

EL INYECTADOR GIFFARD.

Lámina 138.

Es probable que la mayoría de nuestros lectores conozca ya este aparato, inventado, no ha mucho, por Mr. Giffard con el principal objeto de hacer mas fácil y económica la alimentación de las calderas de vapor. Esto no obstante, como el inyector es un mecanismo, aunque esencialmente teórico, de efectos tan curiosos que casi pueden llamarse paradójicos, y que por lo mismo ocupa la atención de los ingenieros é industriales, nos ha parecido oportuno consagrarle algunas líneas en la REVISTA, despues de que las numerosas aplicaciones hechas han sido coronadas de un felicísimo éxito.

A este fin, consultado lo poco que sobre su descripción y teoría sepamos que ha visto la luz pública (1), hemos arreglado el presente artículo fruto de las ideas adquiridas en el estudio del aparato y por nuestras propias observaciones en los casos que le hemos visto empleado.

Descripción. — Lámina.

Le es un tubo por el que sale el vapor de la caldera, cuya salida puede variarse hasta anularla completamente por medio de la llave ó grifo R. El vapor se introduce por medio de varias aberturas en el interior de un cilindro *c* que termina por una parte cónica, en cuya estremidad hay un pequeño orificio circular. Una barra maciza cilíndrica *t* que forma

(1) *Le Bulletin de la Société d'encouragement* en su número del mes de junio de 1859 contiene un artículo de Mr. Combes, que es el trabajo mas extenso sobre este asunto de que tenemos noticia.

Sabemos que nuestro amigo y colega el Ingeniero de puentes y calzadas de Francia Mr. Carvalho se ocupa en dar una teoría del inyector, que tan luego como nos sea conocida comunicaremos á los suscritores de la REVISTA.

el alma del cilindro, ocupando su eje, se halla terminada por una punta cónica que por un movimiento de traslación en el sentido de su longitud puede ocupar distintas posiciones dentro del tubo que la rodea con objeto de hacer variar gradualmente el espacio anular por donde sale el vapor. El movimiento de traslación de la barra *t* se obtiene por el de rotación de una rosca, terrajada en su parte cilíndrica, dentro de una tuerca practicada en el mango del cilindro *c*, cuyo movimiento de rotación se imprime con la mano en la pequeña manivela *m*. El vapor á la salida del cilindro *c* pasa al interior de un pequeño cono *d* mas ancho que el que termina el cilindro *c* al que envuelve esteriormente hácia su estremidad, dejando entre las dos un espacio anular libre. El segundo cono está precedido de una capacidad *E* á la que se halla adoptado un tubo *T*, cuya estremidad se sumerge en el depósito de que se ha de tomar el agua fría para la inyección. Por medio de la manivela *n* que pone en movimiento la rosca *V* se hace variar la posición de la embocadura cónica que termina el cilindro *c*, en el cono mas ancho *d*. La figura 2 pone de manifiesto como haciendo girar la rosca hace esta mover longitudinalmente su tuerca, invariablemente unida á la envolvente exterior del aparato en que está practicada, y al cono *d*, imprimiéndolo por consiguiente un movimiento lento de traslación al cilindro *c* en el sentido de su eje y á todas las piezas unidas á él. Cuando el vapor sale por el orificio que termina la embocadura del cilindro arrastra el aire contenido en el cono *d* y en la capacidad *E*, á la que llega en seguida el agua por el tubo *T*. Esta agua se mezcla al vapor que condensa, y un chorro del líquido sale por el orificio *d* con una velocidad que depende de la que animaba al vapor á su salida del cilindro *c* y de la cantidad de agua arrastrada. Exactamente en el eje del orificio por que surge el agua, á una distancia máxima de un centímetro se halla el orificio de otro cono mas alargado *I*, cuyo eje está sobre la prolongación del eje común del cono *d* y del cilindro *c*; pero que se ensancha en sentido contrario. La

vena líquida al salir del cono *d* penetra así directamente en el interior del cono *I*. Este se halla en comunicacion con el interior de la caldera (en la parte ocupada por el agua) por un tubo *L'*; una válvula *S* que está cerrada por el exceso de la presión interior sobre la de la atmósfera, siempre que el inyector no trabaja, establece una comunicacion intermitente. Cuando se le pone en actividad y está bien arreglado, el chorro ocupa enteramente el cono *I* y todo el líquido entra en la caldera forzando el paso de la válvula *S*. La capacidad *E'* que existe al rededor de los dos conos opuestos entre sí, *d* é *I*, comunica libremente con la atmósfera por aberturas circulares *o, o*, que dejan ver como pasa el agua del cono *d* al cono *I*, pudiendo cerciorarse así de la marcha del inyector. La vena líquida siempre se presenta turbia y opaca, ya por que el vapor no esté enteramente condensado, ya por que con el agua se arrastre un poco de aire. El tubo *T'* sirve para vaciar el agua fría, que antes de llegar á arreglar el aparato puede aspirarse en demasiada cantidad, ó el agua que proviene del vapor condensado en los primeros momentos al poner en marcha dicho aparato; está en comunicacion con la atmósfera y devuelve estas aguas perdidas al depósito de agua fría.

Uso.

