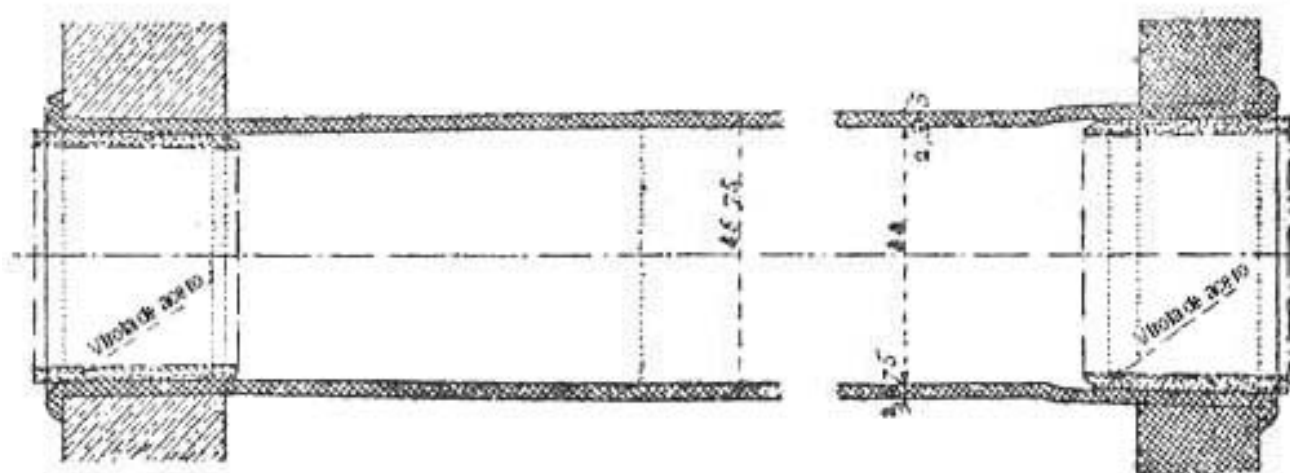


Fig. 181 – Tubo de caldera de locomotora Este. La virola habitualmente se monta del lado del hogar solamente (a la izquierda sobre la figura)

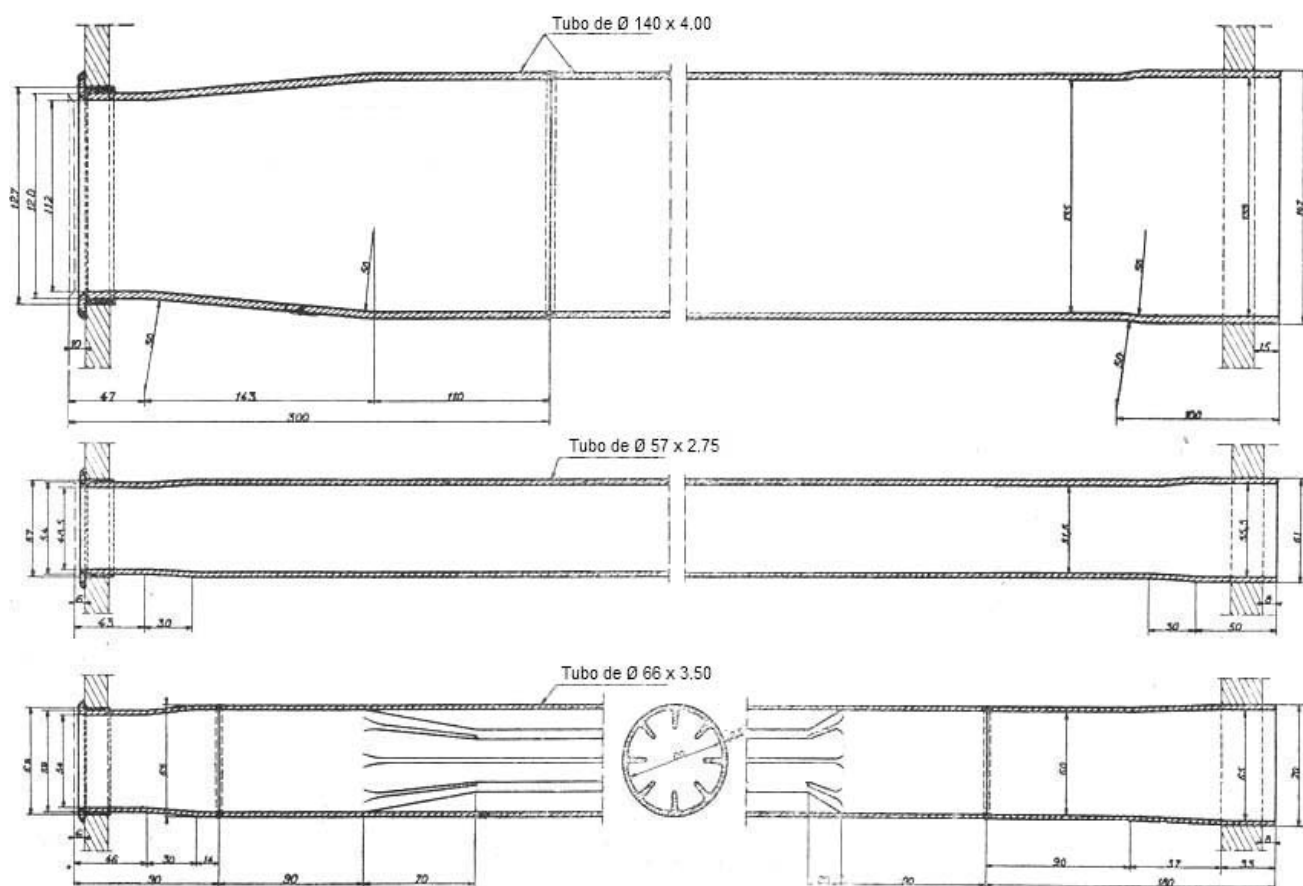


Fig. 182 – Montaje de los tubos en las placas tubulares de acero sobre las locomotoras de la S.N.C.F.

Como los tubos son introducidos por la caja de humo, los agujeros de la placa tienen por este lado un diámetro un poco superior al del tubo. Por el contrario, los de la placa tubular del hogar tienen un diámetro un poco inferior, con el fin de aumentar el grosor del metal de los tubos dentro de los agujeros.

El tubo se mandrila sobre las placas con mandriladores a rodillos sistema Dudgeon, y luego se remachan.

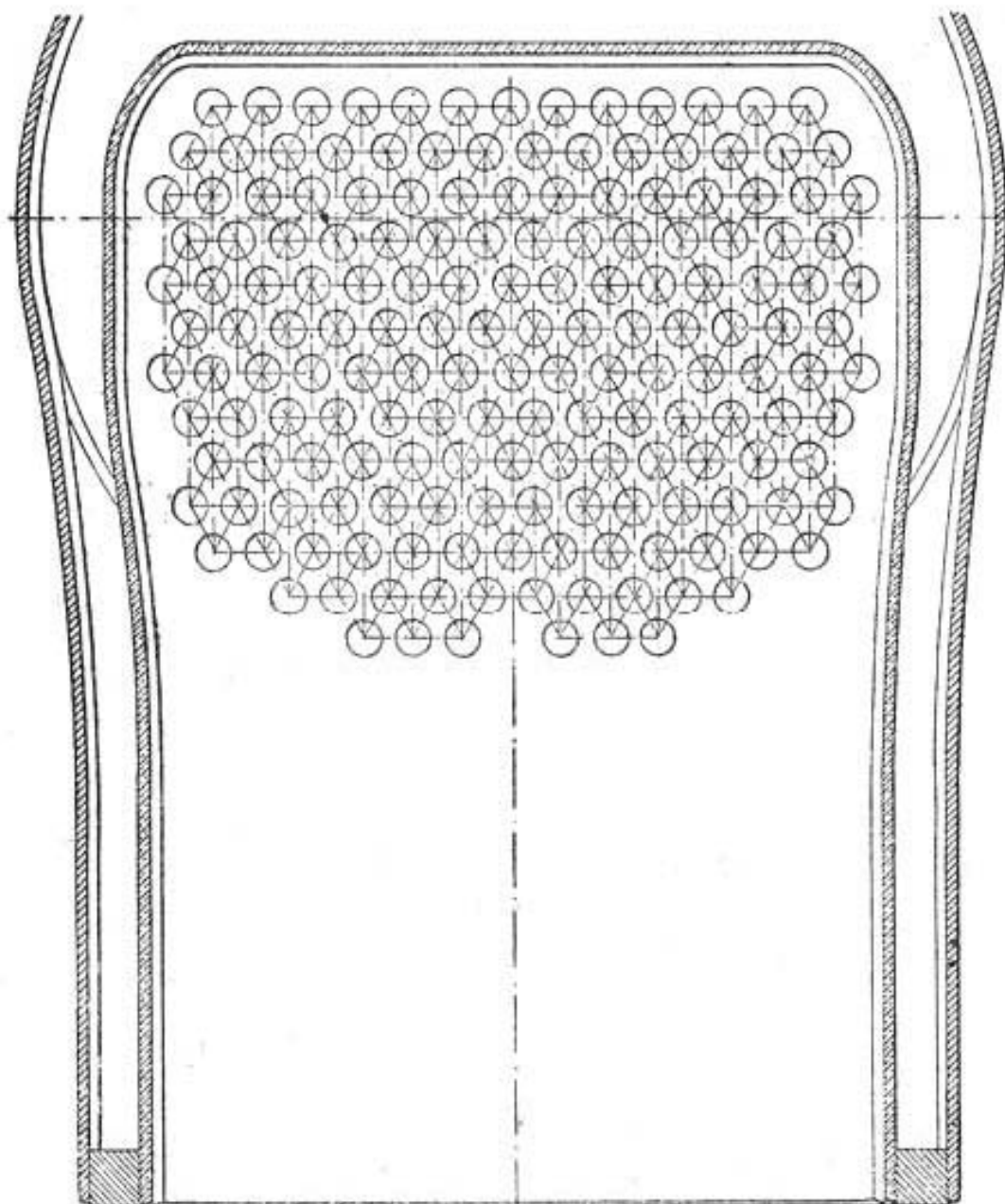


Fig. 183 – Disposición de los tubos en hileras horizontales

Antiguamente (fig. 181) se añadían anillos o virolas del lado del hogar, para aumentar la estanqueidad y preservar el tubo de las altas temperaturas. Estos anillos se suprimieron y se aprovechó de esta supresión para remachar aún más los tubos, y aumentar la resistencia de los intervalos entre los agujeros⁽¹⁾, del lado del hogar.

Con las placas tubulares en acero se aumentan considerablemente las posibilidades de alta vaporización sin incidentes, adoptando el sistema americano, que consiste en interponer un anillo en cobre entre el tubo y la placa, mandrilar, y luego soldar con autógena el borde del collar expandido.

La figura 182 indica así las disposiciones más recientes en uso sobre las máquinas del S.N.C.F. para los pequeños y grandes tubos.

1) La sección de paso de los gases calientes, a la entrada del haz tubular, es una dimensión importante desde el punto de vista del tiro.

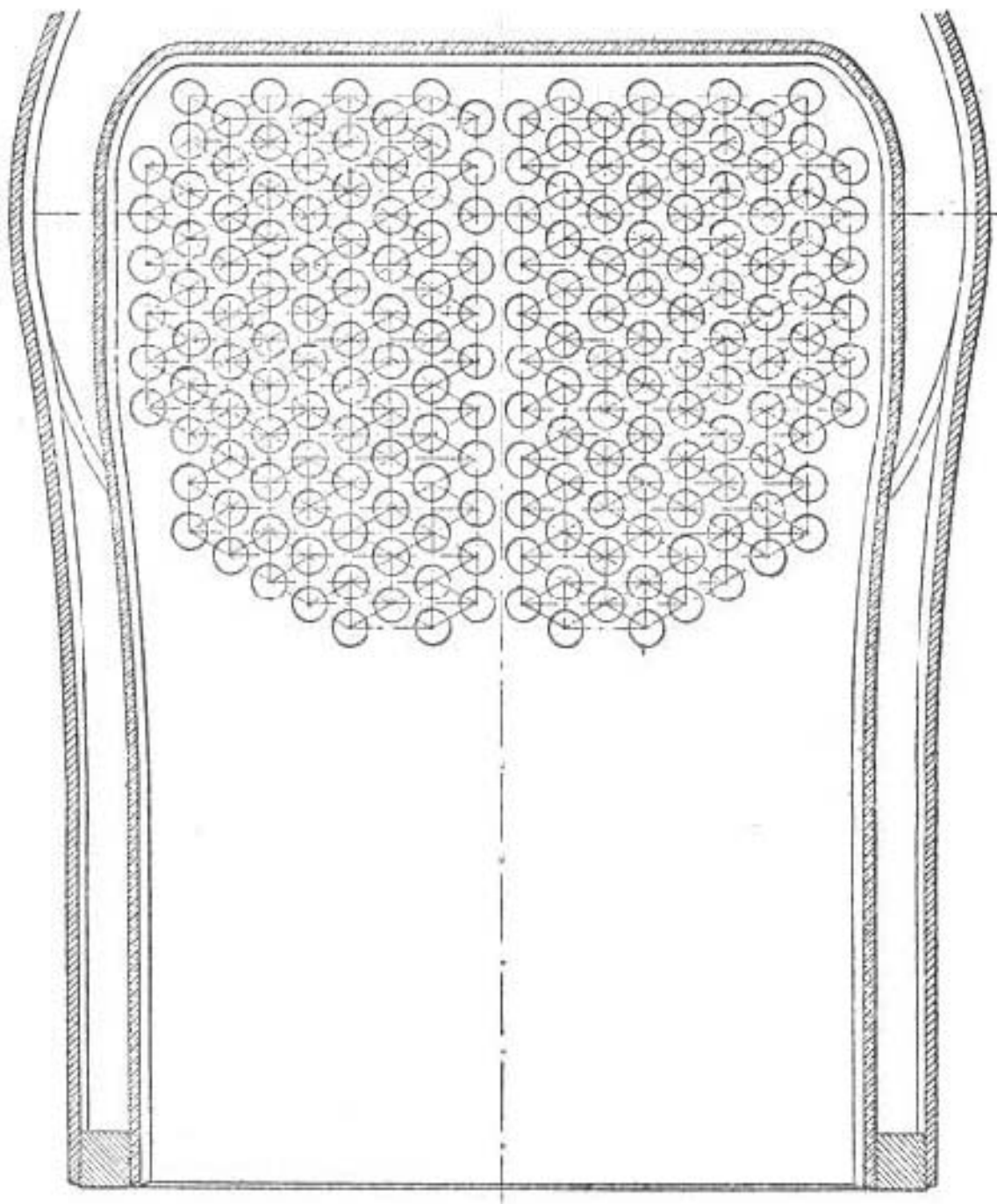


Fig. 184 – Disposición de los tubos en hileras verticales

Los tubos pueden estar dispuestos en hileras horizontales (fig. 183), o verticales (fig. 184 y 185); generalmente la adopción de la segunda disposición, parece facilitar el desprendimiento de las burbujas de vapor.

La fricción de las carbonillas desgasta los tubos y reduce su espesor: cuando se vuelven demasiado finos, se producen roturas y se deben sustituir. El peso de los tubos desmontados es un medio de apreciar el grosor medio remanente.

Sobre las locomotoras provistas de recalentadores, la parte superior del haz está formada por tubos de gran diámetro (fig. 185 y 186), entre los que se colocan algunos tubos de pequeño diámetro.

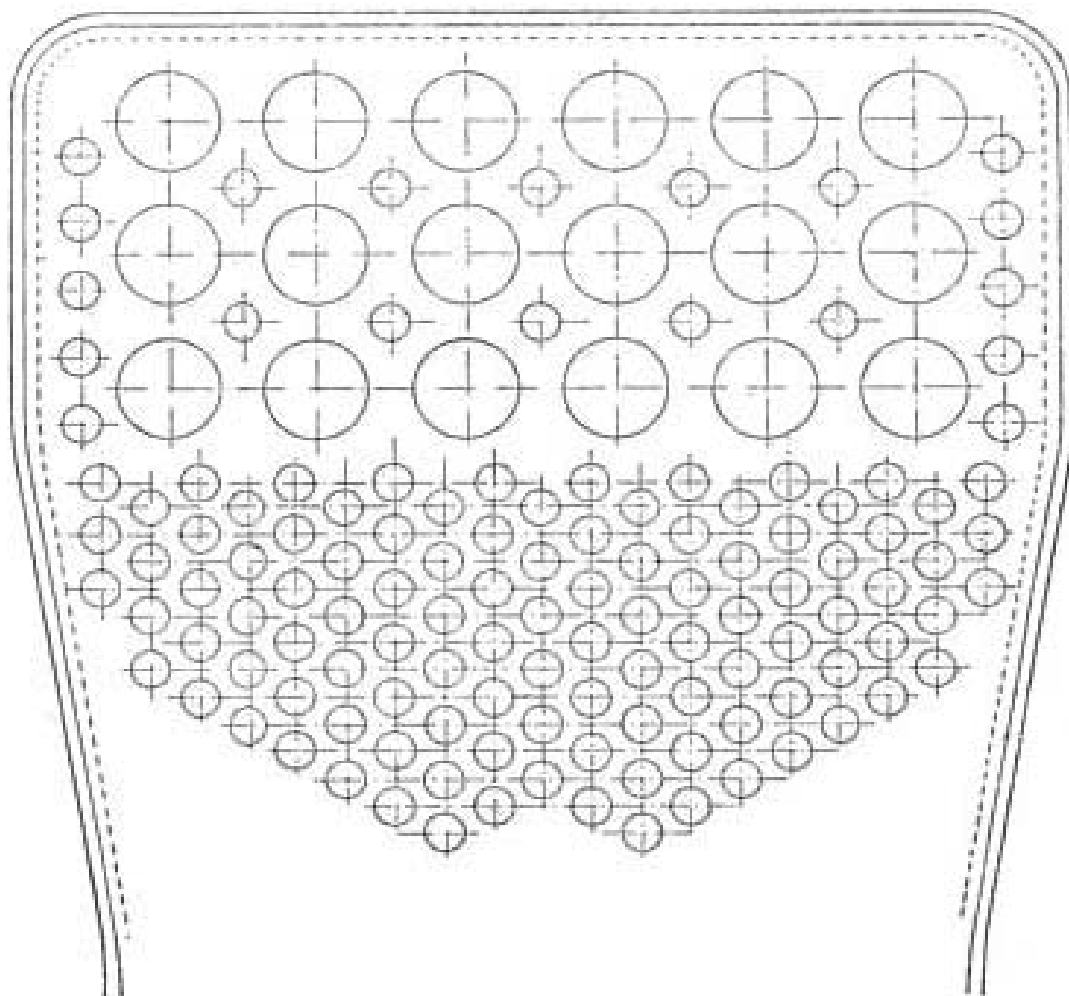


Fig. 185 – Disposición tubular en hileras verticales, con tubos grandes para recalentador, y tubos pequeños entre los mismos y sobre los lados.

Los tubos pueden impedir la separación de las dos placas tubulares, actuando como tirantes; pero comienzan por empujar las placas y tienden a separarlas, porque se dilatan más por el calor que la chapa del cuerpo cilíndrico, siendo sometidos a una temperatura más elevada.

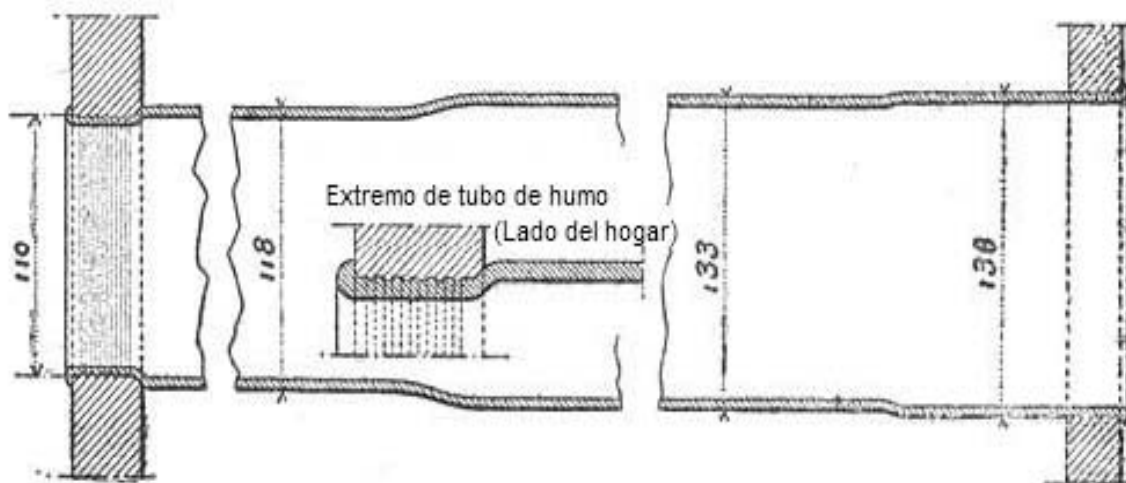


Fig. 186 – Tubo grande para recalentador (Est). Montaje sobre placa tubular del hogar en cobre.

Con el fin de aumentar la superficie en contacto con los gases calientes, Serve proveyó los tubos de aletas interiores (fig. 182 y 187).

Las experiencias del P.L.M. y del Norte pusieron de manifiesto que la superficie de calefacción de los tubos de aletas, contada siguiendo la sinuosidad de su sección, era equivalente al 92% aproximadamente de una misma superficie interior de tubos lisos.

El interés principal de estos tubos es permitir la disminución del haz tubular, utilizando al mismo tiempo mayores diámetros y debilitando menos las placas tubulares.

Así pues, un tubo de 4,50 m de longitud en tubo liso de 45 x 50 mm puede ser sustituido por un tubo aleteado de 60 x 65 mm, de 3,40 m de longitud, sin disminución de rendimiento. Es esta propiedad, como lo tenemos ya indicamos, la que fue utilizada en las primeras compound de boguees del P.L.M. Es lo que volvió posible más recientemente la transformación de las locomotoras Pacific del P.O. de tubos lisos de 50 x 55 mm de diámetro y de 5,90 m de longitud en locomotoras 240 de tubos Serve de 60 x 65 mm y de sólo 4,25 m entre placas.

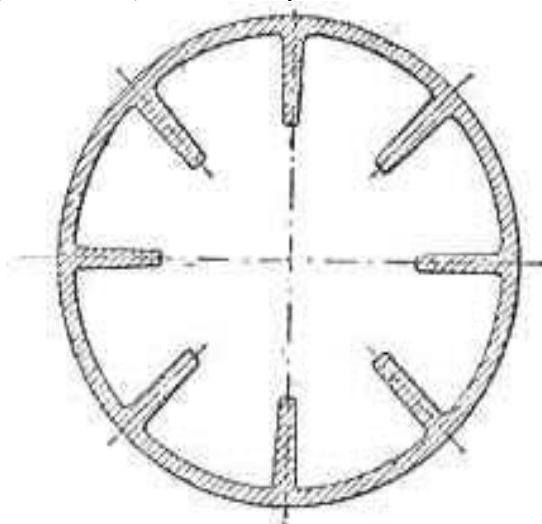


Fig. 187 – Tubo Serve, con aletas

Las aletas se eliminan en los extremos de los tubos, con el fin de permitir el mandrilado (fig. 182).

Los tubos de aletas pesan un poco más y cuestan más caro que los tubos lisos a los que sustituyen. Por ejemplo, sobre locomotoras del Estado, se montaron 93 tubos de aletas de 70 mm (exterior) sustituyendo a 192 tubos lisos en hierro de 49 mm. El conjunto de tubos pesa 2.960 kg en vez de 2.400 kg⁽¹⁾.

Algunas locomotoras del Norte y el Oeste tienen tubos lisos sobre una parte de su longitud, al principio del hogar, y provistos de aletas sobre la otra mitad (tubos compuestos).

22. Caja de humo. —La caja de humo está formada por un anillo que prolonga el cuerpo cilíndrico, o tiene un mayor diámetro: la placa tubular entonces se remacha sobre un ángulo circular, que rodea el primer anillo del cuerpo cilíndrico; los bordes se embuten y reciben el anillo de la caja de humo.

La puerta de la caja de humo debe cerrarse herméticamente, porque los ingresos de aire perjudican al tiro y permiten la combustión de la carbonilla en la caja. A las antiguas puertas de dos marcos, complicadas y de difícil sellado, las substituyó la puerta redonda (fig. 188), en la que el empuje ejercido en el centro por el tornillo de sujeción la hace apoyar sobre el perímetro. Se añaden cerrojos que apoyan en los bordes.

En la puerta tipo del “Norte”, utilizada sobre las recientes máquinas de la S.N.C.F., el volante de sujeción se prolonga hacia el interior de la caja de humo (fig. 189); actúa sobre la extremidad de un travesaño en el centro del cual se fija la puerta.

Para impedir la salida de chispas por la chimenea, una parrilla con barrotes espaciados 10 mm. (fig. 190), obligatoria en Francia, se monta en la caja de humo. Los pasajes que esta parrilla no cubre tienen un cierre especial: para ello se colocan chapas perforadas sobre los lados de los escapes variables a válvulas (fig. 196).

1. Esta ligera diferencia de peso puede encontrarse compensada, si el volumen de los tubos Serve es mayor que el volumen de los tubos lisos que ellos reemplazan: por lo tanto, la cantidad de agua contenida en la caldera se ve reducida. En el ejemplo mencionado, el volumen ocupado por los dos tipos de tubos es aproximadamente el mismo.

Capítulo II - Caldera

Hoy las parrillas están más bien dispuestas en superficies cónicas o cilíndricas entre el tubo de escape y la chimenea (fig. 191, 205, 206, 207, 208).

Están constituidas por barrotes paralelos, por tela de alambre redondos o por metal desplegado, este último con orificios en forma de rombo.

Para que la parrilla sea lo suficientemente eficaz, conviene reducir el ancho de las mallas a 6 mm e incluso a 4 mm, en las regiones donde los incendios sean especialmente peligrosos.

Con esta última dimensión, las parrillas obstruyen un tanto el tiro, pero es un inconveniente que se debe aceptar.

El deflector americano (fig. 192) rebote los gases salientes de los tubos hacia el fondo de la caja de humo, con el fin de distribuir mejor la corriente entre los tubos, pero aumenta notablemente la resistencia al paso de los mismos. Al mismo tiempo realiza el “self-cleaning” es decir, drenaje automático de la caja de humo en marcha, por la corriente gaseosa que viene a barrer el fondo anterior de la misma, donde la carbonilla tiende a acumularse.

Las opiniones de los fabricantes han variado en el tiempo con respecto a las dimensiones de la caja de humo. Durante mucho tiempo se pensó que era conveniente para el tiro, hacerla lo más pequeña posible; luego, hacia el año 1880, fue, en los Estados Unidos, que construyeron cajas de humo de enorme longitud, que se consideraban como regularizando el tiro; estas extensas cajas tenían por otro lado la ventaja adicional de retener una gran cantidad de carbonilla; por este último motivo, sobre todo, se las adoptó en Europa. Es sobre todo la distancia comprendida entre la tobera de escape y la puerta de caja de humo, la que cuenta a este respecto.

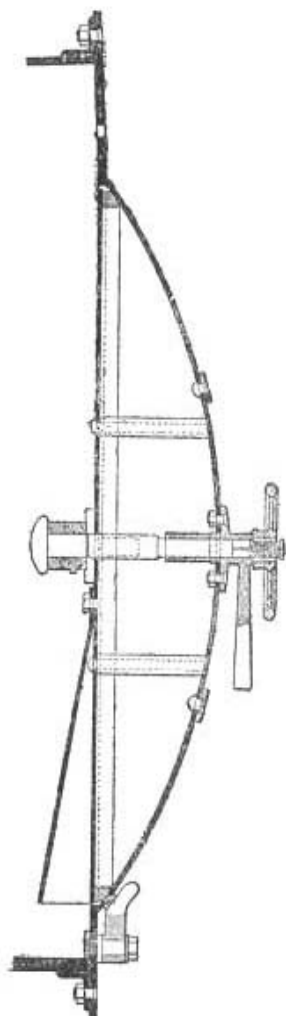


Fig. 188 – Puerta redonda de caja de humo, con cerrojos sobre el perímetro (Est)

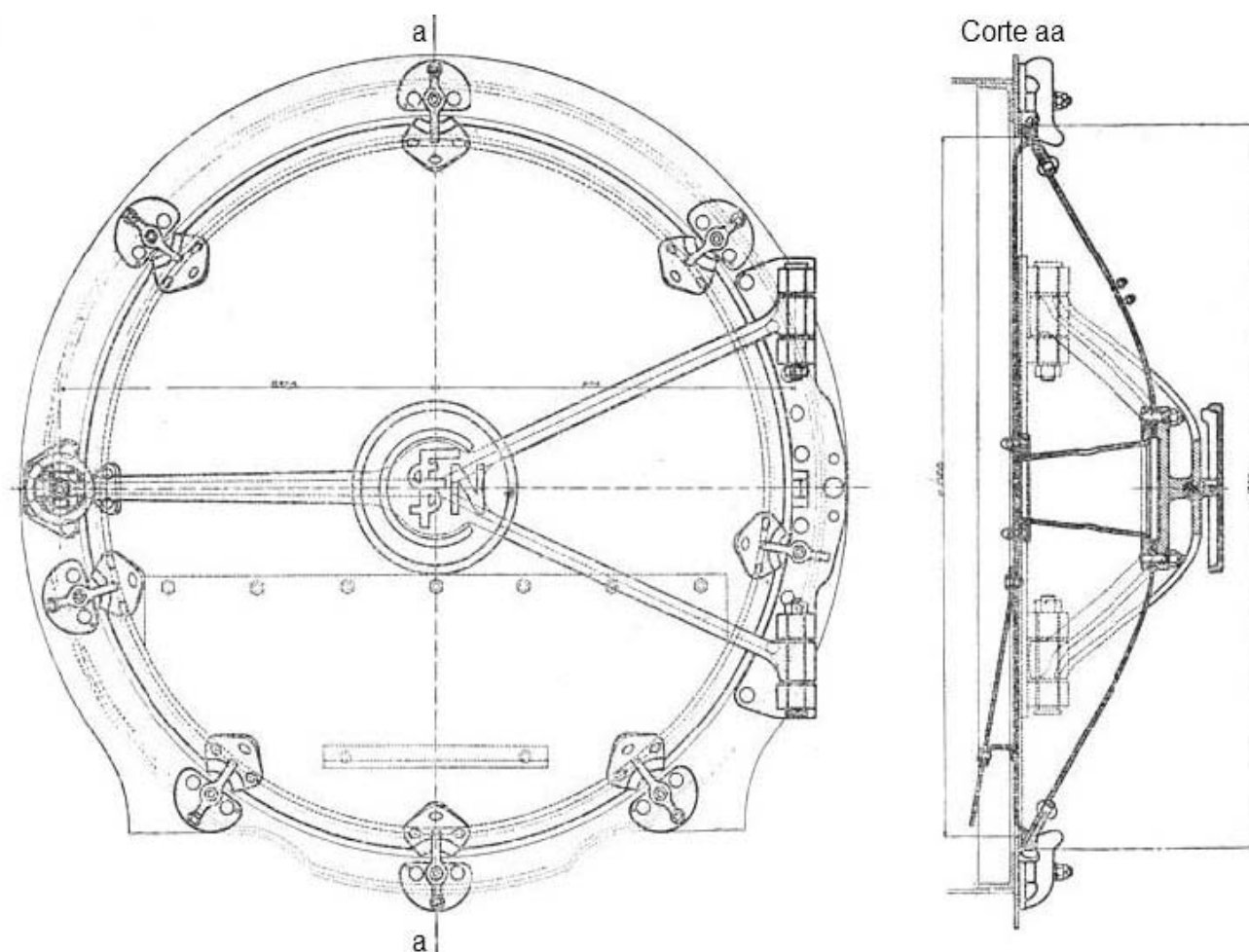


Fig. 189 – Puerta de caja de humo tipo Norte, adaptada sobre las locomotoras 141 P, 150 P, 050 TQ y 151 TQ de la S.N.C.F.

Las carbonillas se acumulan, en efecto, sobre el frente, y cuando alcanzan un determinado nivel, o son arrastradas a la chimenea, si la parrilla parachispas tiene mallas demasiado amplias, o si esta última se bloquea, el tiro se reduce y la producción de vapor cae. El efecto del volumen de la caja de humo sobre el tiro parece minúsculo.

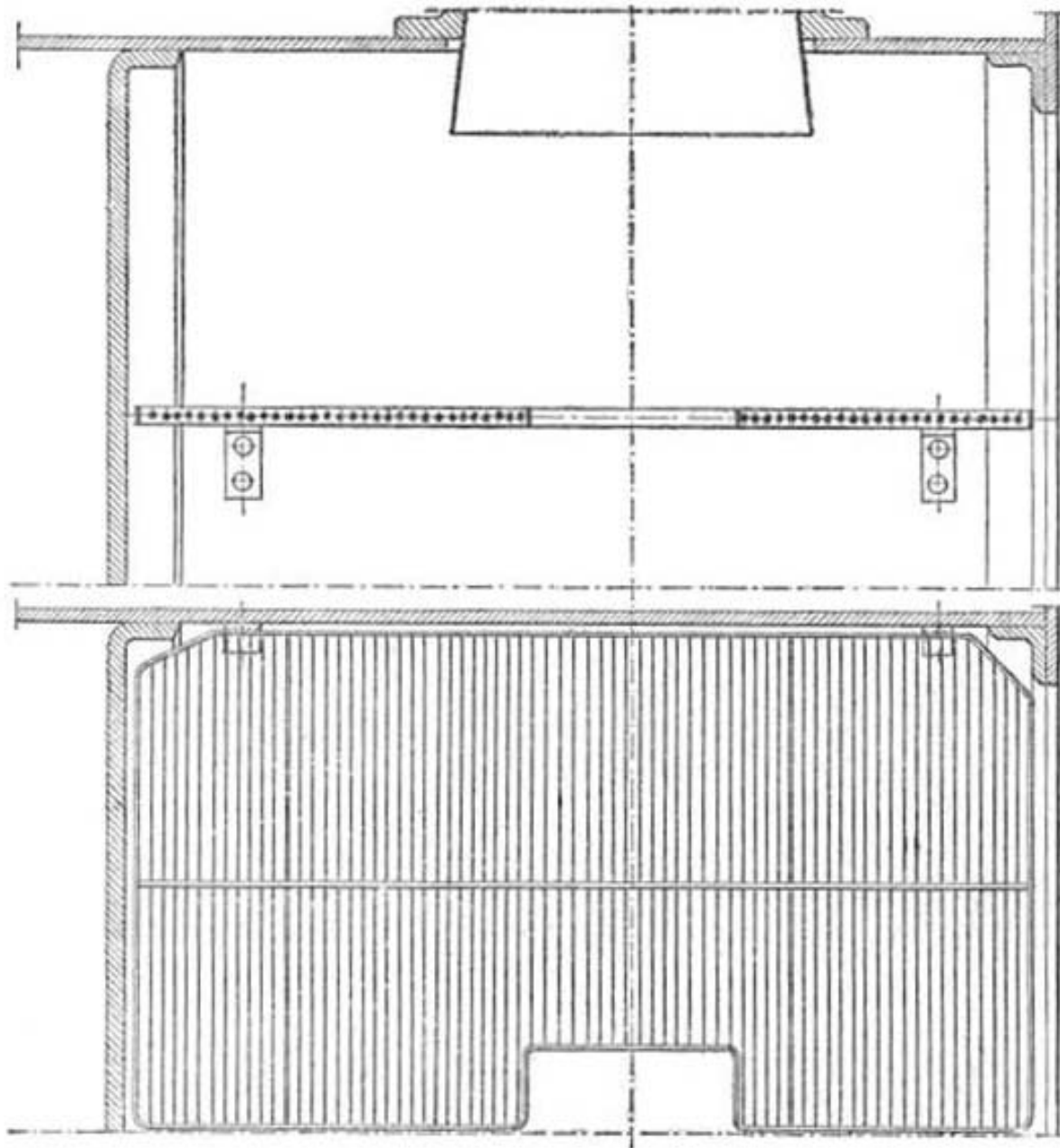


Fig. 190 – Parrilla a pavesas, con vacíos de 10 mm.

Esta dimensión viene determinada sobre todo por el lugar disponible sobre el bastidor, cuando los tubos de humo tienen una longitud conveniente.

23. Chimenea. — Se admite que es bueno darle una altura al menos igual a tres veces su diámetro menor, pero sobresalen una menor altura. La penetración en la caja de humo compensa en parte la insuficiencia de la parte exterior.

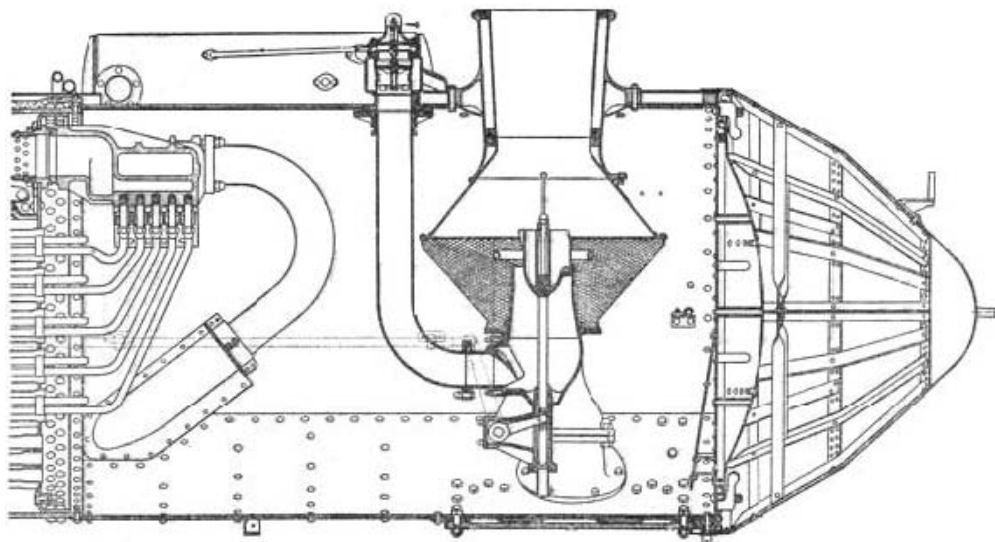


Fig.- 191, — Caja de humo de las locomotoras 241 A, del P.L.M. con escape en trébol.

Presenta, sobre la tobera de escape, una desembocadura con forma de embudo invertido. Las chimeneas son a veces cilíndricas, pero es preferible la forma ligeramente ensanchada hacia arriba⁽¹⁾. El diámetro es siempre bajo: es generalmente de 350 a 400 mm en la parte más estrecha, e incluso menor⁽²⁾. No obstante, los estudios más recientes pusieron de manifiesto que estas dimensiones eran muy insuficientes para las potentes locomotoras modernas. Por ello máquinas Pacific o Mikado deberían tener chimeneas de al menos 600 mm de diámetro. Esto es lo que ha sido hecho por el Reichsbahn a partir de 1921 sobre sus tipos normalizados.

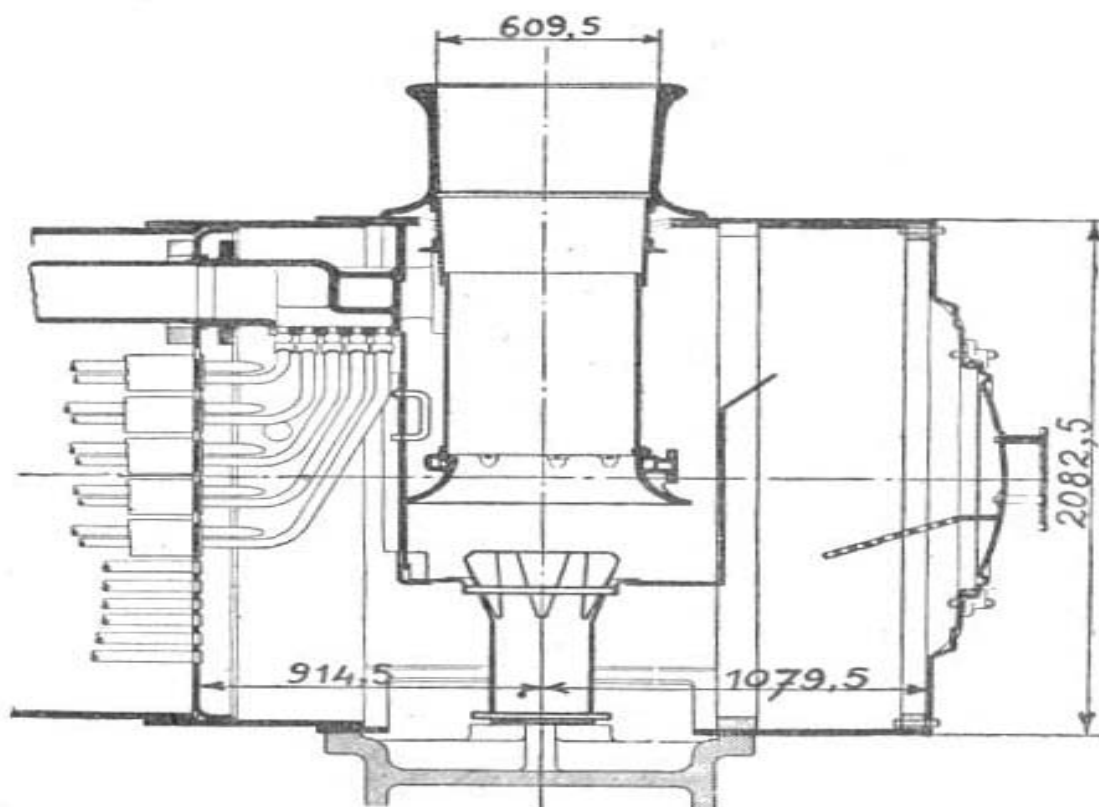


Fig. 192 – Caja de humo y escape con deflector (último tipo) del Pennsylvania; aplicación a las locomotoras K4

El rendimiento de tales chimeneas resulta no obstante irregular sobre máquinas cuyo cuerpo cilíndrico es muy alto, y dónde por consecuencia la distancia posible entre la parte inferior del conducto y el remate de la chimenea es demasiado escasa.

1. Según Von Borries, la mejor inclinación para las paredes de la chimenea sería la de 1 /12.

2. Locomotoras consolidación del P.L.M., diámetro mínimo 328 mm máximo 456 mm; Mikado y Pacific del P.L.M., 356 y 436 mm.

Se tiene entonces interés, como lo habían hecho Nozo y en el Norte, a partir de 1863, sobre una Crampton que poseía cuatro chimeneas, dividiendo el aparato de tiro en varios dispositivos montados en paralelo, presentando pues chimeneas de diámetro normal y pudiendo funcionar correctamente. Es lo que hizo a M. Legein con éxito en el Estado Belga a partir de 1925 utilizando chimeneas dobles y es lo que se hizo también el P.O., en 1929, sobre las primeras locomotoras Pacific transformadas. En los Estados Unidos, ya se habían intentado, al mismo tiempo, máquinas con chimeneas cuádruples, sin que esta solución se haya extendido, dado que casi siempre se conservó la única chimenea, aunque presentara en general, habida cuenta de las dimensiones de las máquinas a las cuales se aplica, secciones claramente insuficientes.

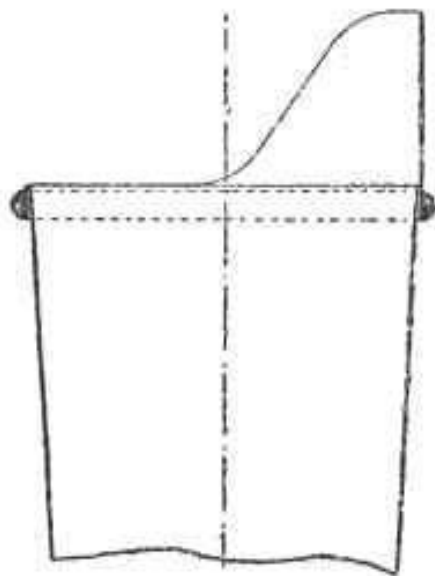


Fig. 193 – Chimenea con visera

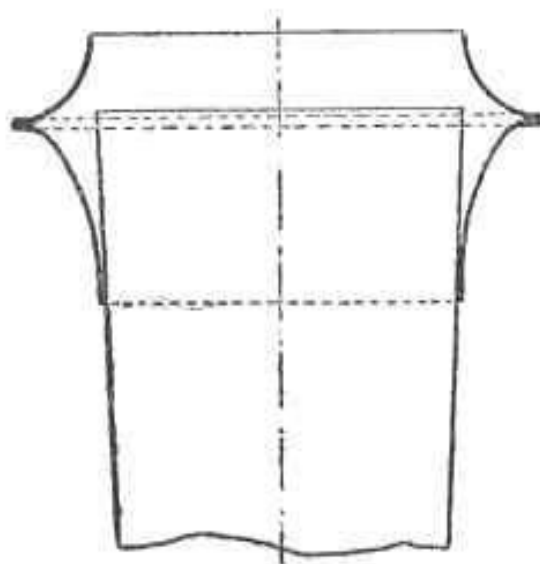


Fig. 194 – Chimenea con capitel

Se provee a veces a la chimenea de una visera colocada en la parte anterior (fig. 193), lo que aumenta ligeramente el tiro; el capitel (fig. 194) puede que tenga una acción similar, pero se coloca sobre todo con una intención decorativa.

Los ceniceros cerrados vuelven menos útiles los capuchones giratorios (tapas) sobre las chimeneas: sin embargo se los conserva a menudo (fig. 205). Para evitar la proyección de las chispas, sobre todo con la calefacción a leña, se rodea la chimenea de una cubierta, que recoge las partes sólidas rebatiéndolas mediante un cono provisto de aletas. Esta es la llamada “chimenea rusa” (fig. 195).

24. Escape. — La disposición del escape tiene una gran influencia sobre la producción de la caldera. La parte superior de la tobera, por la que sale el vapor, no debe elevarse demasiado; en las antiguas locomotoras de vapor saturado, teniendo un haz tubular homogéneo, se admitía que no debía superar el nivel de la hilera superior de tubos, para obtener un tiro bien distribuido sobre toda la superficie de la parrilla.

La tobera de escape constituye, junto con la chimenea, un dispositivo de arrastre de los gases, que presenta analogías de funcionamiento con un inyector (§ 27). La tobera de escape corresponde al cono de vapor del inyector, y la chimenea, al divergente: no se encuentra el equivalente de los conos de arrastre y de mezcla del inyector, excepto cuando se hace uso del *petticoat* (palabra inglesa que significa *falda*) (fig. 202).

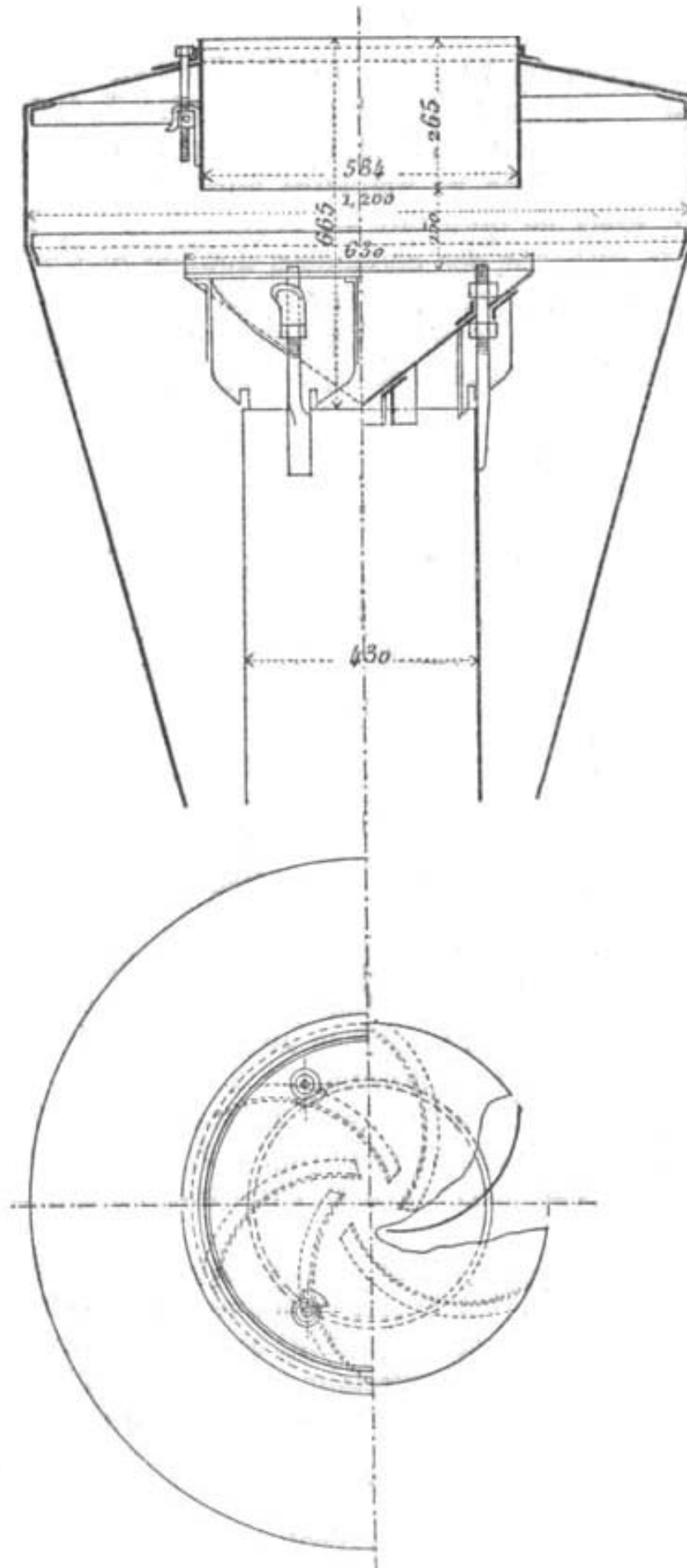


Fig. 195 – Chimenea de locomotoras calentadas a leña

Capítulo II - Caldera

Los conductos de escape deben trazarse sin curvas bruscas, y de modo que no se opongan a la corriente de vapor que viene de los cilindros. Son detalles estudiados por los constructores de la locomotora, y el mecánico los debe mantener tal como se realizan. Puede no obstante comprobar si, en el escape a válvulas, empleado durante mucho tiempo en Francia (fig. 196), las dos válvulas se abren y cierran simétricamente.

Si la distribución está bien estudiada y bien regulada, los cuatro golpes de escape, por vuelta de rueda, se suceden a intervalos iguales: pero no es raro que la distribución presente, en algunas posiciones de marcha, pequeñas irregularidades inevitables.

La tobera de escape fija está formada por un tubo de apertura invariable; con el escape variable, un mecanismo permite hacer variar la sección de la apertura.

Para activar la combustión, y por lo tanto la producción del vapor, se reduce la sección del conducto (se estrangula el escape); se aumenta así la velocidad del chorro de vapor que arrastra los gases del hogar. La estrangulación del escape no se realiza sin inconvenientes: al reducir la sección de paso del vapor, aumenta la contrapresión sobre los pistones durante el escape; con una tobera muy reducida, esta contrapresión, que debería apenas superar la presión atmosférica, toma un valor doble e incluso mayor: el trabajo entregado por el vapor se reduce. Si bien se produce más vapor, se lo utiliza peor. Además un escape muy estrangulado causa arrastres de combustible. Es pues muy importante que la reducción esté siempre bien adaptada a las necesidades. Como regla práctica, entre el personal local, se acostumbraba a dar al diámetro de la tobera, en una locomotora de dos cilindros de simple expansión, una quinta parte del diámetro del cilindro si la máquina quemaba leña, un cuarto si quemaba carbón y un tercio si quemaba petróleo. También contaban los viejos maquinistas del galpón Pergamino, que, a las 600 de la Compañía General, les colocaban un anillo para reducir este diámetro, y que, en las revisiones anuales en Riachuelo, lo quitaban, y había que volver a colocarlo.

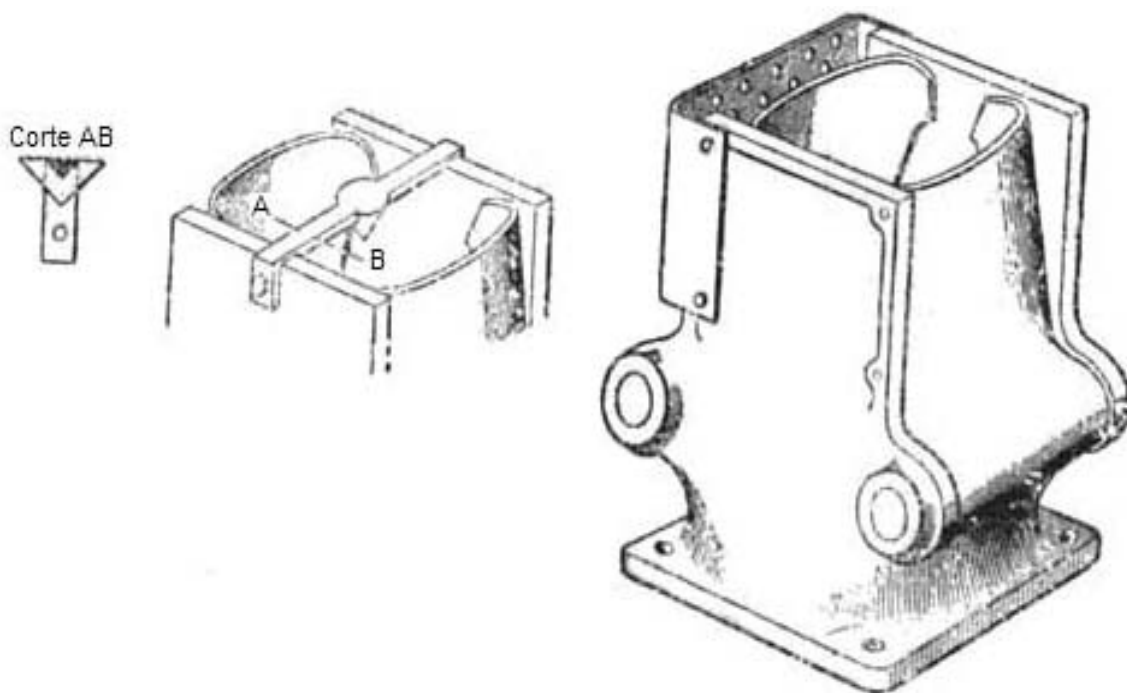


Fig. 196 – Escape variable a válvula; barra a través del conducto; chapa perforada que completa el parachispas.

En realidad, se tiene interés en ir con un escape más bien estrangulado, ya que la conducción se facilita y se retrasa así la formación de escorias, que crean las peores dificultades con algunos carbones y que son extremadamente perjudiciales cuando se trata de hacer largos trayectos sin limpiar el fuego.

Con los escapes fijos, que son regulados inicialmente por los servicios de pruebas, el personal no tiene ya que intervenir para modificar la estrangulación; debe adaptarse a esta situación y garantizar un trabajo conveniente del fuego. La experiencia prueba que los foguistas adquieren así más rápidamente el control de su oficio y finalmente los escapes fijos, que existen desde hace tiempo sobre la mayoría de las redes del mundo, han terminado por reunir una adhesión casi total.

Y es necesario reconocer que, incluso allí donde se creyó indispensable el escape variable, la experiencia pone de manifiesto que el personal de las máquinas deja casi siempre este escape en una misma posición que da un estrangulamiento bastante fuerte, y sólo hay para aumentar esta restricción, de vez en cuando y tal vez de una manera excesiva.

El escape posee, en efecto, la propiedad notable de adaptar automáticamente el tiro a la marcha, siendo éste mayor en tanto sea mayor la cantidad de vapor utilizado que se escapa por la tobera.

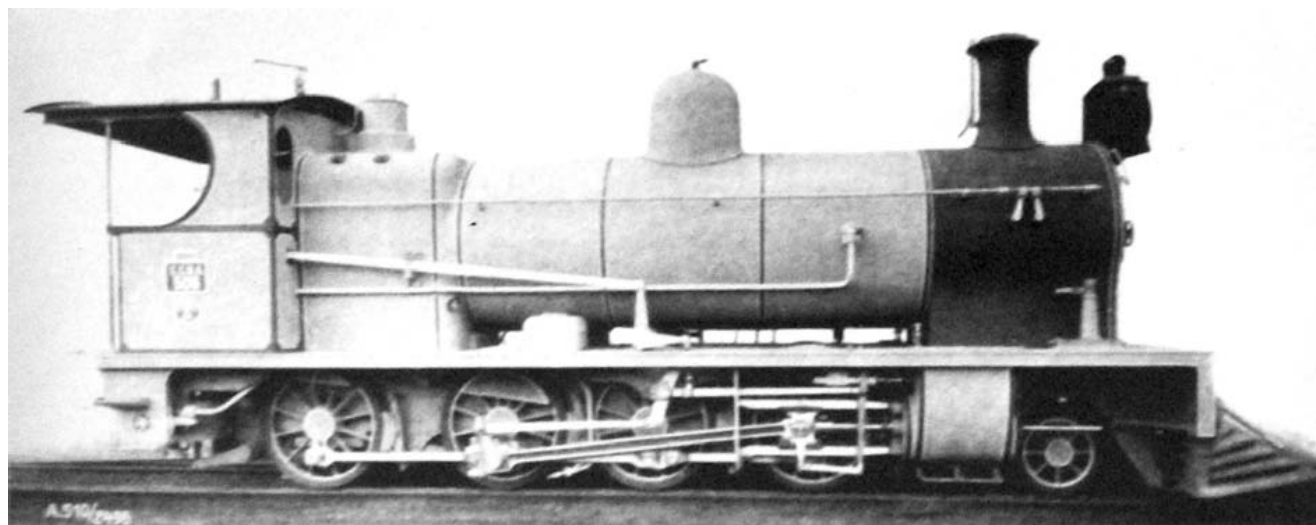


Fig. 197 – Locomotora serie 500 de la C.G.B.A., con escape variable. Foto de fábrica

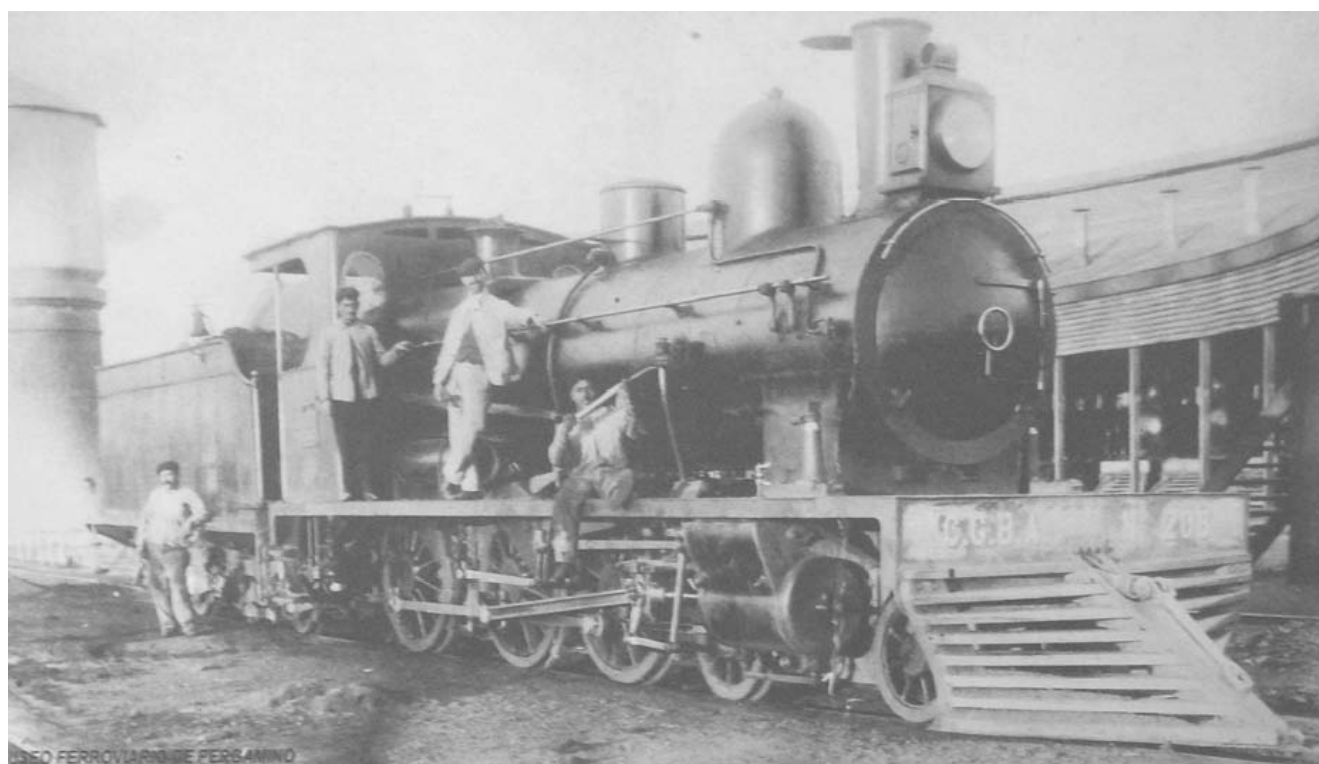


Fig. 198 – Locomotora 206 de la C.G.B.A., con escape variable.

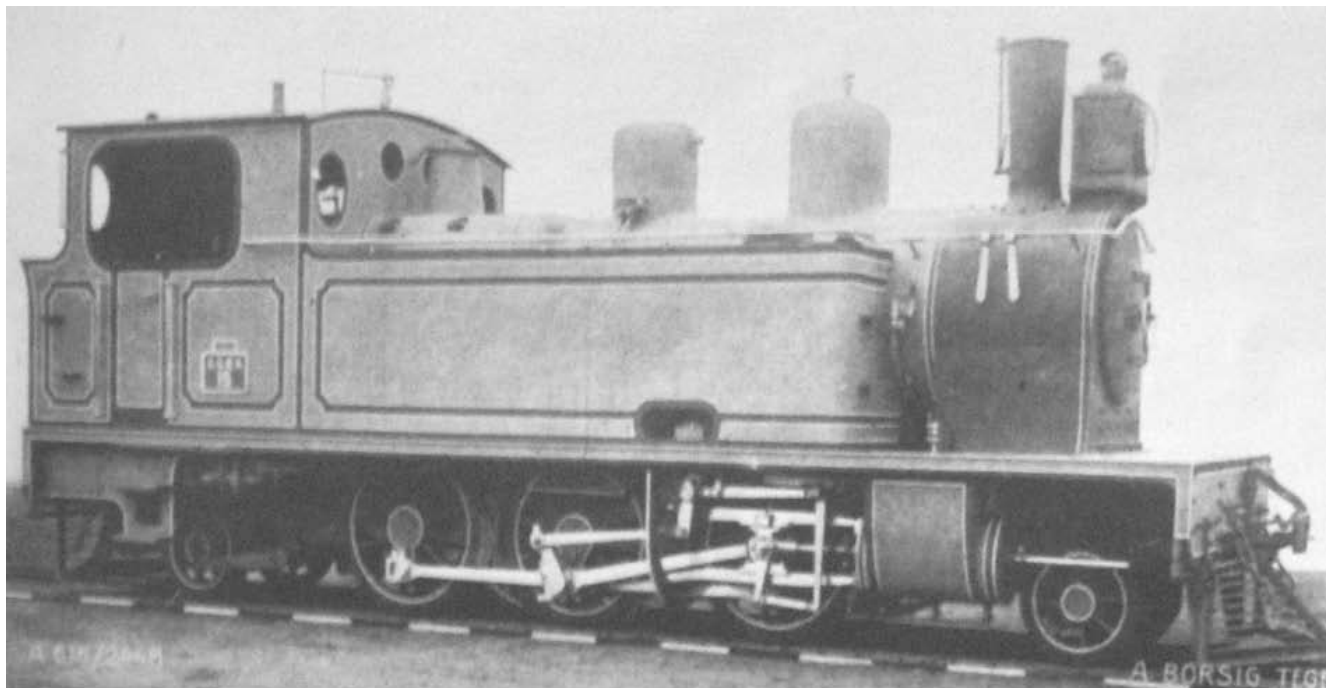


Fig. 199 – Locomotora 15 de la C.G.B.A., con escape variable.

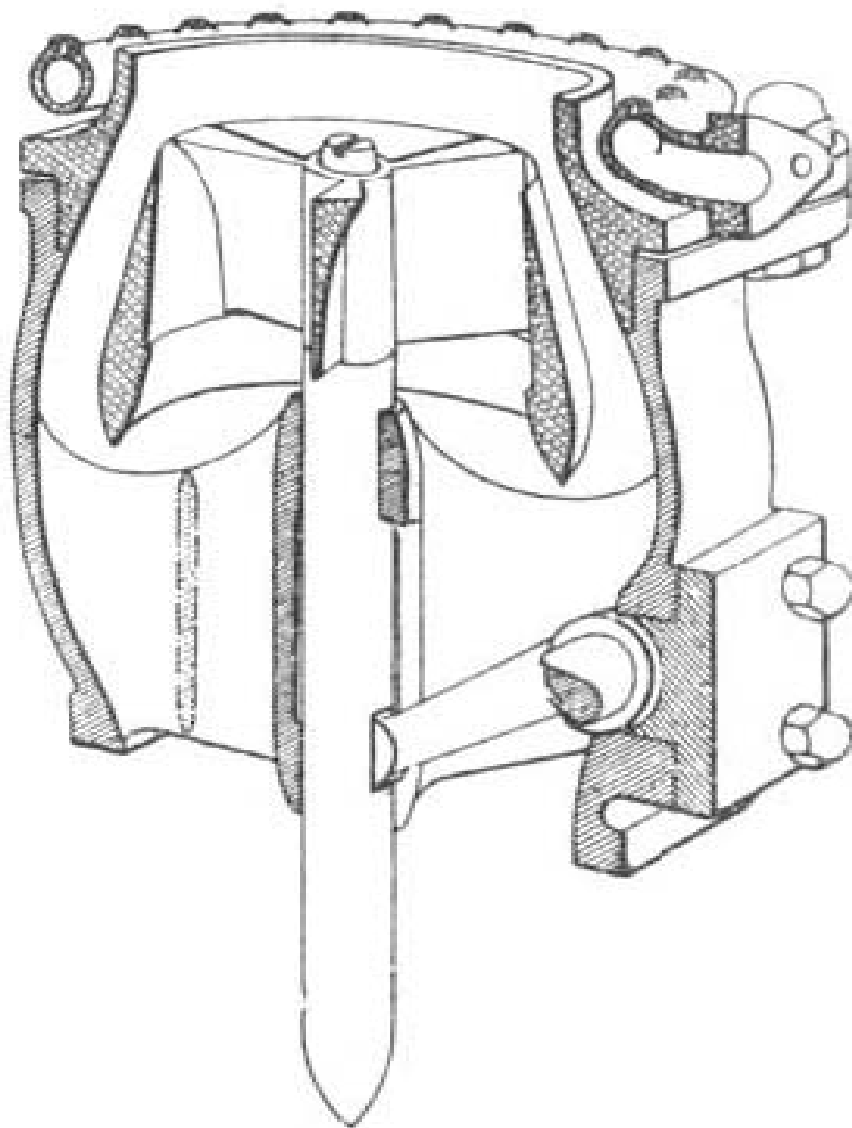


Fig. 200 – Escape del Nord, variable, con conducto central móvil y soplador anular.

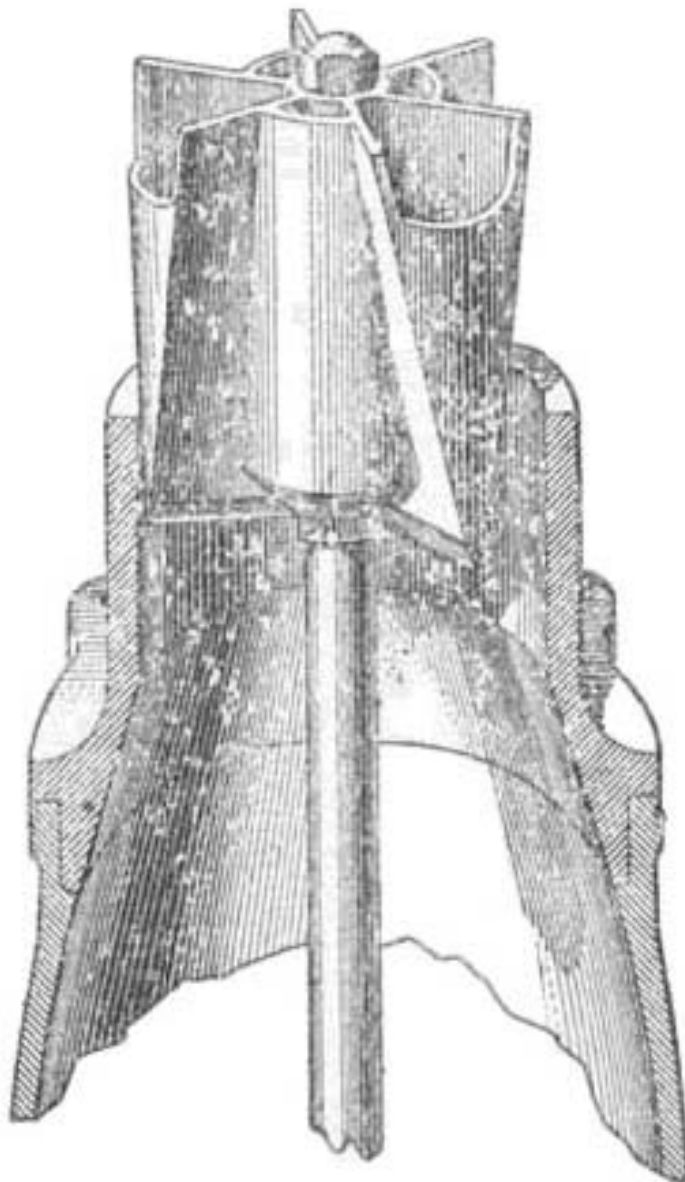


Fig. 201 – Escape P.L.M., en forma de trébol, con núcleo central móvil.

La experiencia pone de manifiesto que el peso de los gases producidos por la combustión de 1 kg de carbón varía de 16 kg a 13 kg aproximadamente de régimen suave a régimen fuerte. Ahora bien: el agua vaporizada al mismo tiempo por este kg de carbón cae de 8 a 6 kg aproximadamente, aunque el peso de los gases que debe aspirar cada kg de vapor que se escapa de los cilindros es sensiblemente constante, permaneciendo incluida entre $16/8$ y $13/6$ es decir, entre 2 y 2,17 kg.

Como los ensayos han puesto de manifiesto también que la relación entre la cantidad de gases aspirados y el peso de vapor aspirante es proporcional a la relación entre la sección de la chimenea y la sección del conducto, se ve porqué un conducto fijo puede resultar satisfactorio prácticamente en todos los casos.

Lo que es necesario guardarse de hacer en cualquier caso, con escapes variables, es ir con un escape flojo pensando que habrá siempre tiempo de estrangularlo aún más si la necesidad se hace sentir. En efecto, entonces comenzará a darse cuenta que la producción de vapor es deficitaria, la insuficiencia de tiro del principio habrá tenido como consecuencia de determinar la formación de escorias y, más que nada, que a partir de este momento, fuera de una limpieza del fuego, no se podrá restablecer la situación comprometida por esta maniobra torpe.

La utilización racional del escape variable exige, al contrario, que se comience con un estrangulamiento más bien fuerte, capaz de encender bien el fuego, y se lo aflojará ligeramente más tarde si la producción de vapor resulta excesiva.

Capítulo II - Caldera

Algunos escapes antiguos eran anulares; el vapor salía a través de una corona incluida entre dos conductos concéntricos; los gases se aspiraban exterior y centralmente dentro de la capa de vapor. Los resultados obtenidos eran favorables, pero los conductos se deterioraban rápida e irregularmente.

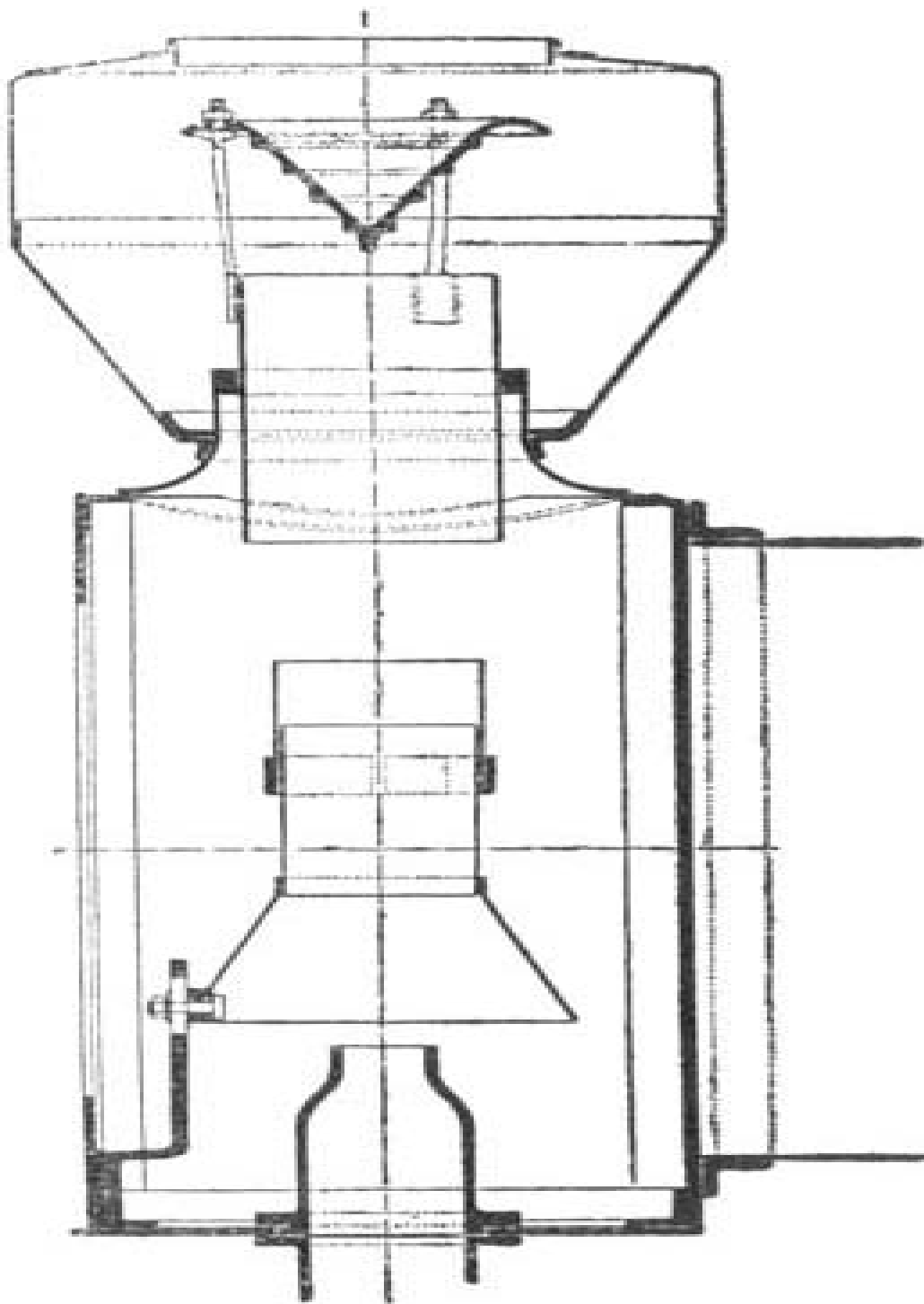


Fig. 202 – Escape circular fijo provisto de petticoat; chimenea con cono deflector y depósito de carbonilla, de los Ferrocarriles de Nueva Zelanda.

Se mejoran los escapes ordinarios, colocando a través del conducto, a igual distancia de las dos válvulas, una barra (fig. 196). Esta barra tiene forma de cuña, cuyo borde divide en dos partes iguales al chorro de vapor; además, puede o no llevar en su parte media un cono destinado a abrir el chorro en todos los sentidos. Generalmente, la división del chorro de vapor parece mejorar su acción.

El escape variable de la figura 200, estudiado por el “Norte”, incluye un conducto central móvil, que se puede bajar para aumentar la sección de paso. El perfil cónico interior del conducto central es ligeramente divergente; así mismo el orificio anular generado por este conducto parcialmente bajado es divergente.

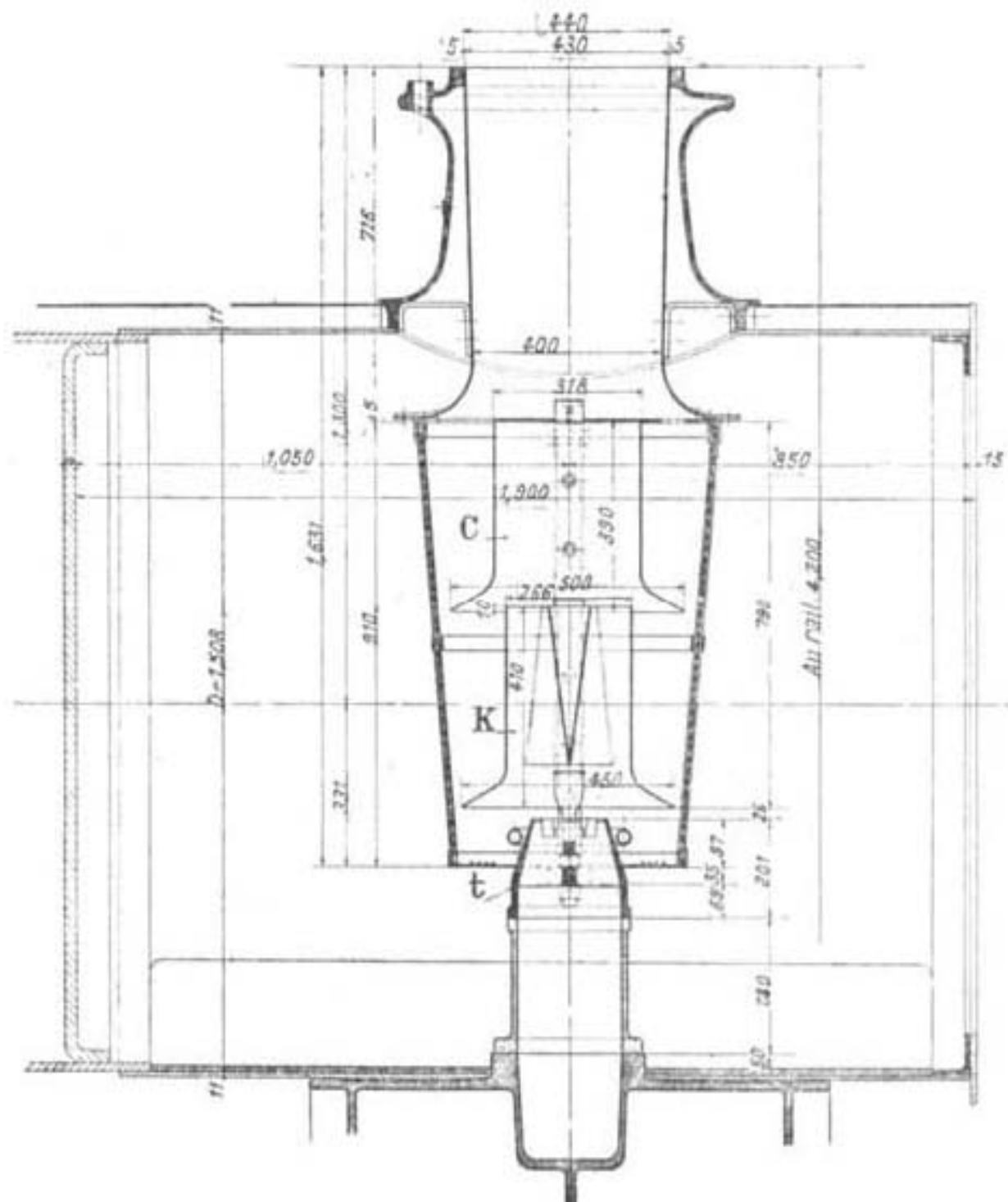


Fig. 203 – Escape Kylchap modelo 1K/1C de las locomotoras 5.600 del P.O.

Las tres aletas del conducto central tienen una forma helicoidal el escape P.L.M., en forma de trébol (fig. 201), incluyen un conducto fijo, con núcleo central móvil, de desplazamiento vertical. Este núcleo ofrece al vapor tres aperturas, cuya sección, tomado a la salida del conducto, varía según la altura que se le dé.

Sobre las locomotoras Pacific del P.L.M., el empleo de este escape miente permitió aumentar un 15% las cargas remolcadas. A mediados del año 1925, se aplicaba a 2.400 locomotoras del P.L.M., y a 3.000 locomotoras de otras redes.

En algunos sistemas de escape (escapes escalonados), se superpone una sección de tubo con embocadura (fig. 202), que los Americanos llaman *petticoat*; una porción de los gases calientes es llevada a través de este tubo directamente por el chorro de vapor, el resto es arrastrado a la chimenea por la corriente gaseosa que sale de este tubo. Se mejora así el efecto de impulsión del vapor sobre los gases y se regulariza el tiro a través del haz tubular.

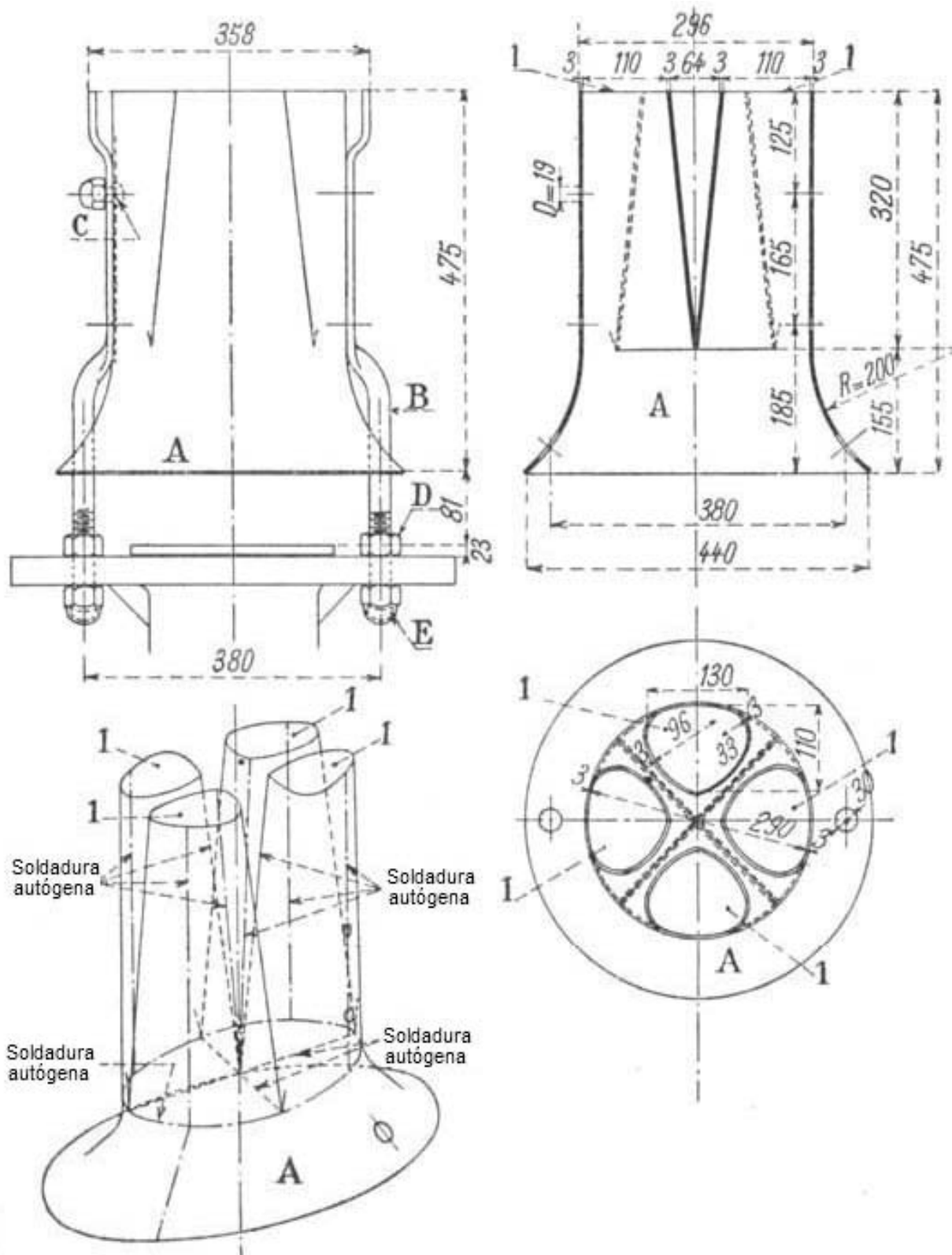


Fig. 204 - Detalles del suplemento múltiple Kylälä

Para obtener su pleno efecto el petticoat debe no obstante diseñarse convenientemente, habida cuenta de las dimensiones de la caldera y la chimenea, y colocarse a una distancia suficiente de esta última y del borde de la tobera, para que actúe efectiva y favorablemente en el funcionamiento del escape.

El sistema de escape de una locomotora es un órgano de primordial importancia, puesto que da a la caldera su enorme producción. Pero es un órgano cuyas disposiciones deben adoptarse de una manera muy precisa, y que es difícil establecer de una manera enteramente satisfactoria; la variedad de los tipos en servicio es una prueba de esta dificultad.

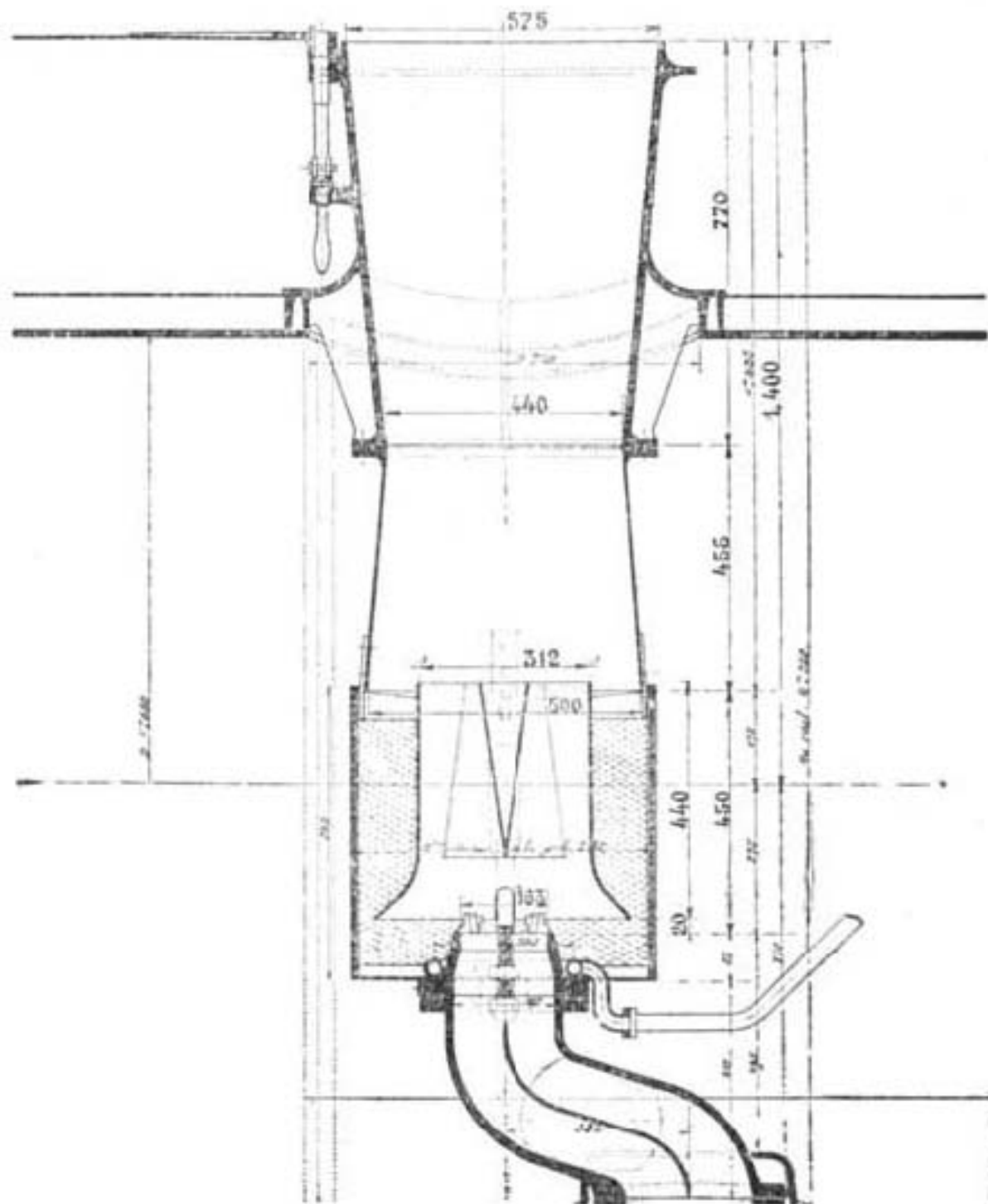


Fig. 205 – Escape Kylchap con modificación del tubo C de la figura 203 (Tipo 1K/T) (Aplicado a una locomotora *Pacific*).

Por una parte, se pide al escape producir un tiro intenso pero regular y bien distribuido sobre la superficie de la parrilla, sin arrastre de combustible, y debe prestarse a una producción variable de vapor. Por otra parte estos efectos deben obtenerse sin exagerar la contrapresión del vapor sobre los pistones, contrapresión que reduce notablemente el trabajo motriz cuando sobrepasa demasiado a la presión atmosférica.

El trabajo que podría teóricamente dar el vapor de escape, cuya presión sobrepasa la de la atmósfera, es desaprovechado por la mayoría de los sistemas. Para su mejor utilización, se propuso que impulsara una turbina, que accionaría un ventilador, aspirando los gases del hogar y enviándolos a la chimenea. La complicación y los gastos de mantenimiento de este mecanismo desaconsejaron su empleo. El tiro por ventilador se vuelve, no obstante, necesario, cuando, en algunas locomotoras, el vapor de escape se envía a un condensador.

Capítulo II - Caldera

Los sistemas de escape se han sometido, por otra parte, a pruebas metódicas, y los nuevos tipos que resultan dan resultados interesantes. Entre los más recientes, el escape Kylälä se aparta de las disposiciones usuales. El Kylchap (Kylälä y Chapelon), que se deriva de él, se aplica a numerosas locomotoras del P.O. y de otras redes.

Las colecciones del Conservatorio de las Artes y Oficios muestran de tamaño natural, este tipo de escape, así como los del Norte (fig. 200) y del P.L.M. (fig. 201), con forma de trébol.

El escape Kylchap (fig. 203 y 204) se ha estudiado para producir la aspiración en varias regiones de la caja de humo, para mezclar bien los gases aspirados con el vapor de escape, y a expulsar esta mezcla con un escaso gasto de trabajo. Comprende una tobera troncocónica t , por el cual sale el vapor procedente de los cilindros, y que termina en una parte cilíndrica muy corta, poco visible sobre la figura, llevando cuatro trozos de barras en cruz, con el fin de dividir el chorro de vapor. Planas en su parte superior, están cortadas en ángulo agudo en su parte inferior. Al volver móviles estas barras, el escape se convierte en variable: levantadas, aumentan la sección de salida.

Al salir de la tobera, el vapor arrastra gases calientes; esta mezcla penetra en los cuatro lóbulos de la tobera Kylälä K.

A la salida de estos conductos, entre los cuales los gases calientes circulan libremente, se arrastran nuevas cantidades de estos gases y la mezcla final se pasa por el tubo cilíndrico G y la chimenea. Una parrilla parachispas rodea los conductos.

Una alternativa (fig. 205) sustituye la tobera cilíndrica G por una troncocónica convergente, teniendo así la siendo forma de trompa.

Sobre locomotoras muy potentes, la altura disponible no basta para dar a las partes del escape las proporciones convenientes. Se aplican entonces dos escapes más cortos, con dos chimeneas una detrás del otro (fig. 206, y 207).

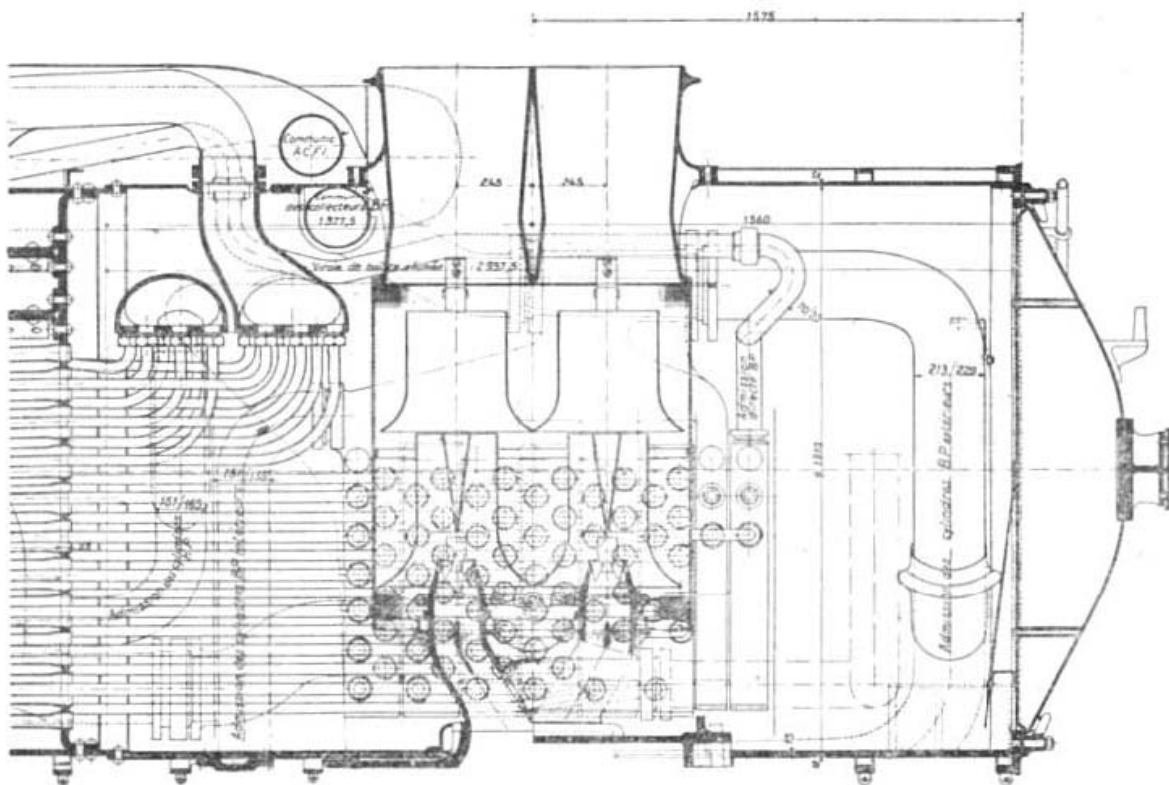


Fig. 206 – Escape Kylchap doble de las locomotoras transformadas del P.O. Ejemplo de aplicación a la locomotora 160 A1 compound, de seis cilindros y recalentador.

La figura 206 muestra el corte longitudinal del escape doble de la locomotora 160 A1 compound de 6 cilindros y recalentador de la Compañía de Orleans, escape idéntico al aplicado a partir de 1929 sobre las máquinas Pacific transformadas de la misma red y que había permitido duplicar el vacío para una misma contrapresión con relación al escape a trébol anteriormente utilizado.

Tras estos resultados, numerosas redes emprendieron a su vez la mejora de sus escapes. El P.L.M. consigue el escape doble escalonado (fig. 207) en el cual la variabilidad se obtiene con ayuda de núcleos móviles de cuatro chorros en vez de los de tres chorros utilizados anteriormente.

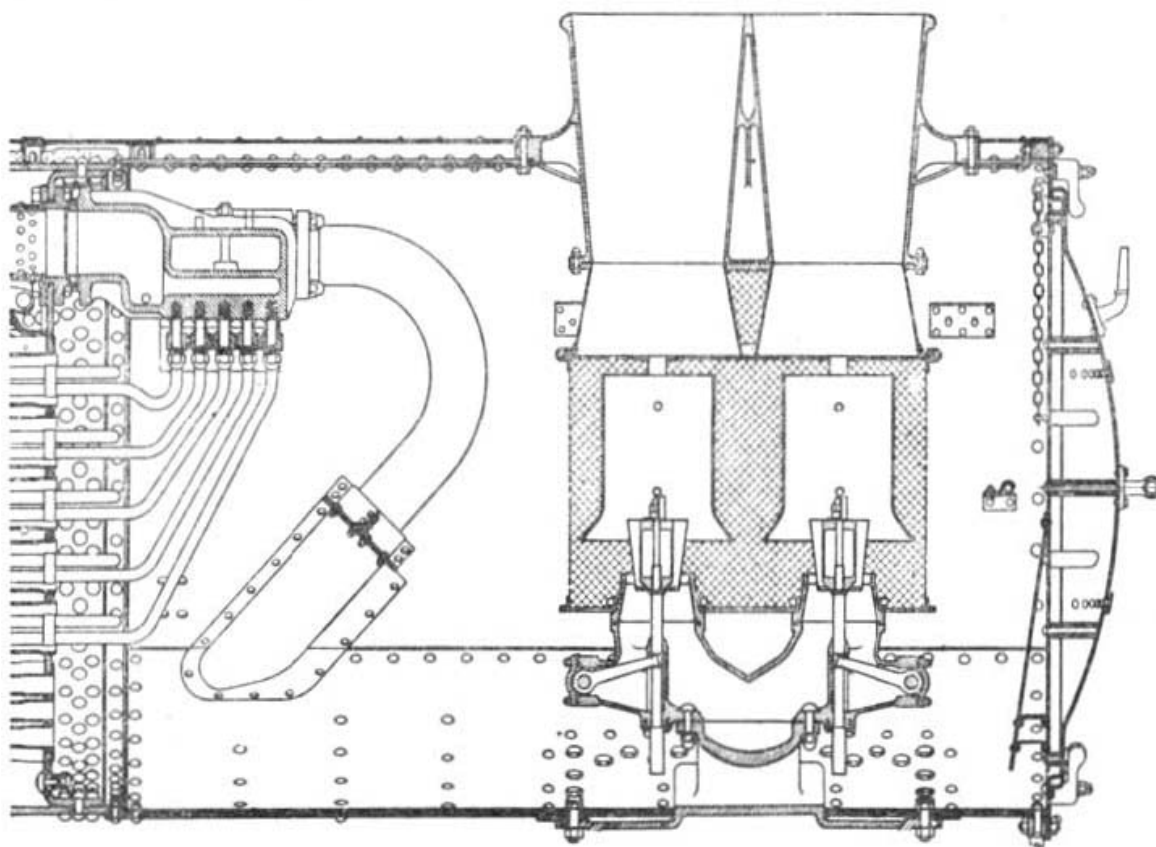


Fig. 207 – Escape doble escalonado y con travesaño móvil de las locomotoras 151 del P.L.M.

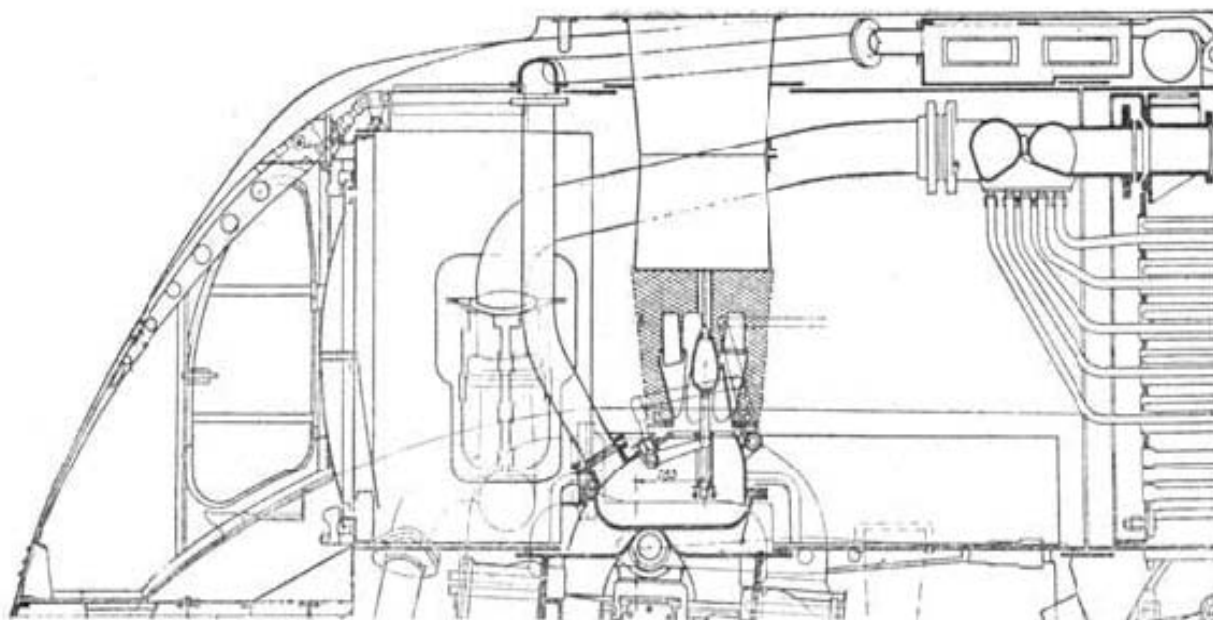


Fig. 208 – Escape Lemaître de las locomotoras 232 R y S del Nord.

El Norte adoptó el escape Lemaître (fig. 208), imaginado por Ingeniero del Norte Belga, que toma la amplia chimenea a trompa del escape Kylchap simple, modelo 1 K/T. El suplemento se deriva del Kylälä, pero es solidario con la tobera de escape, lo que suprime la aspiración en dos niveles. Este suplemento comprende, además de un chorro central de sección variable, chorros periféricos fijos. Se obtiene así un cierto grado de variabilidad. Por fin el Est aplicaba un escape con chimenea también en forma de trompa, pero con un núcleo móvil de seis chorros.

La eficacia o el rendimiento del escape es caracterizada por el efecto de aspiración o vacío obtenido en la caja de humo para una contrapresión dada en la tobera de escape; el tiro, es decir, la cantidad de aire aspirado que es necesario para la combustión, que depende en efecto del vacío en la caja de humo y de la resistencia opuesta al paso de los gases por la caldera.

Si se admite que las condiciones de la combustión se mantienen constantes, es decir que el peso de los gases calientes a evacuar por kg de vapor producido no cambia, lo que es aproximadamente cierto en las locomotoras con escape bien regulado, garantizando a todos los regímenes el equilibrio permanente entre la producción y el gasto de vapor (manteniendo la presión y el nivel de agua constantes), la sección de salida del conducto de escape, que determina el valor de la contrapresión, se encontrará en una relación aproximadamente fija con la resistencia de la caldera, y la relación contrapresión/vacío toma entonces sentido desde un punto de vista comparativo.

Por el contrario, si el escape es insuficientemente estrangulado, lo que es el caso de numerosas locomotoras, donde se teme tener, con un escape imperfecto, demasiada contrapresión, y para las cuales la naturaleza del servicio permite evadirse mal que bien del asunto, con carbones que no producen escorias y al precio de muy fuertes preparaciones y de fuegos extremadamente intensos, el vacío se encuentra incrementado (a veces de 20 al 30%) con relación a la contrapresión, y al valor del escape sobrestimado.

Un escape que garantiza una perfecta aspiración en todos los puntos del haz tubular se encuentra por el contrario puesto en estado de inferioridad con relación a un escape que no tiene esta calidad (escape con punto único de aspiración) porque la cantidad de aire ingresada para un mismo efecto de aspiración se encuentra naturalmente disminuida. Por ello un escape excéntrico da lugar a veces a un aumento de vacío en la caja de humo, mientras que la producción se encuentra muy afectada, aunque la contrapresión para una misma admisión, por supuesto, haya seguido siendo la misma.

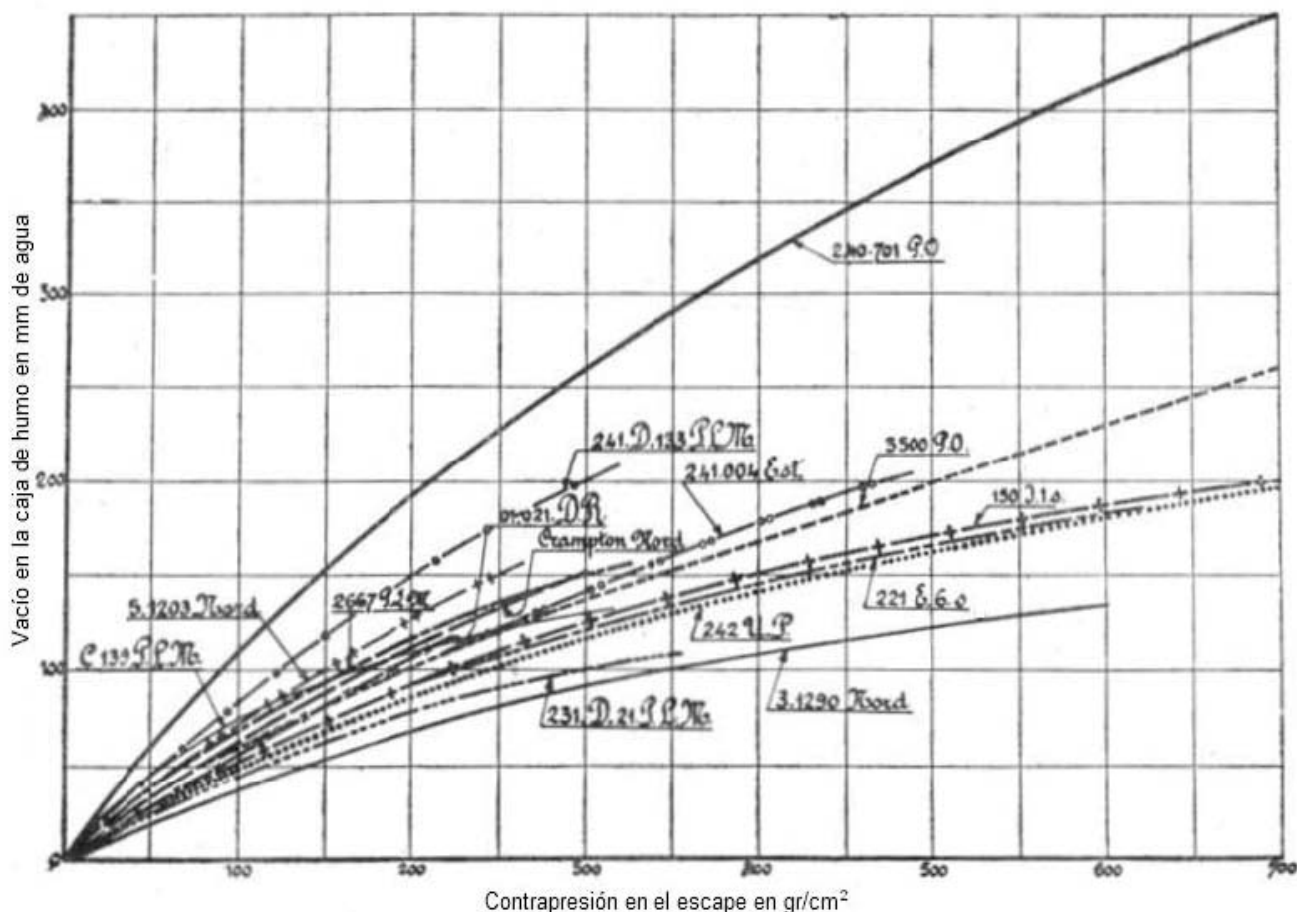


Fig. 209 – Gráfico de experiencias de distintos sistemas de escape. En abscisas, presión efectiva, en g/cm^2 , en la columna de escape; en ordenadas, depresión en la caja de humo, medida en mm de agua por un manómetro.

Locomotora 240.701 P.O. (1932) – Escape Kylchap doble.
 Locomotora 241 D.133 P.L.M. (1942) – Escape doble P.L.M. con travesaño.
 Locomotora 241 Est (1937) – Escape Est a trébol de seis chorros.
 Locomotora 3.500 P.O. (1932) – Escape a trébol Marcant.
 Locomotora 5.1203 Nord (1939) – Escape Lemaître
 Locomotora 2667 P.L.M. (1901) – Escape Nord.
 Locomotora Crampton Nord (1859) – Escape de doble válvula.
 Locomotora C 139 P.L.M. (1910) – Escape de doble válvula con núcleo central
 Locomotora 01.021 del Reichsbahn (1921) – Escape circular fijo.
 Locomotora 150.11.s del Pennsylvania (1923) – Escape fijo cerrado con barras.
 Locomotora 221 E.6 s del Pennsylvania (1912) – Escape circular fijo.
 Locomotora del Union Pacific (1938) – Escape fijo con cuatro tubos.
 Locomotora 231 D.21 P.L.M. (1922) – Escape a trébol P.L.M.
 Locomotora 3.1290 Nord (1931) – Escape Nord.

Las curvas de la figura 209 dan una idea de los resultados obtenidos con numerosos tipos de escape, desde el escape a doble válvula del Crampton Nord, hasta los escapes más recientes (1947) utilizados en Europa y los Estados Unidos. Se ve que la mayoría de las curvas se sitúan alrededor de una media pasando por un punto que corresponde a 100 mm de vacío para 200 g de contrapresión, pero la del escape Kylchap de la locomotora 240.701 del P. O. se traslada claramente, un vacío de 200 mm que se obtiene para la misma contrapresión.