Suponiendo que la seccion anular que deja paso al agua está arreglada de antemano para una presión manométrica próximamente igual á la de la caldera y que la barra *t* llegue hasta el fondo del cono sirviendo de válvula, es menester para poner en actividad el inyector: 1.º abrir la llave ó grifo *R* del tubo *L*: 2.º dar una media vuelta poco mas ó menos á la manivela *m* para dejar salir una pequeña cantidad de vapor: este vapor en su paso rápido arrastra el aire y hace el vacío en el tubo de aspiracion, y de esta manera llega el agua por el espacio anular que le está reservado: 3.º tan luego como aparezca el agua, dar muchas vueltas á la manivela *m* para retirar la

estremitad cónica y dejar al paso del vapor su seccion entera. Entonces el agua que salía por el tubo de aliviadero *T'* entra en la caldera, lo que se reconoce por un silbido particular. Por medio de la manivela *n* se arregla el paso del agua para que no se vierta mas por el tubo aliviadero.

Observaciones. Todos los inyectores salen experimentados de la fábrica, como es natural, y comprobada su marcha regular; sin embargo, algunas observaciones prácticas pueden ser muy útiles.

Si la vena fluida, al pasar al aire libre, deja ver un ruido de *chisporroteo*, proviene esto de la presencia del aire que viene mezclado con el agua por un tubo de aspiracion, cuyas juntas son imperfectas. Es importante evitar ó corregir este defecto.

Si la vena fluida se *desparra* ó *escupe* al rededor del orificio de salida en vez de entrar limpia y unida, puede provenir esto: 1.º de que la llave de vapor no esté bastante abierta: 2.º de que la barra *t* no esté bastante retirada, ó bien, y este es el caso mas frecuente, de que bajando la presión en la caldera llega á ser relativamente mas grande la cantidad de agua aspirada, lo que se remedia apretando el tornillo del regulador *u*.

Puede tambien presentarse el fenómeno contrario. Si la presión del vapor sube durante la marcha del aparato, sin que se tenga cuidado de arreglar en consecuencia la llegada del agua, puede ser insuficiente la que se aspire para condensar el vapor; entonces la temperatura del agua inyectada se eleva, se ve desprenderse un poco de vapor del paso del agua al aire libre, y aun á veces el vapor ocupa la parte superior y cesa la inyeccion. Entonces es menester cerrar el grifo y aflojar el tornillo del regulador *n*. En seguida puede ponerse de nuevo en marcha el inyector por el orden arriba indicado.

Si durante algun tiempo ha marchado bien el aparato y llega á descomponerse, es menester desmontarlo, visitar los tubos y las llaves para ver si se han introducido algunos cuerpos estraños ó si se han formado depósitos

calizos, asegurarse de que no hay interiormente fugas de vapor y de que el orificio cónico no se ha desatornillado ó alterado por un exceso de presión de la aguja *t* que sirve para poner el inyector en marcha.

Ventajas condiciones propias de este mecanismo.

Hecha la descripción del inyector y explicada su manera de trabajar, haremos algunas consideraciones acerca de las ventajas que con él se obtienen.

Siendo el aparato independiente de la máquina, es simplemente un accesorio de la caldera que se pone en marcha con solo abrir una llave.

Compuesto de piezas sin movimiento, no está sujeto al desgaste que este produce; no se deteriora en el servicio, como la *bomba de alimentación*, y no es caprichoso como ésta; no es complicado como la *máquina de vapor auxiliar* para la introducción del agua en la caldera, que además posee todos los inconvenientes de la bomba de alimentación; es más sencillo y menos voluminoso que la *vuelta de agua* y de un precio más bajo que todos estos aparatos.

Su posición horizontal ó vertical es indiferente. La alimentación por medio del inyector se verifica á todas las presiones desde $\frac{1}{2}$ de atmósfera. Basta arreglar la llegada del agua á la presión existente del vapor en la caldera.

El uso del inyector economiza la fuerza que ordinariamente absorbe la bomba de alimentación que se gradúa en 3 ó 4 por ciento del trabajo empleado.

La temperatura del agua al pasar por el inyector crece en razón directa de la tensión del vapor. Este aumento de temperatura varía de 12 á 50 grados según las presiones á las que se hace la alimentación; corresponde á las calorías que contiene el vapor que produce el trabajo de la inyección y que reaparecen casi totalmente en el agua inyectada, de modo que la alimentación no cuesta sensiblemente nada en calor ni por consiguiente en fuerza.

La temperatura del agua destinada á la alimentación tiene una verdadera importancia, como más adelante veremos; debe ser menor de 60 grados para dos atmósferas; inferior á 50 grados para 5 atmósferas y menos de 40 grados para 8 atmósferas.

Los resultados de la experiencia prueban que se puede utilizar el agua que ha servido para la condensación. Además, es posible recalentar el agua inyectada, haciendo pasar el tubo que conduce el agua del inyector á la caldera á través del vapor que sale por la chimenea ó de los tubos de humo.

Estando ordinariamente fijada en los inyectores la potencia de la vena inyectada en $\frac{1}{10}$ solamente sobre la resistencia que tiene que vencer al entrar en la caldera, es indispensable evitar toda pérdida accidental en la fuerza elástica del vapor y toda resistencia inútil en el tubo de impulsión del agua inyectada. Los tubos de toma de vapor y de impulsión deberán, pues, tener diámetros grandes y sus codos bien redondeados. Deberá tomarse el vapor con preferencia del generador mismo, para evitar las depresiones que casi siempre tienen lugar en los tubos que conducen el vapor á los cilindros de las máquinas.