El rendimiento del escape así definido traduce obviamente una cualidad primordial, pero no suficiente, de un buen escape; éste debe, por otro lado, dar un tiro uniforme a través de todos los tubos, como ya mencionamos, y una combustión regular sobre toda la superficie de parrilla; sólo es en estas condiciones que se reducen a su mínimo las impulsiones de carbonillas en la caja de humo y que se pueden alcanzar fuertes regímenes de combustión por m² de superficie de parrilla y por hora, sin arrastre del fuego y sin taponado de los tubos, en particular, de los de recalentamiento.

A este respecto, los escapes de puntos de aspiración múltiples y, en particular, los provistos por la tobera Kylälä, se revelan superiores a los otros.

Por fin, un aspecto del problema del escape aún no explorado, pero que podría reservar sorpresas, es el inicio posible de fenómenos vibratorios, en relación con la forma de la tobera, en el momento en que la corriente de vapor la deja, fenómeno que podrían tener una acción perjudicial sobre el fuego.

Sucede en efecto que, para condiciones de vacío y contrapresión muy cercanas, y por lo tanto para curvas características de escape similares, no se obtiene siempre la misma facilidad de producción de vapor de la caldera.

Por ello obstáculos colocados en el conducto o a su salida como barras o el puente⁽¹⁾ de los Americanos, y de los suplementos de forma especial colocados entre la tobera y la chimenea, incluso si implican, lo que es el caso de los primeros, un aumento de la contrapresión sin aumento correlativo del vacío, podrían tener una verdadera utilidad, aunque a veces se haya concluido, quizá un poco precipitadamente, lo contrario.

1) Travesaño en hierro redondo colocado fuera y a una determinada distancia del plano de salida de la tobera.

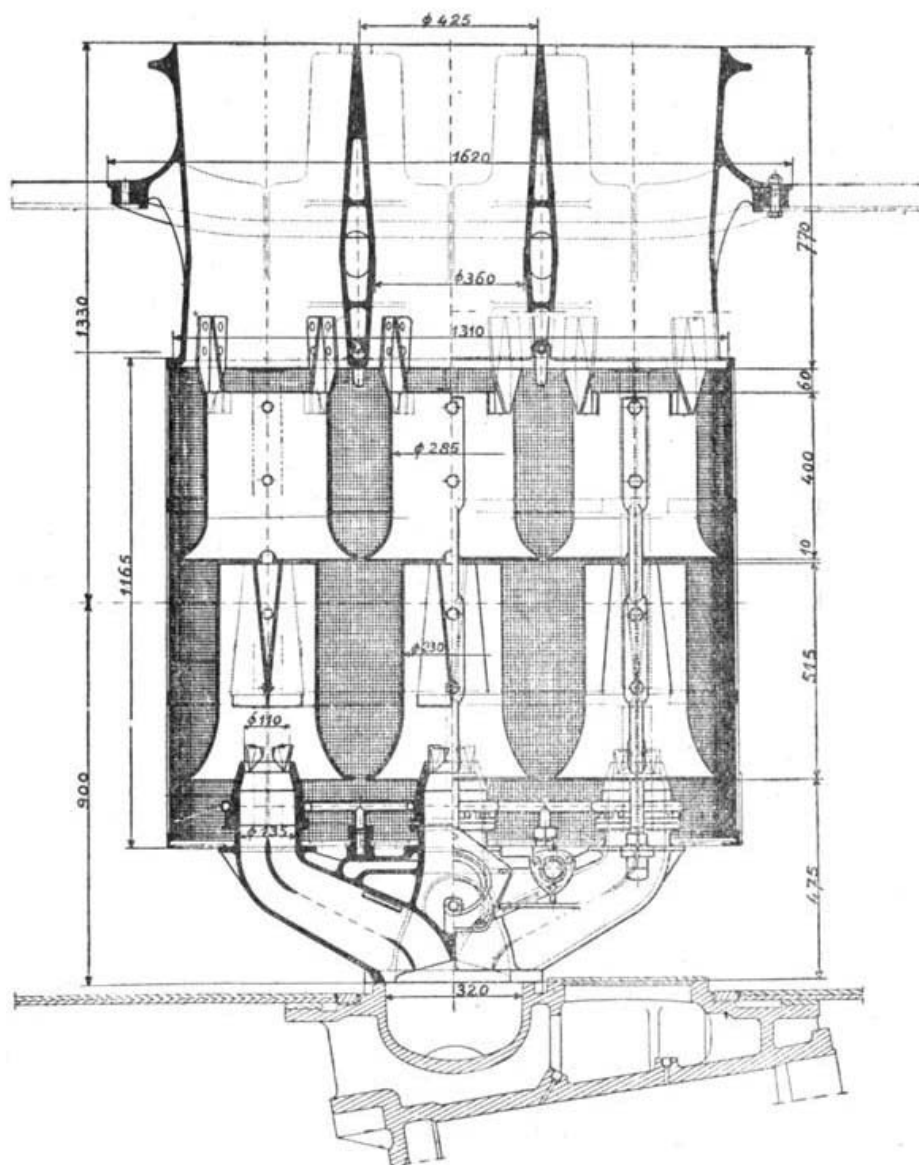


Fig. 210 – Escape Kylchap triple de la locomotora transformada 242 A1 de la región Ouest.

Para máquinas aún más potentes, el escape doble se vuelve a su vez insuficiente. Se recurre entonces al escape *triple*, del que la figura 210 da un ejemplo de aplicación, sobre la locomotora transformada 242 A1 de la región Ouest.

A continuación se consignan algunos de los últimos desarrollos en los sistemas de escape:

El siguiente dibujo (figura 211), muestra un sistema de escape típico de una locomotora de vapor norteamericana construida en el siglo XX. El dibujo muestra un corte transversal de la caja de humo en la parte frontal de una caldera de locomotora (la caldera está ubicada a la izquierda de la vista). La tobera de escape está en la parte inferior de la caja de humo, enviando su chorro de vapor hasta la chimenea que se encuentra en la parte superior. El dibujo también ilustra las fórmulas de diseño empíricas utilizadas para dimensionar los componentes. Luego de proyectar cientos de sistemas de escape, los diseñadores decidieron que las proporciones de los componentes enumerados anteriormente funcionarán mejor en la mayoría de locomotoras bajo la mayoría de las condiciones.

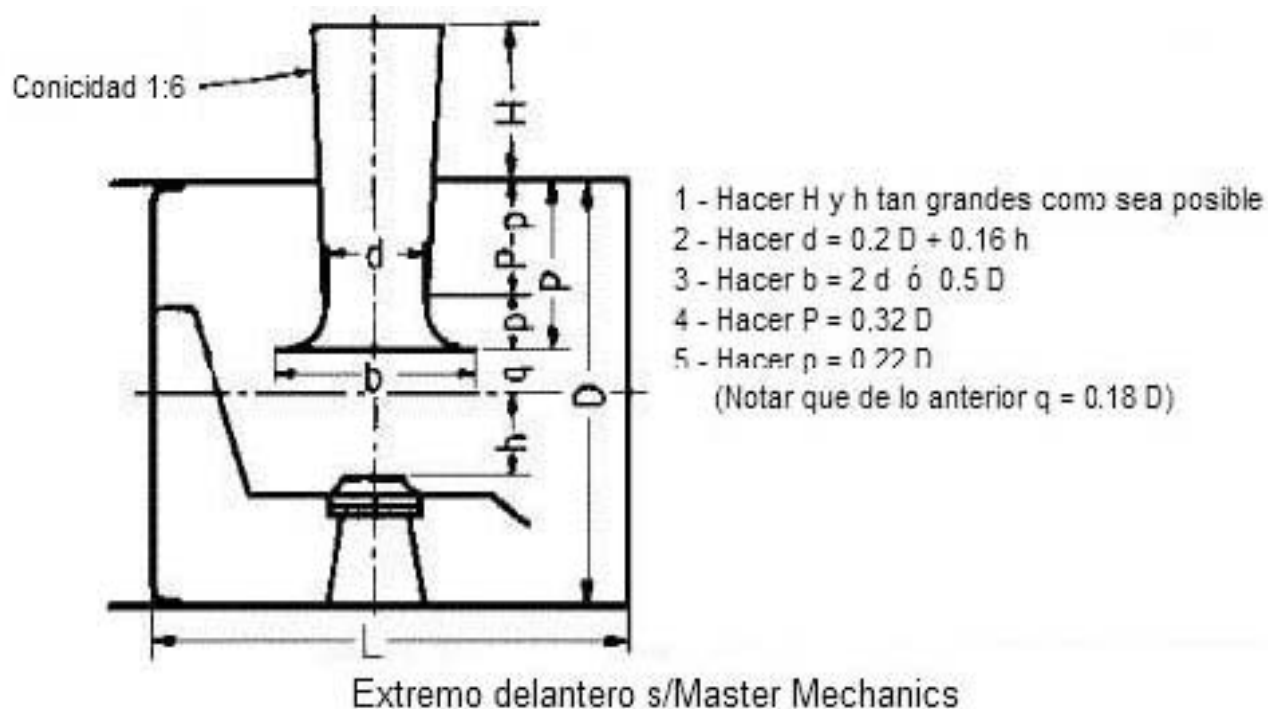


Fig. 211 – Diagrama del sistema de escape

Varios ferrocarriles, en los Estados Unidos desarrollaron sistemas mejorados de escape, utilizando toberas de escape anulares y grandes chimeneas. En el próximo dibujo (figura 212), se muestra uno de tales sistemas, aplicado a locomotoras del N&W.

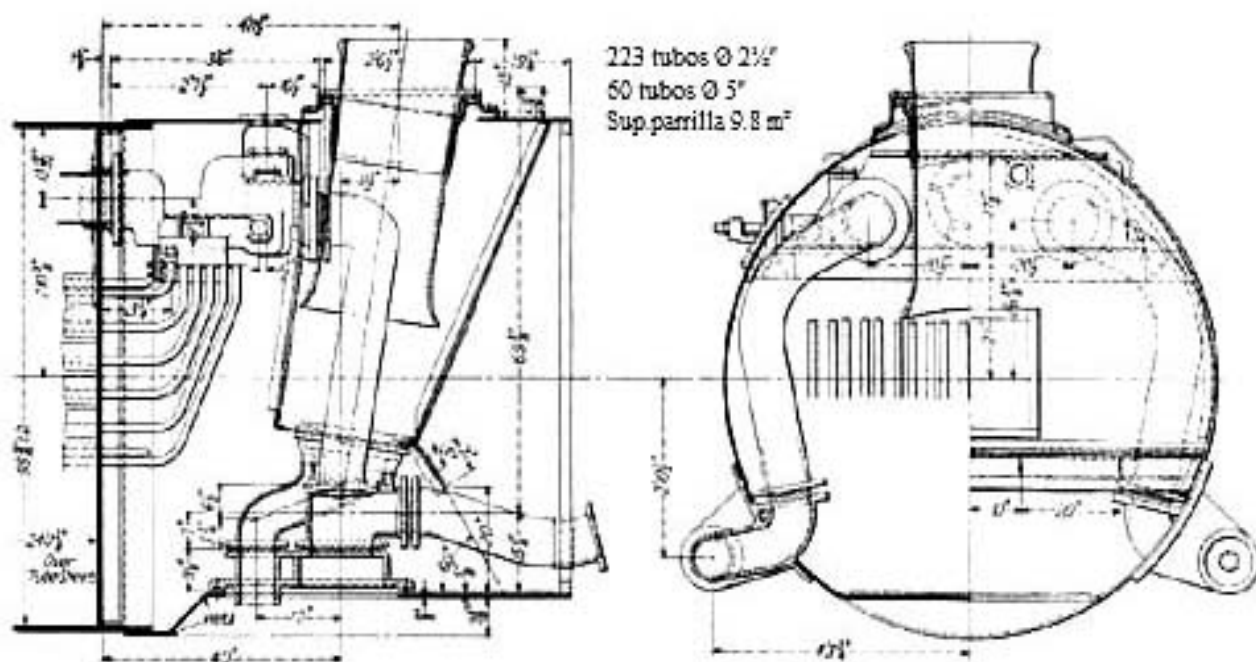


Fig. 212 – Disposición general de caja de humo y recalentador tipo A de la locomotora Norfolk & Western 2-8-8-2 compound Mallet. La chimenea inclinada permite acortar la caja de humo.

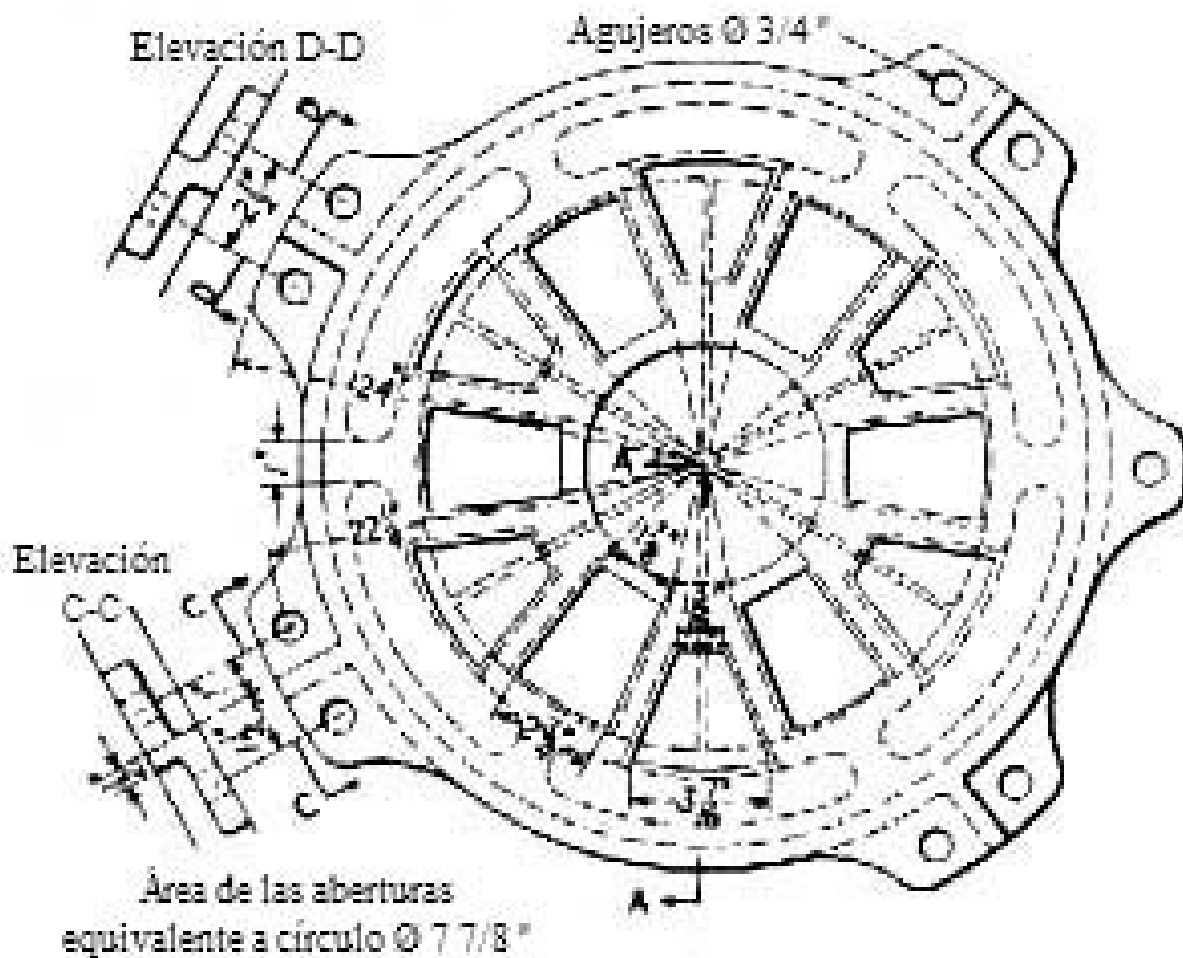


Fig. 213 – Vista en planta de la tobera de escape anular. Este sistema de escape se conoce entre el personal como “wafflera”.

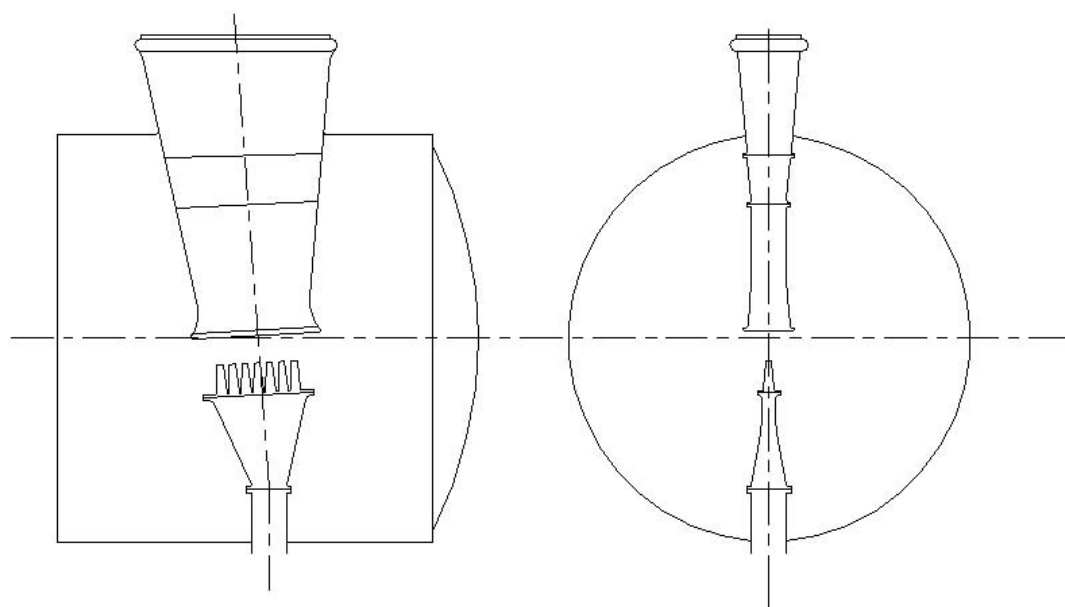


Fig. 214 – Diagrama del eyector Giesl

En los años finales de 40, el Dr. Adolf Giesl-Gieslingen desarrolló un nuevo diseño de escape conocido como “eyector Giesl”. Patentó este dispositivo que fue aplicado a miles de locomotoras de vapor, en todo el mundo. El eyector Giesl presenta una serie de pequeñas boquillas en línea, dirigidas a una fina chimenea oblonga.



Fig. 215 – La última sobreviviente de la clase 95 del ÖBB (Ferrocarriles austríacos), ex clase 82 del Südbahn (Ferrocarril del Sud), expuesta en la estación Payerbach-Reichenau del Ferrocarril de Semmering. Estas locomotoras fueron principalmente empleadas para empuje y doble tracción de trenes pesados.

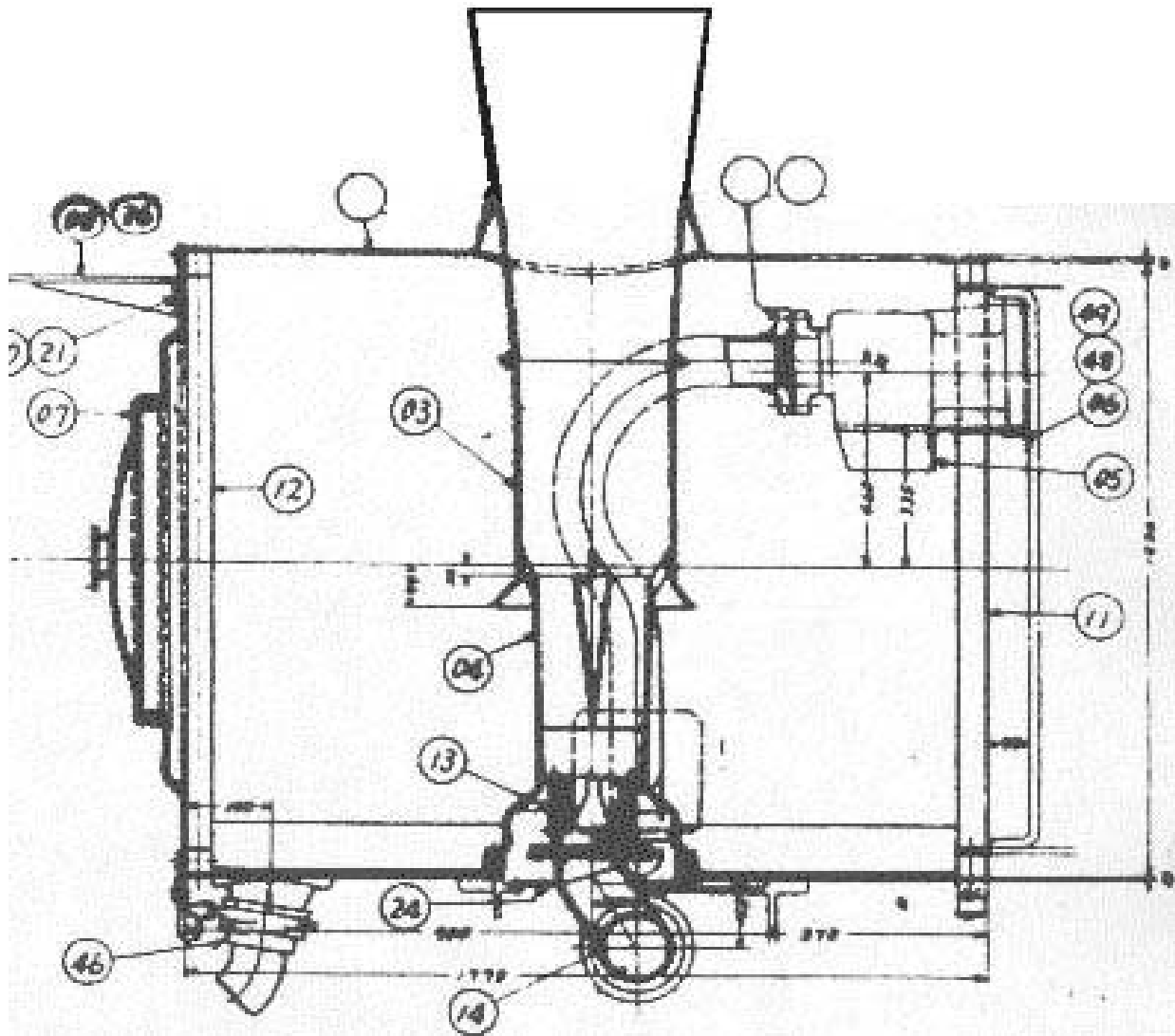


Fig. 216 – Esta figura muestra el sistema de escape Kylpor, desarrollado por el Ingeniero Livio Dante Porta a partir del escape Kylchap, aplicado a las locomotoras 2-10-2 del Ferrocarril Industrial de Río Turbio, en Argentina.

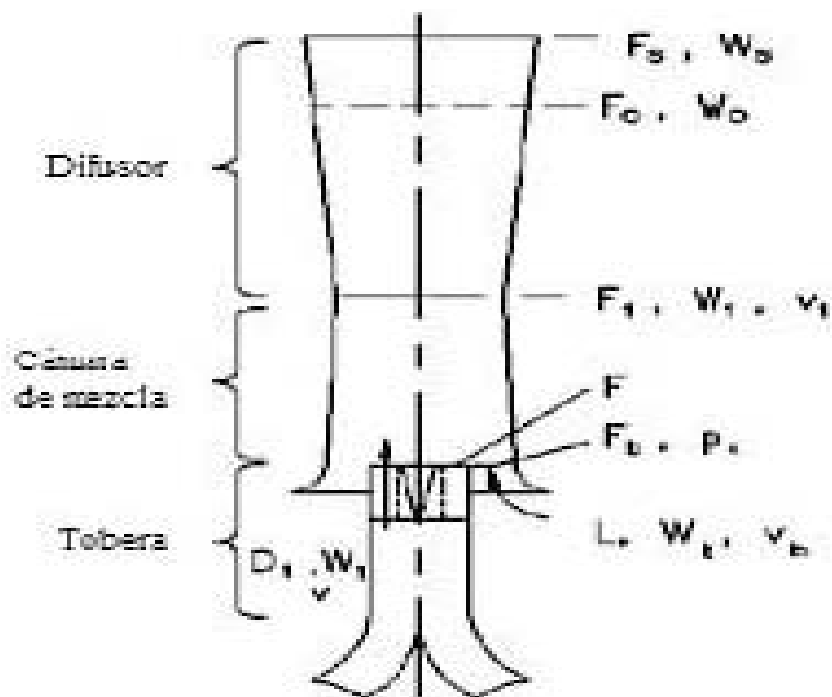


Fig. 217 – Este diagrama muestra el sistema de escape Lempor (Lemaître – Porta), desarrollado por Porta y aplicado a muchas locomotoras. Porta desarrolló una extensa teoría que describe el rendimiento y el diseño de este sistema de escape.



Fig. 218 – Tobera de escape Peeperpot

Uno de los sistemas de escape más recientes fue desarrollado para las locomotoras Garratt de los ferrocarriles de Rodesia. Estos eran conocidos como escape "pimentero", y más tarde fueron utilizadas en muchas Garratts, que fueron restauradas y puestas en servicio en los primeros años de los '80, en el nuevo país de Zimbabwe. Esta disposición de boquilla fue usada en combinación con una chimenea más grande y fue desarrollada como alternativa a escapes de Giesl experimentalmente utilizados para Garratts en la década de 1960. Los sistemas de escape de pimentero fueron preferidos porque se desarrollaron en forma local (el Giesl estaba patentado y se debían pagar regalías para su uso), y el pimentero era menos susceptible a la manipulación no autorizada, que tiende a causar problemas con los Giesl en servicio normal.

Durante los últimos años de su vida, Porta trabajó en el desarrollo del sistema de escape Lemprex, un avance más en el Lempor. El Lemprex incorpora características para aumentar su rendimiento, dentro de los límites disponibles de altura en una locomotora de vapor. Básicamente, cuanto más alto puede ser un sistema de escape, mejor funciona. Lamentablemente, cuanto más grande es una locomotora de vapor, menos altura está disponible para el sistema de escape. Los gases de escape de Lemprex pudieron ser aplicados a nuevas locomotoras de vapor previstas para Cuba y Argentina.

25. Soplador. —El soplador activa el tiro por medio de un chorro de vapor, tomado de la caldera y enviado a la chimenea. En las paradas, o en marcha, cuando el regulador está cerrado, el soplador permite evitar el humo; al abrirlo antes de cerrar el regulador, se impide el retorno de llama y humo por la puerta del hogar, evitando ensuciar la cabina, e incluso el peligro de quemaduras, si la puerta se abre demasiado.

Al de un único chorro en la chimenea, se prefiere una serie de pequeños chorros salientes por los agujeros de un tubo circular (fig. 210 y 219), siendo los más eficaces y menos ruidosos. El conducto circular del soplador puede fundirse con la tobera de escape.

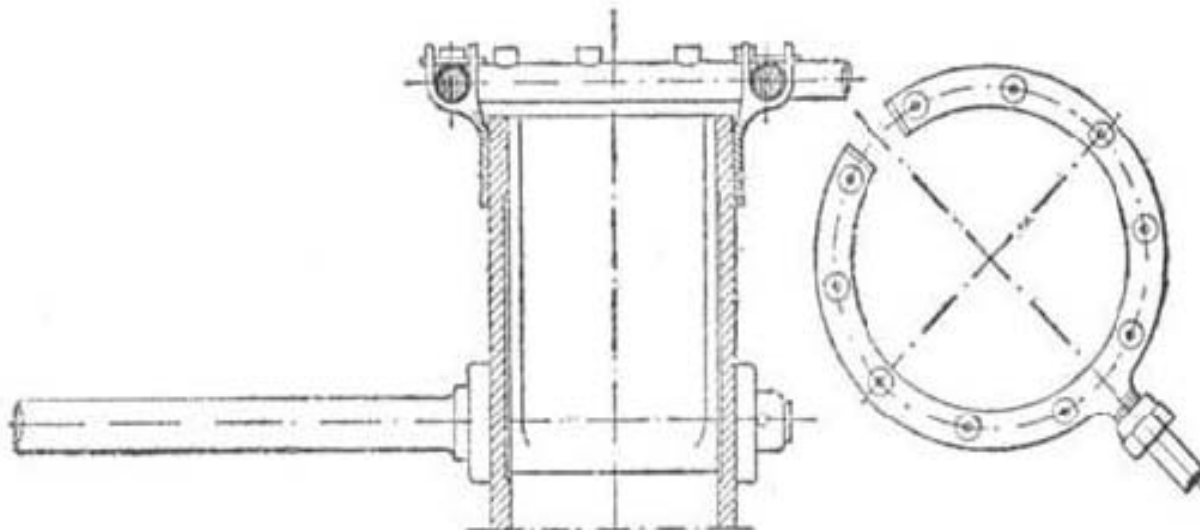


Fig. 219 – Soplador anular

En las locomotoras con recalentador, el empleo prolongado del soplador puede llevar los tubos del recalentador, que ya no son enfriados por la corriente de vapor, a una temperatura demasiado elevada.

El gasto de vapor del soplador varía según la dimensión de los orificios y la apertura del grifo. Con una presión de 10 kg por cm^2 en la caldera, un soplador con 10 agujeros de 2 mm de diámetro gasta alrededor de 130 kg de vapor en una hora, cuando el grifo está completamente abierto.

Para activar la producción de vapor de una locomotora, puede intentarse añadir la acción del soplador a la del escape. Es una maniobra riesgosa, porque aumenta el gasto de vapor y no puede remediar una insuficiencia del tiro producido por el escape, hasta en los regímenes muy bajos.

26. Recalentador. — La temperatura del vapor saturado, es decir, en contacto con el agua que lo produce, se determina para cada valor de la presión. Pero se puede aumentar esta temperatura, manteniendo al mismo tiempo la presión el mismo valor, haciendo circular el vapor, separado del agua, en un aparato recalentador.

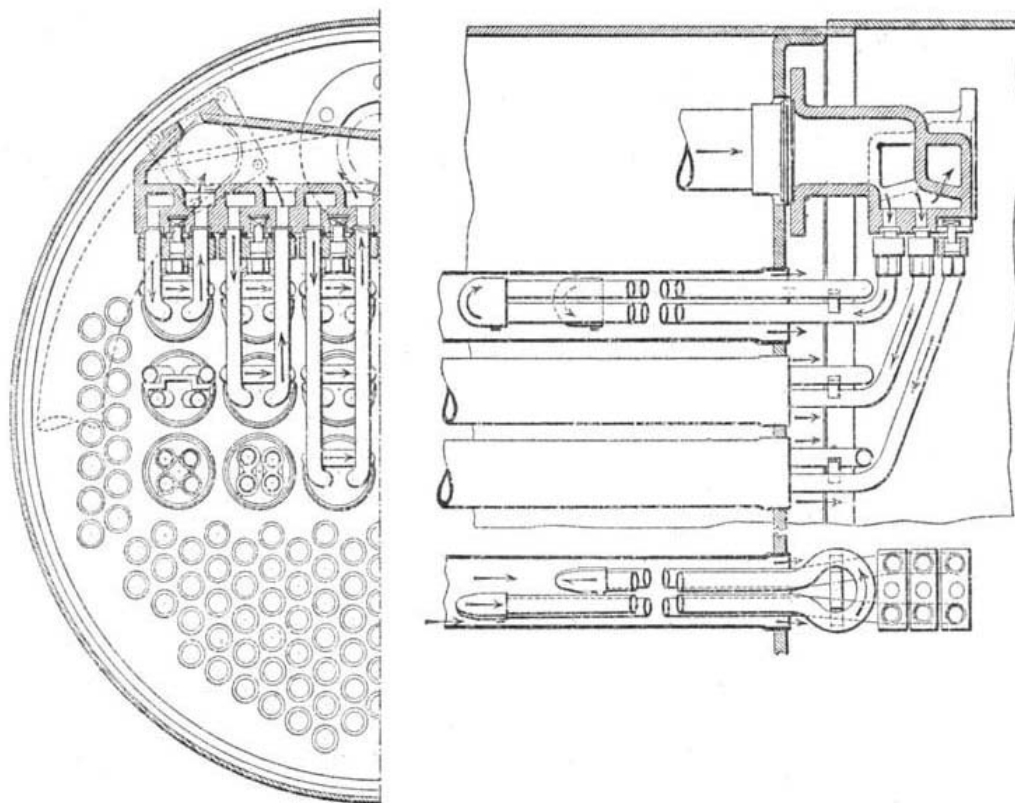


Fig. 220 – Recalentador Schmidt, de tubos de humo.

Si este aparato es calentado sólo por el calor perdido en la caja de humo, da un escaso recalentamiento, y no es más que un secador de vapor. Por el contrario, los gases muy calientes del hogar quemarían rápidamente las paredes de los tubos, que el vapor enfría menos que el agua (§ 19). En principio, el recalentador debe estar en contacto con gases a temperatura media. No obstante, los tubos muy pequeños, empleados en las locomotoras para el recalentador, pueden soportar una temperatura mayor, puesto que el vapor enfría el metal menos que el agua, le retira menos calorías en el mismo tiempo: a igualdad de temperatura de los gases calientes, el metro cuadrado transmite, por segundo, menos calor al recalentador que a la caldera propiamente dicha⁽¹⁾.

La mayoría de las locomotoras de reciente construcción cuenta con recalentadores. Se intentaron distintos tipos de estos aparatos: el de uso más frecuente es el tipo de Schmidt (fig. 220) con tubos recalentadores colocados en grandes tubos a humo.



Fig. 221 – Esquema de un elemento recalentador: f: 1º tramo; g: 1º codo; d: 2º tramo; e: bucle exterior; b: 3º tramo; c: 2º codo; a: 4º tramo

1) El recalentador, cuya superficie apenas está generalmente entre el tercio y el cuarto de la superficie de calefacción propiamente dicha, es decir, del cuarto al quinto de la superficie total, no transmite más de un décimo de la cantidad de calor recibido por el agua y el vapor. La escasa transmisión también se debe a que el recalentador sólo está en contacto con los gases ya un poco enfriados, y a que la elevación misma de la temperatura del vapor retrasa la transmisión.

Capítulo II - Caldera

En la caja de humo, se instala un colector en fundición o en acero moldeado, con dos cavidades: una recibe el vapor que viene del regulador y lo envía a los tubos recalentadores, y la otra, recibe el vapor recalentado y lo envía a los cilindros. Cada elemento recalentador tiene cuatro tramos en un tubo grande de humo (fig. 220 y 221); el circuito incluye dos piezas de conexión en acero, del lado del hogar, y un cierre circular en la caja de humo. En las máquinas con tubos de humo largos, se encuentran ventajas no prolongando el cierre de vuelta b d e hasta en la caja de humo. Se lo coloca entonces a la mitad o a 2/3 de su longitud a partir del hogar. Es el recalentador Robinson.

A pesar de una disminución de la superficie de recalentamiento, la temperatura del vapor se eleva más porque los gases calientes circulan más libremente en los grandes tubos; la pérdida de carga sufrida por el vapor entre el regulador y los cilindros se encuentra también disminuida y se ahorra peso a veces no desdeñable, que se aprovechó sobre algunas máquinas del P.O., ya en el límite de peso por eje.

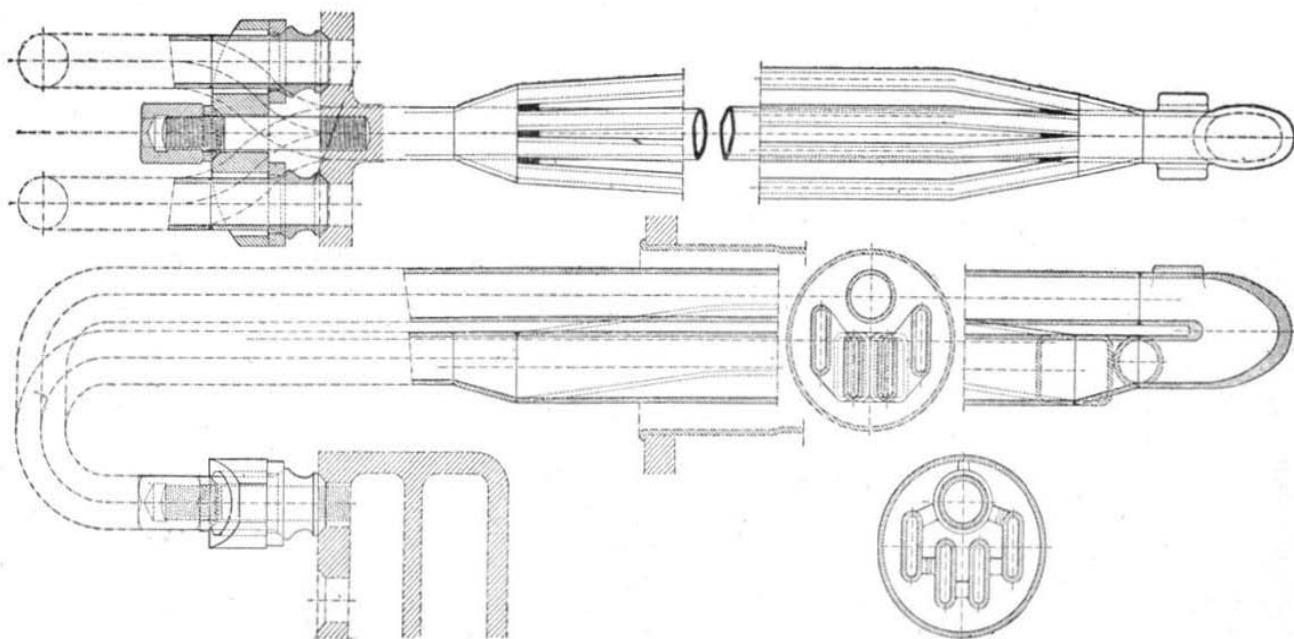


Fig. 222 – Recalentador Duchatel y Mestre, a tubos aplanados, con montaje a rótulas en las extremidades del elemento calentador (Est).

El calentador Duchatel y Mestre (fig. 222) se compone de cuatro tubos aplanados, entre los que se distribuye el vapor saturado, y de un tubo circular de retorno. Todos estos tubos se arman sobre un casquillo en acero, cercano al hogar. En los tubos aplanados, que constituyen la mayor parte de la superficie de calefacción, el vapor circula en sentido opuesto a la corriente gaseosa, que cede su calor enfriándose, en una disposición lógica.

En los últimos modelos, se encontró también ventaja en despejar los grandes tubos reduciendo en 4 a 3 el número de los tubos de vuelta. Este es el recalentador denominado DM 3 por oposición al anterior, llamado DM 4.

El calentador Houlet ensayado hacia 1926 en el Est, y adoptado poco después sobre las máquinas transformadas del P.O., constituyó un nuevo progreso; la forma perfectamente simétrica del cuerpo de este elemento (fig. 223) asegura un alto rendimiento térmico y una baja resistencia al paso de los gases. Evita al mismo tiempo, pero con algunas precauciones, los riesgos de obstrucción por la carbonilla.

Suaves tubos concéntricos, reunidos en sus extremidades, constituyen la parte principal del calentador Houlet, ofreciendo al vapor un conducto anular, que se ubica sobre una gran longitud en un tubo grande de humo. Los gases calientes se dividen en dos corrientes paralelas. En la extremidad vecina a la caja de humo se suelda con autógena un tubo de pequeño diámetro que trae el vapor saturado; en la otra extremidad, el conducto anular se conecta al pequeño tubo central, que lleva a la caja de humo el vapor recalentado.

Montado sobre una locomotora Pacific del P.O., un recalentador Houlet de veinticuatro elementos con escape Kylchap permitió obtener un rendimiento máximo (para un régimen de combustión de $500 \text{ kg/m}^2\text{h}$ y aún más) una temperatura de 370° contra 330° para el calentador Schmidt. Con este último y escape de trébol, que causaba el obstrucción de los tubos a estos regímenes, al cabo de un determinado tiempo de marcha, esta temperatura alcanzaba 318° , luego bajaba progresivamente hasta 300° para un régimen de combustión de $700 \text{ kg/m}^2\text{h}$ y a 265° para $900 \text{ kg/m}^2\text{h}$. La temperatura de recalentamiento se establecía mucho más rápidamente después de los períodos de parada, en el caso del calentador Houlet.

El grosor de las paredes de este elemento, que era necesariamente escaso, se debió utilizar, de la parte del hogar, una parte de conexión en acero al 6% de cromo que podía resistir en caliente; se obtuvo así una satisfacción total.

Otro modelo, el 5P4 de la Compagnie des Surchauffeurs (fig. 224) se ha montado sobre las locomotoras recientes. Se compone de un tubo central de ida y cuatro tubos más pequeños de vuelta, provistos cada uno de dos aletas soldadas con autógena en su parte exterior. Este sistema permite también obtener elevados recalentamientos.

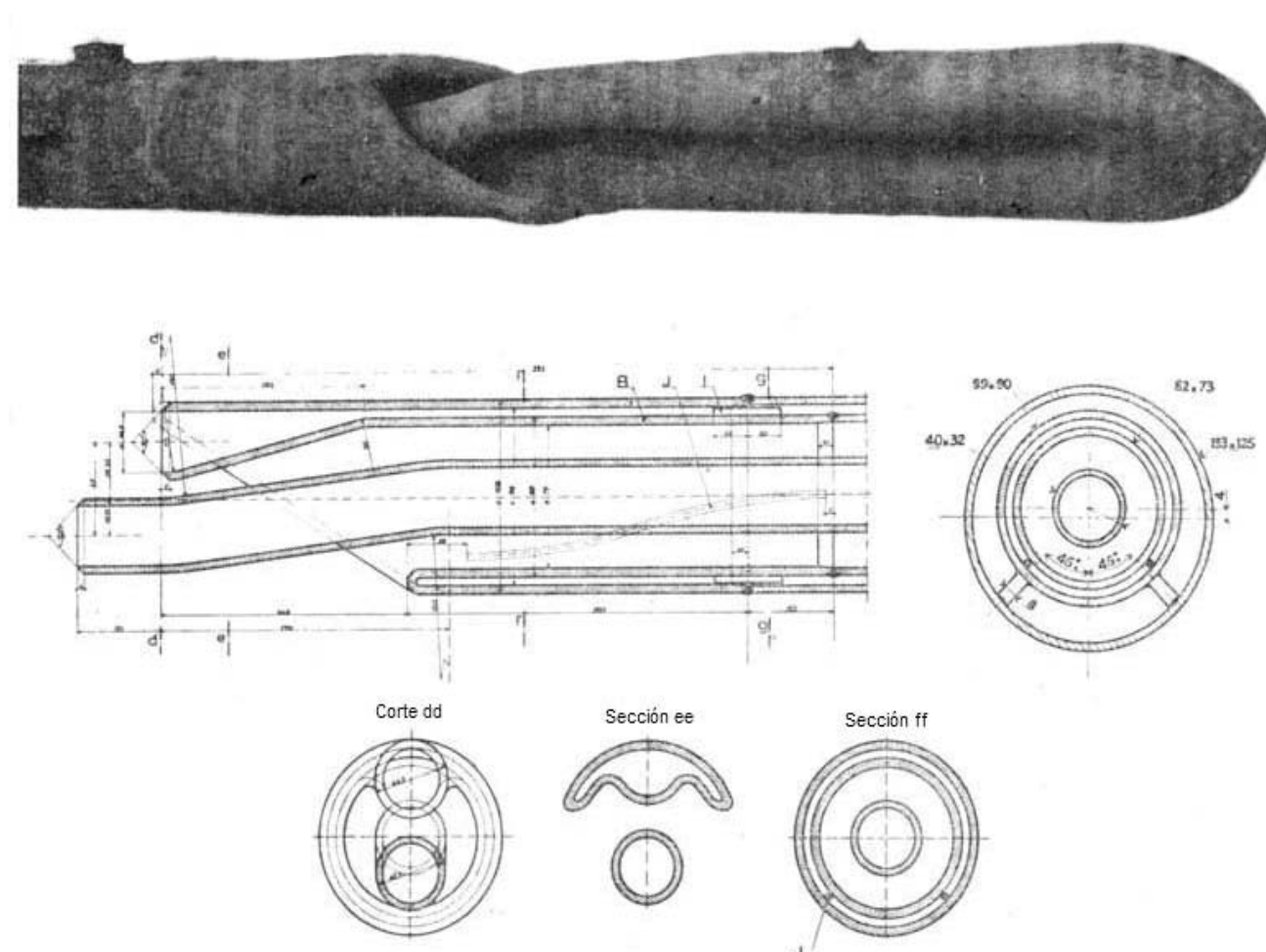


Fig. 223 – Elemento recalentador anular sistema Houlet.

La instalación sobre locomotoras existentes de recalentadores de grandes tubos de humo, exige la sustitución de las dos placas tubulares. Ahora bien: se han provisto muchas locomotoras antiguas de tubos de aletas de 70 mm de diámetro: al sustituirlos por tubos lisos, resulta posible hacer penetrar los tubos recalentadores, y evitar así la sustitución de las placas.

Tal es la disposición adoptada por el P.L.M. (fig. 225). Se instalan colectores simétricos sobre los lados de la caja de humo: por cada lado, un colector recibe el vapor saturado, viniendo del regulador, y el otro vapor recalentado. De un colector, los tubos calentadores hacen un circuito que incluye cuatro secciones rectilíneas, pero estas cuatro secciones ocupan dos tubos vecinos, y no uno sólo.

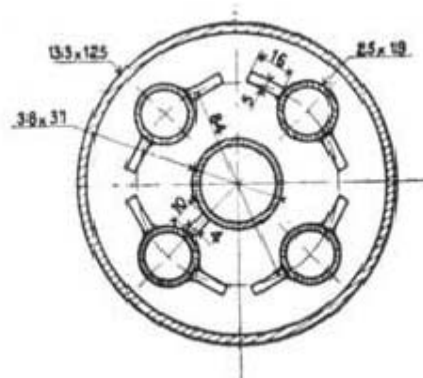
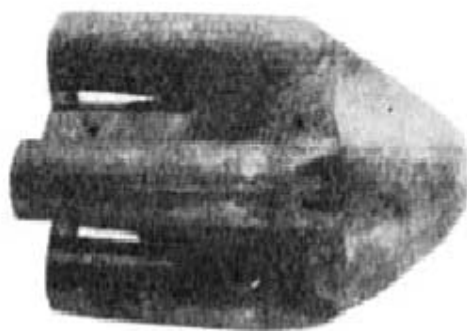


Fig. 224 – Elemento recalentador 5.P.4 de la Compagnie des Surchauffeurs

La locomotora, a la que se refiere la figura 225, tenía 138 tubos a aletas, 28 de los cuales se conservaron, y 110 fueron sustituidos por tubos lisos que recibieron tubos elementos recalentadores.

La experiencia no obstante puso de manifiesto que el recalentador de pequeños tubos, conocido en América, dónde estuvo muy extendido, bajo la denominación de tipo E, daba lugar a gastos de mantenimiento más elevados que el recalentador de tubos grandes, denominado modelo A.

Un punto muy importante del funcionamiento de las locomotoras es la estanqueidad de las juntas de los elementos sobre el colector. Se utilizaban antes juntas planas metaloplásticas (fig. 220) las que mostraron un comportamiento errático a altas temperaturas. Se las substituyeron con éxito por juntas esféricas, concéntricas o no, que dieron resultados satisfactorios (fig. 222). Es necesario, sin embargo, para temperaturas superiores a 370°, tomar la precaución de utilizar pernos de sujeción en acero resistente en caliente, para que no se estiren y las juntas presenten pérdidas al cabo de poco tiempo.

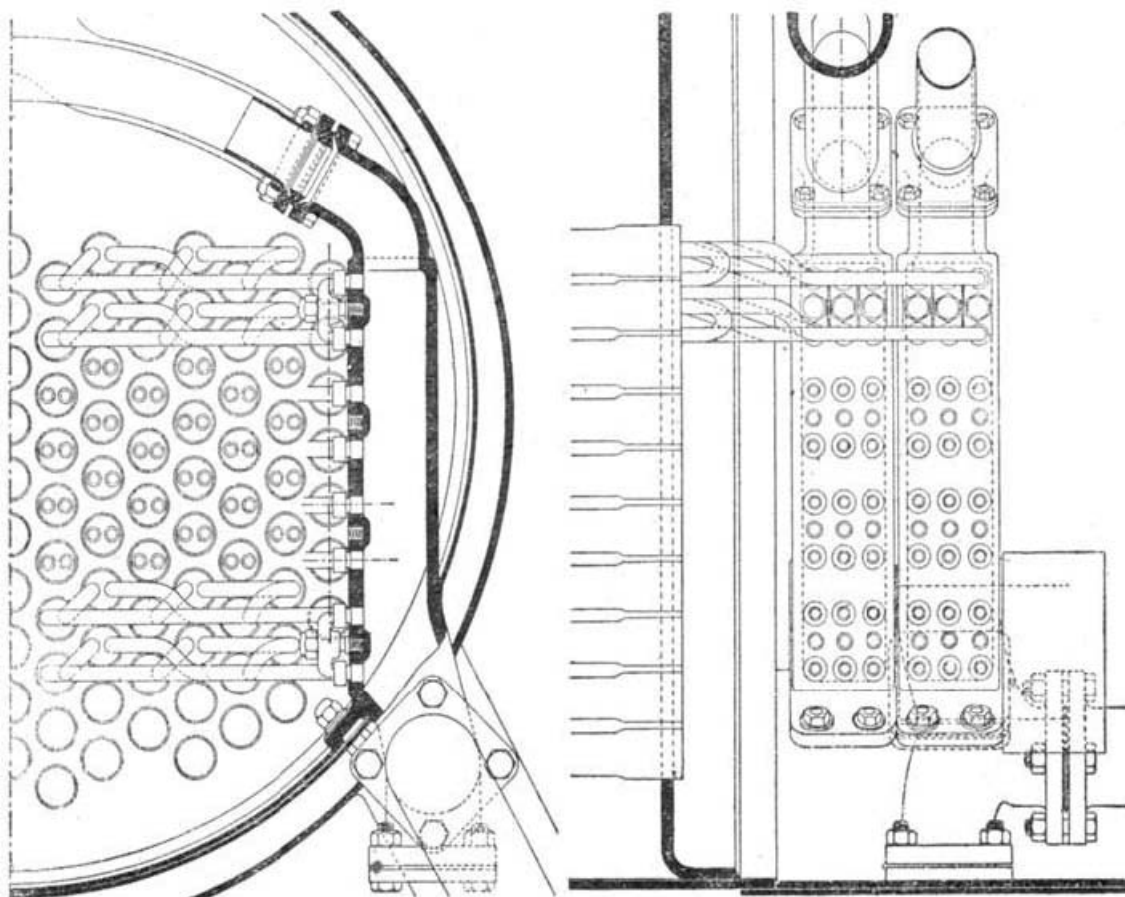


Fig. 225 – Recalentador Schmidt de tubos de humo de 70 mm. Dos colectores simétricos de vapor recalentado comunican en su parte superior por medio de un tubo; la parte inferior lleva una brida para el envío de vapor al cilindro, y una abertura útil para el montaje, cerrada por una brida ciega.

Otro punto importante, y por el cual deberán velar los mecánicos, es el buen estado de los calzos que soportan los elementos en los grandes tubos, con el fin de evitar su obstrucción con la carbonilla. Los elementos deben, en efecto, conservar siempre una posición excéntrica hacia arriba con relación al eje del tubo (fig. 223) con el fin de dejar en la parte baja lugar suficiente para el paso de las partículas más grandes de carbonilla. Se garantiza así siempre de tener una locomotora que vaporice bien y recaliente bien.

27. Sujeción de la caldera al bastidor. — La caldera apoya en el bastidor por la caja de humo y la caja de fuego, a veces los también en puntos intermedios. Sobre la caja de humo es sólidamente sujeta por pernos al bastidor, o a los cilindros cuando son interiores: las tuercas, colocadas en la caja de humo, son de bronce y ciegas, para proteger los pernos.

Cuando se enciende el fuego, la caldera se dilata (se alarga): la dilatación del hierro y el acero es de cerca de 1 mm por metro cuando se eleva la temperatura en 100°. Se puede estimar, por término medio, una variación de 150° o un poco más entre la caldera fría y encendida⁽¹⁾. Si su largo es de 6 m, se dilatará entonces de 6 x 1,5 ó 9 mm. Es necesario que la caja de fuego pueda deslizarse sobre el bastidor: por eso no se vincula rígidamente, sino que se apoya en sus soportes. Se completa la unión por trabas, que impiden la separación de la caldera y el bastidor debida a las trepidaciones durante la marcha, y cuando se levanta la locomotora por el marco fundamental.

Es necesario que este deslizamiento de la caldera sobre el marco se produzca siempre libremente, para evitar tirones o rupturas en una u otra parte de la máquina.

La parte trasera de la caldera de algunas locomotoras se apoya sobre rodillos, para facilitar la dilatación, pero es mantenida por una chapa vertical, perpendicular a los largueros, lo bastante alta para doblarse cuando la caldera se dilata. Se utilizan tales chapas de una manera normal en los Estados Unidos, en particular, para soportar el cuerpo cilíndrico.

A veces se remacha a la parte trasera de la caja de fuego, y en el eje de la máquina, una consola que forma un punto de apoyo suplementario sobre el bastidor. Se constituye en una simple guía longitudinal que desliza se entra dos platinas laterales fijadas al bastidor.

28. Superficie de calefacción. — Una chapa de un metro cuadrado, bañada por una lado por el agua de la caldera, y, por el otro lado, en contacto con los gases calientes de la combustión, deja pasar durante cada minutos una cantidad de calor limitado, o, en otras palabras, no puede vaporizar durante cada minutos sino una cantidad de agua limitada. Esta cantidad depende de las temperaturas del agua y los gases: es mayor cuando los gases que comunican el calor están más calientes. Por eso un metro cuadrado del hogar, un metro cuadrado a la entrada de los tubos para el hogar, estando en contacto con la llama misma o los gases muy calientes, vaporiza mucho más agua que un metro cuadrado tomado más lejos en los tubos, por los que pasan gases ya enfriados; si los tubos son muy largos, la última parte, antes de la caja de humo, es poco activa.

1) La temperatura media de la chapa es ligeramente inferior a la del agua y del vapor, debido al enfriamiento exterior. Además la parte del larguero vecina a la caja se calienta, lo que reduce la dilatación aparente.