El inyector aspira como una bomba de émbolo; sin embargo, se deben evitar las aspiraciones demasiado profundas porque se aumenta el trabajo que ha de desarrollar el aparato. Se puede recibir el agua con una presión extraña que provenga de hallarse el líquido en un depósito superior; en tal caso la carga se añade á la potencia del inyector, pero no es tan cómodo poner este en marcha.

El inyector es una máquina para elevar el agua de la mayor sencillez. Es á la vez máquina de vapor motriz y bomba, bajo el más pequeño volumen y el menor peso que puede desearse. Sin embargo, llamamos la atención sobre lo que al fin de este escrito decimos del inyector empleado como máquina para elevar agua.

Cuando la altura á que se debe elevar el agua es próximamente constante, se puede despojar al inyector de todos sus órganos re-

guladores, convirtiéndolo en un simple tubo que aspira el agua por medio de un chorro de vapor, para verterla á una altura determinada. Un aparato construido sobre este principio, pudiendo elevar á 6 metros 6000 litros de agua por minuto, pesa 150 kilogramos y empieza á trabajar instantáneamente por solo la abertura de una llave. Así son los dos aparatos colocados en el yacht imperial l'Aigle, para achicar la bodega segun se necesite, elevando el agua que pudiera introducirse por los agujeros que produjeran varias balas.

Con un inyector y una caldera timbrada á 8 atmósferas se podría elevar el agua á 80 metros. La sencillez de este mecanismo debe generalizar su aplicacion, no obstante el considerable escaso de gasto de vapor cuando este no se utiliza en aumentar la temperatura del agua. En muchos casos, el gasto de combustible es insignificante en comparacion de los gastos de adquisicion y de instalacion de la máquina de vapor y bombas, que á veces solo sirven durante un tiempo muy corto. Si el efecto útil del inyector, empleado como bomba, es mínimo en general, hay un caso en que este efecto útil llega á ser superior al de todas las máquinas conocidas; es aquel en que se trate de subir el *agua caliente*, como en las casas de baños y otras industrias. Entonces la elevacion del agua no cuesta nada, puesto que todas las calorías empleadas se utilizan en la calefaccion del agua.

Deduciremos de estas consideraciones prácticas sobre las propiedades del inyector, que sus principales aplicaciones son:

A los *generadores fijos* que sirven para hacer mover máquinas de vapor ó se emplean como caloríferos para cualquier uso que sea;

A las *locomotoras*, y á las *locomóviles* en las que podrán suprimirse las bombas y sus movimientos tan embarazosos y de conservacion tan costosa, pudiendo alimentarse quietos y á voluntad en cualquier sitio;

A los *buques de vapor*, que podrán alimentarse parados y mas fácilmente que por los medios hasta ahora en uso, puesto que el inyector obra bajo la mas débil presion manométrica.

A los *agotamientos* en los casos especiales antes indicados, y á *eleva el agua* en los baños y otras industrias que necesitan agua caliente; comprendiendo los depósitos de las estaciones de ferro-carriles, para evitar las heladas durante el invierno.

Todas estas aplicaciones se han hecho, siendo coronadas del mas feliz éxito.

Añadiremos que hemos visto trabajar el inyector en algunas locomotoras del ferro-carril de Alicante con el mejor resultado; que en los ferro-carriles portugueses se aprovecha el vapor de las máquinas, cuando terminan el servicio, para llenar los depósitos de agua por medio de un simple tubo que la sube desde el pozo; y que sabemos de algunas empresas que en España se han apresurado á estipular en las condiciones para el suministro de sus locomotoras, que han de venir provistas de un inyector Giffard.

Teoria.

Una vez conocido el aparato y comprendida su manera de funcionar, se vé claramente que está fundado en aprovechar la diferencia entre la velocidad con que sale el vapor de la caldera y aquella con que saldría el agua bajo la presion del vapor; y se deduce desde luego que parâ que cumpla con su objeto se necesitan dos condiciones: 1.^a Que la masa de agua aspirada sea suficiente para operar la completa liquefaccion del vapor: 2.^a Que la fuerza viva del chorro de agua del inyector sea inferior á la fuerza viva con que tiende á salir de la caldera, por el orificio que da paso al chorro, el agua contenida en ella bajo la presion interior que existe en la misma.

Es pues, evidente que si llamamos M la masa de agua aspirada, m la masa de vapor que sale por el orificio en la unidad de tiempo, t la temperatura del agua que se va á aspirar y T la temperatura sensible mas la latente del vapor, ambas en grados del termómetro centígrado, siempre se ha de verificar la desigualdad.

$$M t + m T < (M + m) \times 100.$$

La masa de agua que se inyecta depende de la del vapor que sale y de la temperatura de cada una de ellas. Al condensarse el vapor, y verificarse la aspiracion se forma el chorro de agua, cuya masa es $M+m$, que tendrá una temperatura que llamaremos T' , debiendo verificarse la igualdad

$$(a)..... M t + m T = (M + m) T',$$

siendo 400 el limite superior de los valores de T' para que se forme un chorro completamente liquido.