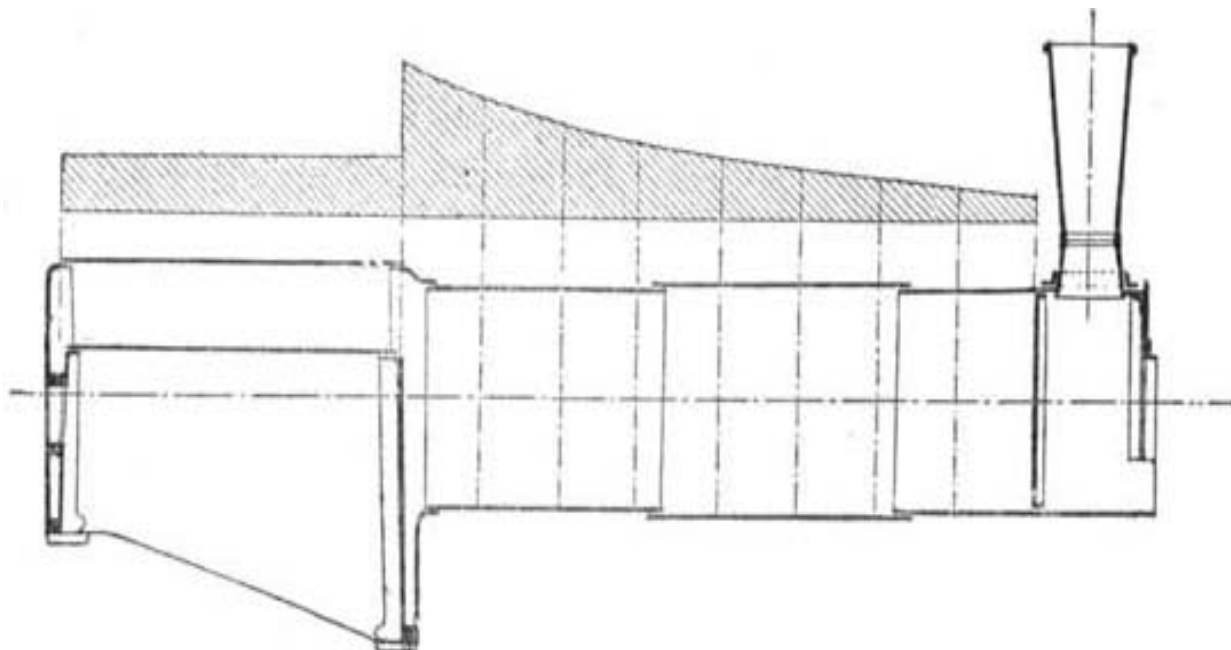


Fig. 226 – Diagrama de vaporización de una caldera (serie 543-562 del Est; 178 tubos de 44 mm de diámetro interior, largo 4,100 m; superficie de calefacción del hogar: 9,13 m²; superficie de calefacción interior de los tubos: 101 m²). Las superficies cubiertas con trazos, sobre cada tramo de la caldera, representan la cantidad de agua vaporizada en dicho tramo. Sobre 90 kg de agua vaporizada por minuto, el hogar entrega aproximadamente 30 kg.

Se llama superficie de calefacción directa la del hogar, expuesta al calor radiante de la combustión, así como al contacto de los gases muy calientes producidos por la misma. La superficie de calefacción indirecta es la de los tubos, sujeta solamente a la acción de los gases.

Conviene contar como superficie de calefacción la superficie interior de los tubos, en contacto con los gases de la combustión, más bien que la superficie bañada por el agua. Es, en efecto, esta primera superficie la que controla el paso del calor; allí reside la principal resistencia a la transmisión de las calorías. Una vez que penetró en el metal, el calor lo cruza fácilmente y pasa inmediatamente al agua. El resultado es que la temperatura del metal no sobrepasa mucho la del agua, aunque esté en contacto con gases muy calientes; si fuera diferente, el metal tomaría una temperatura elevada a la que perdería su resistencia. Estas condiciones favorables cesan cuando el metal no está ya en contacto con el agua, sino con el vapor, en el caso de una eventual falta de agua: la transmisión de calor al vapor es mucho más lenta, y el metal toma una temperatura cercana a la media entre la temperatura de los gases calientes y la del vapor. Un depósito grueso de incrustaciones es también causa de elevación anormal de temperatura de la chapa.

El contacto de las chapas calentadas y del agua no puede obviamente tomarse en cuenta para los recalentadores. Compuestos de tubos de acero de pequeño diámetro, que pueden soportar, sin daño, temperaturas más elevadas que las chapas.

Experiencias determinaron el peso de vapor que puede proporcionar, por minuto, por una parte, el hogar, y, por la otra, el haz tubular, supuestamente separado en varias secciones sucesivas por placas intermedias: la figura 226 representa aproximadamente los pesos vaporizados por minuto, cuando la combustión es activa: muestra la cantidad que se vaporiza en cada tramo de la caldera. Las proporciones de vapor así producidas por las distintas partes de una caldera varían con la actividad de la combustión.

Es sobre la desembocadura de los tubos que la producción de vapor es más viva. Por metro cuadrado el hogar produce aún más, pero los tubos presentan una superficie de calefacción bastante mayor que el mismo.

La cantidad de calor cedido por la superficie de calefacción sirve para calentar el agua de alimentación y luego vaporizarla, pero el calentamiento del agua es en parte indirecto: en el inyector, el vapor comienza por llevarla a una temperatura cercana a 100°.

Una superficie de calefacción demasiado pequeña significa perder mucho calor, llevado por los gases de la combustión, insuficientemente enfriados; demasiado grande, sobrecarga la locomotora sin gran utilidad; además tubos demasiado largos perjudican a la actividad de la combustión. El valor de 75 parece recomendable para la relación entre la superficie de calefacción y la superficie de la parrilla; pero las numerosas restricciones impuestas al fabricante de la locomotora lo obligan a menudo a apartarse de este valor.

Por lo demás, la extensión de la superficie de calefacción no regula por sí sola la cantidad de calor que puede absorber; este último depende al mismo tiempo del coeficiente de transmisión, que varía a su vez en función del peso específico de los gases calientes y de la velocidad de estos gases en contacto con la pared.

Ahora bien: en los tubos de humo, que constituyen el intercambiador por excelencia de la caldera móvil, el coeficiente de transmisión, llamado coeficiente de convección, porque no hay prácticamente calor transmitido por radiación sino solamente por contacto, este coeficiente crece proporcionalmente con la velocidad de los gases calientes en los tubos. Por tanto, la propia aptitud de estos tubos para absorber el calor es proporcional a la velocidad de los gases, es decir, a la cantidad que pasa en la unidad de tiempo, aunque, cualquiera sea el régimen, escaso o abundante, los gases entregan siempre, en su travesía por el haz tubular, la misma proporción del calor que contienen; el rendimiento de transmisión del haz tubular es pues sensiblemente constante, lo que es una de las propiedades más notables. Finalmente, se demuestra que es la relación l/d , de la longitud l al diámetro d de los tubos la que fija este rendimiento; la superficie de calefacción misma no interviene directamente.

En las locomotoras provistas de recalentadores, la superficie de calefacción propiamente dicha, la que produce el vapor, es muy reducida, quizás solamente 50 veces la superficie de la parrilla, reducción compensada, al menos en parte, con la adición del recalentador. Es notable que esta reducción no haya tenido efecto desfavorable, y es por la razón que acabamos de indicar.

La producción de la caldera de locomotora supera a menudo los 50 kg de vapor por metro cuadrado de superficie de calefacción y por hora, promedio entre las superficies que producen más y las que producen menos.

En las máquinas más recientes con hogar en acero y tubos soldados con autógena sobre la placa tubular de hogar, se han podido mantener en régimen continuo cifras de 110 kg, lo que muestra la elasticidad notable de la caldera humo tubular.

29. Manómetros. — El manómetro, montado sobre las calderas, indica la presión efectiva del vapor, es decir, la presión total o absoluta, disminuida en la de la atmósfera, en kg/cm^2 . Es un tubo curvado y elástico, deformándose más o menos bajo la presión que se ejerce en su interior (Manómetro Bourdon). La extremidad móvil de este tubo actúa sobre una aguja, que se desplaza a lo largo de un cuadrante graduado (fig. 227).

Sobre la caldera fría, la aguja indica cero, lo que quiere decir que la presión en la caldera iguala la presión exterior de la atmósfera. No se debe temer que se produzca vacío por condensación del vapor, ya que el aire exterior puede levantar la corredera del regulador y penetrar en la caldera.

Una marca destacada indica, sobre la escala del manómetro, el límite que la presión efectiva no debe superar. Los manómetros se comprueban en comparación con un manómetro patrón. El mecánico ve, por otra parte, en el momento en que las válvulas de seguridad se levantan, si el manómetro indica bien la presión que corresponde. Esta presión puede ser ligeramente inferior al timbre; esta diferencia acostumbra ser de $0,25 \text{ kg/cm}^2$.

Se debe hacer reparar todo manómetro cuya aguja de una indicación errónea de un cuarto de kg/cm^2 de más o de menos.

Si la aguja no vuelve a caer exactamente en cero cuando toda presión efectiva cesa, este defecto no tiene una gran importancia, con tal que de una indicación exacta a la presión máxima.

Para disminuir el instrumental necesario, se reúnen varios manómetros en uno sólo y se fabrican los manómetros Duplex o Triplex, como se muestra en la figura 227.

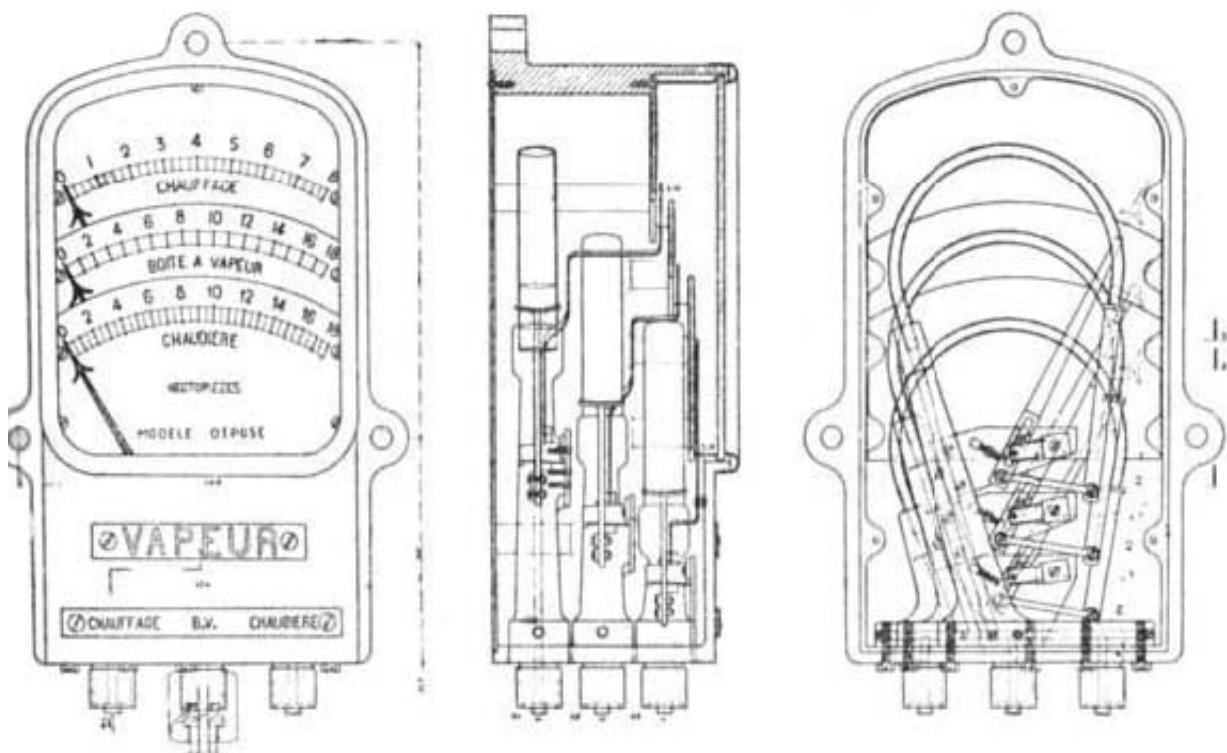


Fig. 227 – Manómetro Triplex de tubo metálico (Bourdon)

Para medir la contrapresión del escape, que no supera 1 kg/cm^2 , sobre todo con los escapes modernos, se utiliza un manómetro de mayor sensibilidad. Como esta contrapresión depende de la salida de vapor a través de la tobera (supuesta fija), es decir, del consumo de la máquina en cada instante, es interesante llevar sobre el cuadrante una segunda escala trazada en función de los consumos (fig. 228), que son sensiblemente proporcionales a la raíz cuadrada de la contrapresión. Se ve así que entre 100 g/cm^2 y 400 g/cm^2 de contrapresión, el consumo de vapor se duplica, y si se constató, durante una prueba, que para 100 g/cm^2 de contrapresión se consumían, por ejemplo, $9,5 \text{ m}^3$ de agua fría a la hora, para 400 g/cm^2 se consumirán 19 m^3 . Este instrumento es muy útil sobre locomotoras que tienen un gran consumo, muy sensibles por lo tanto a la posición del cambio de marcha, máquinas sobre las cuales no se tiene suficientemente en cuenta el efecto de los arrastres que se pueden dar sobre el fuego, en particular con las variaciones de velocidad. Se tendrá entonces un rendimiento óptimo al arrancar y acelerar a contrapresión constante: a 300 a 400 g/cm^2 por ejemplo, el cambio de marcha se recoge progresivamente a medida que el tren toma velocidad, de forma de mantener la aguja del indicador de contrapresión constante en el valor elegido.

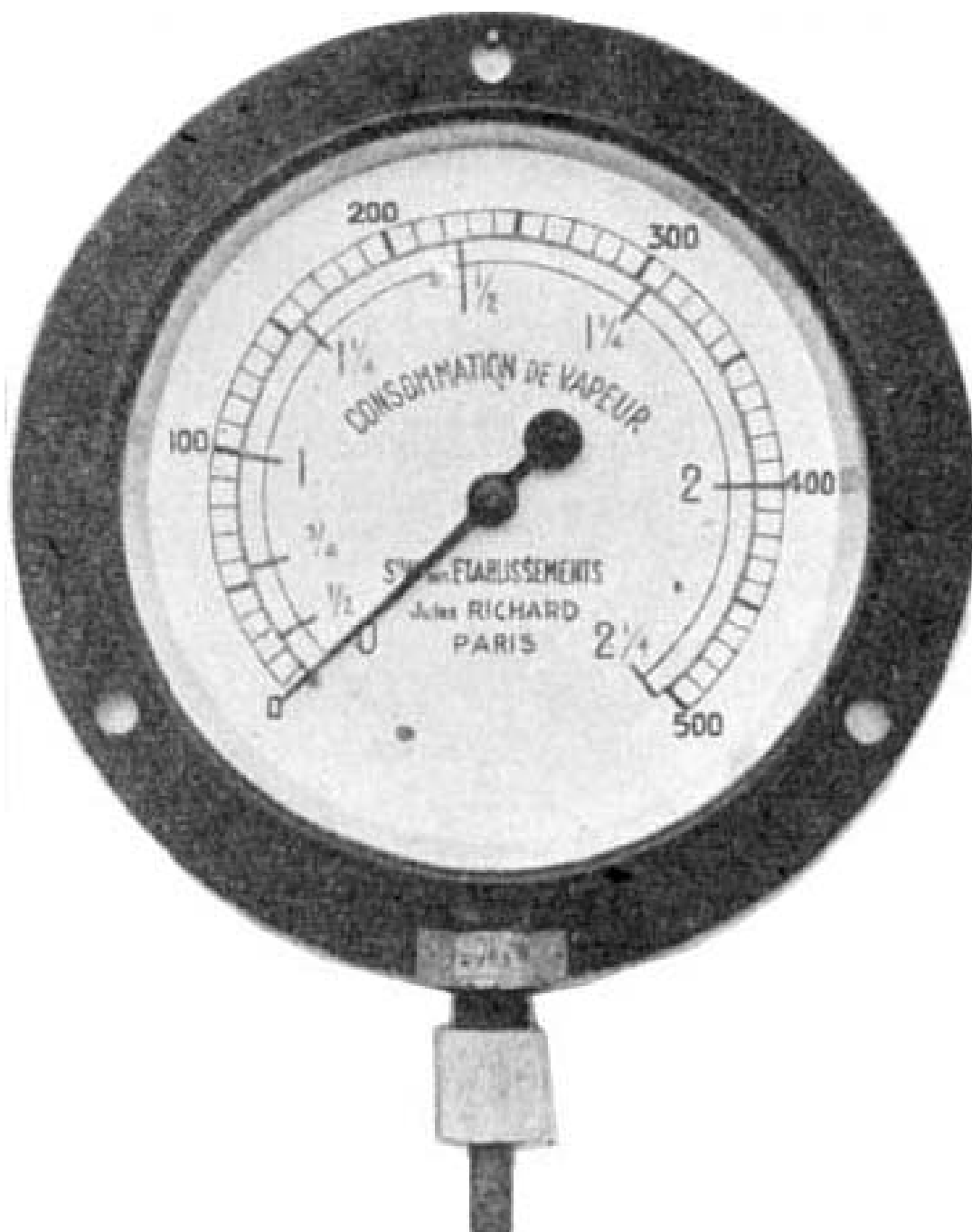


Fig. 228. — Instrumento que indica la contrapresión en la tobera de escape y el consumo de vapor.

Para medir pequeñas diferencias de presión, se hace uso de un manómetro de tubo, de agua o de mercurio, formado por un tubo en vidrio curvado en U, y llenado con el agua o el mercurio. Una de las ramas del tubo se abre a la atmósfera, la otra comunica con el recinto donde se quiere medir la presión, por ejemplo, con la caja de humo de una locomotora. La diferencia de nivel del líquido en las dos ramas da el alto de la columna de agua o mercurio que corresponde a la diferencia de presión entre la atmósfera y el recinto.

La presión media de la atmósfera, a nivel del mar, es medida por una columna de 10,33 m de agua, o de 76 cm de mercurio.

El indicador de vacío es un manómetro que indica cuánto es una presión inferior a la presión atmosférica.

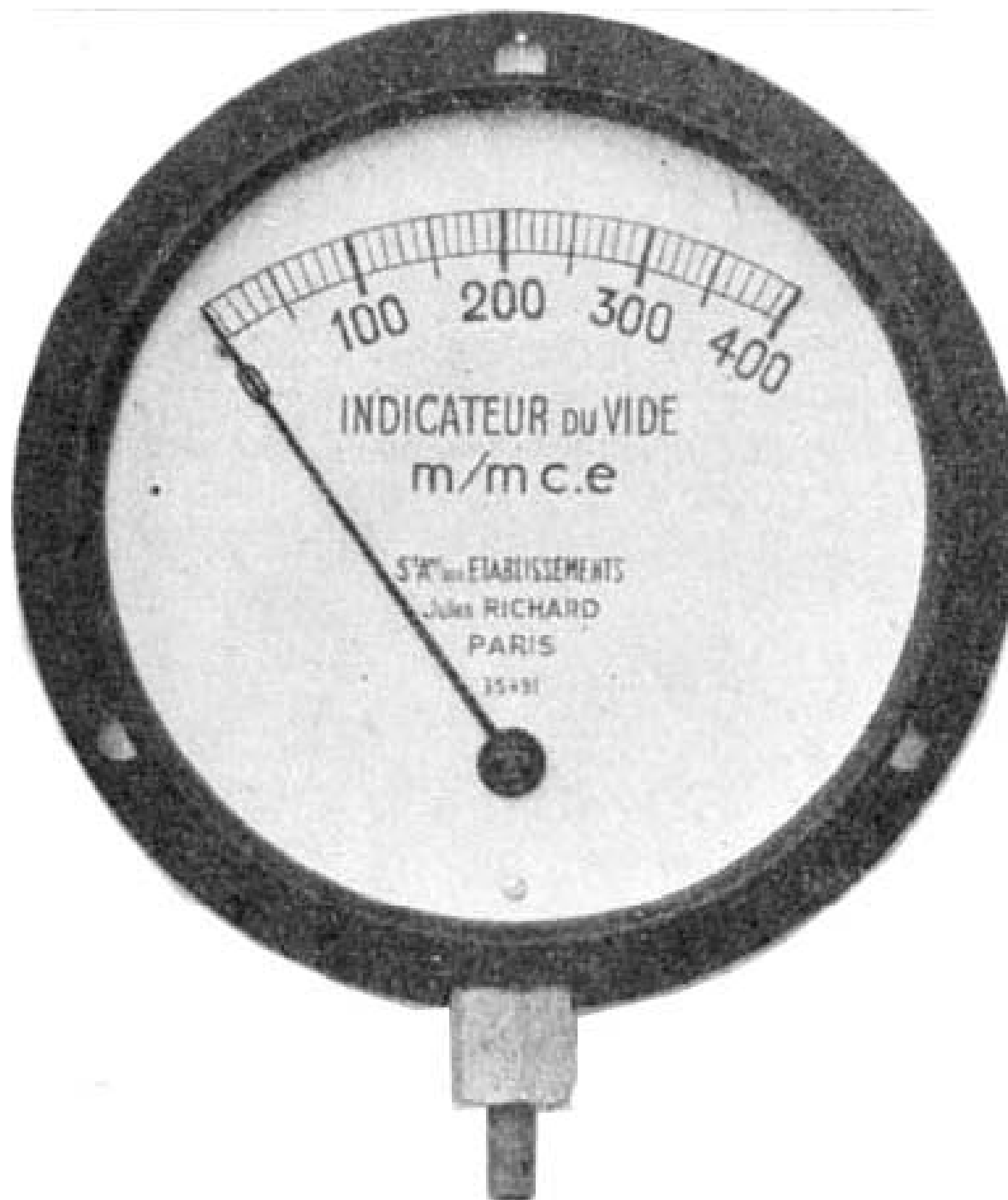


Fig. 229. — Aparato que da el vacío en la caja de humo.

Este instrumento, graduado en mm de agua (fig. 229), sirve para medir la depresión en la caja de humo. Controla las indicaciones del manómetro de contrapresión y lo substituye en caso de avería. Ayuda al maquinista a regular la marcha de la locomotora, y proporciona, información sobre la importancia de la carga de combustible en la actividad de la combustión, lo que es necesario para el buen comportamiento de la presión y el nivel del agua en la caldera. Este instrumento es aún más útil en el caso de la carga mecánica, donde la carga de combustible en el hogar es más constante.

30. Válvulas de seguridad. — La presión efectiva en la caldera, en kg/cm^2 , no debe superar la máxima admitida. Las válvulas de seguridad están dispuestas para abrirse en cuanto la presión alcance este límite, o incluso un poco antes. La válvula se monta sobre un estrecho asiento, contra el que debe presionar correctamente: se calcula, en kilogramos, la carga que debe soportar, multiplicando la presión máxima por el número de centímetros cuadrados contenidos en la superficie de la apertura cerrada por la válvula: sería 792 kg para una apertura de 80 mm de diámetro y una presión de $15,75 \text{ kg/cm}^2$.

Se evita la aplicación de pesadas masas sobre las válvulas de las calderas fijas, cargándolos por medio de una palanca, articulado en un soporte fijo: se llama brazo de la palanca las distancias de esta articulación al punto que lleva el peso y al que apoya en la válvula. Si el brazo largo es diez veces mayor que el corto, que apoya en la válvula, el peso que debe suspenderse será un décimo de la carga (despreciando el peso de la palanca, que es por otra parte fácil tener en cuenta).

Sobre las locomotoras, el peso bailaría constantemente en marcha: por eso se lo sustituye por resortes, actuando sobre la extremidad de la palanca (fig. 230).

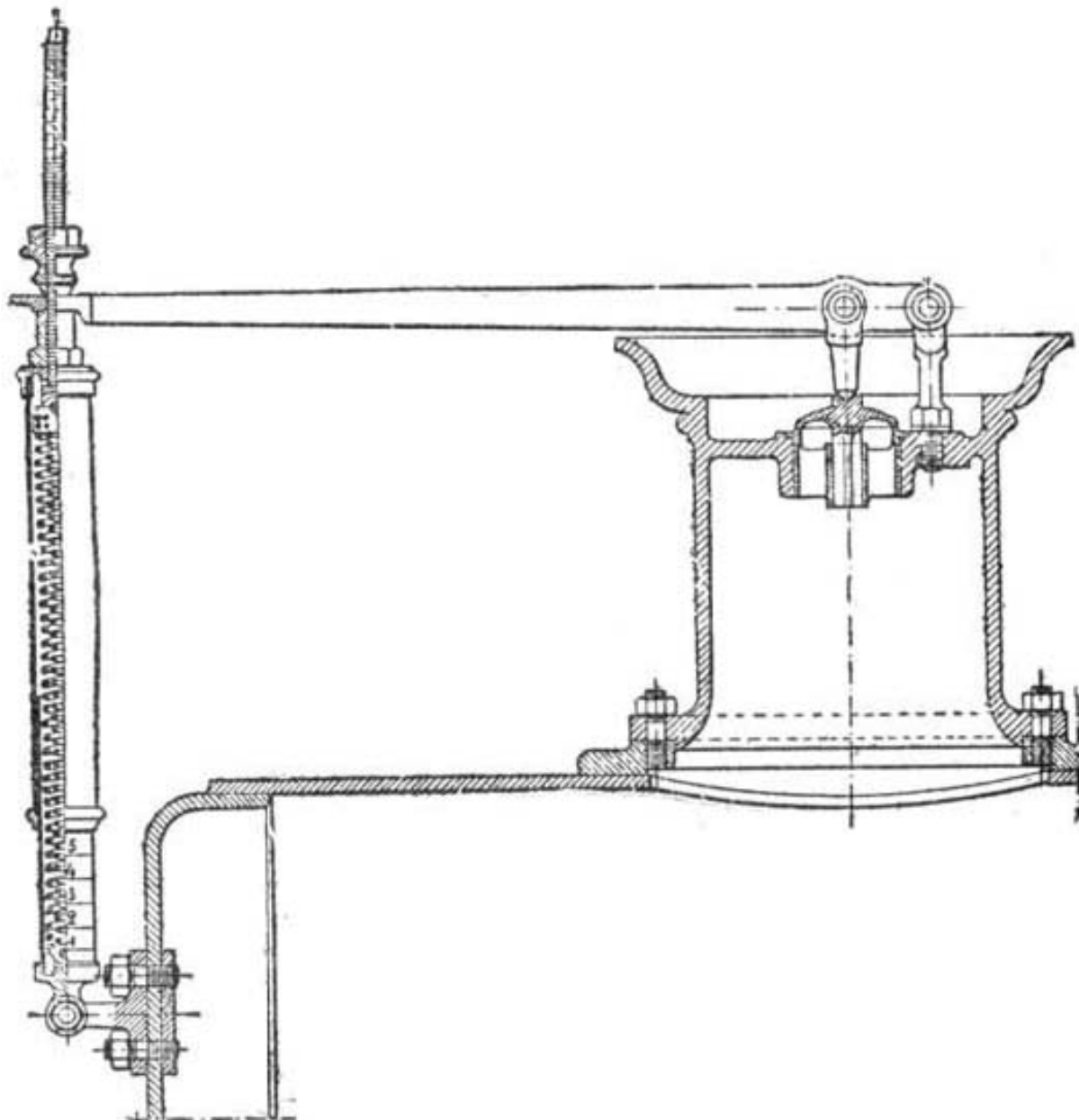


Fig. 230. — Válvula a palanca y a resorte, o balanza, de locomotora. De derecha a izquierda: articulación fija; apoyo del pequeño brazo sobre la válvula; sujeción de los resortes a la extremidad del brazo largo.

Este tipo de válvula es designado con el nombre de balanza. Aflojando la tuerca corona que apoya sobre la palanca, se disminuye la tensión de los resortes, y, por lo tanto, la carga de la válvula. Un manguito graduado de latón indica, en kg por cm^2 , las presiones que levantan la válvula para las distintas tensiones. Un anillo de retención, de altura determinada, colocado bajo la extremidad de la palanca, limita la tensión que se puede dar con la tuerca corona. Se prefiere hoy la carga directa por resorte a la carga por palanca: el montaje de la válvula es más simple, y es menos fácil modificar el ajuste, que debe hacerse solamente en el taller.

El funcionamiento de la válvula ordinaria no es totalmente satisfactorio: si se regula bien, se levanta en cuanto la presión del vapor alcanza el valor del timbre, pero sólo se levanta muy poco; en cuanto el vapor se escapa por la ranura muy estrecha abierta, la fuerza que levanta la válvula disminuye como consecuencia del movimiento rápido de la capa de vapor: se desprende que la apertura es insuficiente, y la presión puede elevarse en la caldera por sobre el timbre. Es necesario entonces aliviar la válvula a mano, o aflojar la tuerca sobre la cual actúa el resorte en los aparatos a palanca.

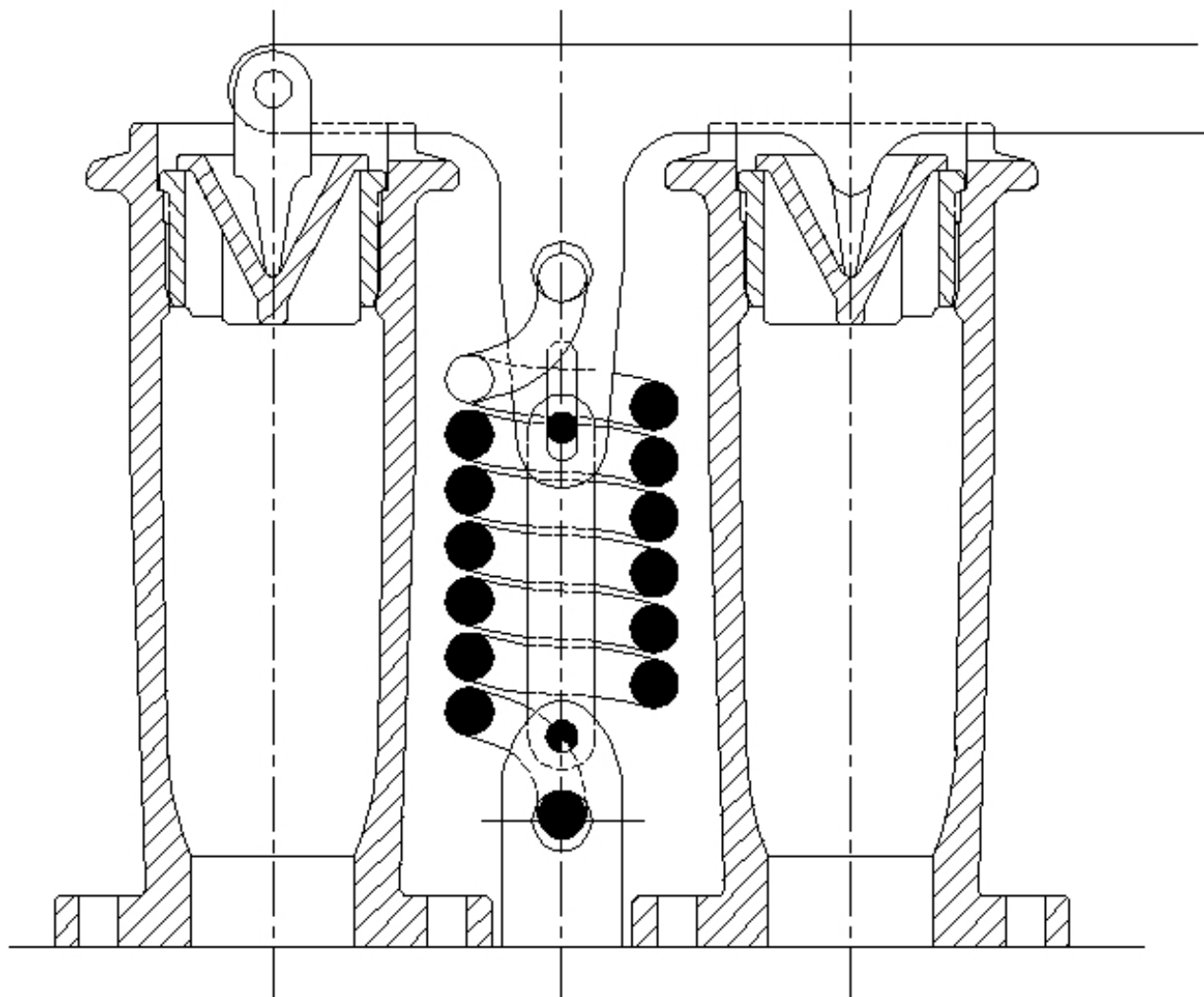


Fig. N° 231 – Válvula de Seguridad Rambottom

La válvula Rambottom (fig. 231) equipó originalmente una gran cantidad de locomotoras de origen inglés, en uso en nuestro país. Está constituida por dos columnas de fundición, unidas por sus bases, y comunicadas con la cámara de vapor de la caldera. Tiene en su interior sendos bujes de bronce sobre los que están colocadas dos válvulas de acero, que asientan sobre estos bujes, y que son guiadas por tres aletas cada una, dentro de los bujes. Están cargadas por un resorte que actúa sobre una palanca, que hace las veces de balancín. Este resorte actúa entre la palanca y un soporte que, por medio de tornillos, permite su regulación.

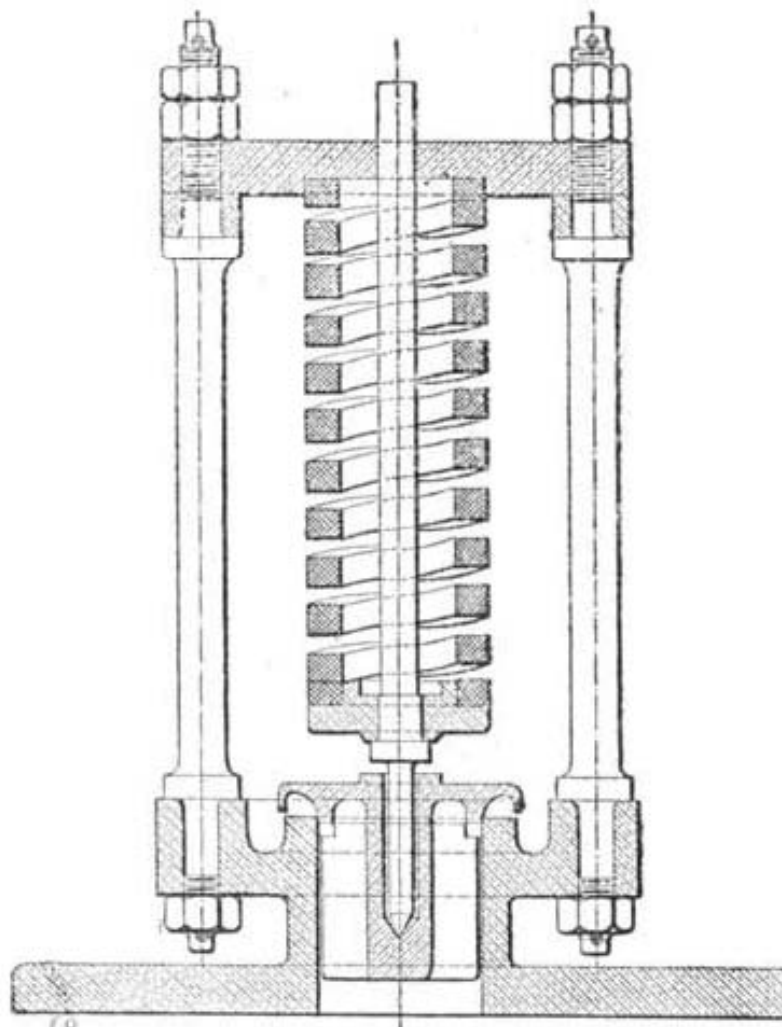


Fig. 232. — Válvula Adams, tiene una garganta que aumenta la elevación bajo la acción del chorro de vapor.

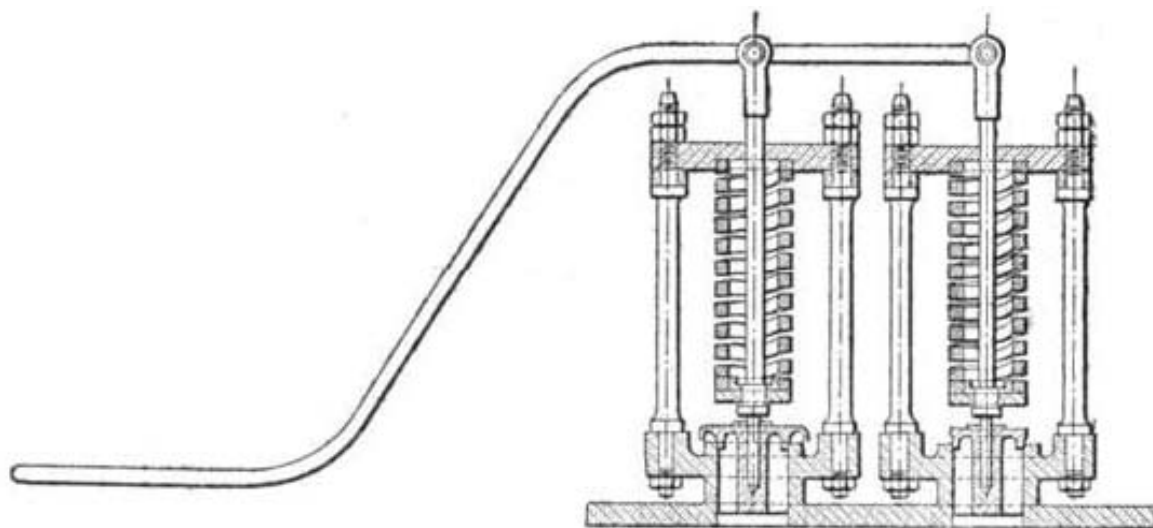


Fig. 233. — Conjugación por palanca de una válvula Adams y de una válvula ordinaria, permitiendo el cierre a mano.

La válvula Adams (fig. 225) se carga directamente por un resorte en espiral. Una pequeña garganta rodea al asiento: cuando la válvula se levanta, el vapor actúa sobre esta garganta y la levanta aún más; por eso la válvula Adams permite la salida de una cantidad mayor de vapor, con un diámetro más pequeño que las válvulas ordinarias.

Pero puede dejar escapar demasiado, y no volverse a cerrar hasta que la presión descienda notablemente debajo del timbre. En cuanto el manómetro baja más de medio kilogramo por debajo del timbre, antes del cierre de una válvula Adams, conviene hacerla rectificar.

Combinando una válvula Adams y una válvula ordinaria, sin garganta, con ayuda de una palanca articulada sobre los vástagos de ambas válvulas (fig. 233) y prolongándola hacia atrás, se da al maquinista el modo de volver a cerrar la válvula Adams; dado que ésta se monta hacia atrás, basta con apoyarse en la palanca. Esta operación no tiene por otra parte nada de riesgo, ya que al sobrecargar una válvula se descarga la otra.

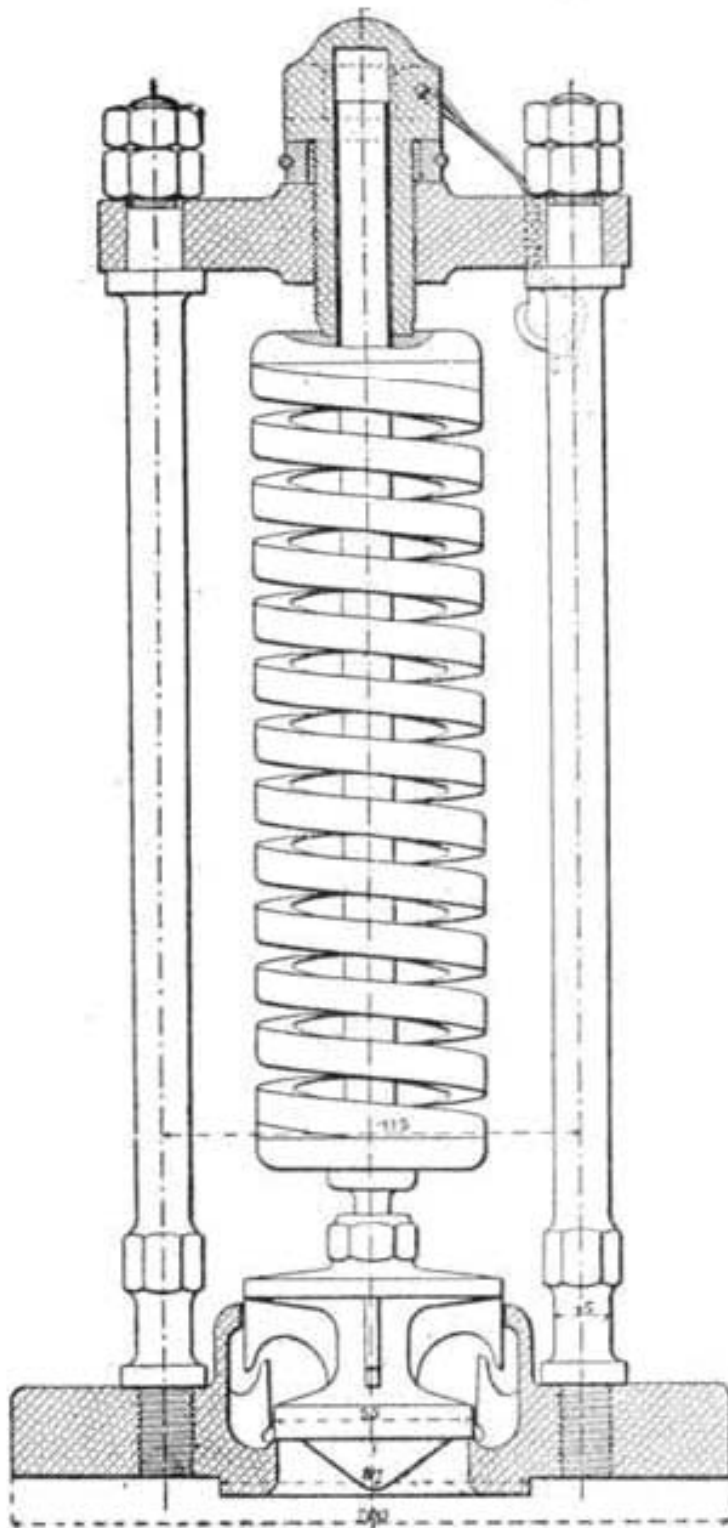


Fig. 234. — Válvula Lethuillier-Pinel,

La válvula Lethuillier-Pinel (fig. 234) está provista de un disco colocado a pequeña distancia del borde del asiento. En cuanto la válvula se levanta, el vapor actúa bajo este disco y aumenta su elevación.

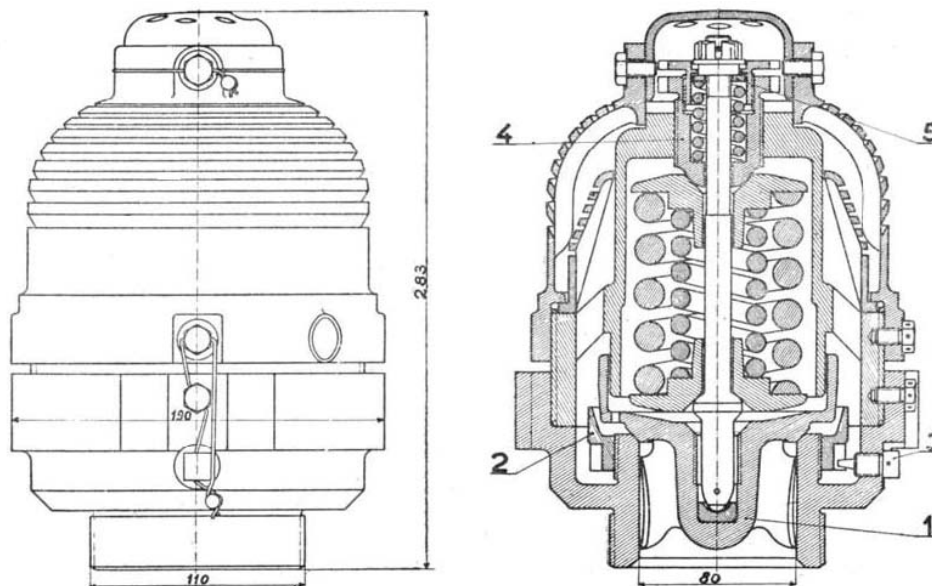


Fig. 235. — Válvula de seguridad unificada del S.N.C.F. (tipo Coale).

La válvula unificada del S.N.C.F. (fig. 235), derivada del tipo Coale, es similar, en principio, como método de acción, a la válvula Adams, pero con un orificio anular de escape ajustable por el anillo 2. Una vez obtenido el ajuste, el anillo es inmovilizado por un tornillo de traba 3, que penetra entre dos de los dientes que lleva sobre su circunferencia exterior. La compresión inicial está dada por una tuerca colocada bajo una tapa superior. Los pequeños agujeros taladrados en las campanas disminuyen el ruido del vapor. Tanto el cuerpo como los demás elementos de la válvula están roscados, lo que permite el desmontaje para su mantenimiento.

Un dispositivo complementario, imaginado por la casa Lethuillier-Pinel, que comprende un pequeño resorte 5, colocado sobre la parte superior de la válvula, permite a ésta levantarse ligeramente antes de abrirse en grande; se espera así avisar al personal de un levantamiento inminente de las válvulas.

Las válvulas de seguridad de una caldera deben estar siempre en excelente estado, bien apoyadas sobre su asiento, y siempre moverse libremente, sin que ninguna fricción pueda obstruirlas: fijar las válvulas o solamente perturbar su funcionamiento, es una falta de las más graves y sin excusas. Con las elevadas presiones hoy en uso, se ve que es muy poco lo que se puede ganar sobrecargando las válvulas; cuando se quiere forzar la máquina, alcanza con mantener la presión normal.

Por otra parte, los Reglamentos prohíben, so pena de contravención, todo rebasamiento de presión sobre el timbre; ahora bien, con un fuego activo, las válvulas, aunque levantadas, permiten sobrepasar algo el timbre. El maquinista debe pues actuar en ese momento para evitar este rebasamiento. Por esta razón, a veces, las válvulas se regulan para abrirse con una presión ligeramente inferior a la del timbre.

Los maquinistas y foguistas cuidadosos evitan perder vapor por las válvulas, regulando bien el fuego, alimentando abundantemente la caldera en el momento en que la presión se acerca a su valor límite, y por último calentando el agua del tender.

La cantidad de vapor que una válvula de locomotora abierta al máximo deja escapar es en efecto considerable, puesto que debe que dar salida a toda la producción de la caldera: experiencias sobre una válvula del tipo de la figura 234, con un diámetro de 90 mm., indicaron una salida cercana a 100 kg por minuto.

31. Envolvente de las calderas. — Las calderas pierden calor exteriormente, sobre todo las calderas de locomotoras, expuestas a violentas corrientes de aire y a la lluvia. Una envuelta aislante reduce esta pérdida. Se satisface generalmente con una simple envuelta de chapa delgada, apoyada sobre una ligera carcasa en hierro o crinolina.

El aire encerrado bajo esta envuelta, siendo mal conductor del calor, retrasa su pérdida; es necesario que el aire caliente, que sirve de aislante, no pueda escaparse: la envuelta no debe dejar ninguna luz.

Se reduce aún más la pérdida de calor intercalando, entre la caldera y su envuelta, sustancias poco conductoras, como madera, fieltro, corcho, que corren el riesgo de carbonizarse sobre la caja a fuego, o lana de escorias, lana de vidrio, amianto, que tienen la ventaja de ser incombustibles.

El método Spray, que consiste en cubrir por proyección, con ayuda de un aparato especial, con partículas de amianto, la cara interior de las chapas envolventes, se utiliza sobre algunas locomotoras del S.N.C.F. Es necesario, no obstante, que la operación se haga bien para que estas partículas sigan adheridas en el desmontaje de las chapas, lo que constituye uno de los principales inconvenientes del sistema.

Al observar la duración del enfriamiento de una caldera, después de haber apagado el fuego, se calcula la cantidad de calor perdida. Se tiene en cuenta, por ejemplo, cuánto tiempo pasa cuando la presión baja de 14 a 12 kg por cm². A estas presiones corresponden, para el agua en la caldera, las temperaturas de 197° y 191° (más exactamente, de 197,3° y 190,7°); el enfriamiento, a estas temperaturas, corresponde a una pérdida de 6,9 calorías por kg de agua. Conociendo el peso del agua en la caldera, se deduce el número de las calorías perdidas durante el tiempo observado.

Esta experiencia sólo se puede hacer fácilmente sobre una locomotora apagada; en marcha la pérdida es obviamente mayor.

Es por este método que se determina en las pruebas la cantidad de carbón necesaria para el encendido, es decir, para llevar la caldera y el agua que contiene a la temperatura que corresponde al timbre.

Se encuentra que para una máquina del tipo Pacific o Mikado se pierden alrededor 10 a 12 calorías por minuto y por grado de diferencia de temperatura entre la caldera y el aire exterior. En una caldera, que significa por ejemplo 22.840 kg de acero, 53 kg de bronce y 800 kg de refractarios, son necesarias 10.951 calorías para elevar su temperatura en 1°. Por último, para proceder al encendido en las tres horas, serán necesarios alrededor de 400 kg cuando la caldera parte de 20° y 300 kg cuando parte de 85°, con carbón de 7.700 calorías; el rendimiento de la combustión durante el encendido se supuso igual a 0,8. Ensayos de control, efectuados en el Banco de Vitry, dieron cifras casi idénticas.

32. Indicadores de nivel de agua. — Dos aparatos distintos pueden dar a conocer el nivel de agua de la caldera: Uno es un tubo transparente que deja ver el agua. Dos grifos permiten cerrar la comunicación con la caldera en caso de ruptura del tubo, grifos que a veces son combinados para actuar juntos (fig. 236). Un tercero, colocado en la parte inferior, sirve para la purga. Algunas precauciones son necesarias para que las indicaciones de este tubo no sean engañosas. Es necesario, en primer lugar, que los grifos, que lo comunican con la caldera, no se tapen; cuando la máquina está en lavado, se repasan con un raspador; en marcha, se debe abrir el grifo de purga al menos una vez por hora. A falta de estas precauciones, el tubo puede seguir estando lleno de agua cuando la caldera se vacía. Es necesario también, por supuesto, que los grifos de comunicación estén abiertos.

Se ha quemado más de un cielo de hogar, en los depósitos, encendiendo calderas vacías, en cuyos niveles, con sus grifos cerrados, se veía agua.

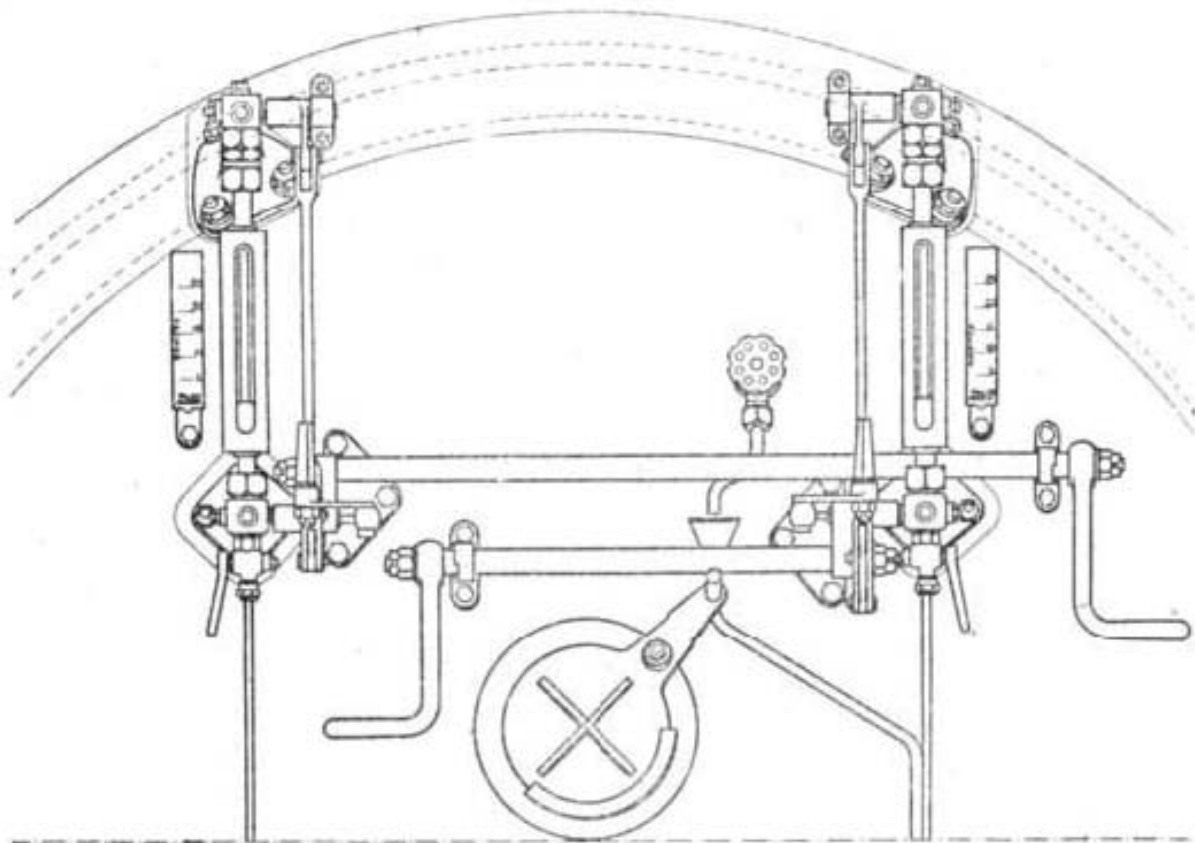


Fig. 236. — Comando de los grifos de los tubos de nivel de la locomotora 242 A1 del Ouest. Esta figura muestra la mirilla que permite examinar la placa tubular sobre la bóveda del hogar.

La estanqueidad de la junta del tubo en vidrio en los grifos de bronce está garantizada por medio de un anillo de goma empaquetado por un prensaestopas (fig. 237). A veces el caucho se introduce debajo del vidrio, que corre entonces el riesgo de taparse (fig. 238): se evita este accidente colocando contra el anillo de goma, arriba y abajo, un pequeño anillo de cáñamo, a menos que el montaje esté construido para alejar suficientemente el caucho de la extremidad del tubo (fig. 237).

Es importante que los grifos del tubo de nivel se manipulen siempre fácilmente, para que se puedan cerrar inmediatamente si el tubo se rompe. Esta maniobra es fácil y sin peligro cuando la empuñadura se coloca a bastante distancia del grifo. No se deben tolerar fugas en estos grifos. Dos o tres tubos de reemplazo, cortados a la longitud conveniente, permiten la sustitución rápida de un tubo roto.

La elevación de las presiones aumentó el número de rupturas de los tubos de nivel, y es útil proveerlos de una protección que proteja al personal, como la de los Sres. Birlé y Defauconpret, compuesto de dos fuertes cristales, tomados en una montura metálica muy simple.

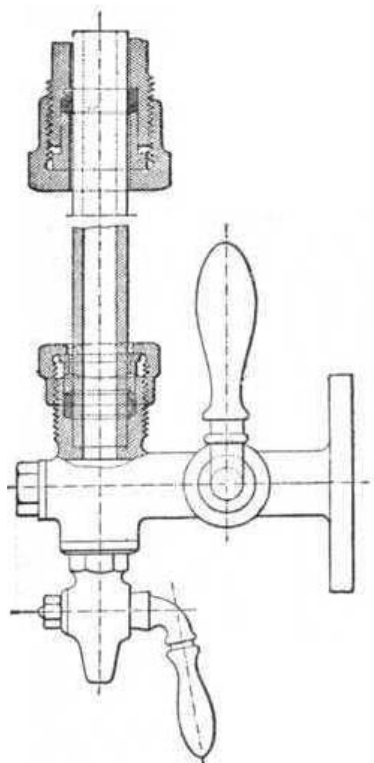


Fig. 237. — Guarnición dispuesta para evitar la obstrucción del tubo (según Walckenaer).

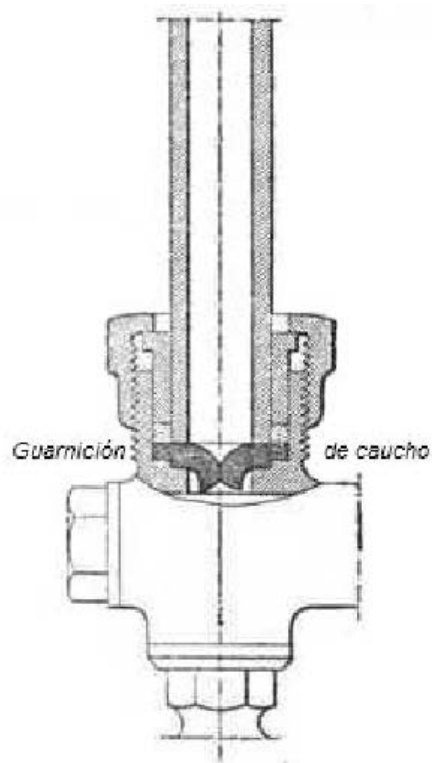


Fig. 238. — Tubo en vidrio obstruido por el arandela de goma de la guarnición (según Walckenaer).

Otra solución, actualmente generalizada, consiste en sustituir al tubo de vidrio por una carcasa metálica que lleva una ventana vertical cerrada por un cristal muy grueso (fig. 239 y 240) (Indicador de nivel por reflexión).

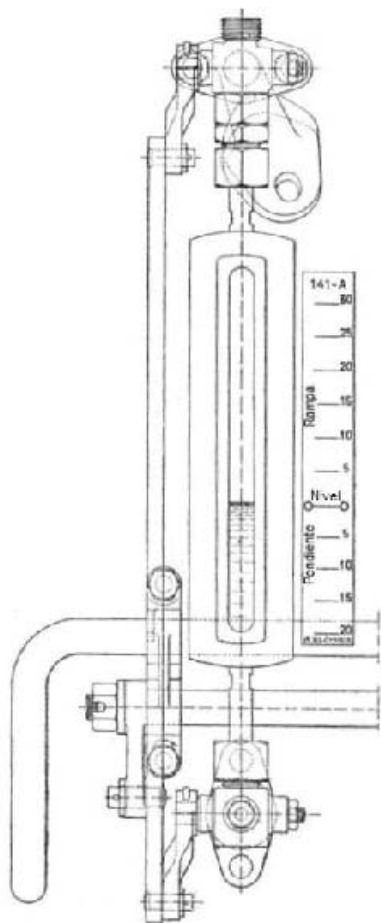


Fig. 239. — Tubo de nivel con indicación de las variaciones del nivel debidas al perfil de la vía.

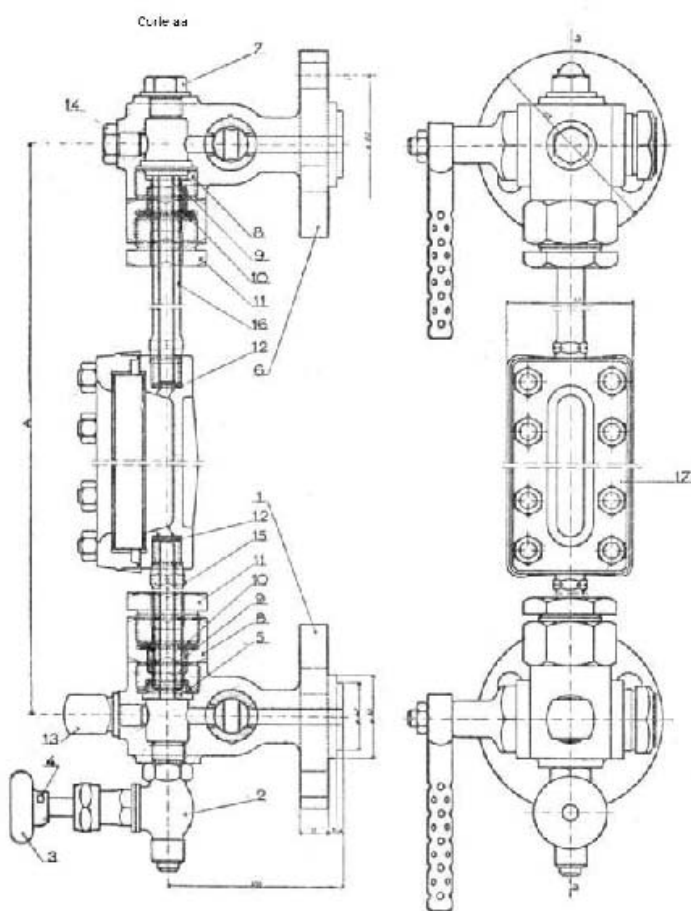


Fig. 240 – Tubo de nivel Klinger de las locomotoras 141 P

En corte (fig. 241) este cristal se provee, sobre su pared interna, de una serie de salientes en forma de prismas, sobre las caras del cual se refleja la luz cuando están en contacto con el vapor, como consecuencia del fenómeno dicho de la reflexión total. Al contrario, en contacto con el agua, el cristal no devuelve ya la luz; se vuelve transparente y deja ver el metal del tubo, que es negro, de modo que el agua toma el aspecto de tinta.

La pendiente de la vía influye sobre el nivel del agua en el tubo de vidrio: como el nivel del agua sigue siendo horizontal en la caldera, el nivel se eleva en el tubo cuando se circula sobre una subida, y se reduce sobre una bajada. En las líneas a perfil muy accidentado, con la variación de pendientes se corre el riesgo de descubrir el cielo del hogar, si no se previó el efecto del movimiento balancín de la locomotora. La adición, junto al indicador de nivel, de una escala indicando estas variaciones debidas al perfil de la vía (fig. 236 y 239) permite al personal preverlos exactamente. Queda claro que esta escala se establece para la marcha normal de la locomotora, chimenea adelante, y que en la marcha en sentido opuesto, se invierten las indicaciones.

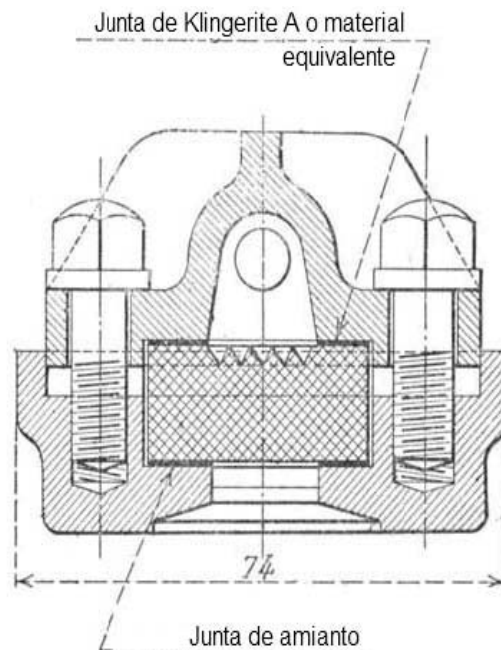


Fig. 241 – Corte horizontal del nivel Klinger

El segundo indicador de nivel consiste en tres grifos de prueba. No se debe esperar, para utilizarlos, que el tubo de vidrio esté roto, sino que es necesario accionarlos al menos una o dos veces por día: se garantiza así que están en buen estado, y se controla la indicación del tubo en vidrio.

El límite inferior del nivel del agua, señalado sobre la caldera, debe estar a 10cm sobre el cielo del hogar. Los mecánicos harán bien de aprovecharse de un lavado de la caldera para comprobar, por una de las aperturas de caja de fuego, si la placa indicadora está colocada convenientemente sobre la caldera.

Para reducir los efectos desastrosos de una falta de agua, el cielo del hogar posee los tapones fusibles (fig. 242), cuyo plomo se funde cuando ya no es enfriado por el agua. El vapor apaga entonces el fuego y la máquina no puede seguir su marcha. No se deben dejar que estos tapones se cubran de sarro o incrustaciones, ya que el plomo podría moverse o fundirse sin que el agua haya faltado.

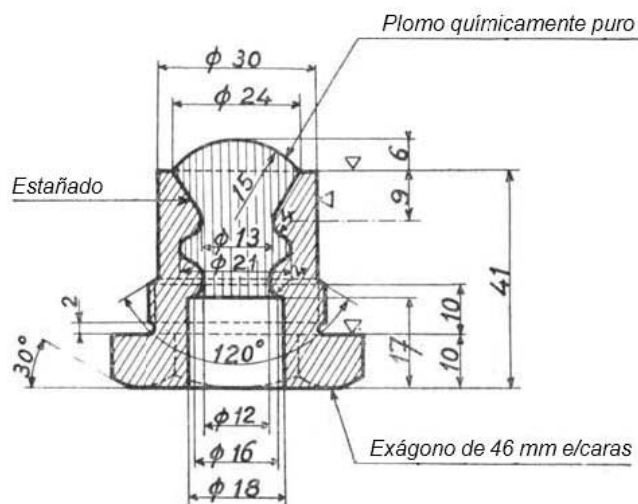


Fig. 242. — Tapón fusible unificado de la S.N.C.F.

33. Accesorios de las calderas. — El silbato es una campana en bronce que vibra cuando una lámina de vapor golpea sobre su borde; las vibraciones, entre varios centenares y varios millares por segundo, se comunican al aire. La nota emitida por el silbato es tanto más aguda cuanto mayor sea el número de vibraciones; los silbatos agudos son más desagradables, sin que se escuchen más lejos que el resto. Un buen mecanismo de comando da una apertura y un cierre francos, sin fluctuaciones.

El grifo de vaciado, colocado en la parte más baja de la caja de fuego, lleva una salida roscada exteriormente, para recibir los tubos que sirven para su unión con las cañerías fijas de los depósitos.

Capítulo II - Caldera

Es conveniente que exista una toma de vapor con una conexión roscada que pueda recibir un tubo flexible: esta toma proporciona el vapor para el deshollinado de los tubos, el accionamiento de una bomba o de un eyector que sirva para la elevación del agua, y el calentamiento de agua en depósitos de agua caliente o en la caldera de otra locomotora.

Varios orificios son necesarios para el lavado y la limpieza de la caldera. Los más pequeños son cerrados por tapones roscados. Para que las barras de limpieza no dañen las roscas donde se colocan los tapones, se puede colocar sobre la abertura un asiento remachado o abulonado, que lleva una rosca exterior, sobre la cual se atornilla un tapón hembra (fig. 243). La figura muestra un disco en cobre de 2 mm de espesor, entre el tapón y su asiento, que garantiza la estanqueidad de la junta entre las dos partes. Otras aberturas más grandes, se cierran con ayuda de tapones elípticos, que cierran herméticamente (fig. 244) por la presión que los aplasta contra su asiento.

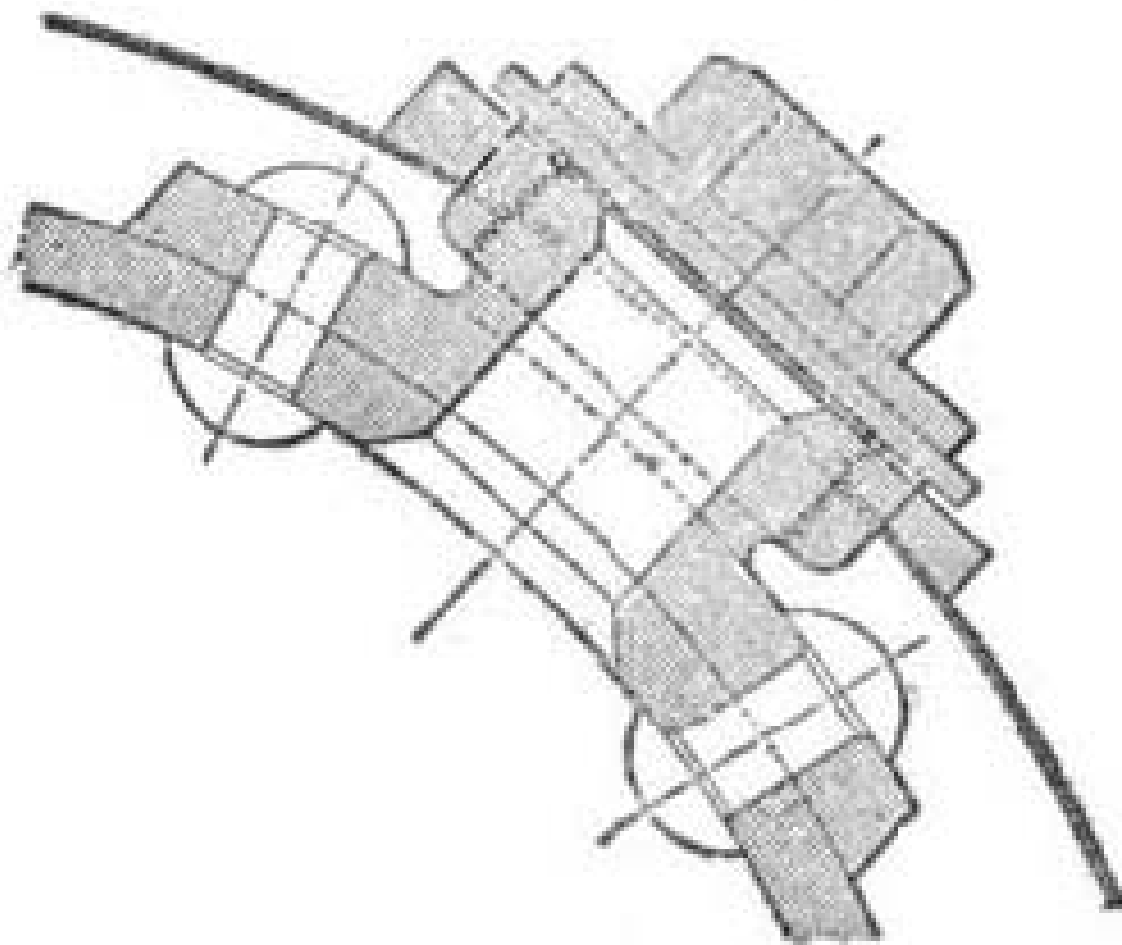


Fig. 243. —Boca de lavado montada sobre la parte redondeada de la caja de fuego, con tapón roscado exteriormente.

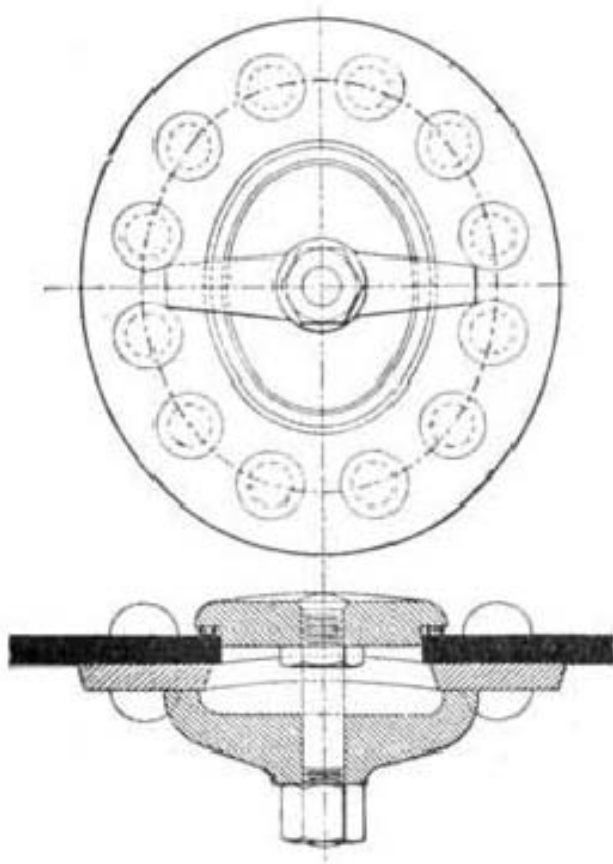


Fig. 244 – Tapón autoclave hermético

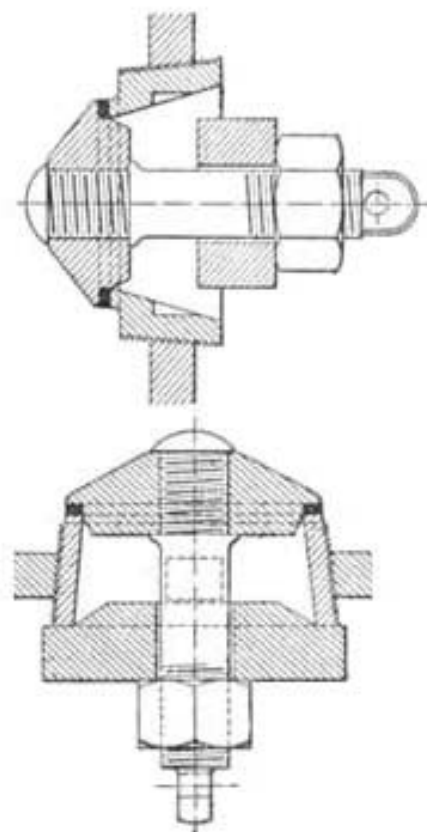


Fig. 245 – Tapón autoclave hermético con fijación roscada (Est).

Las juntas utilizadas son de plomo puro en algunas regiones (Oeste, Suroeste) o en metal AP2 (Plomo 85% Antimonio 10% Estaño 5%) en otras, en particular, sobre el Sureste; pero para evitar que este último metal sea demasiado quebradizo es indispensable hacer las juntas partiendo de metal nuevo y recocerlos a una temperatura de aproximadamente 180° durante treinta minutos, después de haber dado a la junta su forma definitiva. Las juntas de cartón de amianto y caucho comprimidos, tipo Klinger-Oilit o similares, han dado excelente resultado, permitiendo hasta 10 reutilizaciones sucesivas.

La figura 245 muestra un pequeño tapón autoclave, montado sobre un tapón hueco fileteado, atornillado al asiento.

Con las altas presiones actuales, la instalación y el mantenimiento de la grifería requieren excepcionales cuidados. Las grandes redes han adoptado tipos comunes de grifos. Considerando el elemento de cierre, estos grifos se clasifican dentro de las seis categorías siguientes (fig. 246), designadas cada una por una letra:

Cónico abierto	O
Cónico con resorte	H
Cónico ciego.....	F
A válvula	C
A punzón	P
A compuerta	V

Cada grifo por otro lado es caracterizado por el método de montaje, que comprende la salida y/o la llegada del fluido, haciéndose por conexión roscada macho o hembra, brida, manchón o manguera; por fin la salida puede hacerse por un pico sin montaje (fig. 247)

La salida puede ser, suponiendo el grifo colocado con el vástago hacia arriba, derecho, curvo hacia abajo, curvo hacia la derecha, o curvo hacia la izquierda. Estas distintas disposiciones se designan con letras; se añade la dimensión del grifo, es decir, el diámetro de los orificios de llegada y salida.

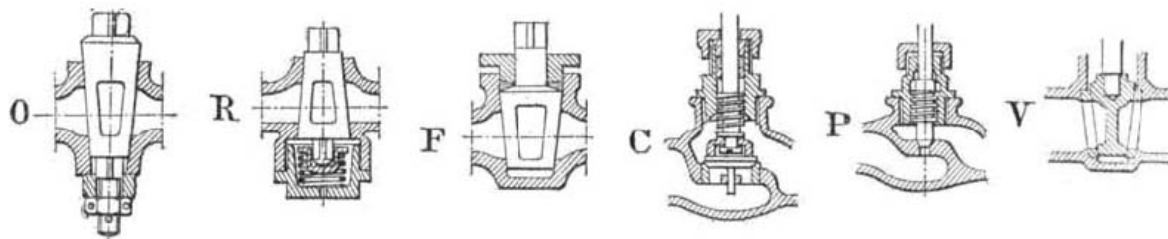


Fig. 246. — Tipos de los grifos según el órgano de obturación.

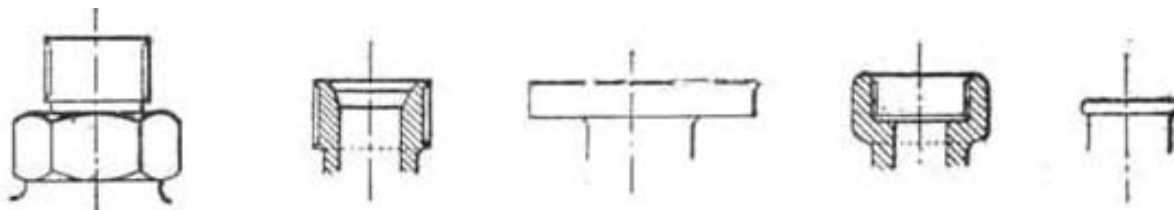


Fig. 247. — Distintas clases de entradas y salidas para los grifos.

Sobre el grifo cónico abierto (fig. 248), el cono se inserta cada vez más profundamente en su asiento, como consecuencia del desgaste; se sustituye a continuación por un cono más grande, hasta el desgaste máximo del asiento (fig. 249).

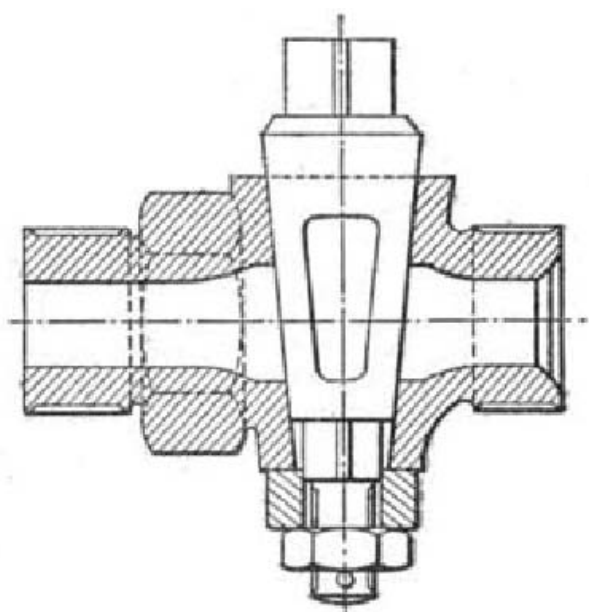


Fig. 248 – Grifo abierto, con asiento nuevo.

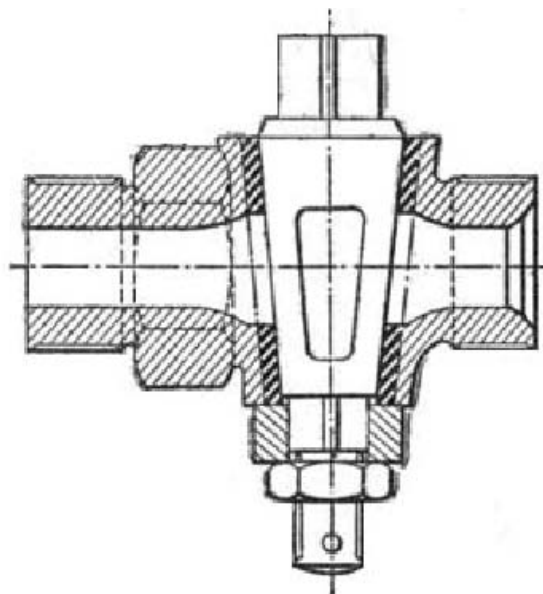


Fig. 249 – Grifo cónico abierto con asiento usado. El cuerpo se da de baja del servicio cuando los sucesivos rectificados han eliminado la zona cubierta de trazos fuertes

En el grifo cónico con resorte (fig. 250), el cono es mantenido en lugar por el resorte, a pesar de la presión del vapor, que tiende a levantarlo. El mantenimiento se hace como en los grifos cónicos abiertos.

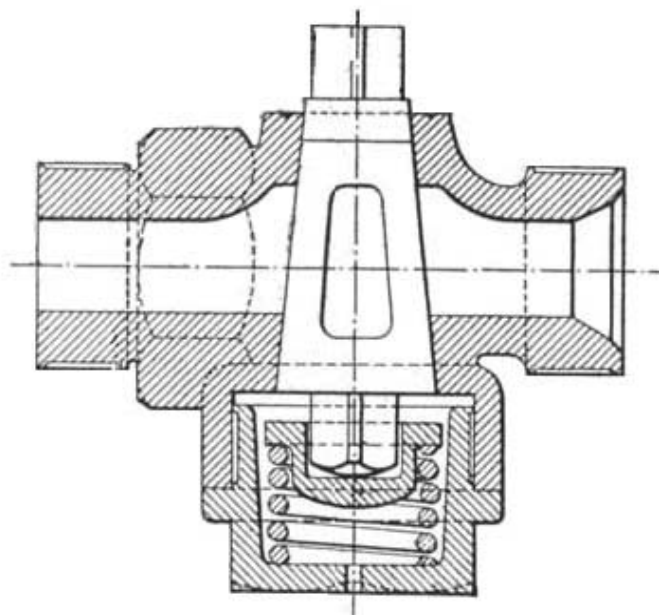


Fig. 250. — Grifo cónico con resorte; el agujero taladrado en la tapa detecta las fugas, e impide el atascamiento del cono que resultaría bajo la acción de la presión resultante.

La figura 251 representa un grifo a punzón.

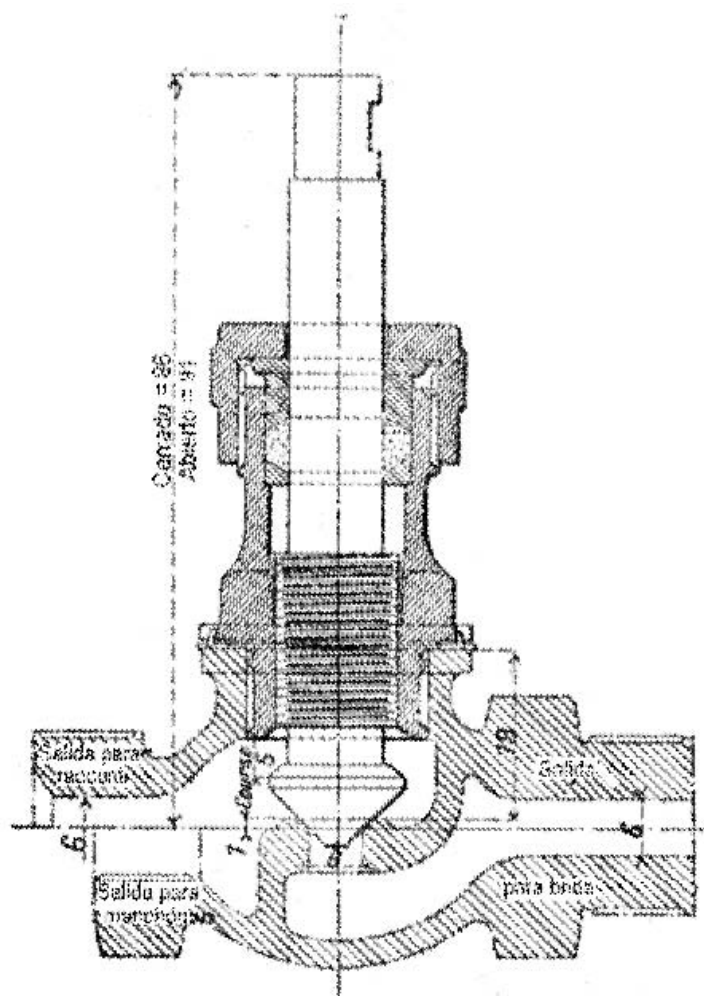


Fig. 251. — Grifo a punzón.

Las condiciones de montaje, es decir, las proporciones y posiciones de las salidas, son comunes a todos los grifos del mismo calibre, que pueden substituirse uno por otro sin modificación de los elementos sobre los que se conectan.

34. Alimentación. — La alimentación, o introducción de agua en la caldera, se hace con ayuda de bombas o inyectores. Las bombas, empleadas antes de la invención de Giffard en 1858, cedieron su lugar a los inyectores, más simples, menos propensos a los daños, y con la ventaja de poder funcionar también durante las paradas.

La alimentación puede ser continua o discontinua: si la locomotora hace un largo trayecto a nivel o sobre una pendiente uniforme, el gasto de vapor es regular, y es mejor mantener tanto como sea posible el agua al mismo nivel mediante una alimentación continua.

Sobre pendientes variables, la suspensión de la alimentación es una forma de forzar la locomotora para transponer subidas cortas. El calor proporcionado por el combustible debe, en primer lugar, calentar el agua hasta la temperatura del vapor, luego vaporizarla, y por fin recalentar el vapor; dado que se tomó el agua a 17° , siendo la presión de 15 kg por cm^2 , y recalentando el vapor hasta 340° , más del un cuarto del calor suministrado se utiliza para llevar el agua hasta 200° . Cuando se cierra la alimentación, todo el calor que penetra en la caldera vaporiza el agua caliente y recalienta el vapor; la cantidad de vapor producido puede ser así aumentada, sin que la presión caiga. Pero el nivel del agua se reduce, y puede llegar rápidamente a su límite inferior.

Un abundante envío de agua viene a continuación para compensar la baja de nivel por el gasto de la caldera: pero esa elevación del nivel de agua hace caer su presión. Debe señalarse el peligro de disminución excesiva del nivel, como consecuencia del movimiento de eje de balancín hecho por la locomotora cuando pasa de una subida a una bajada o incluso a un tramo a nivel.

35. Tubería de alimentación. — Cada inyector recibe un tubo de entrada de agua, un tubo de llegada de vapor, con grifo a válvula sobre la caldera, y un tubo de alimentación, conectado con la válvula de introducción de agua (fig. 252 y 253), provista de una válvula de retención. Esta válvula se suele denominar “Válvula Clack”, por el ruido que hacen al cerrarse. Se debe poder aislar de la caldera esta válvula automática, cuya inspección, cuando la caldera está bajo presión, presenta no obstante algún peligro, ya que se corre el riesgo de quemaduras por el agua caliente, si la posición de cierre de la llave de paso no es correcta o si no está apretada.

En zonas frías se debe prestar atención para evitar las roturas de tubos por congelamiento.

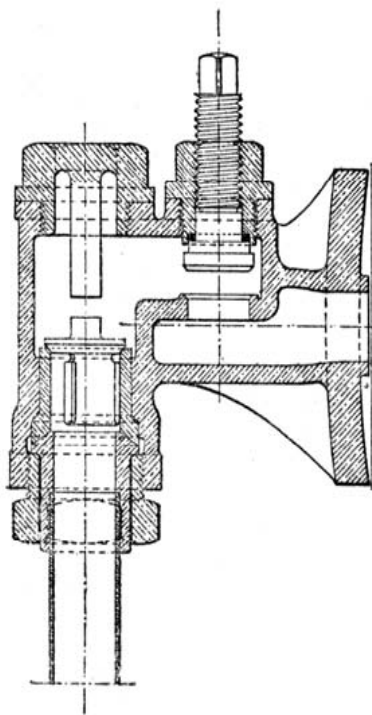


Fig. 252 – Válvula de introducción de agua, con cierre auxiliar por válvula a tornillo. Un prisionero bloquea el tapón de la derecha, para evitar el riesgo de desatornillarlo cuando se quiere abrir la válvula a tornillo

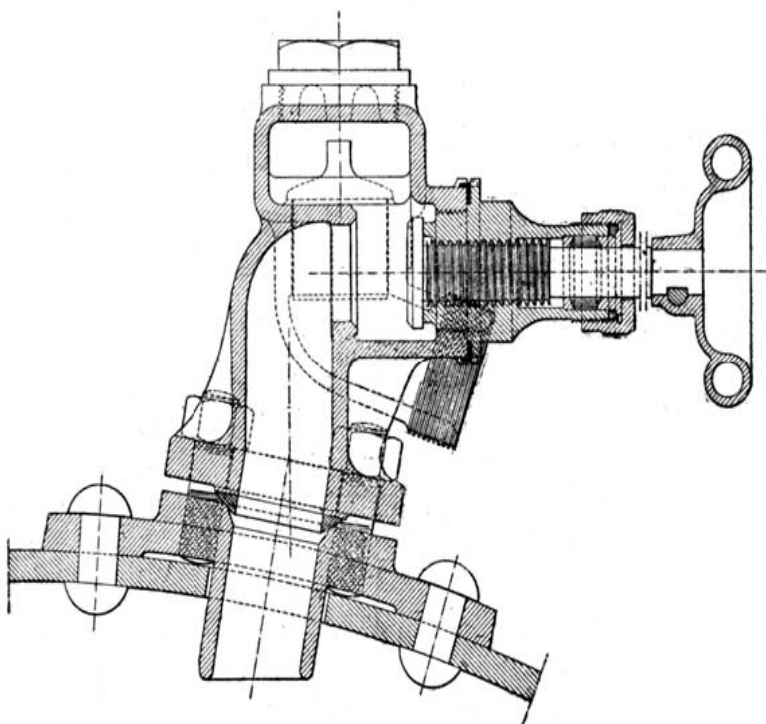


Fig. 253 – Válvula de introducción de agua. El corte muestra la válvula de comunicación maniobrada a mano; detrás se encuentra la válvula automática, cerrada sobre un asiento horizontal.

Durante mucho tiempo se colocaron las válvulas de introducción por debajo del nivel del agua en la caldera. El agua relativamente fría que envían los inyectores tiene la tendencia, como consecuencia de su mayor densidad con respecto a la del agua a la temperatura de vaporización, de ocupar las partes bajas de la caldera, lo que puede ser una causa de fatiga de las chapas. Esta es la razón por la que se prefiere hoy la alimentación en la cámara del vapor (fig. 254), además de facilitar la salida del aire disuelto en el agua de alimentación, que es causa de corrosión de las chapas. A menudo se colocan, por debajo de la llegada del agua y dentro del vapor, bandejas de chapa, para aumentar la duración del contacto entre el agua y el vapor (fig. 254). Conviene no obstante evitar largos tubos dentro de la caldera, tubos que entran en resonancia fácilmente y en los cuales se producen a veces violentas vibraciones.

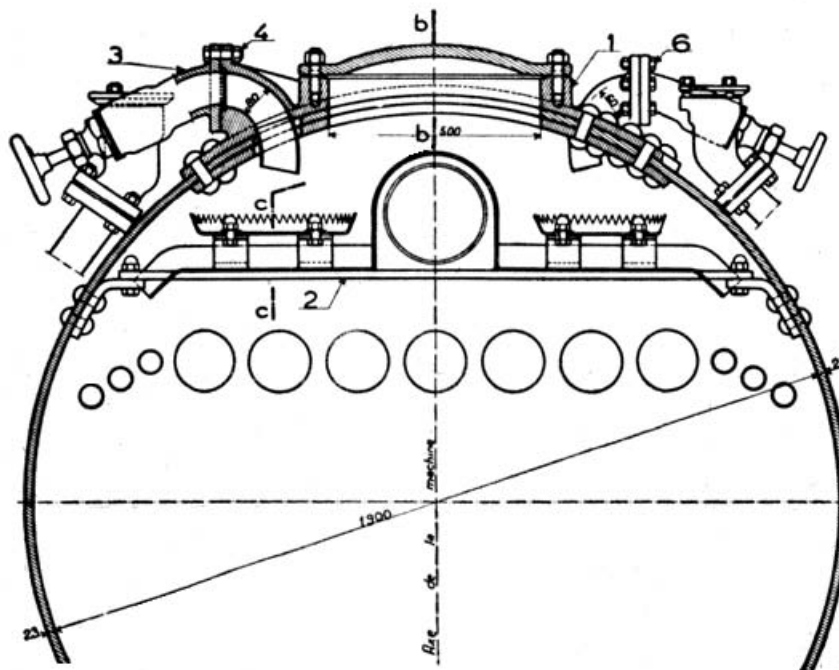


Fig. 254. — Alimentación en la cámara de vapor (locomotoras 152). Difusores reciben el agua y la vierten en lluvia sobre una bandeja en chapa; una envoltura aísla el tubo de toma del vapor.

36. Inyectores. — Los distintos inyectores comprenden los mismos órganos esenciales. Dos conductos concéntricos, por uno de los cuales ingresa el vapor, y por el otro el agua de alimentación. Por el conducto cónico interior, llamado tobera, ingresa un chorro de vapor; por el que lo rodea, un chorro anular de agua. Los dos chorros se unen en un cono convergente, llamado cono de mezcla, que es a veces una simple prolongación del conducto de agua, y que puede estar formado por uno o por varios conos distintos sucesivos.

El vapor se condensa en contacto con el agua y se forma un chorro de agua caliente animado de gran velocidad, aunque bastante inferior a la que tendría el chorro de solo vapor.

Este chorro de agua caliente cruza un espacio llamado cámara de rebose o sobradero, que comunica libremente con el exterior, y por el que pasa el agua y el vapor en la cebadura del inyector. Al cruzar esta cámara, el chorro de agua caliente arrastra aire, que penetra en la caldera, y altera las chapas; por eso se provee al sobradero de una válvula que, cerrándose hacia el interior, no se opone a la salida de agua y vapor en la cebadura, pero impide la aspiración por el inyector en funcionamiento.

Por fin el chorro rápido que cruza el sobradero penetra en un cono divergente, donde su velocidad disminuye, al tiempo que su presión aumenta, según un principio de la mecánica (ecuación de Bernoulli); si la velocidad a la entrada del cono divergente es lo suficientemente grande y si disminuye suficientemente como consecuencia de la conicidad del conducto, la presión alcanza y sobrepasa la de la caldera, levantando la válvula de retención, que impide todo retorno, e ingresa a la caldera. El vapor que hace funcionar el inyector debe ser seco; por eso se lo toma en la cúpula o al menos en la parte superior de la caldera.

Capítulo II - Caldera

La dimensión importante de un inyector es el diámetro del cono divergente, en su menor sección: de este diámetro depende, para cada tipo de inyector, la cantidad de agua que puede introducir. El número del inyector es, a menudo, este diámetro expresado en milímetros.

Las cualidades principales que se buscan en un inyector son las siguientes:

Facilidad de maniobra y seguridad de la cebadura, que el personal de las locomotoras aprecia muy especialmente.

Funcionamiento con agua tibia, lo que permite calentar el agua del tender.

Producción variable a discreción, de modo que se pueda regular una alimentación continua.

Simplicidad de la construcción y facilidad del mantenimiento.

Los inyectores aspirantes pueden ubicarse sobre el nivel del agua del tender, a la que elevan; los inyectores no aspirantes deben recibir el agua en carga, lo que obliga a colocarlos por debajo del piso de la cabina de la locomotora. Cuando no funcionan, vaciarían el tender, si se olvidara cerrar el paso de agua. Estos inyectores no aspirantes se denominan también “de carga” o “de peso de agua”.

Se encuentran aún en servicio inyectores Giffard, tal como salieron de las manos de su inventor (fig. 255): la aguja, actuada por una pequeña manivela, cierra o abre más o menos el conducto por el cual ingresa el vapor tomado de la caldera. Es necesario cerrar esta aguja con suavidad, ya que, forzada, puede hacer colapsar el asiento en el cual se acuña. El pequeño chorro de vapor, que deja pasar el conducto entreabierto, arrastra el aire en la puesta en marcha y aspira el agua como consecuencia de la disminución de la presión en el tubo de aspiración

El cono con la aguja puede deslizarse en el cuerpo del inyector, bajo la acción de un tornillo comandado por una empuñadura; se abre más o menos así el paso del agua. No es posible que el vapor pueda fugar fuera de este conducto y penetrar por allí al conducto de agua: una guarnición se opone a esta fuga. El sobraderezo comunica libremente con el exterior. Una válvula cierra la extremidad del cono divergente, del lado de la caldera.

Para hacer funcionar el inyector Giffard, se regula el paso del agua con ayuda de la empuñadura, reduciendo su apertura, sobre todo teniendo en cuenta que la presión en la caldera es mayor. Con la aguja se abre un pequeño paso al vapor para aspirar el agua, y luego de cebado se aumenta su apertura.

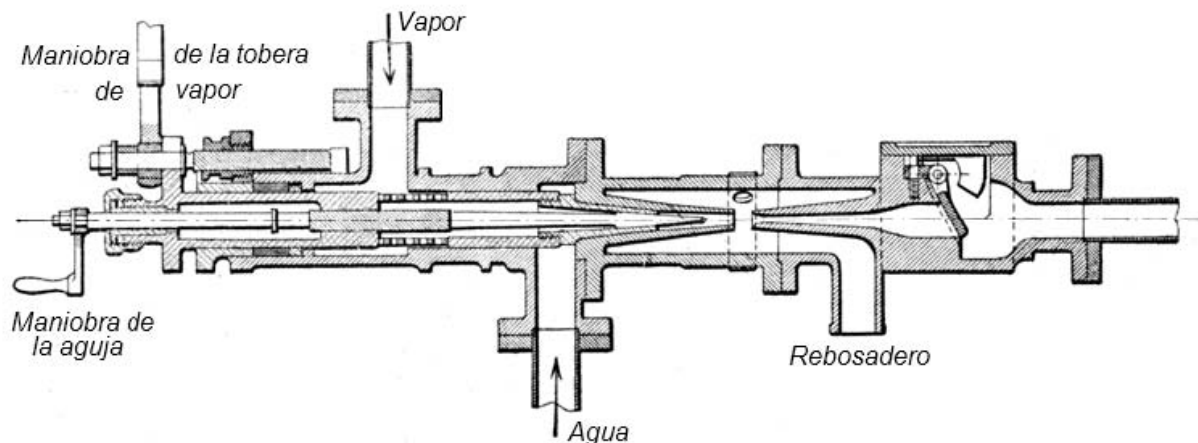


Fig. 255. — Inyector Giffard, representado completamente cerrado; al extraer hacia la izquierda el conducto a vapor, se abre el paso del agua; la maniobra de la aguja deja pasar el vapor.

Un inyector Giffard, con cono divergente de 9 mm de diámetro menor, puede introducir, por minuto, en una caldera cuya presión es de 10 kg/cm², 60 a 120 litros de agua tomada del tender. Estas cantidades aumentan a 80 a 130 para una presión de 13 kg/cm², y bajan a 40 a 100 para la de 7 kg/cm².

1. Experiencias de la Compañía del Este sobre un inyector similar al inyector Sellers dieron los siguientes resultados: con una presión efectiva de 10 kg/cm² en la caldera, la temperatura del agua de alimentación variando de 10 a 45°, la temperatura del agua impulsada fue superior en 48° a la del agua de alimentación. Con una presión de 15 kg/cm², y la temperatura del agua de alimentación variando de 10 a 45°, la del agua impulsada varió de 70 a 124°.

Al medir la temperatura del agua impulsada⁽¹⁾, se puede estimar la relación entre los pesos de agua y vapor que atraviesan el inyector. Por ejemplo, si esta temperatura es de 64°, el agua se toma a 15° y el vapor a la presión efectiva de 10 kg/cm², suponiendo que el vapor se condense totalmente, cada kilogramo saliendo del inyector se lleva alrededor de 64 calorías: esta cantidad de calor es el total de lo que contiene por una parte el vapor y por otra el agua de alimentación.

Ahora bien: un kg de vapor, a la presión indicada, contiene 663 calorías, y el kg de agua 15; la aritmética, permite calcular fácilmente que proporciones de vapor y agua dan el total de 64 calorías: son necesarios 75 g de vapor (con 50 calorías) y 925 g de agua (con 14 calorías).

A estos valores corresponden 81 g de vapor para un litro de agua⁽²⁾. El trabajo teórico de introducción de un litro de agua en una caldera a 10 kg/cm² es de 100 kilográmetros; con las fricciones, se pueden admitir 150 kgm, para los cuales es necesario proporcionar 81 g de vapor. Con esta proporción, un caballo-hora (270000 kgm) exige 145 kg de vapor, mientras que el mecanismo de la locomotora produce un caballo-hora con 10 a 12 kg (algunas locomotoras modernas no gastan más de 5 kg de vapor).

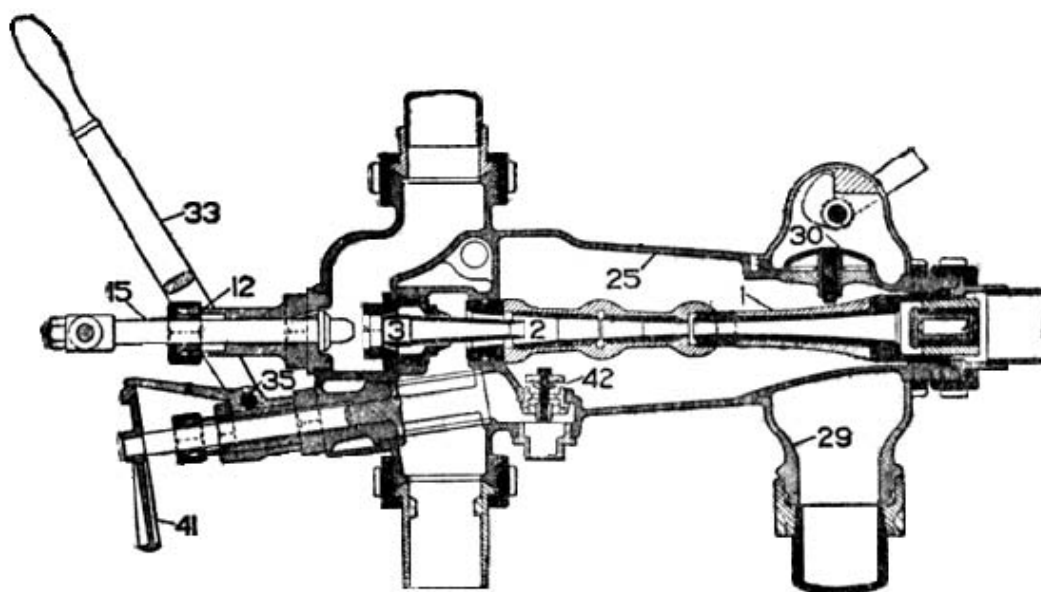


Fig. 256. — Inyector Sellers aspirante, clase N.

Estudiado como máquina motriz, el inyector da lugar a un enorme consumo: pero el vapor realmente no se pierde, puesto que sirve para recalentar el agua de alimentación.

En los inyectores aspirantes Sellers (fig. 256) y Lavezzari (fig. 257), el vapor sale, no solamente por la tobera, sino que forma una capa fina en torno a la misma. La válvula, movida por una palanca, comienza por dar paso solamente a esta capa auxiliar de vapor, debido al vástago que se introduce en la tobera: se produce entonces la aspiración del aire, y luego del agua, para la puesta en régimen. La entrada del agua es regulada por un grifo.

1 Para ser exactos, sería necesario tener en cuenta la cantidad de calor que se transforma en trabajo de impulsión, pero esta cantidad es en sí desdeñable para un cálculo aproximado.

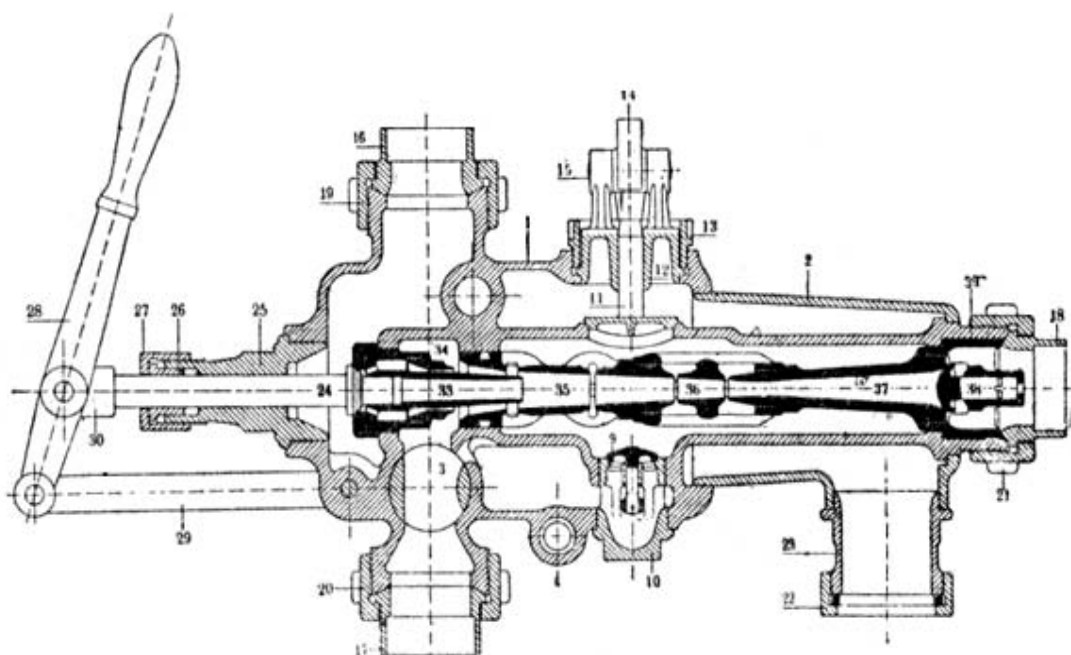


Fig. 257 – Inyector aspirante construido por Lavezzari (Serie E)

La cámara, donde se mezclan el agua y el vapor, es un largo cono con una serie de aberturas que comunican con el sobrero. Una válvula, cerrando del exterior hacia el interior, se opone a la aspiración de aire y puede mantenerse cerrada cuando se sirve de la toma de vapor para calentar el agua del tender.

Otra válvula, en el extremo del cono divergente, impide el retorno de agua de la caldera. Posee una válvula de agua, que puede abrirse, en la caja que rodea los conos, y cuya acción es secundaria, y que no existía sobre los primeros inyectores Sellers. La forma de la tobera de vapor, en primer lugar convergente, luego divergente del lado de la salida, es digna de atención. A primera vista, se podría creer que el ensanchamiento del conducto, al aumentar la sección de derrame, disminuye la velocidad del fluido. Pero es necesario tener en cuenta el aumento de volumen que resulta del descenso de la presión del vapor durante su paso: este hecho compensa y supera el efecto del aumento de sección.

Un inyector Sellers con cono divergente de 9 mm, impulsa un poco más de agua que un inyector Giffard con el mismo diámetro (70 a 140 litros, contra la presión de 10 kg/cm², en vez de 60 a 120). Funciona aún con agua a la temperatura de 45°. El manejo es muy fácil, pero debe instalarse y mantenerse cuidadosamente. Es necesario, en particular, que la ranura anular, que da la capa auxiliar de vapor en torno a la tobera, no sea demasiado ancha.

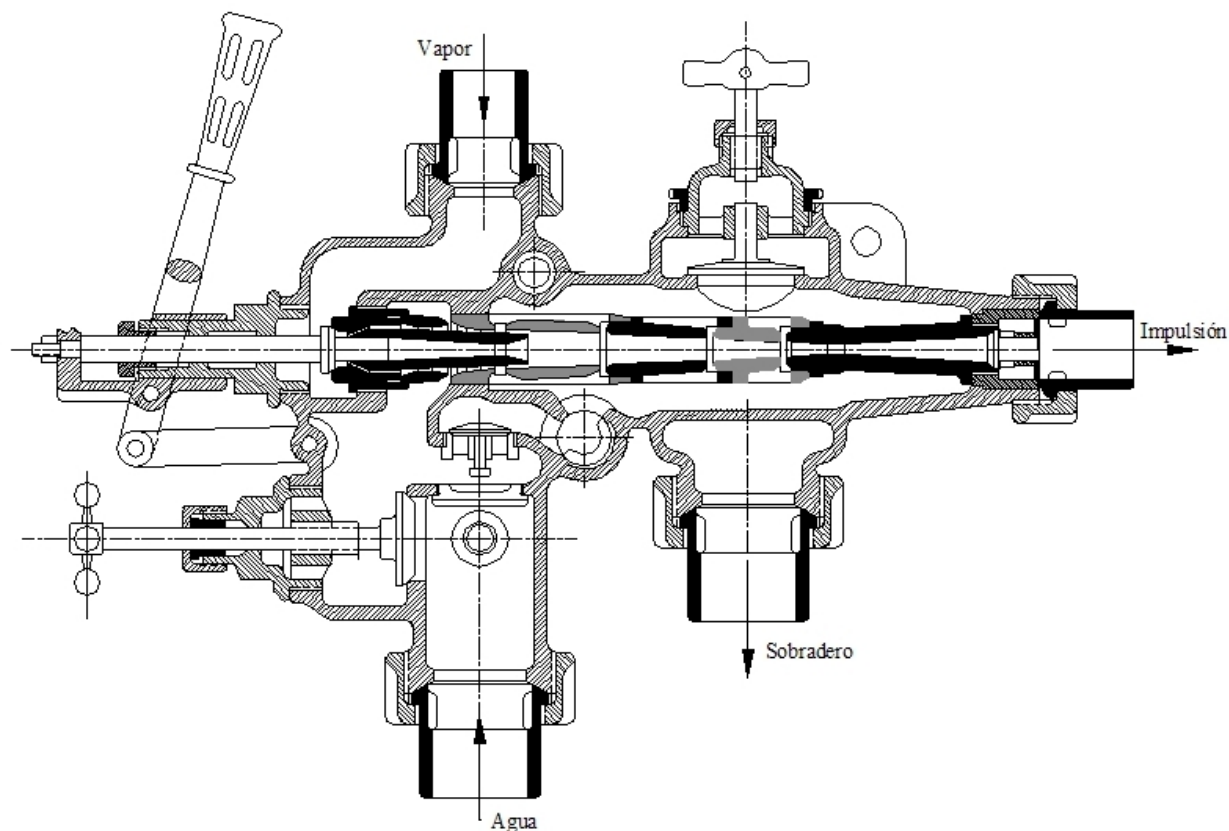


Fig. N° 258 – Inyector Nathan aspirante

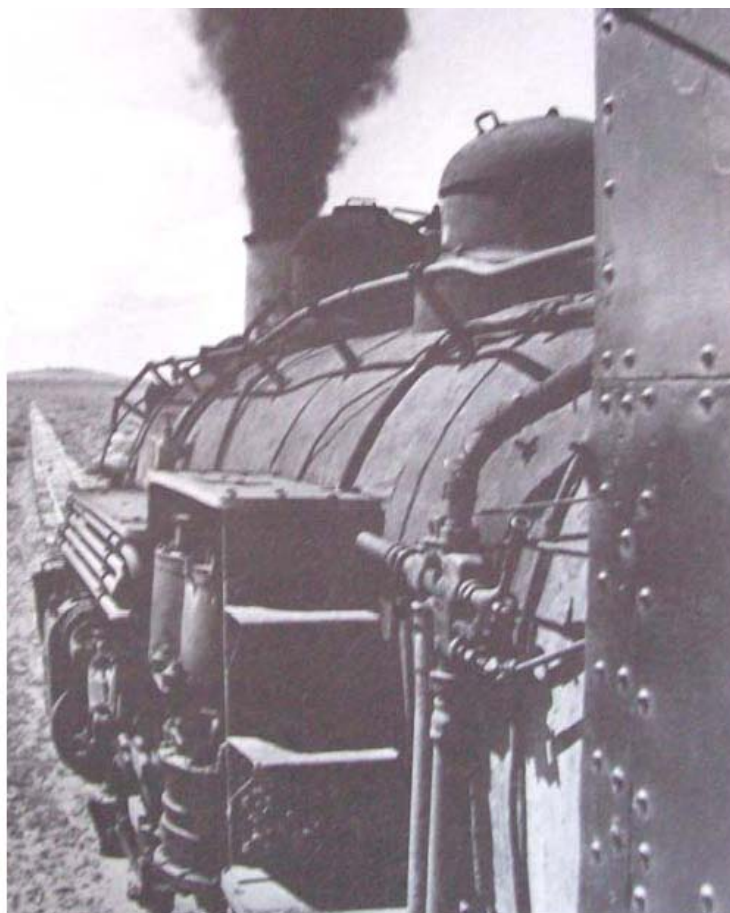


Fig. 259 – Locomotora K-36 del D & R.G.W. con inyector Nathan

En la figura 259 observamos un inyector Nathan aplicado a una locomotora K-36 del ferrocarril Denver & Rio Grande Western, trocha angosta (3' - 914 mm). Nótese que la maniobra se efectúa desde la cabina, a través de prolongaciones, ya que está montado fuera del alcance del foguista.