Esta ecuacion establece la relacion entre las masas de vapor y de agua, siendo conocidas las temperaturas, y sirve para determinar la temperatura del chorro cuando de antemano se fija la relacion entre las masas de vapor y de agua y sus respectivas temperaturas. Ahora pues, se comprenderá fácilmente lo que se ha dicho anteriormente al indicar el limite superior de las temperaturas que debe tener el agua que se aspira.

Esta misma ecuacion, suponiendo en ella $T' = 100$ grados, dará el mínimo de peso de agua que es necesario aspirar con relacion al peso del vapor para que la condensacion tenga lugar por completo, sin cuyo requisito no es posible la inyeccion.

Ocupándonos de la segunda condicion, determinemos la velocidad del chorro, despues de la condensacion, que llamaremos u , y v la velocidad de la salida del vapor. Tendremos

$$(b)..... (M + m) u = m v, \text{ de donde}$$

$$u = v \times \frac{m}{M + m}$$

Para establecer esta fórmula admitimos el hecho de que el vapor antes de pasar á la atmósfera encuentra al agua, que opera bruscamente su condensacion y forma con ella un chorro enteramente liquido. Admitimos tambien, por que realmente es así, que la velocidad del agua que viene á condensar el vapor es despreciable con respecto á la velocidad de este. Por último, suponemos, por que en

la aplicacion práctica no hay error sensible, ni apreciable, que las reacciones interiores que determinan la condensacion no modifican la cantidad de movimiento.

Fáltanos, pues, para conocer la velocidad u del chorro, averiguar la velocidad v del vapor.

Dos suposiciones pueden admitirse para determinarla y que fijan seguramente los limites entre que puede estar comprendida. Es una, suponer que el vapor sale de la caldera por el orificio, conservando su densidad y su presion como lo haria un liquido. Es otra, admitir que, á consecuencia de la forma del vaso, del orificio, del tubo que conduce el vapor ó de cualesquiera otras circunstancias, el vapor se dilata antes del orificio atravesándolo bajo la densidad correspondiente á la presion atmosférica y conservando su temperatura durante la dilatacion que se verifica en el interior del vaso.

En el primer caso, siendo
 P la presion del vapor por unidad de superficie
 p la de la atmósfera id. id.
 q el peso específico del vapor, y
 g la gravedad,
 la velocidad del vapor estará dada por la fórmula muy conocida

$$(c)..... v = \sqrt{2g \frac{P-p}{q}}$$

En el segundo caso, siendo
 q el peso específico del vapor bajo la presion atmosférica y conservando las mismas denominaciones, la velocidad se determinará por la fórmula

$$(d)..... v = \sqrt{2g \frac{p}{q} \log. \text{hip} \frac{P}{p}} (*)$$

(*) Véase NAVIER. *aplicacion de la mecánica á las construcciones*, edicion de Bruselas, 1839, título XVII, pág. 419.

Su fórmula

$$U = \sqrt{2k \log. \frac{P}{P'}}$$

De modo que segun sea la suposicion que se admita, la velocidad estará determinada por una de las fórmulas (c) ó (d).

En consecuencia

$$(c) u = \frac{m}{M+m} \sqrt{2g \frac{P-p}{q}} \text{ en un caso y}$$

$$(f) u = \frac{m}{M+m} \sqrt{2g \frac{p}{q} \log. \text{ hip. } \frac{P}{p}} \text{ en}$$

el otro.

Tenemos, pues, u en funcion de cantidades conocidas, por que P, p, q y g lo son, mientras que m puede deducirse de estos mismos datos y M de la ecuacion (a) dadas las temperaturas t, T , y T' .

Podemos, por consiguiente formular la segunda condicion enunciada, y en lugar de establecer la desigualdad entre las cantidades de movimiento, lo haremos solo entre sus respectivas velocidades, puesto que la masa

Es menester pues, que

$$\sqrt{2g(n-1) 10^m, 550} < \frac{m}{M+m} \sqrt{2g \frac{P-p}{q}}$$

en un caso, y en el otro, que

$$\sqrt{2g(n-1) 10^m, 550} < \frac{m}{M+m} \sqrt{2g \frac{p}{q} \log. \text{ hip. } \frac{P}{p}}$$

Si que sea nuestro ánimo ocuparnos de la ley que sigue la velocidad del vapor entre los dos límites comprendidos en los valores arriba asignados nos basta indicar, y así se comprende á poco que se medite, que la velocidad será menor mientras mayor sea su densidad á la salida, y por consiguiente que el valor de v será siempre menor en el primer caso que en el segundo. Y como las circunstancias bajo que se verifica la salida del vapor, sin ser enteramente las de la primera suposicion, se aproximan mas á estas que á las de la segunda, quedando sin embargo comprendido su valor entre

es la misma que estampamos arriba, pues que

U es v

$$k = \frac{p}{P} \text{ y siendo}$$

$$f = \frac{q}{g}, \text{ se deduce}$$

de agua que podria entrar en la caldera es á lo mas la misma que tenderia á salir de ella por el orificio de entrada.