Los inyectores no aspirantes son más simples que los otros, y se ceban con una mayor facilidad. Estos inyectores sólo tienen conos fijos: la admisión del vapor se regula por la válvula de toma montada sobre la caldera, y la del agua por el grifo que lleva el inyector. Tal es el antiguo inyector Friedmann (fig. 260), notable por la facilidad de desmontaje; al desatornillar la tapa roscada que lo cierra en el extremo, del lado de la impulsión, se puede extraer todo el sistema de conos interiores, excepto la tobera de vapor. Esta tobera se ensancha hacia la extremidad que da el chorro de vapor; la cámara comprende dos conos sucesivos. Este inyector toma el agua tibia hasta 45 o 50°; con un cono divergente de 9 mm, impulsa de 75 a 150 litros de agua por minuto, contra la presión de 10 kg/cm².

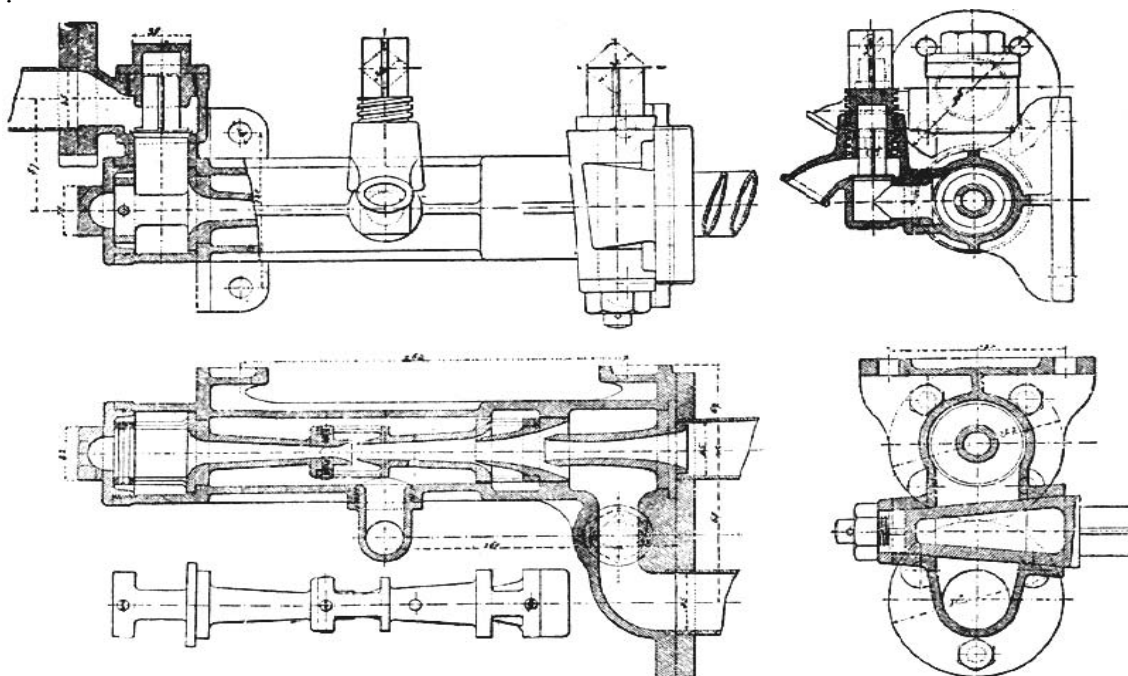


Fig. 260 – Inyector Friedmann N° 9, no aspirante; en la vista superior derecha válvula automática que impide la aspiración de aire, con cierre, para el precalentamiento del agua del tender.

Este inyector, por su sencillez y confiabilidad, fue de uso general en la C.G.B.A., y en otras compañías, como el Provincial de Buenos Aires.

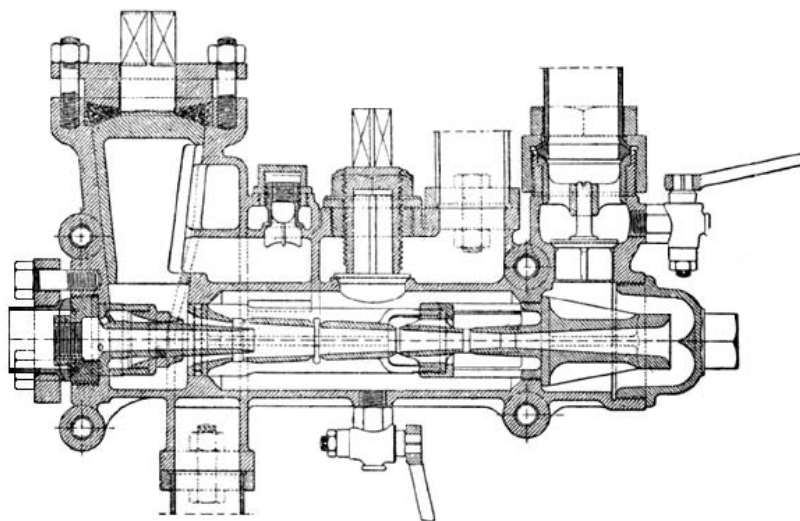


Fig. 261. — Inyector modelo U 1 del S.N.C.F., de 11,5 mm (diámetro mínimo del cono divergente).

La figura 261 representa el inyector modelo U 1 (no aspirante) de la S.N.C.F. A la izquierda está representado, en la posición de apertura, el grifo de entrada de agua. Una pequeña válvula automática, cerca del grifo, da lugar a una entrada suplementaria en torno cono de mezcla. Viene a continuación la válvula del sobrero, que se puede inmovilizar en la posición de cierre, cuando se envía del vapor al tender, para calentar el agua. Por fin, a la derecha, está la válvula de retención automática sobre la impulsión.

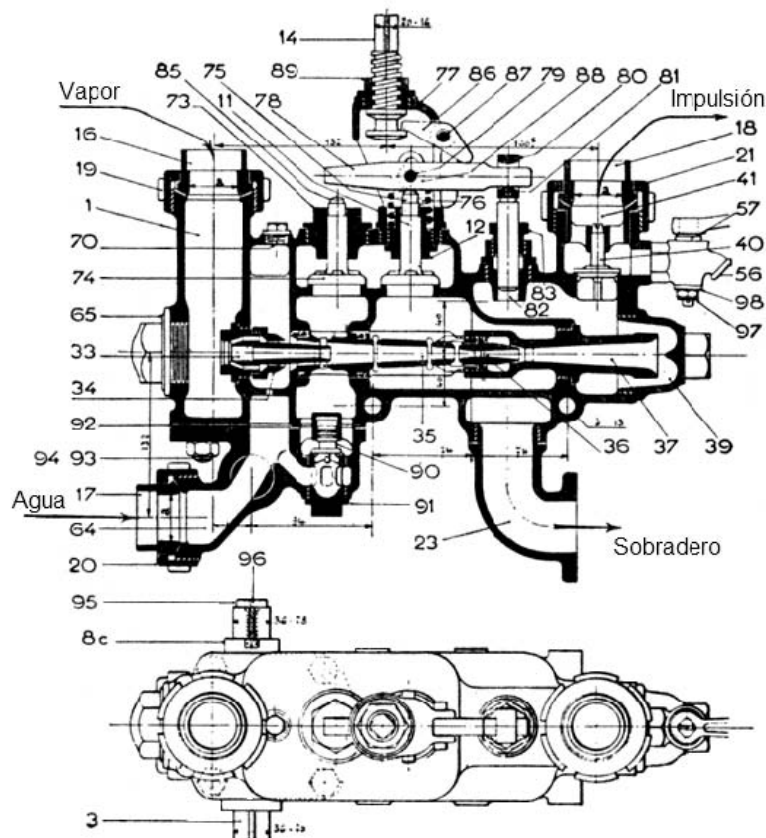


Fig. 262. — Inyector Thermix

La figura 262, es relativa al inyector Thermix montado sobre las últimas locomotoras de la S.N.C.F. timbradas a 20 kg/cm^2 .

El vapor penetra en el conducto central 33 y en el conducto anular 34, aspira el agua, y la mezcla penetra en los conos sucesivos 35 que crean un vacío parcial en la cámara del sobrero. Este vacío parcial mantiene cerrada la válvula secundaria de llenado y permite la introducción de una cantidad de agua suplementaria por levantamiento de la válvula 90. La válvula principal se mantiene cerrada por la presión de la mezcla rechazada que actúa bajo el pistón 82. En caso de desactivación esta válvula puede levantarse para dejar escapar el vapor.

Un tornillo de maniobra 14 permite bloquear esta válvula para calentar el agua del tender.

Pruebas efectuadas sobre el inyector Thermix ZCV 11 (conducto de 11,5 mm. de diámetro) dieron los resultados siguientes:

Presión de la caldera (kg/cm ²)	Cantidades horarias de agua aspirada	
	Agua a 15°C	Agua a 40°C
10	13400 l	10800 l
12	14200 l	11900 l
14	14800 l	12700 l
16	15000 l	13000 l
18	15200 l	13200 l
50	15000 l	12900 l

El desuso prolongado de la alimentación implica descuido. Esta es la razón por la que las locomotoras se proveen de dos inyectores, que no pueden fallar a la vez, a menos que el agua del tender esté demasiado caliente. Las posibilidades de falla de los inyectores, bien mantenidos, son no obstante tan escasas que durante mucho tiempo se limitó a tener uno solo (locomotoras del P.L.M.) Además de la temperatura demasiado elevada del agua del tender, las principales causas que pueden hacer fallar un inyector, son las siguientes:

- El vapor está demasiado húmedo, hecho que no debe producirse, aunque el nivel del agua sea muy elevado en la caldera, si se establece bien la toma de vapor.
- El inyector o uno de sus tubos está tapado por un pedazo de trapo, o por desecho de una junta, que ha penetrado; sólo hay la inspección del aparato permite remediar este consecuencia de una molesta negligencia.
- El inyector se cubre de sarro: como el sedimento calcáreo sólo se forma lentamente, esta circunstancia indica una falta de mantenimiento. Un ingreso de aire por las rótulas de acoplamiento con el tender puede impedir la cebadura de un inyector aspirante.
- Cuando un inyector está muy caliente, como consecuencia de varios intentos de cebadura, el funcionamiento puede convertirse en más difícil aún: es necesario tratar de enfriarlo (con el inyector no aspirante, basta con dejar pasar por el sobrero el agua del tender).
- Por último, el desgaste, el desplazamiento, la rotura de los órganos, las fugas interiores, en el inyector Giffard, pueden paralizar u obstruir su funcionamiento.

A veces, después de haber examinado inútilmente todas las causas probables que pueden impedir la marcha de un inyector, se termina por encontrar una muy simple, como el cierre de la válvula de aislamiento de la capilla de introducción.

37. Calentadores de agua de alimentación. — El inyector ordinario calienta el agua antes de su entrada en la caldera, pero a costa del vapor que utiliza; el gasto de combustible es el mismo que si el agua entrara fría en la caldera. Ahora bien, se puede utilizar, para calentar el agua de alimentación, el vapor de escape, que, al condensarse, entrega su calor latente, lo que representa 537 calorías por kg de vapor. Este vapor, sujeto a la presión atmosférica, está a 100°, lo que limita a este valor la temperatura de calentamiento del agua.

Es fácil calcular la economía de combustible que puede obtener este calentamiento. La producción de un kg de vapor saturado a la presión efectiva de 14 kg/cm², a partir de agua a 15°, consume 650 calorías; si, además se recalienta 330°, el total sube a 714 calorías. Al calentar el agua de 15° a 95° con el vapor de escape, 80 de estas calorías son recuperadas: es un ahorro del 12 y del 11% en uno y otro caso. Se verá más adelante que apenas se puede contar con los tres cuartos de esta economía teórica.

Casi desde el principio de la locomotora, se emplearon calentadores, para los que se imaginaron numerosos sistemas. La mayoría de estos aparatos terminó por desaparecer, sobre todo debido a la gran conveniencia del inyector, que los excluía. Pero, desde hace unos años, se ha producido una reversión a este respecto, y se han multiplicado nuevos aparatos.

Como, para calentar el agua de alimentación, es necesario derivar alrededor de un octavo del vapor de escape, se podría temer que esta derivación tenga una influencia molesta sobre el tiro. Pero este inconveniente no parece producirse, y eso se explica fácilmente. Si el trabajo pedido a la máquina sigue siendo el mismo que antes del empleo del calentador, se necesita un fuego menos activo, y es incluso allí una fuente suplementaria de economía, ya que hay menos carbonillas arrastradas. Si, por el contrario, se aprovecha el calentador para pedir más trabajo que antes, se producirá, con el mismo régimen de combustión, una cantidad de vapor suplementario casi igual en peso a aquélla que se tomó en el escape, de modo que el rendimiento de la tobera disminuye muy poco, a pesar de la derivación.

En principio, se podría también calentar el agua con ayuda del calor perdido de los gases de la caja de humo. Pero es necesario para eso de calentadores pesados e incómodos, que, muy empleados en las instalaciones fijas, no convienen en la locomotora.

Una reciente tentativa parece emplearse con éxito en Italia. Se trata del sistema Franco-Crosti, que consiste en separar el cuerpo cilíndrico en dos partes: la primera más corta que la ordinaria, conteniendo el calentador, se destina sobre todo a la vaporización y al recalentamiento, el segundo compuesta de tubos de más pequeño diámetro, constituye la calefacción propiamente dicha.

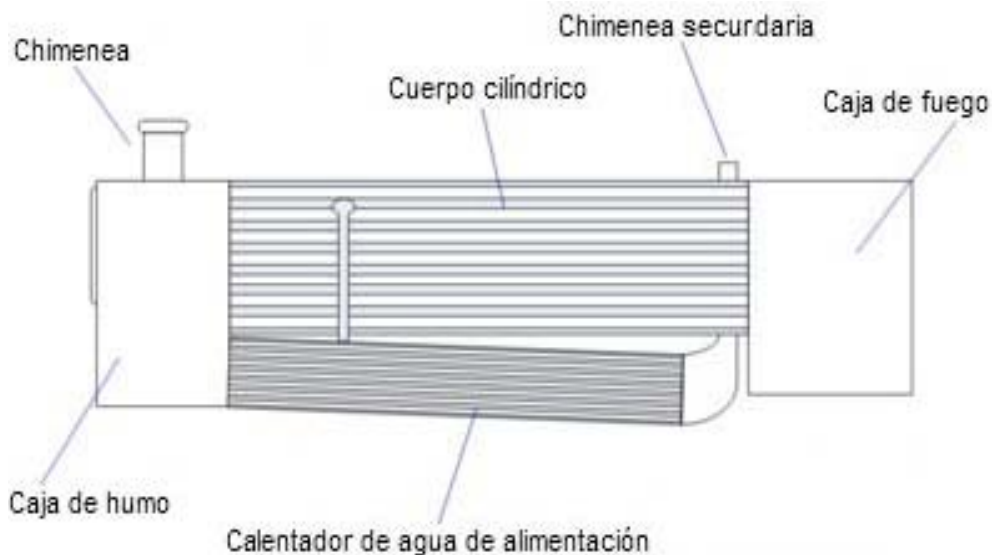


Fig. 263 – Calentador sistema Franco-Crosti - Esquema



Fig. 264 – Locomotora de los Ferrocarriles Italianos, equipada con calentador Franco-Crosti

Con tal dispositivo la temperatura de los gases en la caja de humo se reduce de 300° a 150° , y el rendimiento térmico de la caldera aumenta cerca de 13 a 15%, sin que la limitación que resulta habitualmente del empleo de tales calentadores aumente finalmente el peso por kg, ya que se aumenta la eficacia de las superficies de calefacción en contacto con los gases más fríos, mientras que se puede reducir la amplitud de las superficies en contacto con los gases más calientes. Una ventaja indirecta resulta por otro lado de la disminución considerable, aproximadamente de 2 a 1, del volumen de los humos, de ahí la reducción del trabajo necesario para el tiro, lo que puede no ser despreciable a grandes velocidades.

Capítulo II - Caldera

La figura 264 muestra la disposición del tipo simple unidad, aplicado a locomotoras italianas modelo 131 y 140. El calentador se divide en dos cuerpos que encuentran su lugar a uno y otro lado del cuerpo cilíndrico. Los gases calientes van entonces desde el hogar hasta el extremo delantero, y luego vuelven hacia la parte trasera y escapan por dos chimeneas laterales colocadas sobre cada una de las extremidades de los dos cuerpos calentadores.

El vapor de escape se puede emplear de dos maneras diferentes: el más simple consiste en condensarlo directamente en el agua de alimentación: el agua procedente de la condensación del vapor retorna a la caldera, junto con el agua que viene del ténder; de ahí resulta una economía de agua del orden de un décimo; el agua que vuelve así a la caldera no contiene más sales en disolución, por lo que el periodo entre dos lavados de la locomotora puede aumentarse. Pero el vapor de escape implica que el aceite de engrase de los cilindros que contiene pueda ser así enviado a la caldera. Se puede, por otra parte, retener la mayor parte de ese aceite mediante un separador sobre el conducto de vapor; la pequeña cantidad que puede escapar a este separador no parece tener graves inconvenientes.

El segundo método consiste en obtener el calentamiento en un condensador tubular, que mantiene separados el vapor y el agua del ténder; se elimina el agua aceitosa procedente de la condensación del vapor.

El calentador de mezcla exige dos bombas, una de agua fría, para enviar el agua del ténder al condensador, y otra de agua caliente para tomar la mezcla de agua caliente y vapor de escape condensado y enviarla a la caldera.

Los calentadores de superficie sólo necesitan una única bomba de agua fría que introduce a la caldera, pasando por el condensador, al agua caliente. Son pues más simples, pero son propensos a una baja de rendimiento como consecuencia de las incrustaciones sobre las superficies que condensan. Estos aparatos presentan también el inconveniente de no recuperar el agua procedente de la condensación del vapor. Obtienen pues una economía de calor, por lo tanto de carbón, pero no influyen en la economía de agua que es a veces muy útil para alargar los trayectos sin paradas. Por eso a veces se han modificado algunos aparatos de este tipo (calentador Knorr) para permitirles realizar esta recuperación.

A la primera categoría pertenecen los calentadores A.C.F.I., Worthington, Dabeg y, recientemente, Knorr; al segundo, los calentadores Knorr, Weir, Coffin, Elesco.

A la primera categoría está vinculado también el inyector con vapor de escape: al salir del cilindro, el vapor escapa con una velocidad lo bastante grande como para abastecer un inyector convenientemente dispuesto, con tal que la presión necesaria para introducir el agua en la caldera no supere⁽¹⁾ una decena de kg/cm^2 . Esta presión depende por otra parte de la del vapor de escape utilizado, que a veces sobrepasa notablemente la atmosférica. El aparato funciona tanto mejor cuanto más elevada es la presión de escape, pero en detrimento del trabajo proporcionado por los pistones, sobre los cuales esta presión de escape debe ser lo menor posible.

Con las presiones de las calderas de las locomotoras modernas, la presión del vapor de escape sería insuficiente, por lo que poseen un conducto suplementario, que recibe directamente el vapor de la caldera.

1. En los primeros aparatos de este tipo, el límite era de 4 ó 5 kg por cm^2

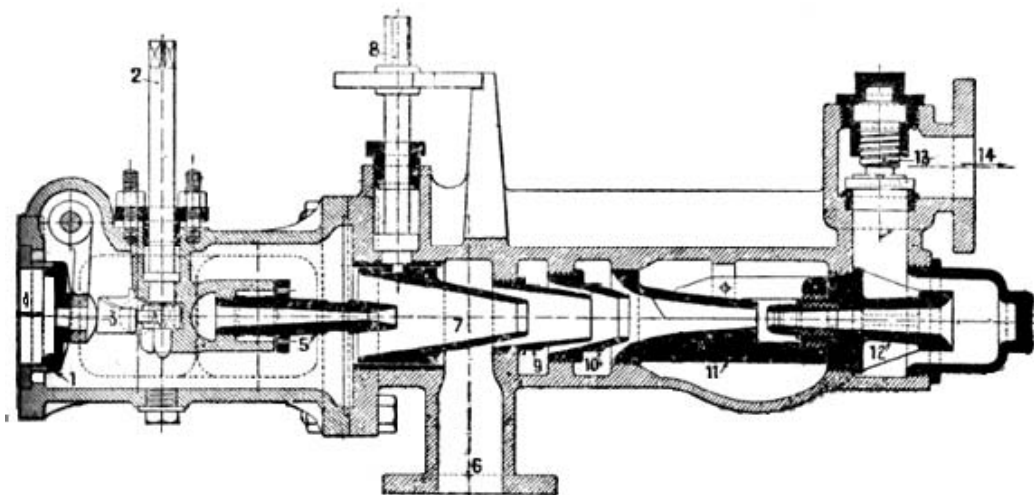


Fig. 265. — Inyector vapor de escape Davies y Metcalfe, tipo F.

1, válvula de vapor de escape. - 2, comando de la válvula de vapor de escape. - 3, leva. - 4, vapor de escape. - 5, tobera de vapor vivo suplementario. - 6, agua. - 7, tobera de vapor de escape. - 8, regulador de agua. - 9, conducto de agua. - 10, 2º conducto de vapor de escape. 11, cono de mezcla. - 12, cono de impulsión. - 13, válvula de retención. - 14, impulsión.

El inyector Davies y Metcalfe (fig. 265) recibe vapor de una derivación tomada sobre la tobera de escape. Este vapor atraviesa un separador de aceite, que consiste en un tubo perforado por un gran número de pequeños agujeros y cubierto de un tejido esponjoso. El vapor penetra en el inyector levantando una válvula, que se puede mantener cerrada con ayuda de una leva actuada por un vástago vertical, cuando el aparato no funciona.

Los seis conos, que se ven sobre el dibujo, son, sucesivamente:

La tobera de pequeño diámetro, proveyendo el vapor suplementario tomado a la caldera.

La tobera grande de vapor de escape.

La tobera de agua, alrededor de la anterior.

Una segunda tobera de vapor de escape, que forma un chorro anular alrededor del conducto de agua.

El cono de mezcla, provisto de una parte con bisagra, que se alza durante la cebadura.

El cono divergente, después del que se encuentra la válvula de retención.

El sobrero, no visible sobre la figura, está provisto de una válvula automática, que se cierra en cuanto el inyector se ceba, para impedir los retornos de aire.

El gasto del agua se regula por la rotación de un árbol vertical, provisto de una empuñadura, que desplaza el segundo conducto y hace así variar el paso anular del agua. Una segunda toma de vapor, sobre la caldera, permite seguir la alimentación por el mismo inyector, cuando se cierra el regulador: este vapor penetra en la cámara que recibe el vapor de escape y lo sustituye.

El inyector Davies & Metcalfe tipo H es de funcionamiento totalmente automático. La simple abertura de la válvula de vapor vivo basta para cebarlo. Desde ese momento, todas las válvulas: la de admisión de vapor de escape, la de llegada de agua, la de vapor suplementario auxiliar, y la de derrame funcionan automáticamente, comandadas por la válvula de regulación automática. En este inyector, el vapor de escape llega a través de un separador de aceite centrífugo (fig. 267)

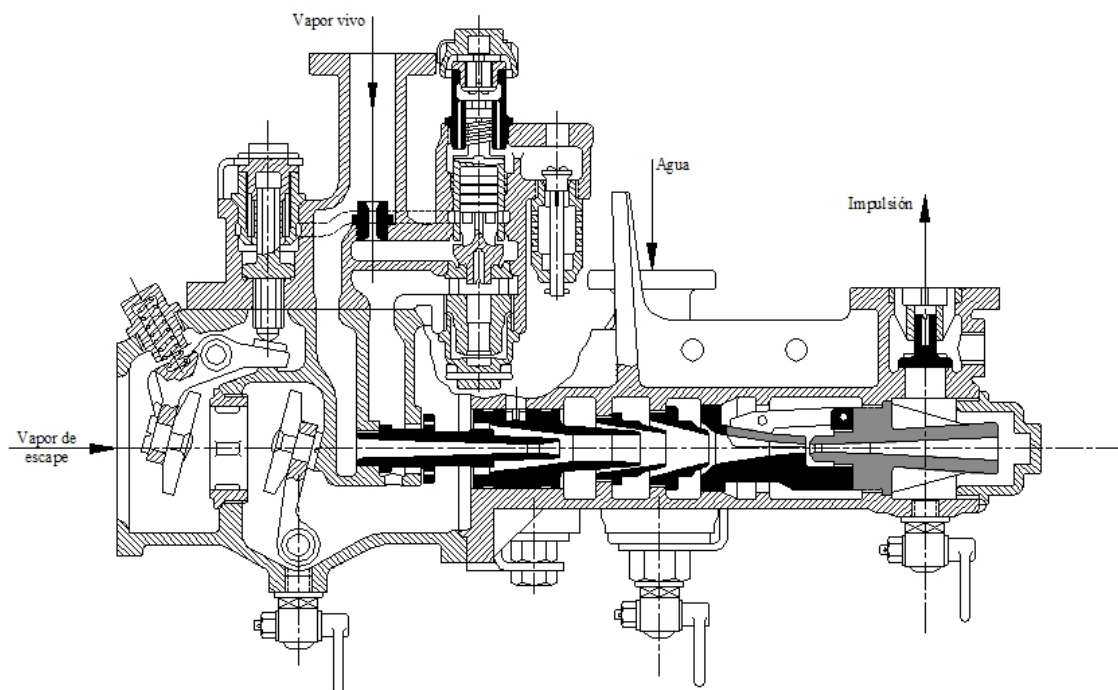


Fig. N° 266 – Inyector vapor de escape Davies y Metcalfe, tipo H

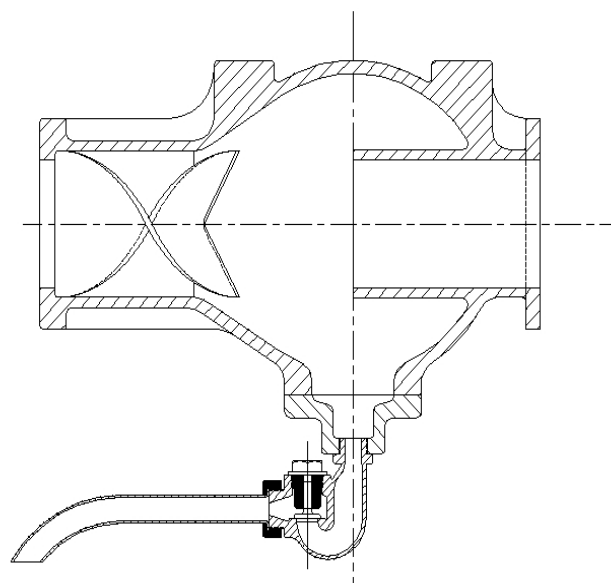


Fig. 267 – Separador de aceite Davies & Metcalfe

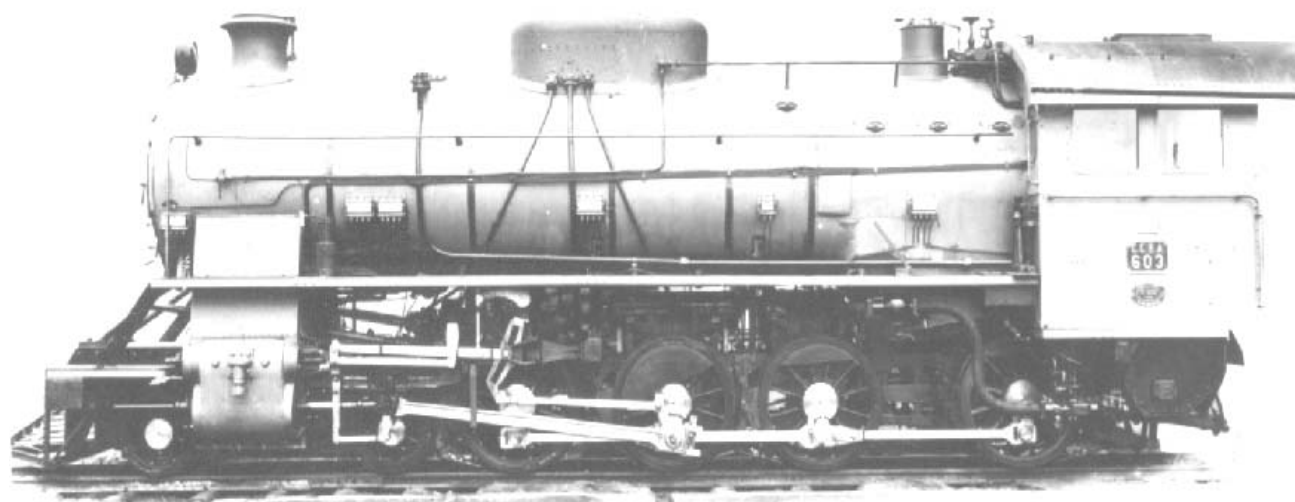


Fig. 268 – Locomotora 603 de la C.G.B.A., equipada con inyector de vapor de escape Davies & Metcalfe.

Se accede al aparato desatornillando el tapón que lo cierra del extremo opuesto a la llegada de vapor.

El inyector se instala con carga; todas las juntas a partir de la tobera de escape deben ser estancas.

El inyector a vapor de escape es cómodo para operar; pero consume una cantidad bastante grande de vapor tomado directamente de la caldera, lo que reduce la economía debida a la condensación de vapor de escape.

Estos aparatos, muy empleados en Inglaterra, se encuentran igualmente sobre numerosas locomotoras recientes de los Estados Unidos. Por el contrario, Europa, parece haber preferido los calentadores a bomba.

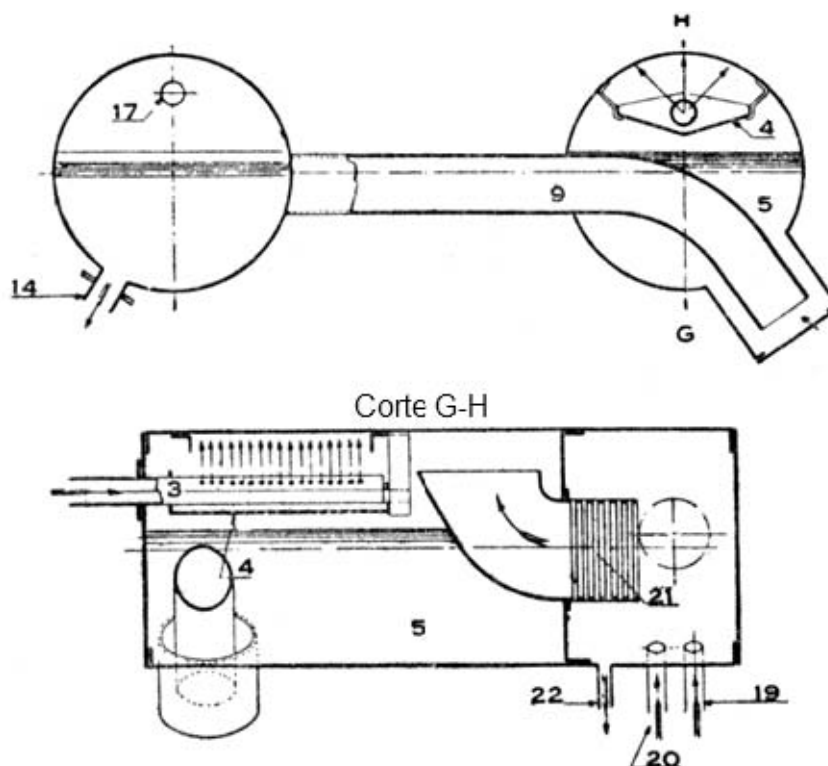


Fig. 269. — Calentador de agua de alimentación por mezcla, sistema Caille-Potonié (A.C.F.I.).

3, Tubo de inyección de agua fría. - 4, Chapa perforada. - 5, Cámara de mezcla. — 9. Comunicación entre las cámaras. - 14, Toma de la bomba de agua caliente. - 17, Respiradero hacia el exterior. 19, Escape del pequeño motocompresor de aire. - 20, Escape del motor de las bombas. 21, Separador de aceite. - 22, Purga

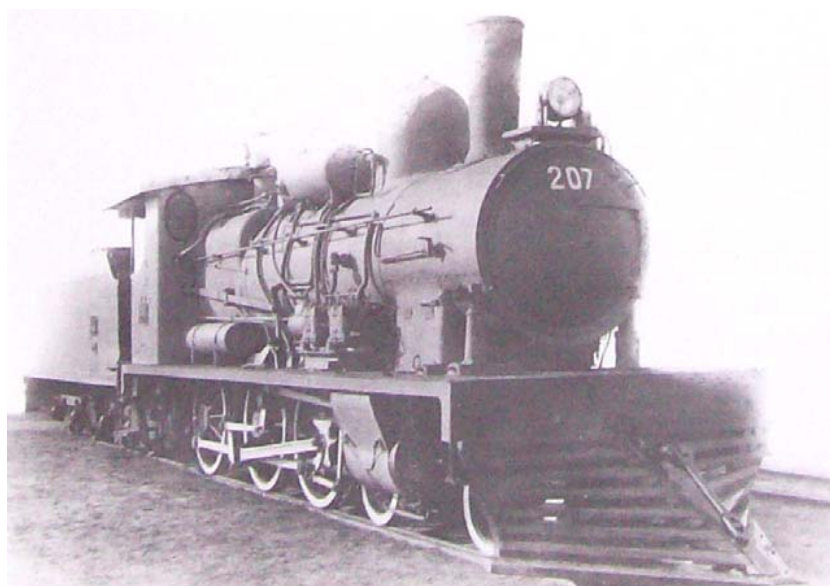


Fig. N° 270 — Locomotora 207 de la C.G.B.A. con calentador A.C.F.I. instalado.

En el calentador, el condensador está formado por dos cámaras cilíndricas gemelas (fig. 269) colocadas sobre la caldera. El vapor de escape y el agua fría llegan a una de estas cámaras, y el agua caliente pasa a la segunda, de ahí baja a una bomba de alimentación horizontal, colocada sobre la pasarela. Esta llegada de agua con carga facilita la marcha de la bomba: es en efecto difícil aspirar agua caliente, que se vaporiza parcialmente como consecuencia de la aspiración.

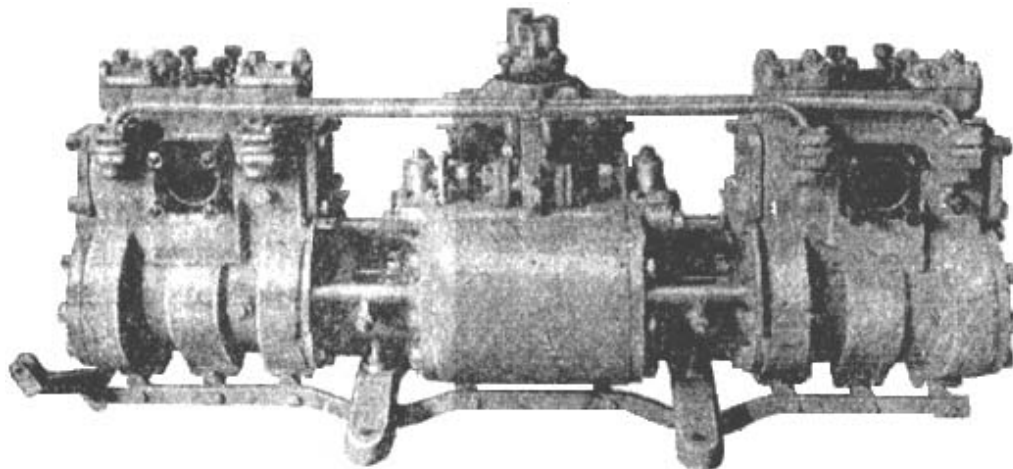


Fig. 271. —Bomba de alimentación de agua caliente A.C.F.I. A la derecha, bomba de agua caliente; a la izquierda, bomba de agua fría; al medio, cilindro motriz a vapor.

La bomba (fig. 271) es accionada directamente por un cilindro a vapor; es doble: un cuerpo de bomba toma el agua del tender y la envía al condensador, el otro introduce el agua caliente en la caldera. El vapor, que obstruiría la marcha de esta bomba de agua caliente, se elimina por tubos de pequeño diámetro, provistos de válvulas, tubos que lo envían a la bomba de agua fría, donde se condensa.

El vapor de escape del cilindro motriz de las bombas se envía al condensador, donde contribuye al calentamiento del agua: se considera que, sobre 90 calorías proporcionadas al agua, 12 proceden de este vapor y por consiguiente se toman de la caldera y no del escape. Se condensa también el vapor del compresor de aire para los frenos.

El tubo, que trae al condensador el vapor de escape, se provee de un regulador, que hace variar la sección de paso de manera que pueda mantenerse un gasto conveniente: este regulador es sensible a la variación de presión en la primera cámara cilíndrica, presión que depende de la temperatura.

A la entrada en esta cámara, el vapor cruza una reja formada por bandas verticales de chapa dobladas en V, que constituye un separador de aceite. La segunda cámara se provee de un respiradero, que deja escapar los gases desprendidos del agua caliente.

El gasto de la bomba de agua fría es superior al gasto de la bomba de agua caliente, por lo que deriva al condensador el exceso de agua.

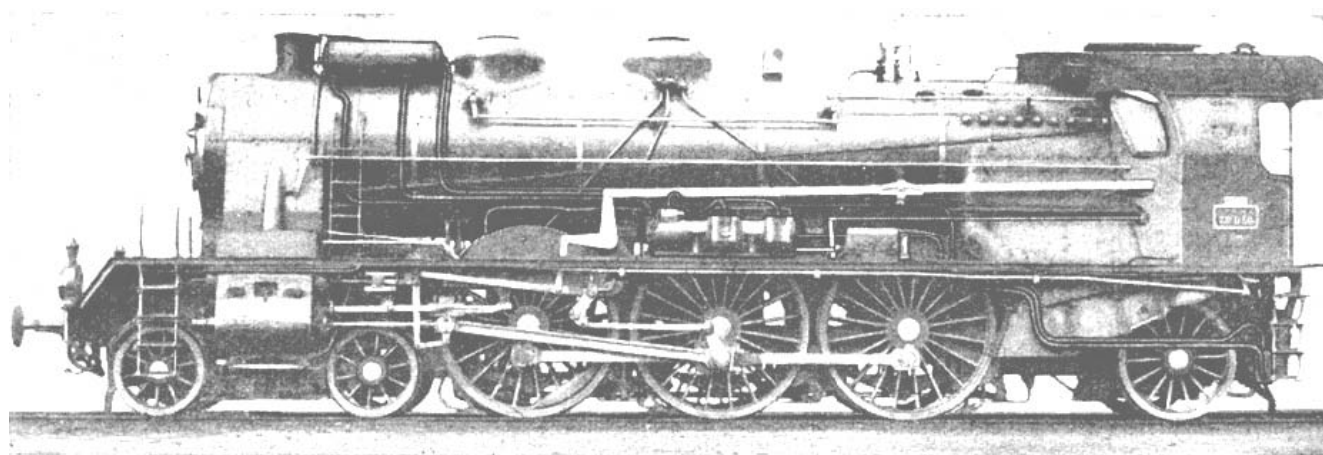


Fig. 272. —Locomotora Pacific, serie 281 D del P.L.M., provista del calentador de mezcla A.C.F.I.

El calentador A.C.F.I., modelo RM integral (fig. 273), difiere en algunos detalles del que se describe en la página 97. El aparato regulador, que restringía el vapor de escape antes de su entrada en el condensador, se suprime, y la dosificación se logra restringiendo el gasto del agua fría que lo condensa. Se añade a veces un bloqueo que suprime la comunicación cuando el regulador de la locomotora se cierra.

El vapor atraviesa en primer lugar un filtro de aceite: el aceite y el agua que puede acompañarlo son eliminados, a través de un orificio provisto de un pistón equilibrado, que impide la salida de vapor.

La cámara de condensación recibe el agua impulsada por la bomba de agua fría; el agua caliente pasa a la segunda cámara, llamada de desgasificación y puesta en carga; se provee de un respiradero, agujero circular de 2 a 3 mm de diámetro, para la liberación del aire desprendido por el agua caliente y de del vapor que puede acompañarlo.

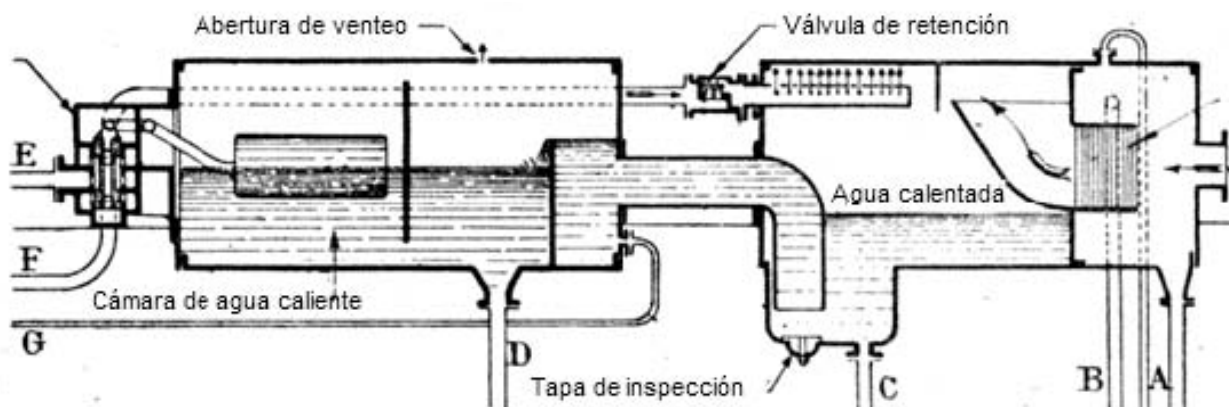


Fig. 273. — Calentador de agua de alimentación A.C.F.I., modelo RM integral: cámara de mezcla y cámara de puesta en carga con flotador

A, evacuación del aceite y del agua que puede acompañarlo. — B, escape del motor de las bombas. — C, drenaje de la cámara. — D, aspiración de la bomba. — E, impulsión del agua fría. — F, retorno a la bomba del exceso de agua fría. — G, circuito del termómetro.

De esta cámara sale el conducto que abastece la bomba de agua caliente, cuya aspiración se facilita por la altura de la columna de agua y por la presión superior a la de la atmósfera que puede establecerse en la cámara cuando llega a 100°.

Un regulador de gasto, comandado por un flotador, mantiene un nivel constante en la cámara, devolviendo a la bomba de agua fría el exceso que produce, ya que su capacidad es mayor que la de la bomba de agua caliente.

Los escapes de vapor del motor de las bombas y del compresor de aire se dirigen a la cámara de condensación, por lo que se pueden hacer funcionar las bombas cuando el regulador de la locomotora está cerrado, a condición de que su marcha sea lo suficientemente lenta: el agua impulsada a la caldera estará tibia.

Otra disposición más antigua de la cámara de agua caliente (fig. 274) consistía en un vertedero sobre el cual se tomaba el exceso de agua, que era devuelta a la bomba de agua fría; esta agua devuelta está caliente, mientras que está fría con la disposición anterior.

El tipo RM integral presenta, sobre el aparato ordinario, la ventaja de poder calentar el agua de alimentación a temperaturas superiores a 100°; puede así obtenerse en el tanque intermediario agua caliente a 140° (presión 2,68 kg/cm² efectivos) o incluso hasta 160° (presión 5,30 kg/cm² efectivos).

El cálculo y la experiencia, no obstante, pusieron de manifiesto que no había ventaja en utilizar esta disposición, que sobre mezclas incorrectas presentaba pérdidas de carga importantes al grupo BP, y que la presión en el R.I. no se elevaba en general sobre 2 kg/cm² (87°). Incluso en el caso de la estrangulación del escape, el tipo integral es preferible, porque permite utilizar todo el calor contenido en el vapor, en particular, con fuertes restricciones, donde la contrapresión puede alcanzar cifras incluidas entre 500 y 1.000 g/cm² que corresponden a temperaturas de 111° a 120°.

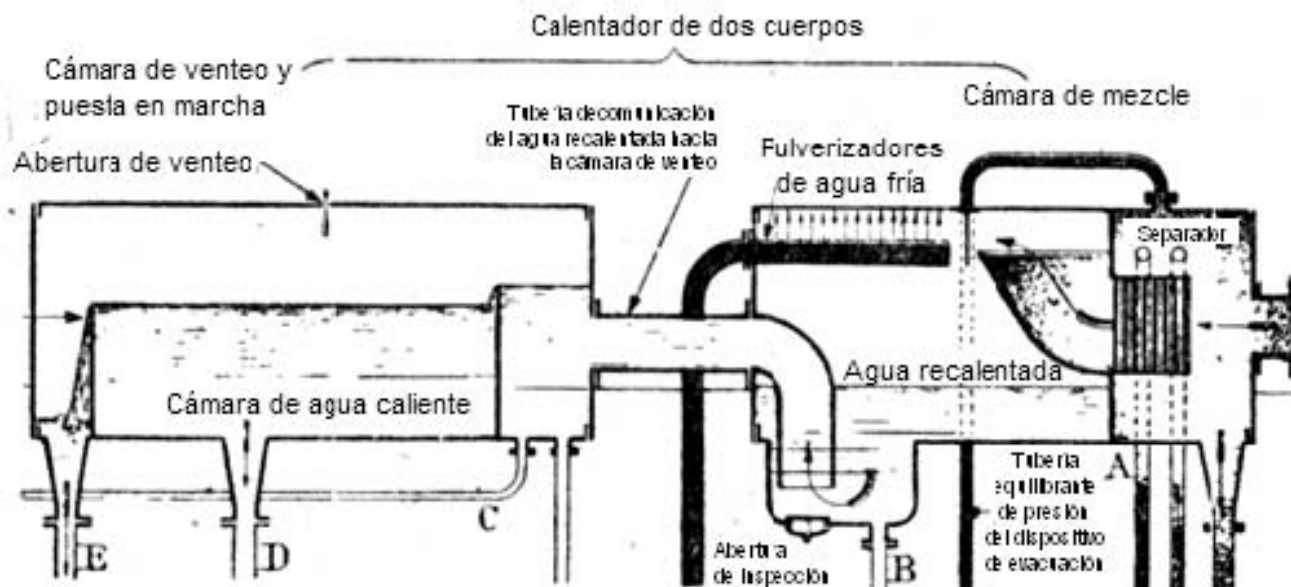


Fig. 274, — Calentador de agua de alimentación A.C.F.I., modelo RM integral, cámara de mezcla y cámara de puesta en carga con vertedero.

A, escapes de los motores auxiliares. — B, tubo de drenaje de la cámara. — C, tubo de acceso a un termómetro. — D, aspiración de la bomba agua caliente. — E, retorno a la bomba de agua fría.

En el grupo de las bombas y del cilindro motriz que las acciona directamente, este cilindro se coloca o entre las dos bombas, o a un extremo del grupo.

La bomba Dabeg (fig. 273), al contrario de los aparatos descritos arriba, es accionada por el mismo mecanismo de la locomotora. Las antiguas bombas de alimentación se accionaban del mismo modo, pero el inyector, pudiendo funcionar durante las paradas, y de una marcha más segura, las había sustituido.

Una bomba de agua fría (a la derecha sobre la figura), con válvula de aspiración y válvula de impulsión, bomba conectada a un tanque de aire, toma el agua del tender y la inyecta en el condensador mediante un tubo horizontal, taladrado con pequeños agujeros; este condensador recibe una derivación del vapor de escape, que vuelve al estado líquido recalentando el agua fría. El agua caliente del condensador desciende a la bomba de agua caliente (a la izquierda sobre la figura), con válvula de aspiración y válvula de impulsión, con el tanque de aire cargado de vapor. Esta bomba introduce el agua caliente en la caldera.

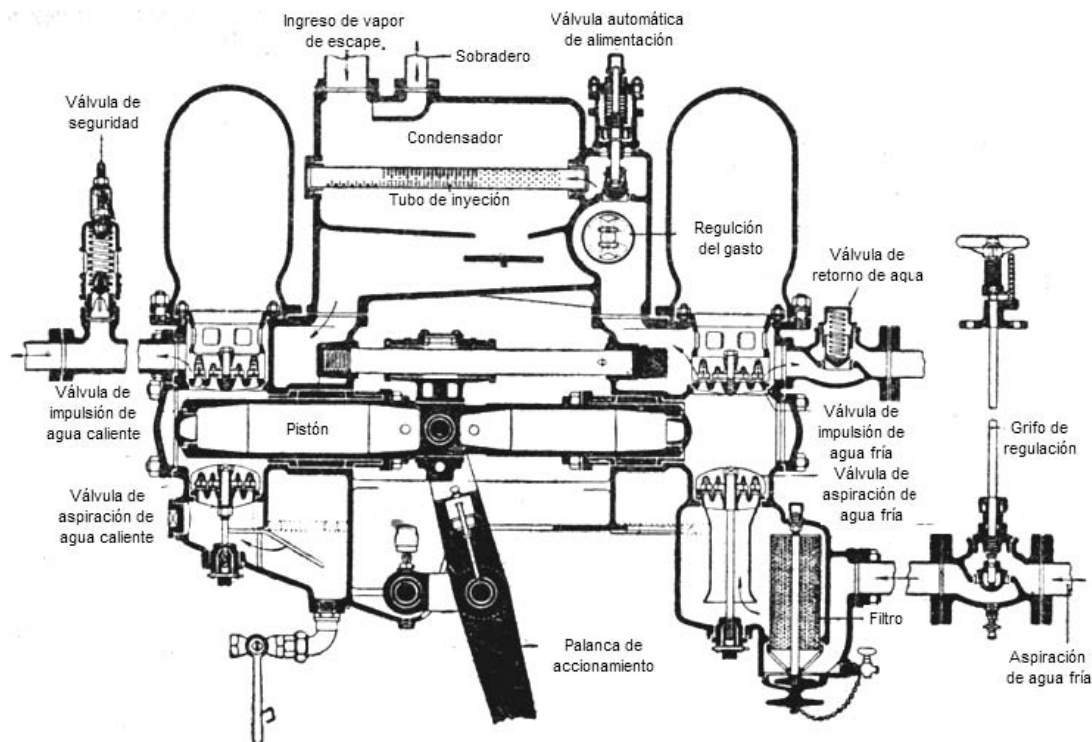


Fig. 275. — Bomba de alimentación Dabeg, con calentamiento del agua con el vapor de escape. Peso, 470 kg. Un modelo de mayor capacidad pesa 710 kg.

El condensador se provee de un respiradero, denominado sobradero en la figura, para la liberación del aire que el agua cede al calentare, y, si hay, de un exceso de vapor.

La alimentación debe detenerse en cuando el regulador esté cerrado, para que no entre de agua fría en la caldera: una válvula automática de alimentación, cerrada por un resorte, abierta por un pistón bajo el que se ejerce la presión del vapor, sólo deja entrar el agua fría en el condensador cuando el regulador está abierto. Cuando la alimentación se interrumpe, la bomba devuelve el agua fría al tender levantando una válvula de retorno.

No obstante, cuando el condensador recibe el vapor de escape del compresor u otro motor auxiliar que lleve la locomotora, como cuando el recalentado suplementario por los gases de la combustión, descrito anteriormente, está en uso, la válvula automática de alimentación no se cierra, y permite una introducción de agua fría reducida.

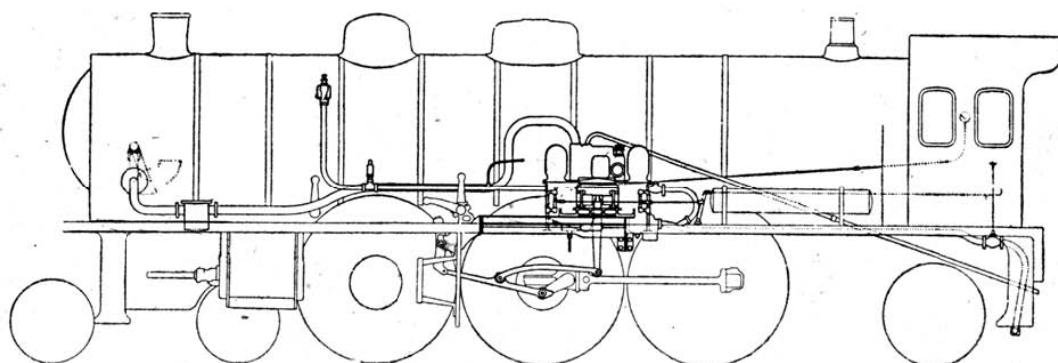


Fig. 276. — Bomba Dabeg sobre una locomotora Pacific del Estado. La caja vecina a la caja de humo es atravesada por el vapor de escape y la contiene un filtro metálico. El respiradero del condensador se provee de un tubo dirigido a la parte trasera de la locomotora.

Un grifo de ajuste, sobre el caño que viene del tender, permite modificar el gasto. Una válvula de seguridad, sobre la impulsión de agua caliente, prevé el cierre accidental de la cámara de introducción. El regulador del gasto, mostrado en la figura, no existe sobre todos los aparatos. En relación con el mecanismo de distribución, modifica el gasto de agua fría según el grado de admisión. La palanca de comando de la bomba, cuyo bosquejo se muestra, se conecta sobre la biela excéntrica o sobre la contramanivela.

Capítulo II - Caldera

Bajo la presión atmosférica media, el vapor se condensa a la temperatura de 100° , lo que da normalmente para el agua caliente algunos grados menos. Con la altitud, la temperatura de condensación disminuye: a 1.000 m sobre el nivel del mar, la presión media es de 900 milibares⁽¹⁾, y la temperatura de 97° ; a 500 m, estos números se vuelven 958 mb y $98,5^{\circ}$. Excepto en casos excepcionales, la influencia de la altitud es, pues, despreciable.

A veces, la presión en el condensador sobrepasa la atmosférica, lo que eleva la temperatura de condensación; el respiradero mostrará en ese caso un escape de vapor.