Llamando u á la velocidad con que saldria de la caldera un chorro de agua bajo la presion interior, ha de verificarse para que el inyector trabaje que

$$u' < u.$$

Si llamamos n el número de atmosferas que representa la presion del vapor contenido en la caldera, es claro que

$$u' = \sqrt{2g(n-1) 10^m, 550}$$

siendo $10^m, 550$ la altura de una columna de agua que equilibra la presion de una atmósfera. Prescindimos de la pequeña diferencia que introduce en la densidad del agua lo que su temperatura se eleva, y por eso contamos como un kilógramo el peso de un litro de este líquido.

los que dan las dos fórmulas, deduciremos que nos debemos atener en la práctica á la desigualdad establecida para el primer caso.

De modo que cuando sean iguales los dos términos de las desigualdades anteriores ó cuando

$$u = \sqrt{2g(n-1) 10^m, 550}$$

el chorro del inyector tendrá la velocidad minima con la que podrá verificarse su entrada en la caldera. Y una vez conocida á priori, como puede serlo esta velocidad, se deduce inmediatamente el peso máximo del chorro con relacion al del vapor por la ecuacion (b).

$$k = \frac{p g}{q}$$

$$P' = p$$

Los logaritmos son hiperbólicos, como expresa el mismo Navier en una nota.

Determinada de este modo la velocidad mínima que puede tener el chorro, y conocido por la ecuación (a) el peso mínimo de agua para que aquel se forme, es claro que el producto de estas dos cantidades será la mínima fuerza viva con que la inyección podrá tener lugar. Mínimo que se debe determinar en cada caso para utilizar lo mas posible el trabajo motor del vapor á su salida para el inyector.

Establecidas las fórmulas que espresan las bases enunciadas como necesarias para que el aparato trabaje, vemos que nada hay mas sencillo que arreglar las dimensiones del inyector por las ecuaciones (a) (b) (c) y (e) para una caldera determinada, conocidas las condiciones ordinarias de su servicio. No nos ocuparemos en la resolución de problemas como este, que aquí no son de interés, pues nos llevaria demasiado lejos. Nos limitaremos simplemente á hacer aplicación á un caso particular de las fórmulas que dejamos escritas.

Supongamos un generador en que el vapor está á 5 atmósferas de presión saturando el espacio. Su temperatura será de 152 grados, la presión por centímetro cuadrado de 5^k,165 y su peso calculado por las leyes de Mariotte y de Gay-Lussac será de 2^k,5962 por metro cúbico.

El valor de v , si se admite que el vapor sale por el orificio con toda su densidad (primer caso) será

$$v = \sqrt{2 \times 9,8088 \times \frac{51650 - 10350}{2,5962}}$$

ó $v = 558^m,79$ por segundo y la altura generatriz de esta velocidad

$$\frac{P-p}{\gamma} = 15,916 \text{ metros.}$$

Si se supone que el vapor sale por el orificio con la densidad correspondiente á la presión atmosférica, (segundo caso) tendremos

$$v = \sqrt{2g \times \frac{10,350}{0,519} \log. \text{ hip. } 5}$$

porque

$$\frac{P}{p} = 5 \text{ y } \gamma = 0,622 \times 1,299 \times \frac{1}{1 + 0,00366 \times 152} = 0^k,519$$

ó $v = 792^m,82$ por segundo y la altura generatriz de esta velocidad

$$\frac{p}{q} \log. \text{ hip. } - \frac{P}{p} = 52,044 \text{ metros}$$

Esto significa que el vapor, á su salida, está animado de una velocidad en virtud de la cual sus partículas, consideradas como aisladas y sin acción las unas sobre las otras, subirían respectivamente, según la suposición que se admita, en un caso á 15,916 metros y en otro á 52,054 metros. En otros términos; la fuerza viva de que está animado el vapor á su salida corresponde á un trabajo motor igual al peso de este mismo vapor elevado á una altura de 15,916 metros ó á 52,054 metros en las dos hipótesis extremas, y este trabajo motor no es otra cosa que el trabajo teórico del vapor según que obra á plena presión y sin condensación contra la presión atmosférica exterior, ó que obre dilatándose desde la presión inicial de 5 atmósferas hasta la presión atmosférica, conservando su temperatura inicial durante la expansión.

Hallada la velocidad de salida del vapor, pasemos á encontrar la velocidad con que tenderia á salir el agua contenida en la caldera por el orificio que ha de servir para la inyección de la que se trata de introducir. Siendo como hemos dicho $n=5$ será

$$u' = \sqrt{2 \times 4 \times 10^m,550 \times 9,8088}$$

$u' = 28^m,47$ por segundo y la altura generatriz de esta velocidad

$$(n-1) 10^m,550 = 41^m,52$$

Vemos, por consiguiente, que el chorro líquido no podría entrar en la caldera, si su velocidad fuese menor de 28^m,47 por segundo. Deduciremos pues, de la fórmula (b) sustituyendo por u esta cantidad y por v respectivamente sus dos valores encontrados anteriormente, que el peso del agua inyectada no podría esceder en el primer caso de 18,6 veces el del vapor y de 26,8 en el segundo, porque

$$\frac{M}{m} = \frac{558,79}{28,57} - 1 = 18,6 \text{ y}$$

$$\frac{M}{m} = \frac{792,82}{28,57} - 1 = 26,8.$$

Recordaremos aquí, que en la práctica es menester sujetarse al primero de estos dos resultados.