Sobre algunas máquinas (231 P.L.M.), se aumenta, antes de su entrada en la caldera, la temperatura del agua, próxima a 100° a la salida del condensador, haciéndola circular en tubos en contacto con los gases de la combustión. Estos tubos se colocan en los grandes tubos del haz tubular, delante del recalentador, que se acorta (recalentador Robinson); la porción del recalentador así suprimida, en contacto con gases ya enfriados, no tiene gran eficacia, mientras que estos gases ceden mejor sus calorías al agua, mucho menos caliente que el vapor. El calor así recuperado no se pierde completamente en ausencia de este recalentado, los gases ceden entonces a un poco más de calor al agua de la caldera. La operación no es menos ventajosa, ya que por una parte se aumenta la superficie de calefacción total, y la superficie suplementaria es más eficaz que la de los grandes tubos, como consecuencia de la menor temperatura de agua que recibe el calor. A la salida este de calentador, el agua ganó de 30 a 60 grados.

Un inconveniente de los calentadores a bomba reside en la toma discontinua de vapor de escape que resulta, y que se opera en efecto solamente durante el tiempo en que el agua fría se inyecta en el condensador.

1. El milibar (mb), que se ha convertido en una unidad de uso frecuente para la medida de las alturas barométricas, es una presión de $1,02 \text{ g/cm}^2$. A nivel del mar, la presión media de la atmósfera es de 1.013 mb.

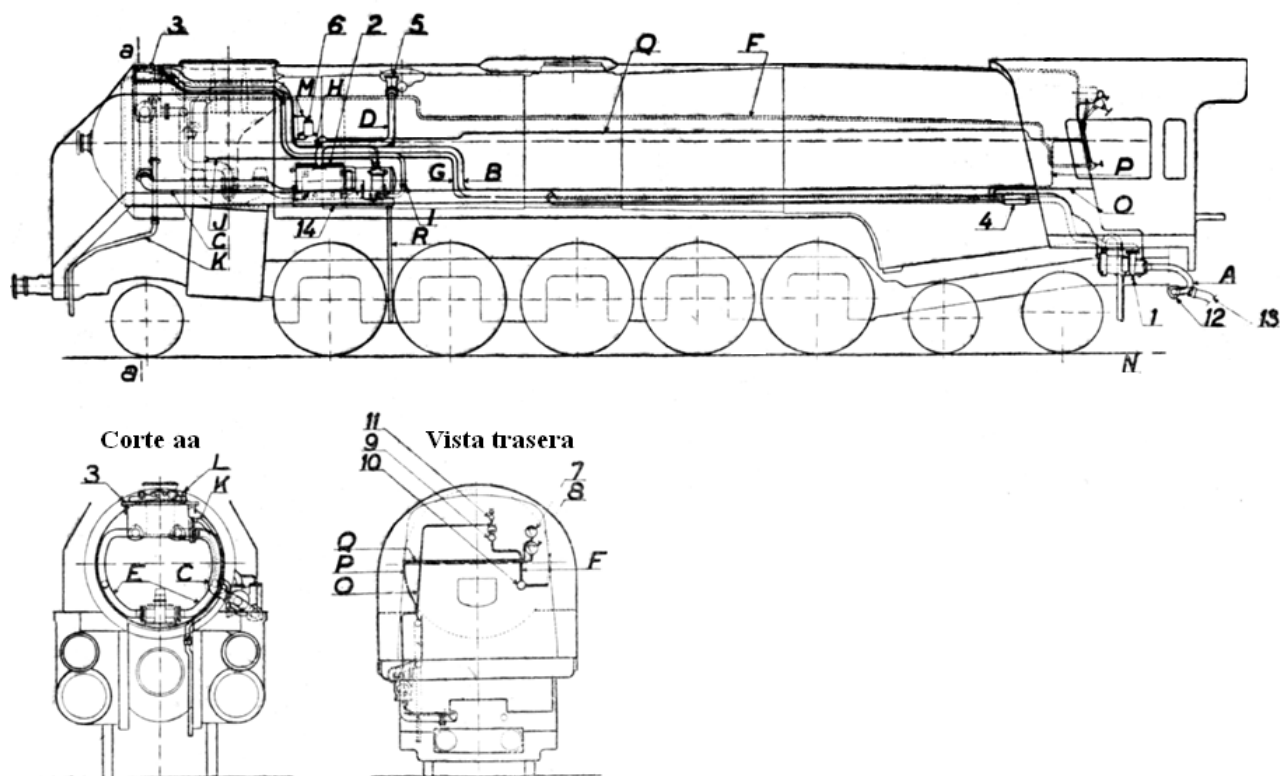


Fig. 277 – Calentador Worthington de mezcla con bomba centrífuga, aplicado a las locomotoras 152 de la S.N.C.F.

- 1. – Bomba centrífuga de agua fría
- 2. – Bomba alternativa de agua caliente
- 3. – Calentador

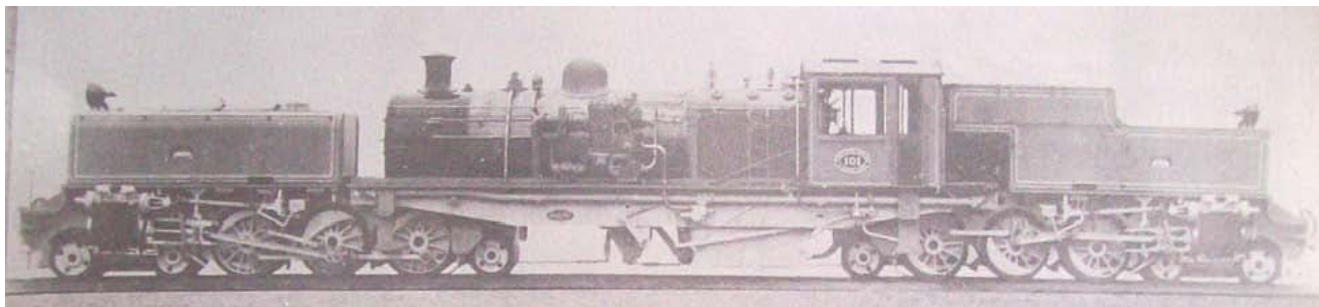


Fig. 278 – Calentador Worthington de mezcla, vertical, aplicado a las locomotoras Garratt del F.C.M.

La contrapresión se vuelve pulsante, así como el vacío en la caja de humo, lo que perjudica a la buena combustión (insuficiencia del tiro durante la toma de vapor, visible por penacho de humo más negro) y aumenta la proporción de las carbonillas arrastradas (fuerte tiro durante los períodos en que la toma de vapor se suprime); este inconveniente es mayor cuanto que la bomba funciona más lentamente. Para poner remedio, se añadió al calentador A.C.F.I. un dispositivo llamado regulador de gasto, que tiende a uniformar la entrada de agua fría en el condensador. La solución radical consiste, como se ha hecho en América, en sustituir la bomba alternativa de agua fría por un dispositivo centrífugo que da un gasto absolutamente continuo. Tal es, por ejemplo, el calentador Worthington del tipo de mezcla, cuya figura 277 muestra el esquema de funcionamiento. En este aparato, la bomba centrífuga de agua fría se coloca con carga, debajo de la cabina; accionada con ayuda de vapor vivo, envía agua a la bomba de agua caliente, lo que garantiza el funcionamiento automático del calentador. La cámara de condensación se encuentra en la parte superior y dentro de la caja de humo. Comprende dos cuerpos, uno de condensación, donde se inyecta el agua fría, y otro de puesta en carga, que contiene un flotador. Este flotador actúa sobre una “válvula de control” que envía automáticamente el vapor vivo a la turbina que impulsa la bomba de agua fría. Simultáneamente esta “válvula de control” pone en marcha el motor de la bomba de agua caliente con vapor vivo, que realiza así la conexión necesaria entre estas dos bombas. La maniobra, para el foguista, consiste solamente en abrir la toma de vapor vivo: la bomba de agua fría se pone automáticamente en marcha bajo la influencia del flotador.

Al tener en cuenta las temperaturas del agua a la entrada y a la salida de un calentador y al medir el gasto, se determina fácilmente el número de calorías que suministra el aparato. Pero todas estas calorías no proceden del vapor de escape de la locomotora: una fracción, que conviene medir aparte en una experiencia especial, es aportada por el motor de la bomba, es decir, por el vapor tomado en la caldera; esta fracción no es una recuperación de calor perdido.

Los calentadores se prestan bien a la alimentación continua.

Para determinar la economía real otorgada por un aparato de este tipo, es necesario, por supuesto, tener en cuenta los gastos de instalación y mantenimiento a los cuales da lugar. El peso de algunos calentadores, que alcanza 1.500 a 2.000 kg, no es despreciable.

En resumidas cuentas, parece que tras pruebas prolongadas actualmente en curso, el calentamiento del agua de alimentación debe recibir cada vez más aplicaciones, y que constituye, con aparatos bien estudiados, un notable perfeccionamiento de la locomotora.

38. Combustibles. — Se queman en las locomotoras los combustibles más variados, según los recursos de las regiones que recorren: las distintas variedades de hullas, incluso las antracitas y los lignitos; los productos que derivan, coque, briquetas, alquitranes, los petróleos, la turba, la madera.

La turba es un producto de la alteración de vegetales; se forma aún actualmente. Contiene principalmente carbono, cenizas y una gran proporción de agua, que se elimina parcialmente haciendo secar bien los pedazos. La combustión de una buena turba puede producir aproximadamente la misma cantidad de calor que un peso igual de madera.

Las maderas bien secas pueden contener aún entre un 20% y un 25%, en peso, de agua. Los troncos de madera dura (haya, roble, encanto, fresno, quebracho, etc.) pesan entre 100 y 500 kg por rollo; las maderas resinosas (pino, abeto, cedro, etc.) entre 300 y 400 kg y las maderas blandas (tilo, sauce, álamo, etc.) entre 200 y 300 kg. El poder calorífico de las maderas, conteniendo en peso un 20% de agua, es de alrededor de 3.500 calorías por kilogramo.

39. Hullas. — Los principales elementos de la hulla: carbono, materias volátiles, cenizas, se mencionaron más arriba. Existe numerosas especies de hulla, cuyas composiciones son bastante diferentes: es sobre todo la proporción de las materias gaseosas, con relación a la del carbono fijo, lo que las caracteriza.

La antracita contiene sobre todo carbono, cenizas y muy pocas materias volátiles. Se enciende difícilmente y los trozos aislados se apagan rápidamente; pero en masa da un buen fuego con poca llama y sin humo. Algunas especies de antracita crepitan o se rompen en pequeños fragmentos bajo la acción del calor: esta propiedad dificulta su empleo. La antracita abunda, por ejemplo, en Pensilvania. Se la explota también en el País de Gales y, en Francia, en el departamento de Isère.

Las hullas magras se acercan de las antracitas, pero encierran un poco más de materias gaseosas; calcinando en un crisol 100 g de estas hullas, expulsan de 10 a 15 g de gas, y permanecen 90 a 85 g de carbono y cenizas. Estas hullas queman con una llama corta y dan poco humo.

Las hullas semi-grasas contienen una proporción mayor de materias volátiles (15 a 20 g %); los fragmentos se aglutinan al fuego.

Las hullas grasas tienen aún más materias volátiles (20 a 40 g %); se ablandan al fuego, se funden en parte y se toman en masa; a veces se los llama hullas de herrero, debido al empleo de las mismas en las fraguas.

Las hullas secas de larga llama o llameantes son las más ricas en materias gaseosas (40 g % y más). No se aglomeran en el fuego, y queman con llama y humo abundantes. Estas hullas son bastante raras en Francia; se encuentra muchas en Escocia.

El poder calorífico de un kilogramo de hulla pura, completamente libre de cenizas y humedad, es de cerca de 9.000 calorías. Se encuentran por otra parte diferencias bastante importantes entre sus distintas especies, con poder calorífico entre 8.900 y 9.600 calorías.

Los lignitos son combustibles minerales que proceden de capas menos antiguas que las de los verdaderos terrenos hulleros. Existen numerosas variedades. Generalmente, el lignito es de color marrón o negro, más bien mate que brillante. Da un humo abundante de un olor desagradable; contiene una fuerte proporción de agua, de modo que a peso igual el poder calorífico es inferior al de la hulla⁽¹⁾.

La mayoría de las minas dividen la hulla en varias categorías, según su tamaño, haciéndolo pasar sobre parrillas y cribas de mallas diversas. Los pedazos del mayor tamaño forman la hulla grande, fácil de almacenar y pudiendo conservarse mucho tiempo sin alteración. La hulla grande se quema fácilmente; deja amplios pasos al aire necesario para la combustión. Algunas clases de hulla dan muchos grandes pedazos; otras, muy fácilmente desmenuzables, existen apenas bajo esta forma.

Por calefacción, se entienden los pequeños pedazos del tamaño de puño, cómodos sobre todo para la calefacción doméstica.

La palabra de hulla designa la hulla tal como sale de la mina, dado que contiene trozos de todos los tamaños. Pero se llama también hullas sin seleccionar a aquellas de las que ya se separaron, en parte al menos, o los más grandes pedazos, o los más finos.

Durante mucho tiempo apenas se utilizaron otras hullas que las no fueran en trozos, rechazando las menudas, excepto las que se aglutinan al fuego, que se podían transformar en coque. Los otros menudos se perdían en gran parte; era un verdadero derroche de las riquezas limitadas que existen en los terrenos hulleros.

1. Producción de lignitos en Francia: 960.000 t en 1920. Consultor P.Appell, Las economías de combustible: combustibles inferiores y de sustitución (Enciclopedia Léauté, 2° serie).

Los precios extremadamente bajos de estos menudos poco buscados decidieron a varios industriales y a ingenieros de ferrocarriles a emplearlos; cuando se han tomado las disposiciones convenientes para este empleo, se logra fácilmente, como cuando se substituye al coque por la hulla en trozos; se reconoció que el combustible menudo podía, tan bien como el grande, servir para la producción del vapor: basta con quemarlo en capa fina sobre una parrilla de amplitud bastante grande, ya que deja pasar el aire más fácilmente que los pedazos de gran tamaño. Las pequeñas hullas tienen incluso algunas ventajas especiales sobre los grandes combustibles: pueden ser quitadas, por el lavado, de una parte de las materias pedregosas que formarían las cenizas. Estas materias pedregosas son más densas que la hulla, es decir, más pesados a igualdad de volumen; la acción del agua, puesta en movimiento por una bomba, arrastra las partículas más ligeras, formando capas superpuestas de partículas estériles, de carbón con cenizas, incluyendo granos formados por carbón y partículas estériles, y por carbón casi puro.

Por estas razones, el uso de los menudos se desarrolló mucho, aunque hoy la diferencia entre los precios de los menudos y la hulla en pedazos no es ya tan grande. Existen por otra parte muchas especies de menudos, según las dimensiones de las cribas que separan los distintos tamaños.

Los precios de las distintas calidades de combustibles son naturalmente muy variables, según los tiempos, las procedencias y la longitud del transporte.

40. Cenizas. — Es deseable que la proporción de cenizas en un combustible sea lo más escasa posible, puesto que reduce la cantidad de verdadero combustible. La naturaleza de las cenizas tiene también una gran importancia. Cuando son infusibles al calor de los hogares, como la mayoría de las cenizas blancas, caen en polvo y cruzan sin inconvenientes los barrotes de la parrilla. Las cenizas semi fusibles son las más molestas: se pegan y traban las parrillas, en forma de escorias.

La adición de fragmentos de tiza, colocados sobre la parrilla, vuelve las cenizas de algunas hullas muy fusibles. Este empleo de la tiza es bastante frecuente en Inglaterra.

41. Coque. — El coque es el resultado de la destilación de la hulla, de la que se extraen los elementos volátiles, para obtener el gas de alumbrado, o principalmente para producir el coque. Esta operación extrae de la hulla carburos de hidrógeno capaces de producir, por su combustión, una gran cantidad de calor; además, teniendo en cuenta la salida de estos hidrocarburos, hay en un kilogramo de coque más cenizas que en un kilogramo de la hulla que sirvió para producirlo. Expuesto al aire húmedo y a la lluvia, el coque absorbe una cantidad importante de agua. El peso del agua así absorbida puede elevarse a 200 e incluso hasta 250 g por kilogramo de coque seco. Esta agua, cuando se vaporiza en el hogar, representa pura pérdida del calor. La única ventaja del coque es la ausencia de humo. Al principio de los ferrocarriles, se lo quemaba en las locomotoras, con exclusión de la hulla, juzgada poco conveniente. Los hogares profundos, con parrillas pequeñas, de las antiguas locomotoras, podían recibir una capa muy gruesa.

Hay, no obstante, interés en transformar en coque todas las hullas apropiadas para esta operación: además del coque, este tratamiento da grandes cantidades de un excelente gas combustible, y preciosos subproductos, en particular, el benzol.

42. Briquetas. — Las briquetas se forman con hulla muy menuda, a menudo enriquecida por lavado, que se aglutina con ayuda de brea, procedente del alquitrán de hulla. La brea tiene una fractura vítrea y se divide en pequeñas partículas agudas. Por eso forma un polvo irritante para los ojos.

El peso de brea que entra en la composición de las briquetas es de aproximadamente 80 kg por tonelada. Se forma una pasta mezclándolo con la pequeña hulla: esta pasta se comprime fuertemente en moldes de sección redonda o rectangular.

La briqueta, con pocas cenizas, es un combustible similar a la hulla grande de buena calidad; la propia brea que contiene es un combustible puro y rico en carbono; se almacena fácilmente y puede conservarse varios años sin alterarse al aire. Las briquetas grandes se rompen en algunos pedazos antes de su empleo.

La hulla que se transforma en briquetas debe ser bastante grasa para aglutinarse bajo la acción del calor antes de la combustión de la brea. Las briquetas fabricadas con menudos muy finos se disgregan en polvo y caen antes de quemarse por completo.

43. Mezclas de combustibles. — Es a menudo difícil de encontrar un combustible que convenga perfectamente al servicio de las locomotoras. Al tomar hullas de distintas calidades, se pueden formar mezclas convenientes. Los carbones menudos se prestan bien a estas mezclas. Por ello, gracias a una adición de hullas grasas o semi-grasas, las hullas finas se pueden quemar en los hogares ordinarios de locomotoras.

La experiencia pone de manifiesto, en efecto, que con la alimentación a mano, una de las cualidades primordiales del combustible que conviene a las locomotoras es su poder coquificante, que aglomera el fuego y resiste mejor a la acción del tiro.

A esta opinión, las buenas hullas deberían quemarse cuanto antes después de su extracción, ya que su poder coquificante se destruye bastante rápidamente con el tiempo. Se pueden así, para poderes caloríficos que permanecen idénticos, constatar reducciones de rendimiento prácticas de 10 al 15% según el progreso de la combustión, y a menudo más aún.

Las mezclas hechas con destreza permiten constituir combustibles de calidad media y constante, conveniente al servicio que tienen que prestar las locomotoras y al tipo de los hogares; la mezcla se hace en el momento de la carga en el ténder, o cuando se acopia el combustible. Hoy se prevén, incluso, grandes instalaciones mecánicas para la mezcla de los combustibles.

El Est utiliza tres mezclas, en proporciones diferentes, de carbones tamizados, de hulla sin seleccionar y de distintos menudos:

La mezcla A consta de 50% de tamizados gruesos, de hullas sin seleccionar y menudos lavados; no contiene más de 7 al 8% de cenizas.

Las hullas secas de llama larga, grasas o tres cuartos grasas, forman el 25% de la mezcla B, el resto sigue siendo de hullas sin seleccionar y menudos lavados; la proporción de cenizas es de 8 al 10%.

La mezcla C sólo contiene hullas sin seleccionar y menudos lavados, con 10 al 13% de cenizas.

A la mezcla se adjunta una proporción mayor o menor de briquetas o de hulla en trozos mayores.

Este sistema permite garantizar el servicio de la tracción, reduciendo, en la medida de lo posible, los gastos, siempre considerables, necesarios para la compra de los combustibles. Es deseable que estos gastos no sean aumentados inútilmente; el deber de todos los que cooperan en la explotación de un ferrocarril es buscar la mayor economía en este servicio, como en todos los otros. No es inútil hacer hincapié en este punto: reducir el costo de los transportes, y hacerlo consumiendo la menor cantidad posible de este producto tan precioso: el trabajo humano bajo todas sus formas, es la gran razón de ser de los ferrocarriles. Quemar en la locomotora combustibles más costosos que lo necesario, combustibles que podrían ser mejor aplicados en otros usos, es derrochar trabajo.

Esta búsqueda continua de la economía, lejos de reducir el salario de los obreros, es precisamente lo que los aumenta: la notable organización del servicio de foguistas y conductores de locomotoras en Francia, con las primas de economía de materias, es un ejemplo: es el método de remuneración del trabajo que acerca más al trabajador a esta situación deseable, pero en muchos casos imposible de realizar, dónde se trabaja directamente por cuenta propia.

44. Combustión en los hogares de locomotora. — Es el fuego el que genera la potencia de las máquinas a vapor: para sacar buen partido de la locomotora, el hecho es, sobre todo, saber conducir este fuego benéfico, pero caprichoso. El arte del foguista puede resumirse en pocas palabras: quemar completamente el combustible, y quemar una cantidad suficiente por hora.

Lo que complica el trabajo, es la diversidad de las circunstancias a tener en cuenta; existe numerosas variedades de combustibles; las dimensiones y las disposiciones de las calderas son variables; dos locomotoras del mismo tipo no son siempre idénticas: algunas diferencias, poco visibles, en la parrilla, en el escape, son muy sensibles al foguista.

El buen ajuste del escape desempeña un papel esencial, ya que una insuficiencia de aire se traduce en una mala combustión fumívora implicando la producción de monóxido de carbono, con una pérdida de $\frac{2}{3}$ sobre el poder calorífico del combustible así incompletamente quemado. Por el contrario, un exceso de aire dará lugar a pérdidas más importantes por carbonillas arrastradas, pero, a pesar de todo, el exceso seguirá siendo preferible a la insuficiencia, y evitará al menos la formación de escorias.

Un foguista no debe conducir los tipos más variados de hogares y emplear los combustibles más diferentes; pero es necesario, al menos en el alcance de una misma red de ferrocarril, que no esté demasiado desorientado si cambia de máquina o si la naturaleza de la hulla varía.

Los principios de la combustión se indicaron en la parte anterior; para que esté completa, el carbón debe ser transformado enteramente en dióxido de carbono, y el hidrógeno en agua, por la combinación con el oxígeno; esta transformación completa exige una determinada cantidad de aire y una elevada temperatura del combustible.

El aire llega al contacto del combustible de dos maneras: o por debajo, atravesando la parrilla, y luego la masa que se quiere quemar, o por arriba, entrando por la puerta del hogar y a veces por otras aperturas, proporcionadas en las paredes. La primera manera es la más usada, y, excepto en casos especiales, no se admite más aire sobre el combustible que el suplementario.

No obstante en Inglaterra, donde se alcanzan fuertes tasas de combustión sobre parrillas de pequeña superficie con combustibles en piedras cargados en capa gruesa, es normal dejar la puerta del hogar abierta entre las cargas; la puerta no es entonces generalmente más que una simple pantalla de chapa destinada a evitar momentáneamente una excesiva radiación del hogar sobre la cabina.

Llamado por el escape, el aire llega bajo la parrilla por el cenicero, que apenas obstruye el acceso, con tal que no se deje a las cenizas bloquearlo. Después de haber atravesado la parrilla, el aire circula entre los pedazos de combustible por pasos más o menos estrechos: allí comienza la combustión. Para que ésta se efectúe, es necesario que los trozos de combustible se encuentren a una elevada temperatura, manifestada por su incandescencia: la combustión misma mantiene esta elevada temperatura y la transmite a los trozos vecinas de las que queman; pero es necesario que la masa encendida sea suficiente: numerosos fragmentos aislados o poca hulla se apagan, enfriados por el aire, por más que la combustión los caliente.

La combustión prosigue sobre la masa sólida, por llamas, producidas cuando el oxígeno del aire se combina con el monóxido de carbono, procedente de la combustión incompleta del carbono, y, sobre todo, con carburos de hidrógeno. Es, cuando estos gases son abundantes, que la admisión de aire sobre el combustible es útil; es el caso de las hullas muy ricas en materias volátiles, y del combustible en capas gruesas, cualquiera que sea la naturaleza.

Si un pequeño exceso de aire es deseable, vista la imposibilidad de proporcionarlo siempre exactamente, un gran exceso de aire es nocivo: enfría el combustible sólido o los gases que se desprenden; ahora bien: la combustión se hace más viva cuando los elementos que deben quemarse están a una temperatura más elevada. Además el exceso de aire inútil toma la temperatura de la corriente evacuada por la chimenea y se lleva así el calor sin beneficio.

Este aire llega a la caja de humo a una temperatura de 300° a 350° . La cantidad de calor que se lleva así un metro cúbico de aire, tomado a 15° , bastaría para calentar y vaporizar en la caldera 140 a 160 g de agua.

La presencia de los tubos de humo puede sin embargo atenuar este inconveniente. Vimos, en efecto, que la cantidad de calor transmitido por los gases calientes al haz tubular era prácticamente independiente de su velocidad. Ahora bien un exceso de aire tiene dos efectos contrarios:

Capítulo II - Caldera

- 1) un descenso de la temperatura,
- 2) un aumento de la cantidad de humo.

El primero contrae los gases, el segundo los dilata. Hay finalmente aumento de volumen.

Por lo tanto, la velocidad de los gases crece cuando el exceso de aire aumenta, pero éstos permanecen entregando sensiblemente la misma cantidad de calor; la temperatura en la caja de humo se reduce, pues, y el rendimiento final sólo se encuentra muy poco disminuido; este descenso de la temperatura tiende a compensar la mayor cantidad de gases expulsados a la atmósfera.

Distintas circunstancias impiden la combustión completa en el hogar de las locomotoras. Fragmentos de carbón pasan a través de la parrilla: los barrotes deben acercarse lo suficiente como para reducir esta pérdida; además se toma la precaución de cargar los menudos sobre una primera capa de hulla capaz de retenerlos, a la espera de que se aglomeren al fuego. El carbón puede también dejar la parrilla siguiendo la corriente gaseosa. El combustible así arrastrado perdió sus materias volátiles y se encuentra en estado pequeños granos de coque mezclados con cenizas: es la carbonilla que se acumula en la caja de humo.

Este arrastre de combustible es una pérdida importante.

Es sobre todo cuando la corriente se distribuye desigualmente en el hogar que el aire arrastra así el carbón. Si atravesara toda la superficie de la parrilla, no sería demasiado violento en ninguna parte, pero si no pasa más que en los algunos puntos, aumenta su velocidad; el combustible se arrastra, mientras que carece de aire en el resto del hogar.

Esta mala distribución de la corriente de aire puede deberse a que la parrilla no se carga correctamente, o que esté obstruida por escorias. A menudo también, es causada por la disposición propia de la locomotora, a la que el foguista no puede poner remedio. Añadamos que el tiro de estas locomotoras defectuosas puede haber sido mejorado por modificaciones del escape.

La corriente gaseosa que atraviesa el hogar y los tubos es extremadamente rápida. En una reciente locomotora (241 000 del Este) el volumen del hogar, con cámara de combustión, es de $8,5 \text{ m}^3$. La combustión de 2.000 kg de hulla por hora requiere alrededor de 20.000 m^3 de aire frío; como consecuencia de la elevación de temperatura, estos 20.000 m^3 se convierten en 120.000 m^3 en el hogar, lo que representa alrededor de $33 \text{ m}^3/\text{seg}$. El contenido gaseoso del hogar se renueva así cuatro veces por segundo.

Por otra parte, la sección de paso en los tubos es de $0,49 \text{ m}^2$. Un caudal de 33 m^3 en esta sección exige una velocidad de 67 m/seg. En los tubos, los gases se enfrían, y su volumen se contrae: a la salida de los tubos, el volumen se reduce a $11 \text{ m}^3/\text{seg}$, lo que da una velocidad de 22 m/seg.

Las carbonillas de la caja de humo, se pueden recoger y reutilizar, ya que son combustibles, y quemar en hogares convenientes, en particular, para la calefacción de los talleres y las oficinas, y para la producción de vapor en calderas fijas. Pero es un combustible que realmente cuesta caro y que sería deseable no producir.

Algunas hullas, lejos ser arrastradas por la corriente de aire, tienen el defecto de aglomerarse en masas tales que el aire no las penetra: se forman entre estas masas agujeros o grietas, que es necesario llenar con combustible en ignición, mientras se rompe el material aglomerado.

El fuego es aún difícil de conducir cuando el combustible obstruye las parrillas al cabo de poco tiempo, formando masas de escorias. La retirada de estas escorias exige una parada bastante prolongada; durante la marcha, no se puede proceder a una limpieza completa, sino que se limita a retirar algunos de los trozos más grandes.

El humo, luego de una carga, se tiñe con partículas de carbono no quemado: este carbono no procede de fragmentos sólidos de hulla directamente arrastrados, sino de la descomposición de carburos de hidrógeno, que la hulla calentada desprende.

El peso de carbono así visible en el humo no es más que una escasa fracción del combustible consumido, y la pérdida puede parecer desdeñable; pero junto a lo que se ve en el humo, hay otra parte que no se ve: puede contener una cantidad considerable de gases combustibles no quemados. Si hay carbono no consumido en el humo, es porque la cantidad de aire que penetra en el hogar es insuficiente, es también porque el combustible y los gases que desprende no logran una temperatura lo suficientemente elevada para garantizar una combustión viva y rápida. El remedio consiste en cargar la hulla en pequeñas cantidades, sobre un fuego claro y vivo, y en dejar, si es preciso, entrar un poco de aire por las aperturas de la puerta después de la carga.

Pero consiste sobre todo en tener un escape bien regulado, que origine un tiro suficiente; el penacho de humo negro, con un carbón normal y un fuego bien conducido, no debe persistir más de 10 a 15 segundos después del cierre de la puerta del hogar.

La insuficiencia de aire favorece también los depósitos de hollín en los tubos, que un fuego vivo disminuye.

45. Rendimiento de la caldera. — El rendimiento de la caldera, definido anteriormente, se mide mejor en experiencias especiales que en servicio corriente. Es necesario medir, por una parte, el agua vaporizada y, por otra parte, el carbón quemado. Se ha encontrado que un kg de carbón vaporiza 6, 7, 8, ó 9 kg de agua.

Pero esta indicación es falta de precisión, porque el poder calorífico de las distintas hullas no es el mismo, y, en cuanto al vapor producido, el número de calorías necesario depende de su presión, de la temperatura del agua de alimentación y del recalentamiento. La caloría es una medida normalizada que permite comparar con precisión el consumo de hulla y la producción de vapor. Así como se vio antes, el rendimiento es la relación entre la cantidad de calorías utilizadas para la producción de vapor respecto a la cantidad proporcionada, medida por el poder calorífico del combustible. Un rendimiento del 80% (80 calorías utilizadas contra 20 perdidas) es excelente, 70% es aún bueno; 60 es mediocre; demasiado a menudo se desciende aún más.

Para obtener un muy bueno rendimiento de la caldera de la locomotora, hay mucho más que sólo la combustión, y quemar por m² de parrilla y por hora un peso relativamente bajo de combustible. Eso se puede hacer en las calderas fijas, en las que está permitido multiplicarse según las necesidades; pero con una escasa producción de vapor, la locomotora sería mal utilizada y este método sería poco económico. Se obliga a menudo a requerir a la caldera de locomotora todo lo que pueda producir. Ahora bien, a medida que la cantidad de carbón quemado aumenta, el rendimiento disminuye, sobre todo porque el tiro muy intenso necesario para forzar la combustión arrastra una gran cantidad de partículas combustibles en estado sólido, partículas que salen por la chimenea o se acumulan en la caja de humo, y, en menor medida, porque la superficie de calefacción no puede enfriar suficientemente los gases de la combustión.

Así el rendimiento global de la caldera puede considerarse dependiente de dos rendimientos parciales:

1) el rendimiento r_1 de la combustión expresado por la fracción de calor efectivamente lograda por el combustible en el hogar,

2) el rendimiento r_2 , de la caldera expresado por la fracción de este calor efectivamente logrado absorbida por las superficies de calefacción y recalentamiento y transmitido al vapor producido.

Se tiene así $r = r_1 \times r_2$.

El rendimiento de la combustión depende, como lo vimos, de numerosos factores, pero depende también de la naturaleza del combustible utilizado, siendo éste más o menos apto, habiendo cumplido todas las demás condiciones, para quemar más o menos completamente.

Así con las cuatro mezclas siguientes ensayadas en el banco de Vitry sobre la misma máquina (140 A 9 Norte):

MEZCLAS	HULLA GRANDE	BRIQUETAS GRANDES	MENUDOS GRASOS LAVADOS	MENUDOS MAGROS
A	60	40	-	-
B	10	-	90	-
C	10	-	67,5	22,5
D	10	-	45	45

se obtuvieron aproximadamente los rendimientos siguientes:

Tasa de carga kg/m ² /h	Rendimiento de la caldera en %			
	A	R	C	D
200	77	73	65	64
350	70	65	59	58
500	64	57	53	50

Se ve que las diferencias son importantes. En efecto, son sobre todo los arrastres sólidos (arrastres de carbonillas) los que determinan las pérdidas.

Ahora bien son tanto menores cuanto mejor se comporta el combustible al fuego, es decir, coquifica bien o se encienden espontáneamente; la nube de polvo o partículas arrastradas pueden entonces quemarse antes de alcanzar la placa tubular contra la cual las llamas se apagan. Esto hace que haya nuevamente interés en los hogares largos con cámaras de combustión, porque el tiempo de permanencia en el hogar de las partículas arrastradas, se encuentra así aumentado.

El rendimiento de la caldera, como aparato de absorción de calor es, al contrario, relativamente constante, ya sea que se trate de una misma máquina, frente al régimen, como a dos máquinas diferentes, a menos que alguna de éstas presente disposiciones francamente defectuosas.

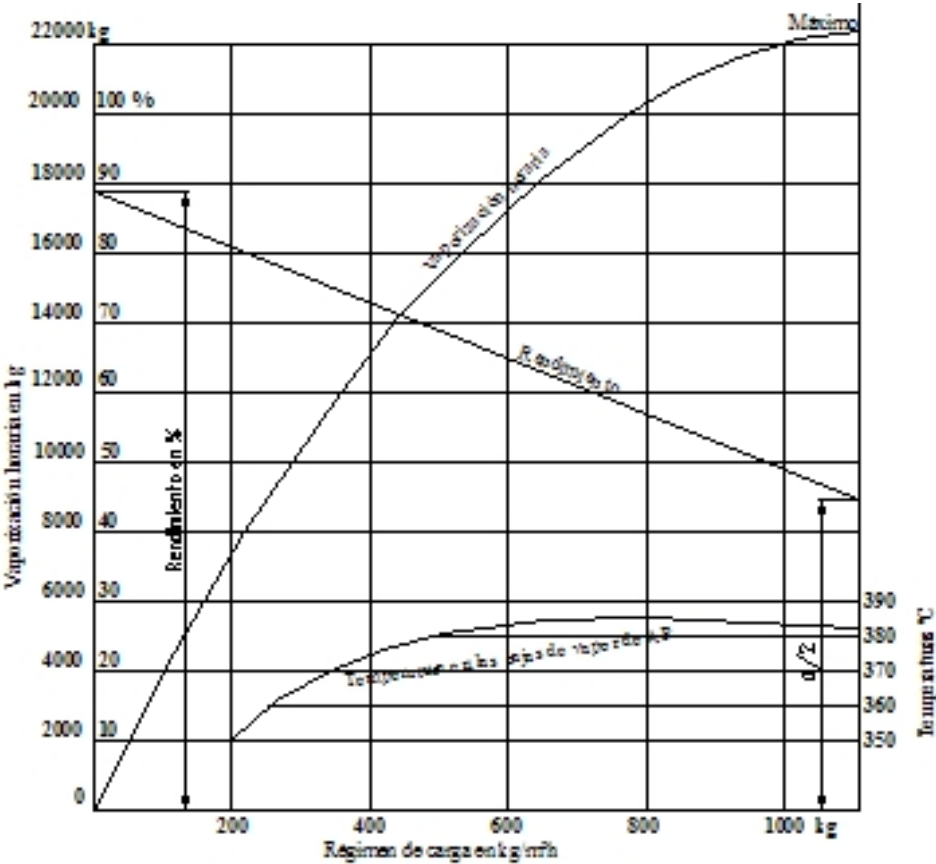


Fig. 279. — Gráfico de producción y rendimiento de una caldera de locomotora, según el régimen de la combustión. Las abscisas dan el peso de hulla quemada por metro cuadrado de parrilla en una hora; las ordenadas, por una parte el peso correspondiente de agua vaporizada, por otra parte el rendimiento y la temperatura del recalentamiento obtenido. (Locomotoras 231722 a 231731 del P.O.)

Gracias a las propiedades de los tubos de humo, la caldera absorbe, en efecto, una fracción, aproximadamente constante, del calor desprendido. Por ello numerosas experiencias efectuadas en Banco, indican que esta fracción oscila entre un 86% por término medio para regímenes limitados ($200 \text{ kg/m}^2\text{h}$) y un 84% para los más vivos ($1.000 \text{ kg/m}^2\text{h}$). El calentador F. Crosti permite llevar este rendimiento al 95% aproximadamente, lo que está muy cerca de ser la perfección.

El gráfico de la figura 279 muestra cómo varían la producción y el rendimiento global de la caldera en función del régimen. Se establece según las experiencias efectuadas sobre locomotoras Pacific P.O. transformadas.

A medida que la cantidad de hulla quemada por hora aumenta, la cantidad de agua vaporizada aumenta también, pero en una proporción cada vez menor, puesto que el rendimiento disminuye.

Se puede decir que si los 200 primeros kg de hulla vaporizan 7500 kg de vapor, los 200 kg siguientes sólo vaporizan 5.500 kg, lo que representa en total 13.000 kg y otros 200 kg, 4.500 kg, para un total de 17500 kg.

Un gran número de experiencias, efectuadas, en particular en los Estados Unidos, y más recientemente en Francia, puso de manifiesto, como lo indicó por primera vez Lawford Fry, que la ley de disminución del rendimiento con el régimen de carga está representada muy sensiblemente por una línea recta. De allí resulta, como lo muestra el cálculo, que la potencia de producción debe pasar por un máximo cuando este rendimiento cae a la mitad⁽¹⁾.

A partir de este momento, no hay ya compensación de la disminución de rendimiento por el aumento de la cantidad de carbón quemado sobre la parrilla y toda cantidad de más cargada en el hogar es pura pérdida. Es necesario bien guardarse de forzar el régimen hasta ese extremo si se tiene en cuenta la economía.

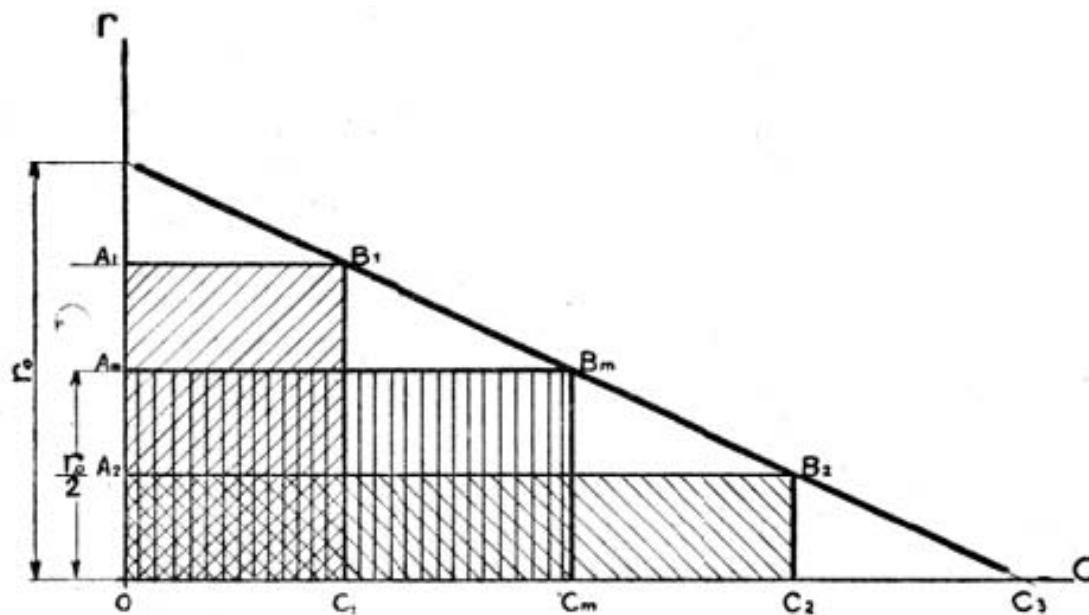


Fig. 280

1. Se puede dar cuenta de esta propiedad recordando que la producción de vapor es proporcional al producto del peso de carbón quemado C por el rendimiento r de la caldera, sea $C \times r$, representado por la superficie del rectángulo $O A B C$ (fig. 280).

Cuando C aumenta, esta superficie crece hasta un máximo que se produce precisamente en $C A_m B_m C_m$ cuando $O A_m = (r_0/2)$ y $O C_m = (OC_3/2)$; más allá, esta superficie vuelve a disminuir.

Si se coloca: $r = a - bC$.

C , que depende del tipo de carga por m^2 de superficie de parrilla y por hora, la producción alcanzará su máximo $C = (a/2b)$, para el valor de $r = (a/2)$.

Si se tiene, por ejemplo, $a = 0,85$ y $b = 0,00045$, se tendrá:

$$r = (0,85/2) = 0,425 \text{ ó } 42,5 \%$$

$$\text{y } C = (0,85/(2 \times 0,00045)) = 950 \text{ kg/m}^2\text{h}$$

46. Carga mecánica de combustible. – El empleo de la carga mecánica de las parrillas, en reemplazo de las parrillas ordinarias cargadas a mano, es frecuente en los cuartos de calderas fijos, donde se dispone del lugar necesario y donde el peso de los aparatos no tiene importancia. Aunque esta instalación sobre la locomotora sea más difícil, se realizó inicialmente sobre locomotoras americanas, cuyos hogares eran tan extensos que el foguista no llegaba a cargar las cantidades necesarias de carbón. El resultado era que estas muy potentes máquinas no podían desarrollar toda esa potencia. Sobre las locomotoras francesas, el consumo alcanza rara vez 2.000 kg/hora. El foguista carga por término medio 2,5 kg por segundo: la carga de 2.000 kg exige, pues, 800 segundos en total, o sea cerca de un cuarto de hora.

Algunos foguistas llegan, sin embargo, a cargar mucho más. Por ello sobre la estrecha parrilla de 3,800 m de longitud de la locomotora 240.701 del P.O., se pudo, durante una prueba, cargar efectivamente durante una hora consecutiva, un peso de 4.000 kg, pero esto constituía obviamente un resultado excepcional de la actividad del foguista. Está pues bien claro que tal régimen no podría pedirse, fuera de algunas cargas momentáneas, y esto muestra que para el servicio de locomotoras de esta potencia (3 050 HP al gancho, a 100 km/h), por más que tenga un hogar de pequeña superficie de parrilla (3,76 m²), corresponde prever la calefacción mecánica.

A grosso modo, se puede admitir que en las recientes locomotoras francesas, se tiene interés en hacer esta aplicación en cuanto la superficie de parrilla alcance cifras aproximadamente de 4 m²; los escapes perfeccionados actuales permiten alcanzar fácilmente regímenes de combustión de 600 a 800 kg/m²h, correspondiendo a cantidades de carbón de 2.400 a 3.200 kg cargados por hora. Los primeros ensayos de calefacción mecánica se emprendieron en la Red del Norte en 1931, sobre la locomotora Pacific tipo Estado n° 3-1150, luego sobre dos locomotoras 5-1200 tipo Decapod. Se ha aplicado a continuación (1937) a 30 máquinas de este último tipo. Desde la creación del S.N.C.F., este método de calefacción se aplicó sistemáticamente a todas las nuevas locomotoras de línea, en particular a 25 240 P y a 15 150 P en 1939, luego a 40 150 P y 133 141 P, a partir de 1940.

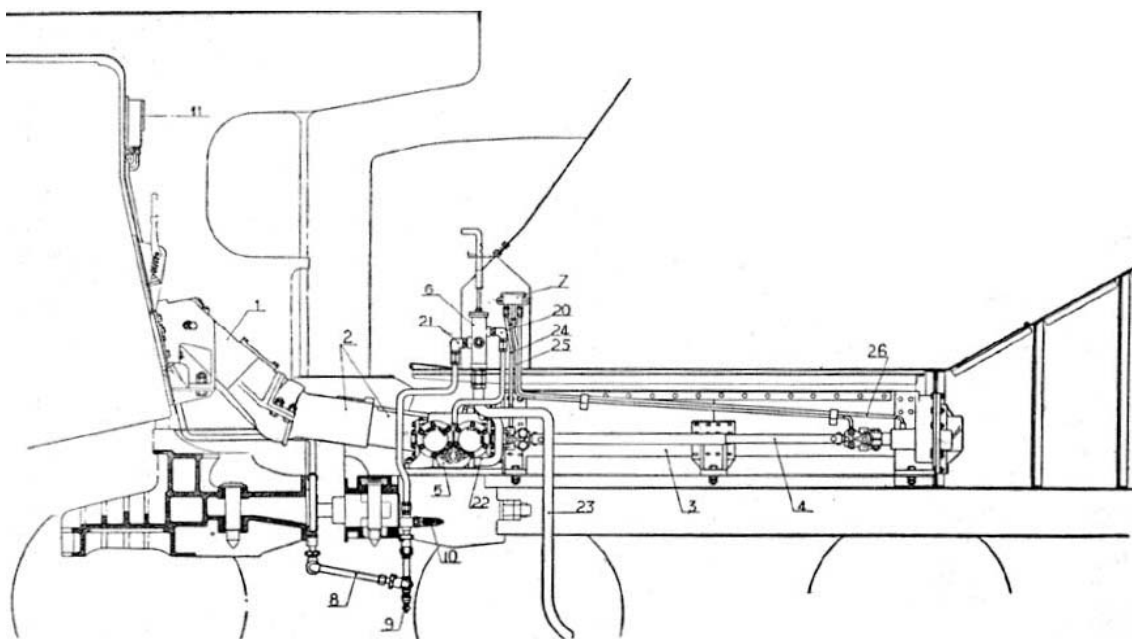
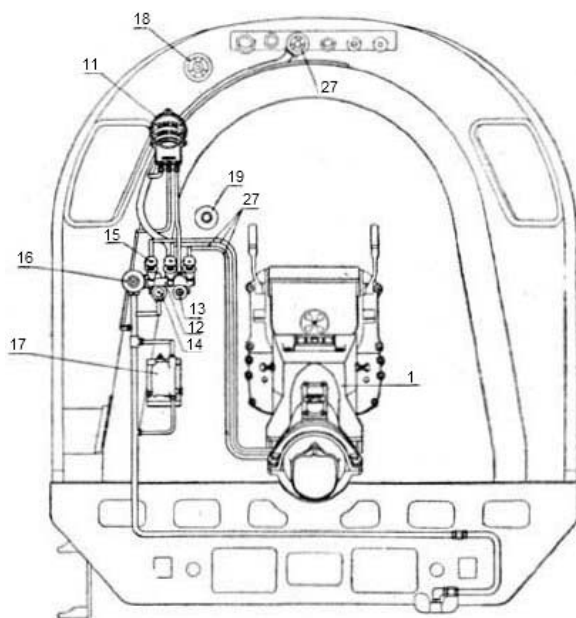


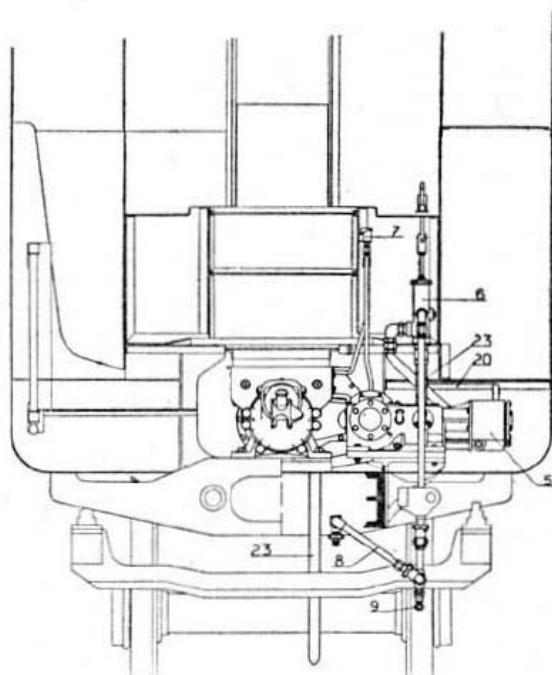
Fig. 281 a) – Instalación del stoker tipo HT 1 sobre las locomotoras 141 P de la S.N.C.F. Vista lateral

1, conducto elevador. - 2, conducto telescópico. - 4, Eje cardan. - 5, motor a vapor. - 6, válvula de inversión de marcha del motor - 8, conducto de articulado de vapor. - 23, tubo de escape del motor

El tipo de cargador mecánico o stoker preferido, como consecuencia de los buenos resultados obtenidos con él, es el tipo HT-1 de la Sociedad Stein y Roubaix. Las figuras 153 a y b muestran las disposiciones generales.



Locomotora – Vista trasera



Ténder – Vista delantera

Fig. 281 b) – Vistas transversales. Instalación del stoker modelo HT-1 sobre las locomotoras 141 P de la S.N.C.F.

11, manómetro indicador de las presiones en la Caldera, en el motor del Stoker y en los chorros de vapor. - 13, grifo de alimentación de los chorros. - 14, grifo de ajuste del motor. - 15, grifos de ajuste de los chorros. - 16, grifo de arranque del motor, - 17, engrasador Deschamps.

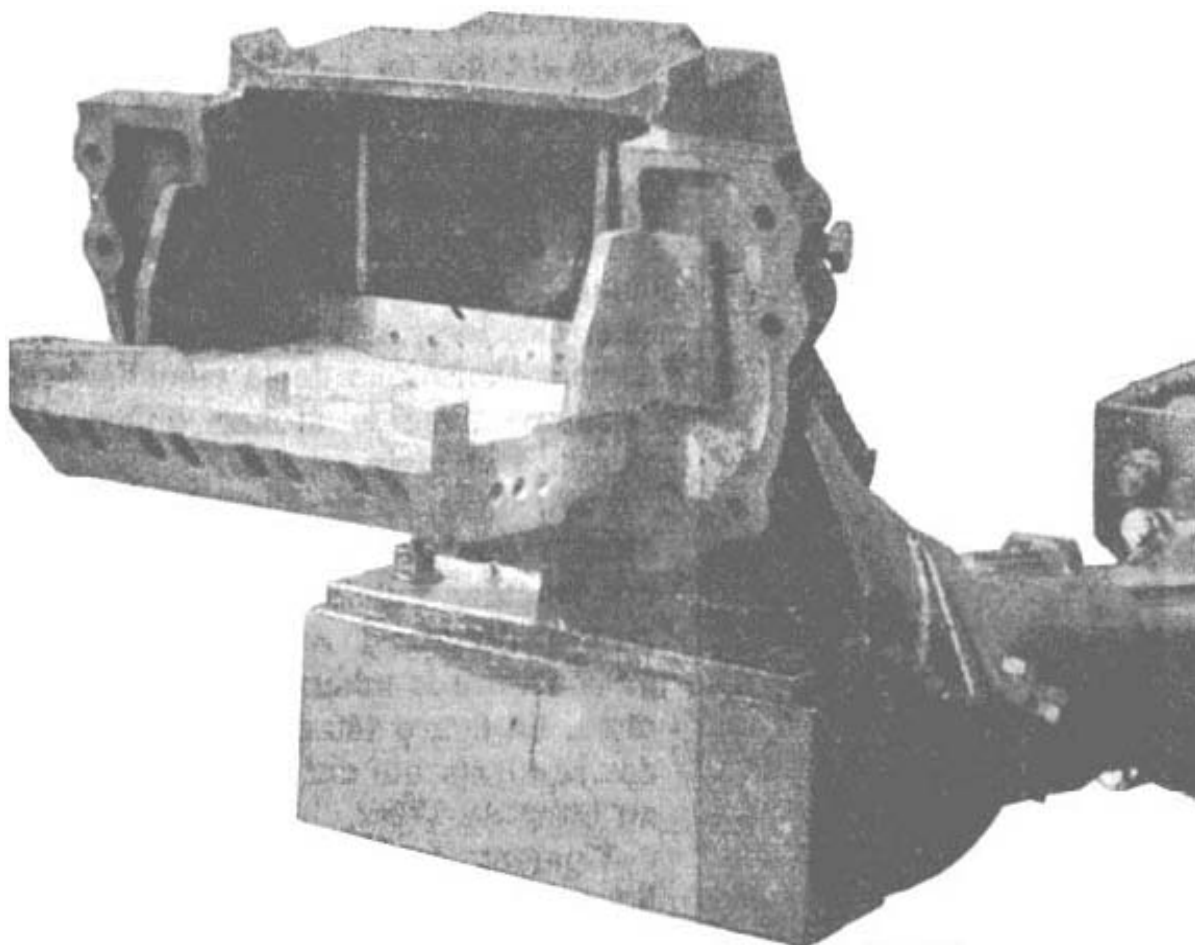


Fig. 282 – Conducto elevador y mesa de distribución del cargador mecánico modelo HT-1.

Capítulo II - Caldera

El carbón contenido en el ténider cae por gravedad en un canal en el cual se encuentra un transportador a tornillo de un tipo especial que lo lleva hasta el hogar, donde es vertido sobre una mesa de distribución (fig. 282) desde donde es arrastrado por chorros de vapor que garantizan su distribución sobre toda la superficie de la parrilla. Esta mesa, que se encuentra dentro del hogar, se hace en acero especial conteniendo 20 al 25% de cromo y 2 al 3% de níquel con el fin de permitirle resistir al fuego. El tornillo se impulsa con ayuda de un pequeño motor a vapor colocado sobre el ténider. Se regula su velocidad mediante la admisión de vapor, lo que permite introducir continuamente en el hogar la cantidad de carbón necesaria según el régimen de la combustión.

La presión de los chorros de vapor de los tres grupos de toberas que impulsan el carbón dentro del hogar, se regula con la ayuda de tres válvulas colocadas al alcance del foguista. Un robinete de reglaje permite variar simultáneamente la presión de los tres grupos.

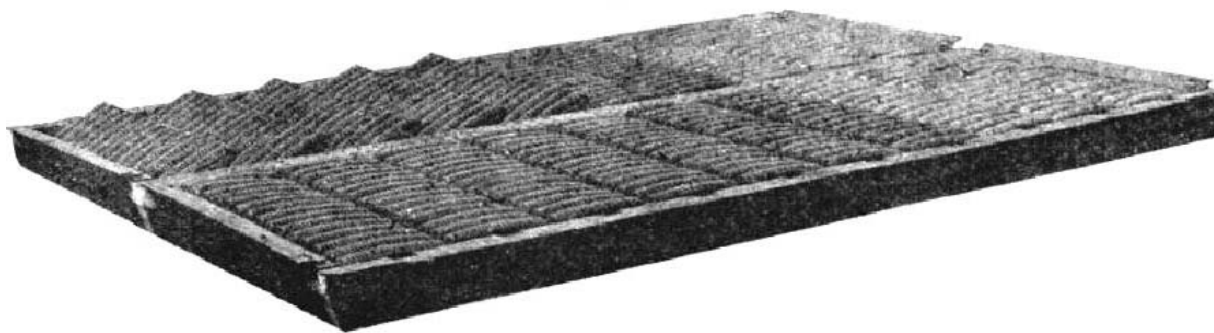


Fig. 283. — Rejilla Hulson. Conjunto.