Es claro que la relacion $\frac{M}{m}$ puede variar

hasta el limite que acabamos de determinar impuesto por el mínimo de velocidad del chorro, desde el limite inferior impuesto por el máximo de temperatura del mismo, temperatura que ha de ser menor de 100 grados para que el fenómeno de la inyeccion se verifique y que se deduce de la ecuacion (a), haciendo $T' = 100$ y por consiguiente

$$\frac{M}{m} = \frac{T - 100}{100 - t}$$

Si suponemos que el vapor al condensarse ha perdido 550 unidades de calor, y que la temperatura del agua que se va á aspirar es de 15 grados, tendremos

$$T = 650^{\circ}$$

$$t = 15^{\circ} \text{ y}$$

$$\frac{M}{m} = 6,147$$

lo que quiere decir que el menor volúmen de agua que ha de aspirarse es mas de seis veces mayor que el del vapor que sale, porque un volúmen de agua exactamente 6,147 mayor que el del vapor solo produciria la condensacion de este sin formar chorro liquido.

Es claro que substituyendo este valor de M en la ecuacion (b), se obtendrá el valor de u ó la mayor velocidad del chorro liquido. Por consiguiente tenemos ya fijados los limites entre que pueden variar la masa de agua que se inyecta y la velocidad con que la inyeccion se opera.

Como comprobacion, véase, que fijando entre los limites correspondientes un valor cualquiera á las cantidades indeterminadas de las ecuaciones (a) (b) y (c), quedan satisfechas.

Siguiendo con los datos anteriores, suponemos que la temperatura del chorro, se quiere que sea de sesenta grados ó que $T' = 60$. Tendremos

$$M \times 15 + m \times 650 = (M + m) 60, \quad \text{de donde}$$

$$M = \frac{590}{45} \times m = 13,11 m$$

cantidad menor que el máximo de 18,6 m que antes hemos determinado, y muy inferior al otro máximo de 26,8 m .

Si se quiere que el peso del agua sea 15 veces el del vapor, deduciremos por la ecuacion (a) que el chorro liquido tendrá una temperatura comprendida entre 57 y 58 grados. Siendo $M = 15 m$, la velocidad u del chorro será

$$u = \frac{1}{16} v$$

ó un diez y seisavo de la del vapor; y la altura á la cual subiria en virtud de esta velocidad seria por consiguiente

$$\frac{1}{16^2} \frac{v^2}{2g},$$

mientras que las particulas del vapor aisladas subirian á la altura $\frac{v^2}{2g}$.

Pero siendo el peso del chorro liquido $\frac{1}{16}$ del vapor, vemos que la fuerza viva de aquel es $\frac{1}{16}$ de la de este antes de condensarse, y

su velocidad será $\frac{558^m,79}{16}$ en un caso y $\frac{792^m,82}{16}$

ó sean 34^m,92 y 49^m,55 por segundo respectivamente para las suposiciones arriba admitidas. Ambos resultados son superiores al limite inferior de 28^m,47 hallado antes para la velocidad.

Fácilmente se desprende de todo lo expuesto que el volumen de agua que es posible introducir en una caldera por medio del inyector Giffard aumenta á medida que disminuye la presión efectiva del vapor ó sea el exceso de la que este tiene en la caldera sobre la presión atmosférica. Así, por ejemplo, si la presión efectiva es solo de media atmósfera, el peso del metro cúbico de vapor bajo esta presión y á la temperatura correspondiente de 111 grados, será de 0^k,8549.

La fórmula $v = \sqrt{\frac{2g(P-p)}{q}}$ da en es-

te caso para la velocidad del vapor al salir á la atmósfera, sin expansión anterior

$$v = \sqrt{2 \times 9,8083 \times \frac{4710}{0,8549}} = 552 \text{ metros por segundo.}$$

La velocidad con la cual el agua saldría de la caldera bajo la presión de 5^m,165 de agua equivalente á media atmósfera sería solamente de 10 metros por segundo en números redondos; de donde se deduce que el vapor podría arrastrar mas de 50 veces su peso de agua, conservando todavia el chorro líquido velocidad bastante para penetrar en la caldera.

Es, pues, evidente que por pequeña que sea la presión efectiva, siempre será posible la inyección; pero teniendo en cuenta que siempre hay una pérdida de velocidad en la salida del vapor por las resistencias de los tubos y de la embocadura y que, aunque poco la densidad del chorro líquido será algo menor que la del agua, á causa de la elevación de temperatura, por el vapor incompletamente condensado y tal vez por el aire arrastrado, se ha reconocido que la inyección no sería cómoda ni aun fácil á una presión efectiva menor de $\frac{1}{5}$ de atmósfera. Este es el límite inferior adoptado para los inyectadores; y seguramente pocas calderas de vapor de las que se dedican á usos industriales trabajan con una presión menor de $\frac{1}{5}$ de atmósfera.

De todos modos, es indudable que la ali-

mentación de una caldera será mas abundante y segura mientras menor sea la presión efectiva del vapor en ella.

Considerando como aparato de alimentación de las calderas de vapor, el inyector de Mr. Giffard es, sin disputa, el mejor de todos los que se hayan empleado ó puedan emplearse, como es el mas ingenioso y sencillo. En efecto, si se supone que, conforme á las nociones antiguamente admitidas, la cantidad de calor contenida en los cuerpos se conserva íntegra á través de los cambios de volumen y de estado que experimentan, independientemente de las cantidades de trabajo motor ó resistente que son las consecuencias de estos cambios, claro es que el juego del aparato Giffard no dará lugar á otra pérdida de calor que la que tenga lugar por radiación ó contacto de la caldera y sus apéndices con el medio que la rodea. La alimentación tendría lugar gratuitamente.

Si, conforme á los principios mas racionales de la nueva teoría dinámica del calor se advierte que éste se transforma en trabajo motor y reciprocamente; de modo que todo trabajo motor ó resistente, toda fuerza viva desarrollada ó destruida en los cambios de volumen ó de estado de los cuerpos están acompañados de una pérdida ó de una producción de calor equivalente, entonces la cantidad de calor gastado en el juego del aparato Giffard será precisamente, hecha abstracción de las pérdidas por radiación ó contacto con el medio en que se halla, equivalente al trabajo motor que corresponde á la elevación de la cantidad de agua aspirada del depósito en que está situada y á su impulso en la caldera bajo la presión que allí existe. Tenemos, pues, fundamento para decir que el inyector de Mr. Giffard es un aparato de alimentación teóricamente perfecto para las calderas de vapor. El autor ha probado que sus dimensiones pueden combinarse de manera que trabaje bajo condiciones materiales, que le permiten aproximarse mucho á esta perfección teórica.

Creemos que es este el lugar oportuno de fijar las ideas acerca de un punto, que ya he-

mos. tocado ligeramente, á fin de prevenir las perjudiciales aplicaciones que pudieran intentarse, por personas poco versadas en las ciencias físicas y mecánicas del principio en que estriba el aparato Giffard. Así, pues, tan benéfica como juzgamos su adopción para el objeto á que su inventor lo ha dedicado, tan funesto sería el estender su uso como máquina para elevar el agua, ó dicho con mas generalidad, para poner en movimiento masas líquidas ó gaseosas: siendo inútil el resultado final, el calor contenido en el chorro, formado de la mezcla del vapor y de los líquidos ó gases arrastrados por él, las máquinas constituidas bajo este principio serian muy malas máquinas bajo el punto de vista de la economía del motor.

En efecto, como mas arriba hemos visto, si el vapor arrastra n veces su peso de agua ó de cualquier otro fluido, la fuerza viva del chorro queda reducida á la fracción $\frac{1}{1+n}$ de la fuerza viva de que el vapor estaba primitivamente animado, de modo que la fuerza viva perdida es la fracción $\frac{n}{1+n}$ de la fuerza viva inicial. Esta pérdida crece enormemente con la relacion entre el peso arrastrado y el peso del vapor, y esta relacion seria en general muy grande.

Un chorro de vapor saliendo con la velocidad debida á una presión de 5 atmósferas puede arrastrar cincuenta veces su peso de agua y elevarlas á una altura que será próximamente igual á

$$\frac{1}{2g} \times \left(\frac{558,79}{51} \right)^2 = 6 \text{ metros en números redondos.}$$

La pérdida de trabajo motor será, en esta hipótesis, los $\frac{50}{51}$ del trabajo total que hubiera podido desarrollar el vapor obrando á plena presión, sin expansión y sin condensación contra la presión atmosférica exterior.

Si un chorro de vapor animado de la misma velocidad que anteriormente arrastra diez veces su peso de aire atmosférico, haciendo así

el oficio de máquina soplante, por bien dispuesto que se suponga el aparato, la fuerza viva de que estará animado el chorro de aire húmedo no podrá pasar de $\frac{1}{11}$ de la fuerza viva del vapor, es decir del trabajo teórico que el vapor, obrando contra la presión atmosférica y sin condensación, hubiera podido desarrollar.

Los aparatos de este género que se emplean y que pueden emplearse en lo sucesivo son, sin duda, susceptibles de aplicaciones ventajosas en circunstancias especiales, gracias á su estremada sencillez, pero no por eso dejan de ser muy malas máquinas bajo el punto de vista de la economía de fuerza motriz. De esto se ha dado cuenta perfectamente Mr. Giffard. El mérito de su ingeniosa invención consiste, pues, en la aplicación á las calderas de vapor y en la ejecución de un aparato que trabaja con una facilidad y una regularidad perfectas; que basta, por ejemplo, en la fábrica imperial de tabacos de París para alimentar las calderas de 200 caballos de fuerza, en que se inyectan por hora hasta 4 metros cúbicos de agua.

Esta es la razón porque, al ocuparnos de las ventajas del inyector, hemos limitado á los allí apuntados los casos y circunstancias en que puede ser ventajosamente utilizado.