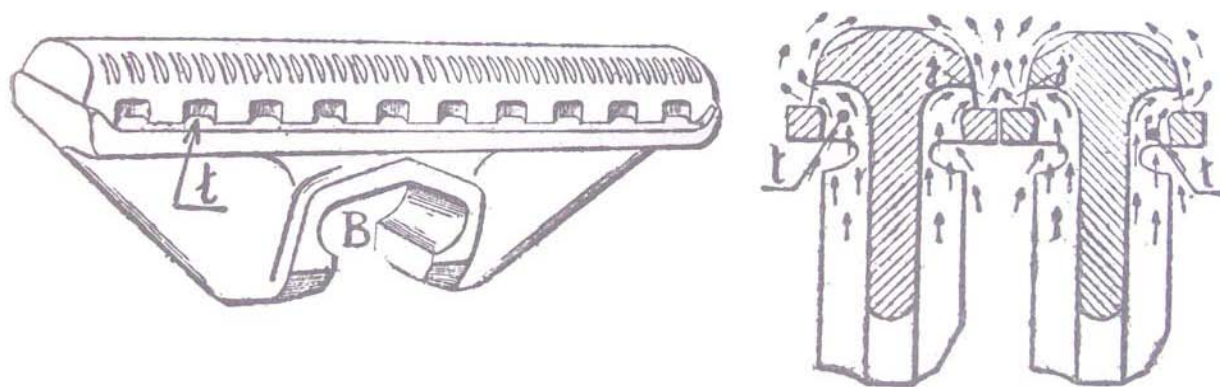


Fig. 284. — Rejilla Hulson. Detalles de un barrote

La grilla (Fig. 283) es del tipo Hulson, dando una sección de pasaje de aire comprendida entre 10 y 25 %. Está dispuesta de modo de limitar el arrastre del combustible por la acción del tiro (Fig. 284), especialmente aquél que se encuentra reducido al estado de partículas pequeñas, como consecuencia de la trituration producida por el tornillo transportador.

La experiencia ha puesto de manifiesto que, con la carga mecánica, se pueden quemar prácticamente todos los carbones. Pero para obtener un funcionamiento económico de este aparato, es recomendable reservar los carbones más inflamables, es decir, con alto contenido de materias volátiles, que queman completamente, incluso en estado pulverulento. Por lo tanto, se constata que el rendimiento térmico de la caldera es el mismo con el stoker que con la carga manual.

Por el contrario, el rendimiento es menos bueno cuando, por ejemplo, se entrega a una máquina provista de calefacción mecánica hulla en trozos grandes que convienen mejor a la calefacción a mano. La figura 287 da un ejemplo de los resultados que así se obtuvieron en el Banco de Vitry.

Por último, cuando se compara el consumo de carbón de locomotoras con stoker y locomotoras cargadas a mano, es necesario recordar:

1° que el rendimiento de la combustión no es el mismo en el stoker y a mano, si no se queman en aquél carbones con alto contenido en materias volátiles;

2° que este carbón, que es menos denso que otros (750 kg/m^3 en vez de 850) y teniendo además un poder calorífico inferior menor, lo que representa 7.000 a 7.300 calorías en vez de 7.700 a 7.900 , se entregan en el hogar, para un mismo volumen entregado, 80% aproximadamente de las calorías que se contendrían en un combustible apto para la calefacción a mano.

Así pues, en el mismo servicio, una locomotora, cargada por stoker, vaporizará por ejemplo 6 litros de agua por kg de carbón, allí donde la máquina calentada a mano y que utiliza el combustible que conviene, vaporizará 7 kg , lo que representa una divergencia del 15% que se explica por el poder calorífico más bajo del 10% aproximadamente del carbón con alto contenido de materias volátiles, utilizado por los stokers, y por el aumento del régimen de combustión que resulta. Si se utiliza con el cargador mecánico carbón de más alto calorífico, pero con mayor contenido en materias volátiles, quemará con un menor rendimiento y dará finalmente lugar, él también, a una vaporización de cerca de 6 litros en vez de 7 .

Las figuras 285 y 286 muestran una locomotora 240 P provista de stoker con su tender desacoplado.

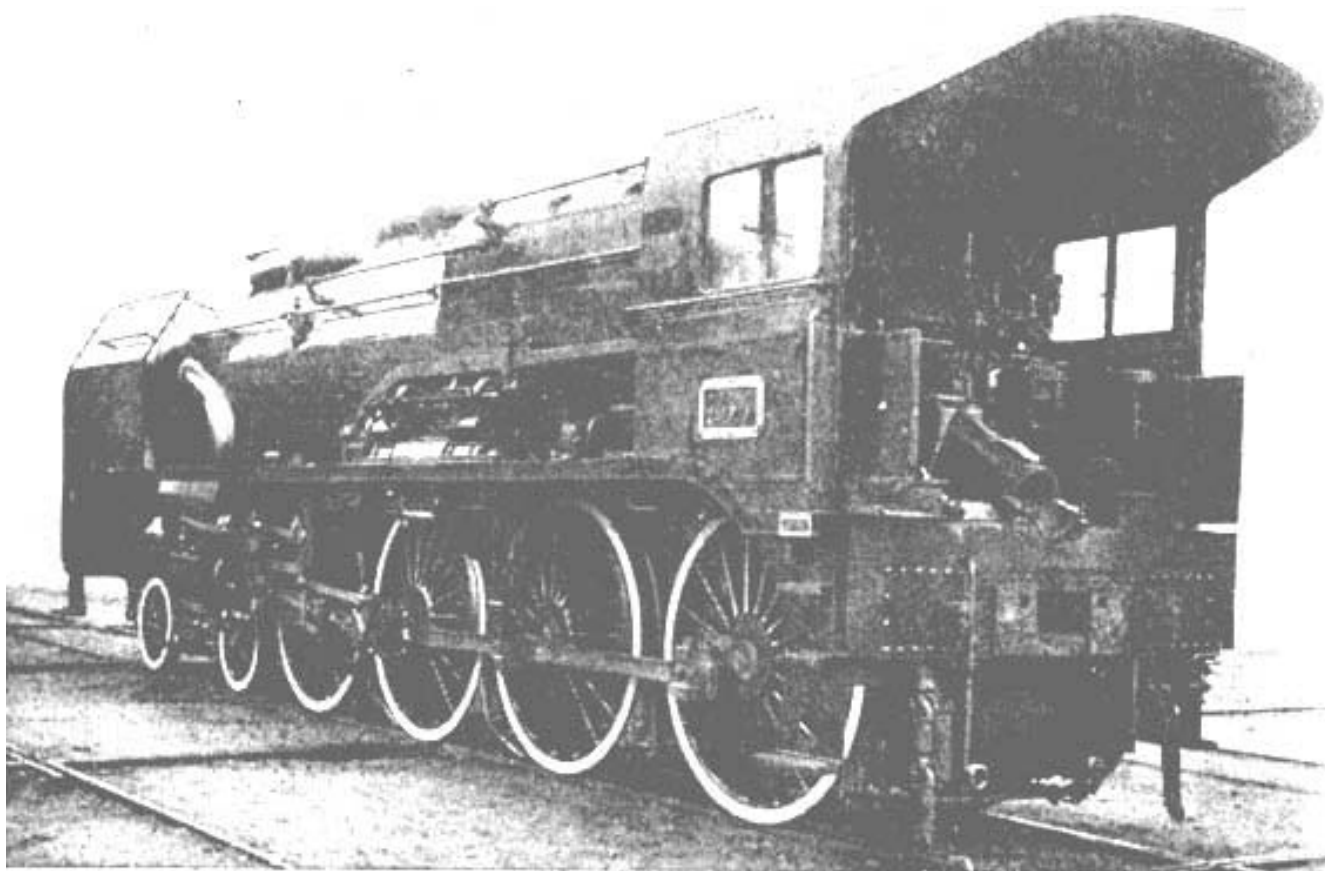


Fig. 285. — Locomotora 240 P desconectada provista de stoker.

Una ventaja permanente, sin embargo, adquirida con el stoker, es una baja algo menos rápido del rendimiento con el régimen.

Así en pruebas efectuadas en los Estados Unidos con una locomotora modelo 150 del Pennsylvania, con un cargador del tipo Duplex y un mismo carbón (30% de materias volátiles, 11% de cenizas) se encontró que la baja de rendimiento de aproximadamente 20% , con regímenes de combustión limitados ($200 \text{ kg/m}^2\text{h}$) se anuló para un régimen de $1.000 \text{ kg/m}^2\text{h}$.

Es necesario tener en cuenta también que el carbón menudo para stoker es menos costoso que el carbón en trozos grandes de las máquinas rápidas, por lo que el balance financiero sigue siendo favorable para la calefacción mecánica, aunque el consumo sea ligeramente mayor.

Capítulo II - Caldera

Recordemos, a este respecto, que en Francia las locomotoras a vapor consumían alrededor de 12 millones de toneladas de combustible al año, sobre un total de 85 millones, de los que 1/3 se importa del extranjero bajo la forma de hulla magras y antracitas.

La producción nacional de carbón apto para stoker, es decir, de hulla teniendo un contenido en materias volátiles superior al 32%, es de 20 millones de toneladas, de las cuales alrededor de 5 son necesarias para las fábricas de gas. El resto sigue siendo, pues, un total de 15 millones de toneladas, utilizables para la calefacción mecánica de las locomotoras.

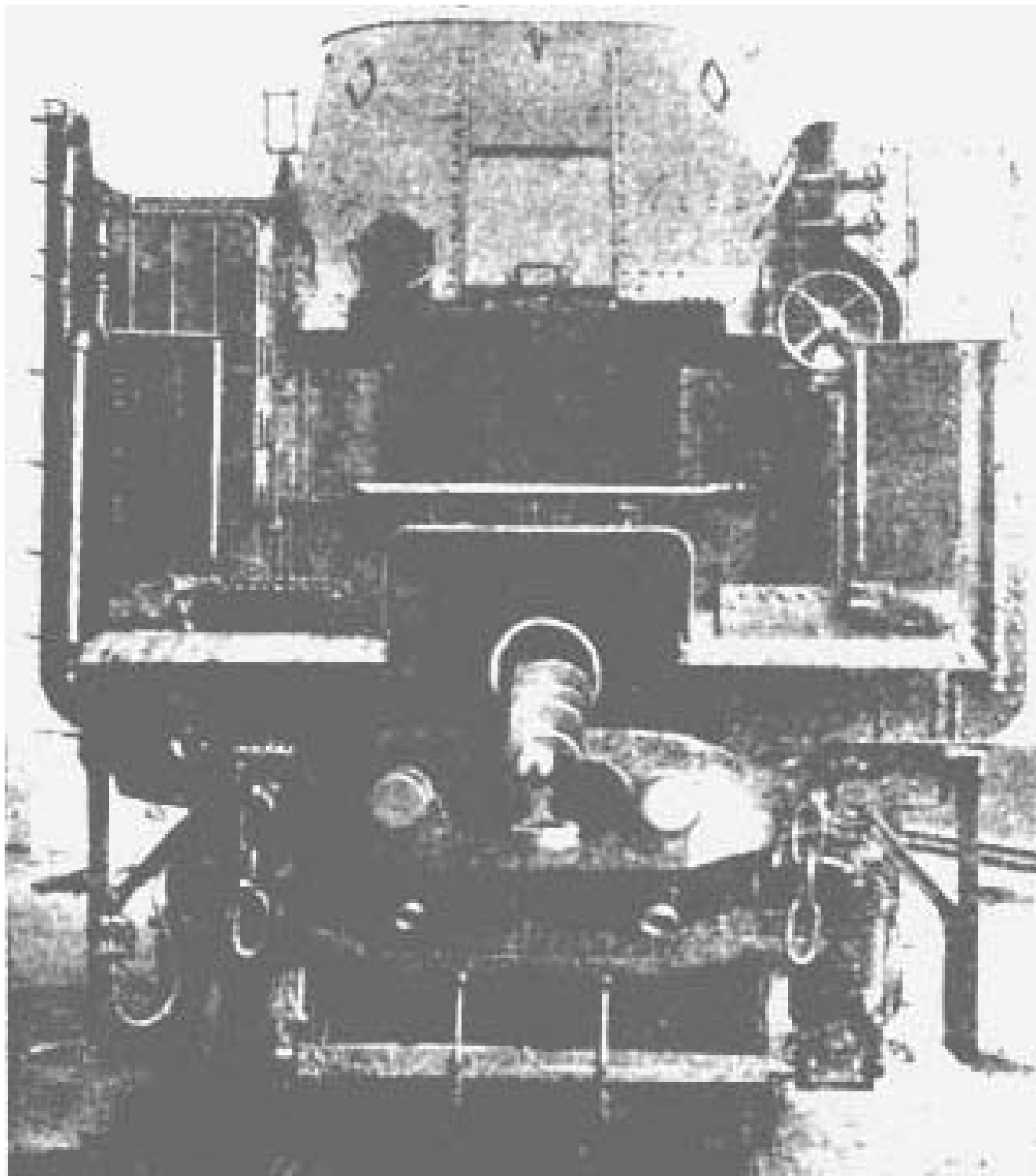


Fig. 286. — Ténder 34 P. desconectado, provisto de stoker.

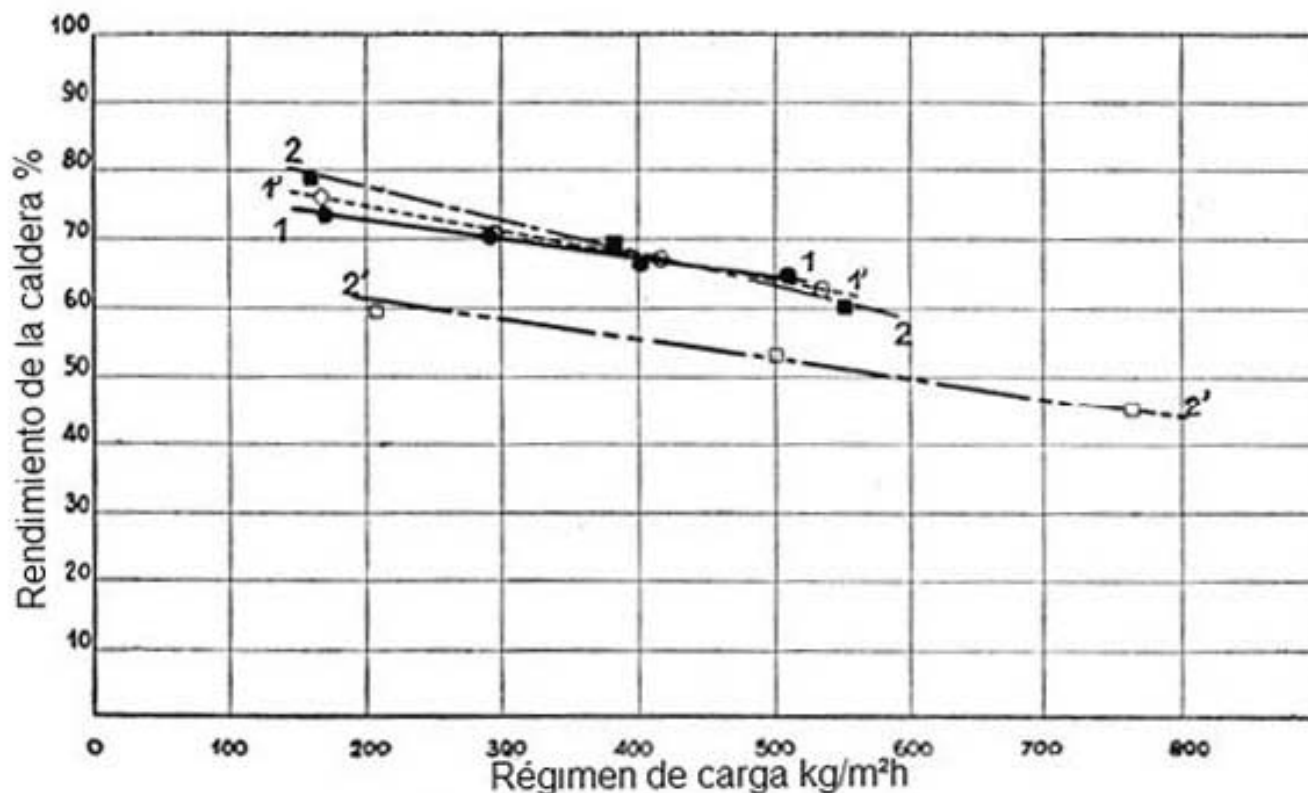


Fig. 287. — Comparación de la calefacción manual y la calefacción mecánica. Ensayos efectuados sobre la locomotora 150 P 64, de la región Norte en el banco de Vitry.

Trozos seleccionados:	"	Calefacción manual 1
	"	Calefacción mecánica 1'
Tamizado Fino:	"	Calefacción manual 2
	"	Calefacción mecánica 2'

La producción de carbones aptos para la carga manual, es decir, los que tienen un contenido de materias volátiles comprendido entre 18 y 22%, son, por otra parte, alrededor de 17 millones de toneladas, de las cuales 10,5 van a las coquerías y 2,5 se utilizan como carbón de fragua. El resto, de 4 millones de toneladas, se utiliza en la calefacción de las locomotoras. A esto, es necesario añadir los 11 millones de toneladas de combustibles mediocres, aún utilizables en forma de mezclas, cuyo contenido en materias volátiles varía de 10 al 18%. Esto pone de manifiesto que la producción nacional es suficiente para alimentar las locomotoras en la hipótesis de la calefacción a mano. Por lo que se refiere a la calefacción por stoker, esta producción sobrepasa netamente las necesidades actuales.

47. Empujadores de carbón. — Una solución menos radical que el cargador mecánico, y que sin embargo aportó una ayuda sensible en el trabajo de los foguistas, es el empujador de carbón, utilizados en los Estados Unidos, y que recibió algunas aplicaciones interesantes en Francia.

Este aparato acerca automáticamente el carbón al punto donde el foguista lo carga sobre su pala. Éste puede entonces consagrarse exclusivamente al trabajo de la calefacción y puede, sin superar el límite de sus fuerzas, garantizar las paladas necesarias, en particular en las cuestas.

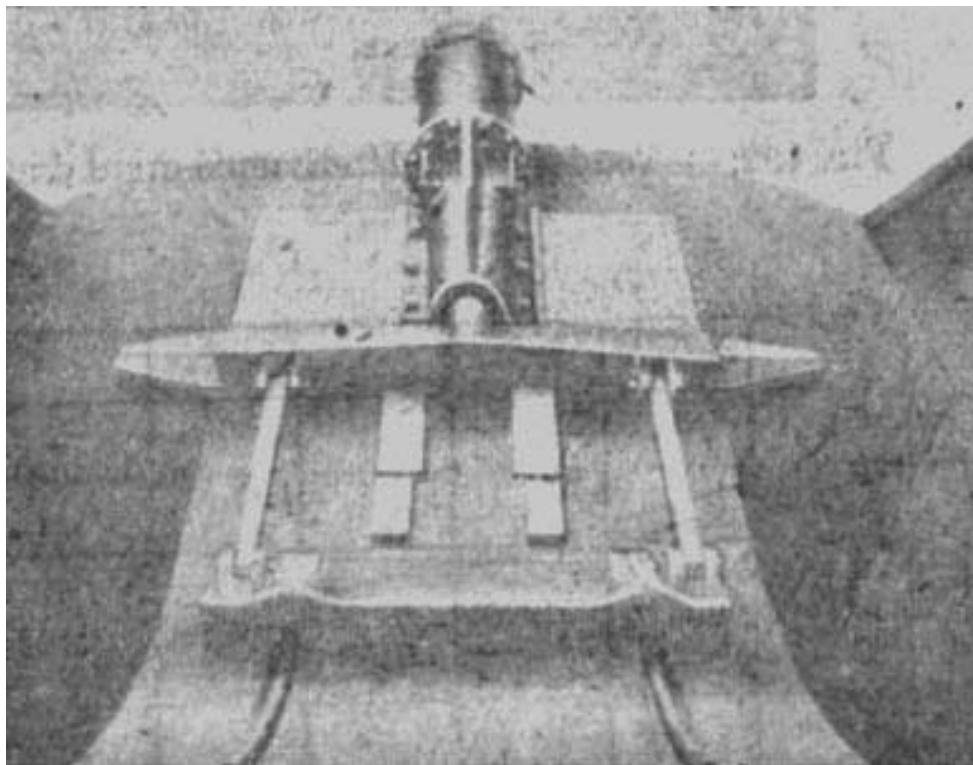


Fig. 288. — Empujador de carbón (según Cyclopédia).

La figura 288 muestra un dispositivo de este tipo instalado sobre el ténder de las locomotoras 240.700 del Suroeste que garantizaba, antes de la electrificación, el remolque de los expresos pesados entre Brive y Vierzon y Brive y Montauban. Así equipadas, estas locomotoras se comportaron correctamente durante diez años en las cuestas de 10 mm/m, con cargas de 650 a 700 t, y depresiones de 400 mm de agua en la caja de humo, correspondiendo a regímenes de carga de aproximadamente 3300 kg/hora. Se aplicaron también algunos aparatos similares a los ténderes de las locomotoras Pacific modelo P.O. transformadas de la Red del Este, garantizando la tracción de los trenes rápidos pesados en la línea de París a Belfort.

48. Carbón pulverizado. — Reducido a polvo extremadamente fino, el carbón quema en el aire con la misma facilidad que un gas combustible: desde hace tiempo se hace uso de esta propiedad en la alimentación de hogares con hulla pulverizada. Algunos aparatos, y, en particular, los hornos para cemento, conocen bien este empleo, que se generalizó para este tipo de hornos. Se hace también uso de carbón pulverizado en calderas fijas. Se hicieron algunas pruebas sobre locomotoras: sería un método de carga mecánica conveniente; pero la dificultad de realización viene de que se hace necesaria una enorme cámara de combustión para quemar bien la hulla pulverizada, de modo que el hogar de la locomotora sería demasiado pequeño para absorber las cantidades de calor necesarias, al menos con los aparatos existentes.

En algunas pruebas realizadas con este combustible, la placa tubular era bloqueada rápidamente por depósitos de escorias fundidas.

49. Combustibles líquidos. — El petróleo es un líquido natural del que se extraen, por destilación, sucesivamente; gasolinas muy inflamables, aceites de alumbrado, aceites de engrase; queda entonces un aceite pesado, grueso, que es un excelente combustible, a menudo designado por el nombre de fuel oil o mazout. Los alquitranes de las fábricas de gas pueden quemarse también como los aceites pesados de petróleo (Hoy día, 2010, la fabricación de plásticos consume la totalidad del fuel oil producido, por lo que no queda remanente para su utilización en locomotoras).

Diez kilogramos de aceite pesado son el equivalente de alrededor de quince kilogramos de buena hulla. Este excelente combustible cuesta demasiado caro en Francia para que se lo pueda emplear corrientemente. Sin embargo, en algunas partes de Rusia y los Estados Unidos, se calefaccionan muchísimas locomotoras con petróleo.

Se hicieron algunas pruebas de empleo auxiliar de aceites pesados, para forzar la producción de vapor en algunos momentos, en la línea de París a Saint-Germain y en la red del Est; pero no fueron continuados con aplicaciones permanentes. Por otra parte, por una cuestión de principios, si se carece de producción de vapor en un momento dado, no es, en general, porque no se puede cargar combustible suficiente, sino más bien porque el combustible ya cargado no se puede quemar lo bastante rápidamente porque lo que falta es solamente tiro.

La calefacción con petróleo, se ensayó en Francia en 1917 en el P.O. sobre máquinas Pacific⁽¹⁾; luego, en 1920, sobre locomotoras de maniobras del P.L.M. En los dos casos, el quemador utilizado era con pulverización por chorros de vapor, según la disposición corriente en U. S. A.

En las locomotoras-ténder del P.L.M. el quemador empleado (fig. 289) da una llama extendida horizontalmente en abanico. El combustible, penetra por el tubo inferior, llena el conducto aplanado proporcionado a la parte superior del aparato, y viene a caer a la entrada del pico, delante de los chorros de vapor que salen por agujeros de 3 mm de diámetro: el conducto de vapor está debajo del conducto de combustible. Los chorros de vapor pulverizan al combustible a la salida del pico, y producen la capa de llama.

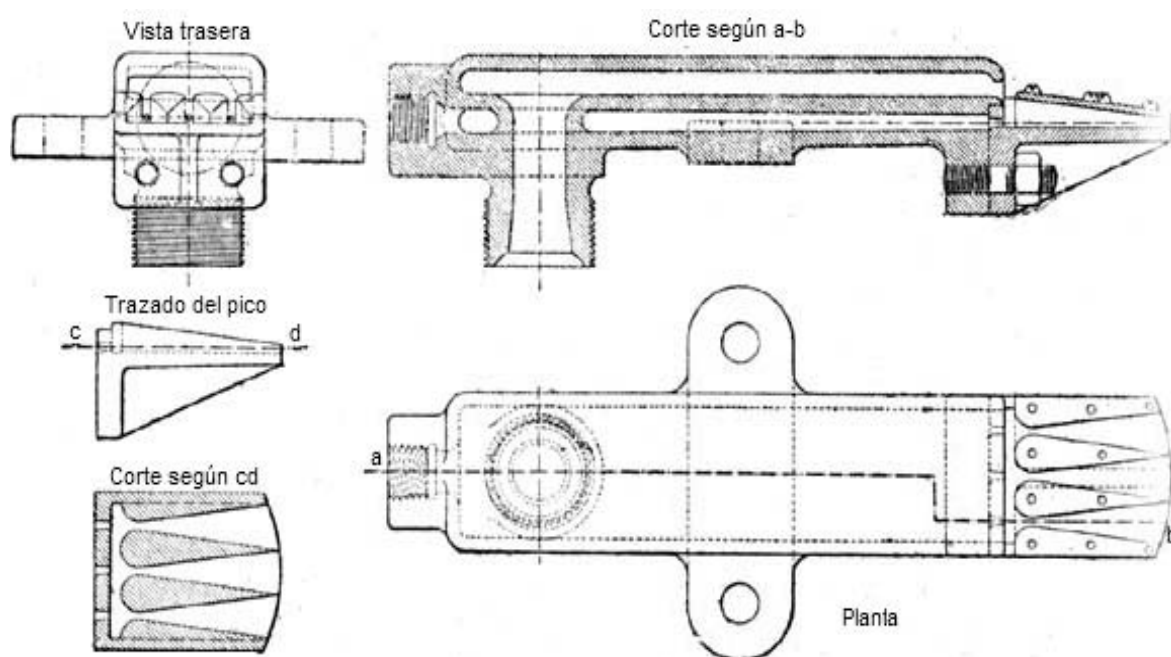


Fig. 289 – Quemador para combustible líquido.

El quemador se coloca delante del hogar (fig. 290) y proyecta la llama hacia atrás; las paredes del hogar son protegidas por un recubrimiento de ladrillos refractarios sobre toda la altura expuesta a la acción directa de la llama. Estos ladrillos, sometidos a una temperatura muy elevada, deben ser de excelente calidad. No apoyan sobre las paredes del hogar, y la separación está determinada por una guarnición de amianto en la parte inferior de los ladrillos.

El fondo del hogar, en lugar de la parrilla, se provee también de ladrillos; esta guarnición es atravesada por tubos que dejan entrar aire, añadiéndose al que penetra alrededor del quemador.

El montaje sobre un máquina-ténder (fig. 291.) incluye: un depósito de combustible, R, en el que se encuentra una serpentina, S, calentado por vapor; un tubo de llenado, N; una toma de vapor, V, para la calefacción del combustible y para la alimentación del quemador; un grifo de ajuste del combustible, A.

1. Ver Revista General de los Ferrocarriles, 1921, 1^{er} semestre, p. 9.

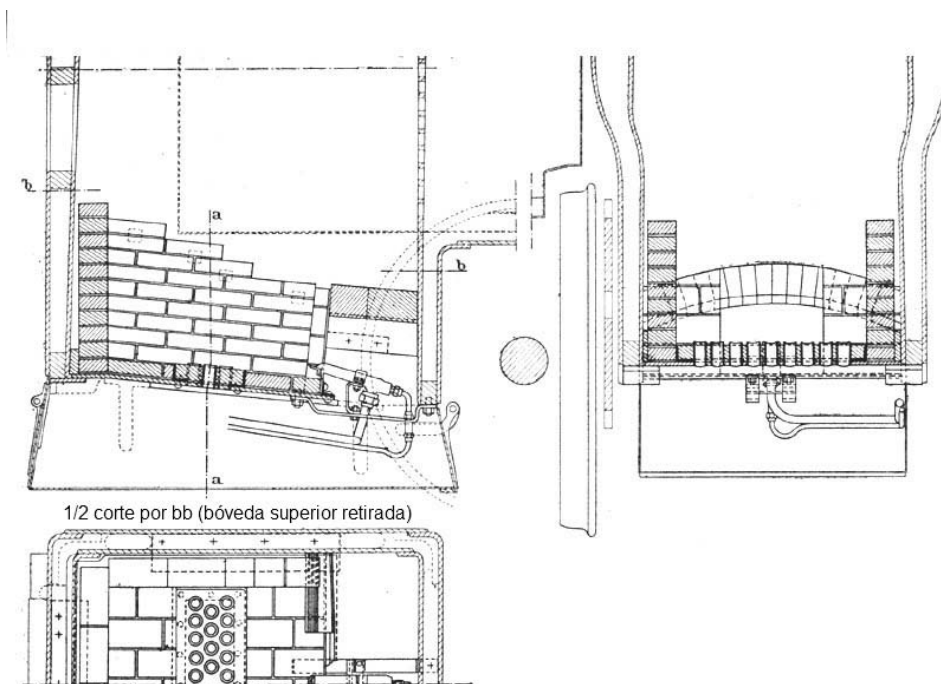


Fig. 290. — Calefacción a combustible líquido de una locomotora-ténder P.L.M.

Las primeras pruebas de estos aparatos sobre el P.L.M. pusieron de manifiesto que una tonelada de petróleo era equivalente a 1,65 t de carbón; pero con algunas calidades de petróleo, este coeficiente de equivalencia cayó a valores inferiores; descendió incluso a 1,15, siendo el precio del petróleo en esa época en 600 Fr la tonelada, y el del carbón de 190 Fr.

El enorme aumento de costo debido al empleo del petróleo hizo renunciar a su uso, a pesar de su conveniencia, y los aparatos instalados por el P.L.M. para la calefacción a combustible líquido se han desmontado.

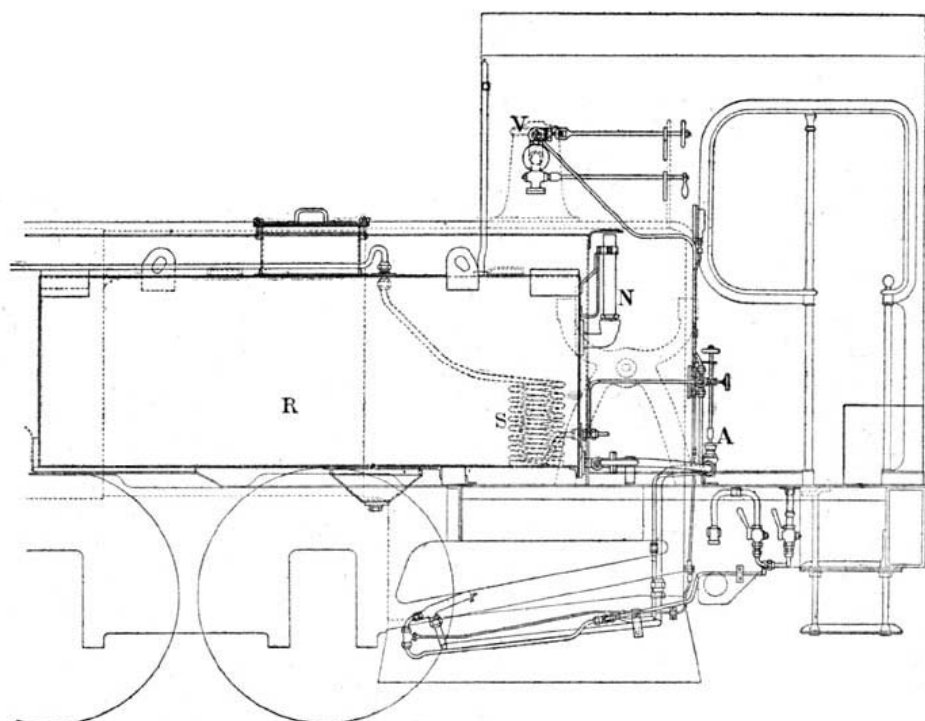


Fig. 291. — Conjunto de instalación para calefacción a combustible líquido sobre una locomotora-ténder P.L.M.

Para reducir el consumo de combustible líquido, se lo puede mezclar con hasta un 30% en peso, de hulla o coque en polvo, sin que pierda su fluidez; esta mezcla lleva el nombre de líquido coloidal.

Más recientemente, las Redes de Orleans y el Estado reanudaron el estudio de la cuestión, pero substituyendo a los quemadores anteriores por un dispositivo mucho más eficaz de pulverización mecánica sistema Pillard, que permitió aventajar aún más estas calderas y obtener la misma potencia máxima que con la calefacción a carbón. Se sabe que el fenómeno de la pulverización se produce automáticamente cuando se expulsa, a través de un orificio de sección suficientemente pequeña, un líquido cualquiera a una presión bastante elevada. No obstante, el inconveniente de tal disposición reside en su insuficiencia ante las variaciones de régimen, ya que su gasto varía con la raíz cuadrada de la presión de expulsión.

En el dispositivo Pillard, se pretendió remediar esta falta de flexibilidad, y se obtuvieron variaciones de producción de vapor de 1 a 6, cuando la presión de expulsión variaba de 1 a 3. Para alcanzar este objetivo, se superpusieron las variaciones de producción debidas a las variaciones de la presión de expulsión, a las variaciones de la sección de los orificios a través de los cuales es expulsado el petróleo.

A tal efecto, un pistón P (fig. 292) que constituye el fondo de la cámara de atomización B, se desplaza con muy poca fricción, en esta última; la presión ejercida sobre la cara E se compensa por la acción de un resorte R. Si se abre la válvula de admisión de aceite al quemador, la presión aumenta en B, desplaza el pistón P hasta que haya equilibrio con la tensión; las secciones de pasaje A del petróleo aumentan, luego este último es proyectado tangencialmente por canales C1 y C2. La correlación entre las variaciones de la presión de expulsión y las variaciones de la sección de pasaje se realizan así automáticamente.

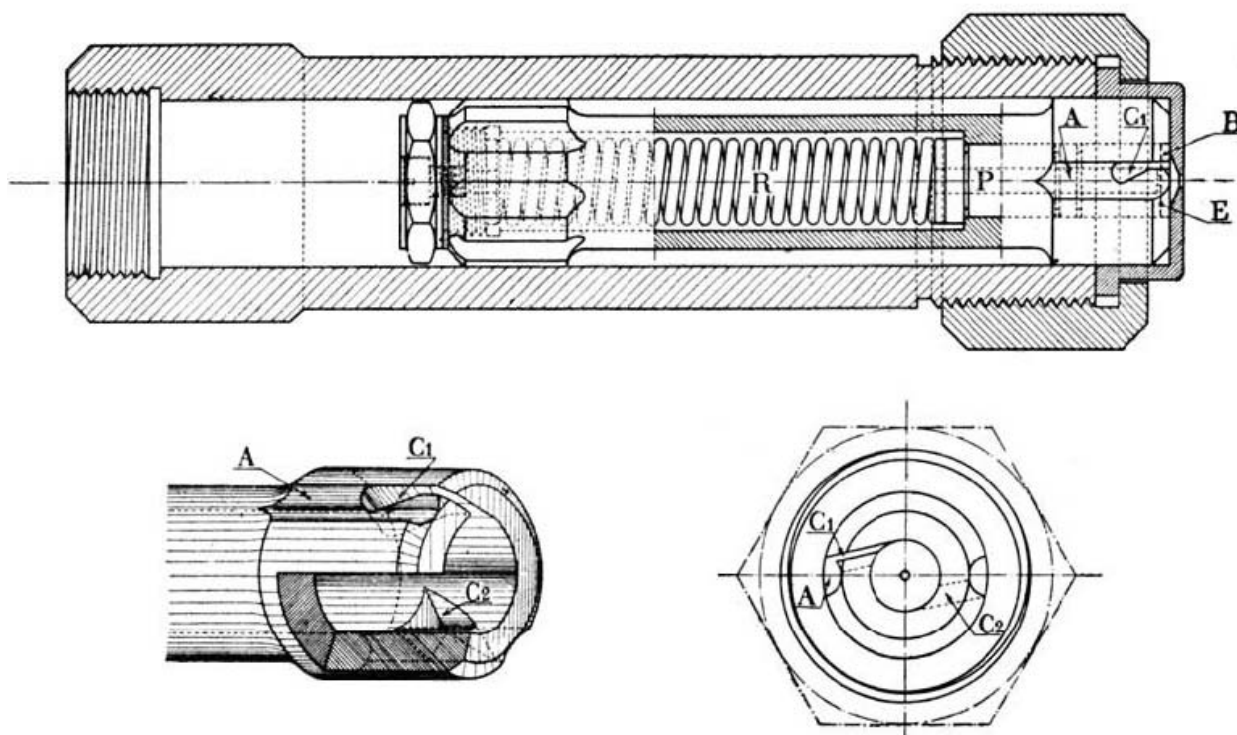


Fig. 292. — Quemador de pulverización mecánica y gasto variable, sistema Pillard.

La posición de los quemadores en el hogar puede elegirse en la parte anterior o en la posterior del hogar. Un quemador colocado en la parte anterior del hogar genera una llama que se propaga naturalmente por debajo de la bóveda hacia la parte posterior del hogar, y luego sobre la bóveda hasta la placa tubular.

Cuando los quemadores se colocan en la parte trasera, se pretende obtener una llama que se propague hacia el frente del hogar, paralelamente a la placa a prueba de calor que sustituye a la parrilla, para luego retornar bajo la bóveda, para dirigirse, por fin, hacia la placa tubular. Pero este desarrollo en S de la llama no es natural. El aire que llega alrededor del quemador debe, en efecto, animarse de una velocidad inicial suficiente para que el primer tramo de la llama en el hogar se dirija bien hacia el frente.

Capítulo II - Caldera

Es necesario, pues, impulsar el aire con una velocidad relativamente grande, lo que fuerza a reducir las secciones de paso alrededor de los quemadores y conduce a un notable aumento del trabajo absorbido para la creación del tiro.

Se podría, pues, pensar que la posición de los quemadores al frente sería preferible. Pero de ensayos hechos en el P.O. para aclarar esta cuestión, se desprendió que esta solución no aporta ningún beneficio; la velocidad que debe alcanzar el aire alrededor del quemador para realizar los fenómenos de turbulencia que exige una combustión completa, es del mismo orden que la necesaria en el caso del quemador colocado en la parte trasera para lanzar la llama hacia el frente.

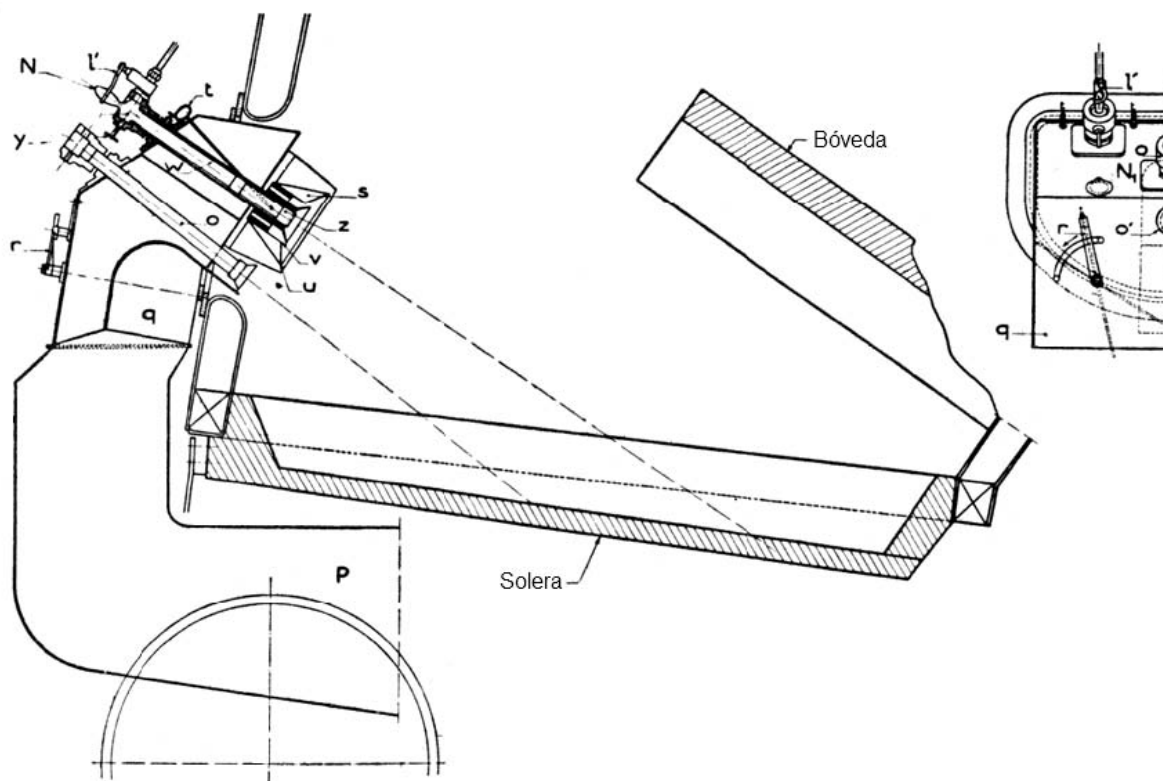


Fig. 293. — Aplicación de calefacción a petróleo, con quemador Pillard, sobre una locomotora Mikado, serie 5811-5960 del P.O.

Por último, con relación a una locomotora alimentada con carbón, es necesaria exactamente la misma reducción de sección de escape que con la calefacción a petróleo, ya sea que el quemador se coloque delante o detrás en el hogar (de 0,80 a 0,85).

Desde el punto de vista de la comodidad del mantenimiento, la posición en la parte trasera es obviamente preferible y es esta última la que hay que adoptar. La figura 293 muestra la disposición así utilizada sobre una locomotora Mikado seria 5811 a 5960 del P.O.

El rendimiento térmico obtenido con la calefacción a petróleo es superior, en particular con regímenes fuertes, al obtenido con la calefacción a carbón; esto se debe, en particular, a la supresión de pérdidas por residuos sin quemar en forma sólida (carbonillas). Se obtienen así, con regímenes escasos, rendimientos del orden de un 85%, que alcanzan hasta un 78% a plena potencia.

En la conducción de una locomotora provista de calefacción a petróleo, se debe esforzar en lograr una combustión fumívora completa; una mala combustión fumívora implicando rápidamente depósitos de negro de humo sobre los tubos, seguido de una baja en el recalentamiento. Se recomienda así limpiar de vez en cuando, lanzando en el hogar, sobre la bóveda, por la mirilla dispuesta a tal efecto, pequeñas paladas de arena que son aspiradas por el tiro. Las indicaciones del pirómetro permiten de controlar los resultados obtenidos.

A solicitud de las Autoridades Públicas, el S.N.C.F. ha hecho proveer de calefacción a petróleo 620 de sus 1.940 locomotoras 141 a simple expansión (141 H) recientemente construidas en los Estados Unidos y el Canadá.

La disposición adoptada, clásica en América, es similar a la de las figuras 289, 290 y 291, pero los tres orificios del quemador por dónde se escapa el vapor son sustituidos por una ranura de 0,8 mm de ancho y la bandeja sobre el cual cae el petróleo se provee de simples ondulaciones transversales.

50. Deshollinado de los tubos. — Se conoce el molesto efecto del menor depósito de hollín en los tubos, depósito que retrasa la transmisión del calor. No menos nocivas son las obstrucciones por las carbonillas, y los depósitos a la entrada de los tubos. El deshollinado al final de la jornada, al entrar al depósito, no es suficiente. Limpios a la salida, los tubos estarán sucios mucho antes del final del trayecto. Por eso la limpieza en marcha es útil; tiene por otro lado la ventaja de substituir a un trabajo manual poco agradable por una operación mecánica.

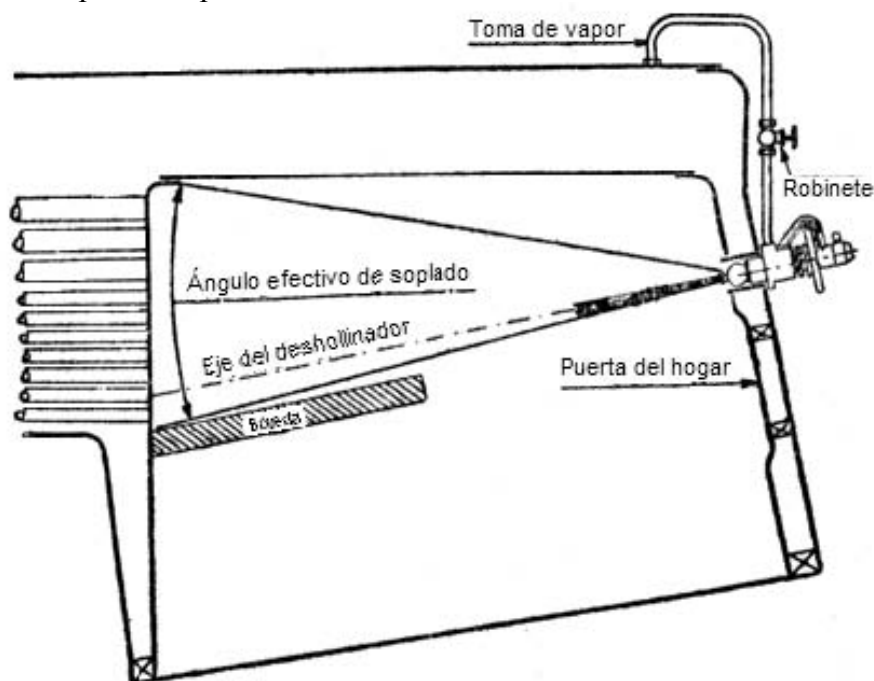


Fig. 294. — Deshollinador Dalmar.

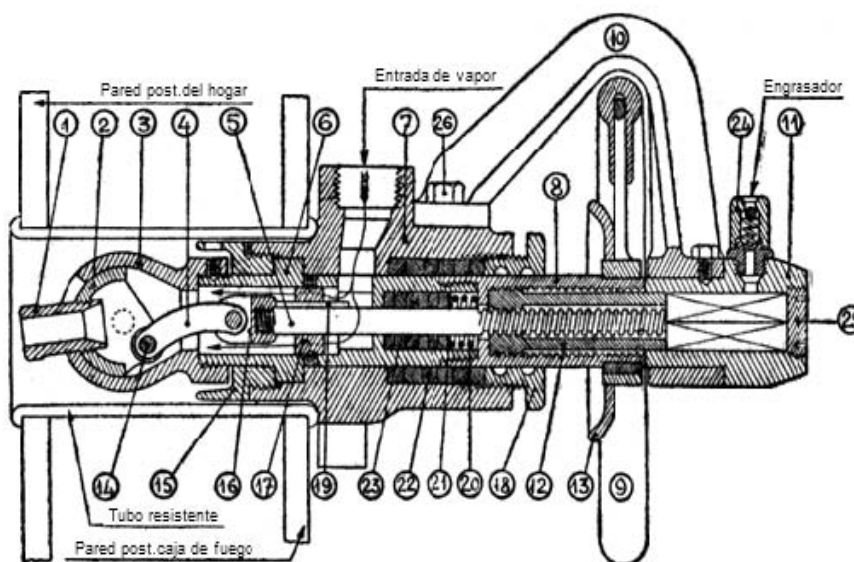


Fig. 295 – Deshollinador Dalmar – Vista en corte

- | | | |
|------------------------|---------------------------|--|
| 1 Boquilla de soplado. | 10 Ménsula. | 19 Llave. |
| 2 Rótula. | 11 Cubierta-guía. | 20 Resorte prensaestopas. |
| 3 Caja de rótula. | 12 Tornillo de retención. | 21 Arandela prensaestopas. |
| 4 Bieleta. | 13 Pantalla. | 22 Guarnición exterior. |
| 5 Vástago de comando. | 14 Eje de bieleta. | 23 Guarnición interior. |
| 6 Tubo central. | 15 Tuerca soporte. | 24 Engrasador. |
| 7 Caja de vapor. | 16 Cubierta. | 25 Tapón. |
| 8 Cubierta roscada. | 17 Guía de vástago. | 26 Tornillo de fijación de la ménsula. |
| 9 Volante de maniobra. | 18 Tuerca prensaestopas. | |

Capítulo II - Caldera

A título de ejemplo, el aparato Dalmar, fijado en la cara posterior de la caja a fuego, envía un chorro de vapor sobre la placa tubular (fig. 294), a través del hogar. Este chorro impacta la placa según una espiral, desde el centro hasta los bordes, luego, volviendo de nuevo al centro, alcanza por segunda vez todos los tubos.

El corte longitudinal (fig. 295) muestra en detalle la parte que lanza el chorro de vapor: el conducto (llamada boquilla de soplado (1) sobre la figura) se fija en una rótula (2), que se mueve en una caja envolvente; al mismo tiempo, este conducto se inclina progresivamente sobre el eje de rotación, por la acción de un balancín, que se acciona por medio de un vástago central.

La parte fija del aparato recibe la entrada de vapor; la parte giratoria incluye un manguito que lleva la rótula, y un volante de maniobra, así como el vástago central. El desplazamiento longitudinal de este vástago es dado por una parte intermedia, atornillada por una parte en el manguito y por otra parte sobre el vástago, los dos atornillados con diferentes pasos: el desplazamiento longitudinal por vuelta es igual a diferencia de estos pasos.

Como se ve en la figura 294 la parte inferior del espiral descrito por el chorro de vapor debe suprimirse: la figura 296 muestra cómo el chorro se interrumpe en el momento conveniente.

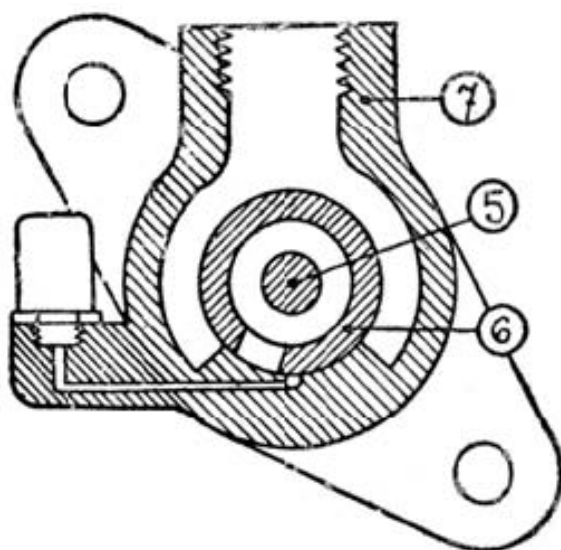


Fig. 296. — Corte transversal del deshollinador Dalmar por la entrada de vapor, mostrando la parte ciega que sella la salida durante una parte de la rotación.

Algunos detalles de montaje se adaptan a las distintas disposiciones de los hogares.

La maniobra requiere una quincena de vueltas del volante en un sentido, y otras tantas en sentido opuesto; debe durar entre medio y dos minutos. Repetida cada hora, mantiene los tubos adecuadamente; el escaso gasto de vapor que exige es compensado de sobra con la mejor utilización de los gases calientes de la combustión.

Sobre las locomotoras que se proveen con deshollinadores, el personal deberá servirse regularmente del deshollinador, so pena de ver su maniobra convertida en dolorosa y su efecto rápidamente ineficaz sobre un tubo bloqueado.

La Compañía General instaló, en mayo de 1924, sobre las locomotoras de la serie 200 (201268) deshollinadores similares sistema Parry. Por lo que recuerdo, no los he visto, y tampoco he recibido comentarios de viejos maquinistas, por lo que no puedo precisar si se usaron en la totalidad de la serie, ni durante cuánto tiempo. Es probable que se hayan dejado de utilizar a medida que se convirtieron en petroleras. En la figura 297 se muestra la instalación típica de este deshollinador.

También existe el método empírico de, en los momentos donde el tiro es mayor, por ejemplo en los arranques, arrojar arena por la mirilla de la puerta del hogar, y la circulación de esta arena a gran velocidad por los tubos, arrastra el hollín que pudiera haberse depositado.

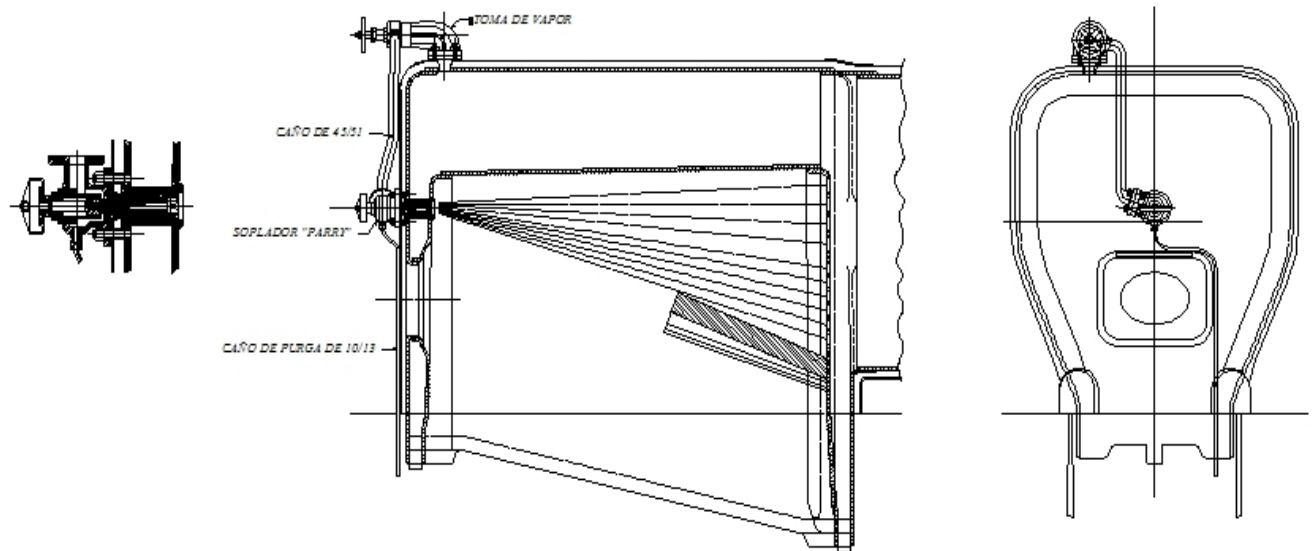


Fig. 297 – Instalación típica del deshollinador Parry sobre una locomotora serie 200 de la C.G.B.A.