Todas las invenciones, por pequeña que sea su importancia, dan origen á pretensiones personales de prioridad, y no se ha visto exenta de este triste privilegio la del inyector. Pero si los que aspiran á disputársela á Mr. Giffard no han aprovechado el chorro de vapor de una caldera para la alimentación de esta caldera misma, ó realizado otras aplicaciones en que el calor contenido en el chorro arrastrado por el vapor juegue el papel principal, se debe declarar, á nuestro juicio, insistiendo en lo que hemos demostrado, que no han hecho otra cosa que *malas máquinas*. fundados sobre el hecho bien conocido y aplicado hace mucho tiempo en las trompas, en las toberas de las locomotoras, etc., del arrastre de los líquidos ó de los gases por comunicación lateral.

NOTA. La tarifa de precios de los inyector-
dores, es la siguiente :

4 caballos..	150 fr.
8 caballos..	175
12 caballos..	200
20 caballos..	250
30 caballos..	300
50 caballos..	400
70 caballos..	500
100 caballos..	600
200 caballos..	1000

Para fuerzas superiores los precios son convencionales, y lo mismo para los aparatos de elevar el agua. El volumen de agua por caballo está graduado en 50 litros por hora. Al encargar un inyector es menester indicar la presión á que trabaja la caldera que se trata de alimentar.

PARTE OFICIAL

12 de Enero. Real orden autorizando á D. Francisco Hernandez, para que aproveche las aguas de la fuente denominada del Fuego, como fuerza motriz de un molino harinero que intenta construir en el término de Riopaso, Concejo de Lena, provincia de Oviedo.

12 de Enero. Real orden autorizando á D. José Vila y Llopis, para que aproveche las aguas del rio llamado de Montesa, como fuerza motriz de un molino arrocero que intenta construir en la partida del Pedregals, término de Ayacor, provincia de Valencia.

12 de Enero. Real orden autorizando á D. Antonio Jimenez de Cuadros, para que aproveche las aguas del rio Rumblar, como fuerza motriz de dos molinos harineros que intenta construir en el término de Bailen, provincia de Jaen.

14 de Enero. Real orden autorizando á D. Pedro Carrera y Doumeste, para que en el término de seis meses verifique los estudios de un ferro-carril servido con fuerza animal, que partiendo del cortijo llamado del Barroso, término de Jerez, y tocando en el de Montano y Haza del Puerto, y atravesando las calles del Puerto de Santa María, termine en las cercanías de los muelles del rio Guadalete.

SUBASTAS.

15 de Marzo. De las obras que faltan en los trozos noveno, décimo y undécimo de la carretera de segundo orden de Vich á Ripoll, provincia de Gerona. Presupuesto, 1.573.463 rs. 81 cént.

15 de Marzo. De las obras de la carretera de segundo orden de Barcelona de Cicero a Santoña, provincia de Santander. Presupuesto. 631.344 rs. 29 cént.

15 de Marzo. De las obras de los trozos primero, segundo y tercero de la carretera de Ripoll á Rivas, que forma parte de la de segundo orden de Barcelona á Rivas, provincia de Gerona. Presupuesto, 3.180.354 rs. 77 cént.

22 de Marzo. De las obras que restan por ejecutar en los kilómetros 28 y 29 de la carretera de Zaragoza á Canfranc. Presupuesto, 421.242 rs. 43 cént.

22 de Marzo. De las obras de recomposicion del trozo comprendido entre el Collado de Massot y la Granota, en la carretera de primer orden de Madrid a la Junquera. Presupuesto, 2.159.669 rs. 32 cént.

Por extracto,
A. MONTERDE.

NOTICIAS VARIAS.

El Ingeniero Jefe de segunda clase D. Gabriel Rodriguez, ha obtenido licencia para pasar al servicio de la Sociedad del ferro-carril de Palencia á Ponferrada.

El Ingeniero Jefe de segunda clase D. Enrique Alau, ha pasado al servicio de la Empresa del ferro-carril de Zamora.

LA PERSEVERANTE: FÁBRICA DE CALES HIDRÁULICAS

Y CEMENTOS NATURALES

de

C. Puga y Compañía.

Despacho en Madrid.—Calle del Gato, 6, bajo, á donde pueden dirigirse los pedidos de cal que se necesiten ó pedir las esplicaciones y noticias que se deseen.

Segun las noticias que tenemos de las pruebas y ensayos que se han hecho con estas cales, pueden considerarse como unas de las mejores en su clase; esperamos sin embargo su aplicacion mas en grande para poder apreciar su bondad. La ventajosa situacion que tiene esta fábrica á dos leguas de la estacion de Jadraque en el ferro-carril de Madrid á Zaragoza, hace que su precio sea inferior al de los cementos y cales que se expenden en Madrid.

Por las noticias varias y articulos no firmados,
A. MONTERDE.

SUMARIO.

El Inyector Giffard.—Parte oficial.—Noticias varias.—Anuncio.—Laminas, los números 158 y 159.

EDITOR RESPONSABLE, D. AGUSTIN MONTERDE.

REDACCION: Carrera de S. Gerónimo, n.º 22, segundo.

Este periódico sale los días 1.º y 15 de cada mes, acompañado de diez y seis paginas de una interesante coleccion de memorias y de la parte legislativa correspondiente. El precio de suscripcion es 8 rs. al mes en Madrid y 26 por trimestre en provincias. Se suscribe en la redaccion, y en casa de los corresponsales.

MADRID.—1864.

Imprenta de D. José C. de la Peña, Atocha, 149.

Fig. 1^a

Alzado.

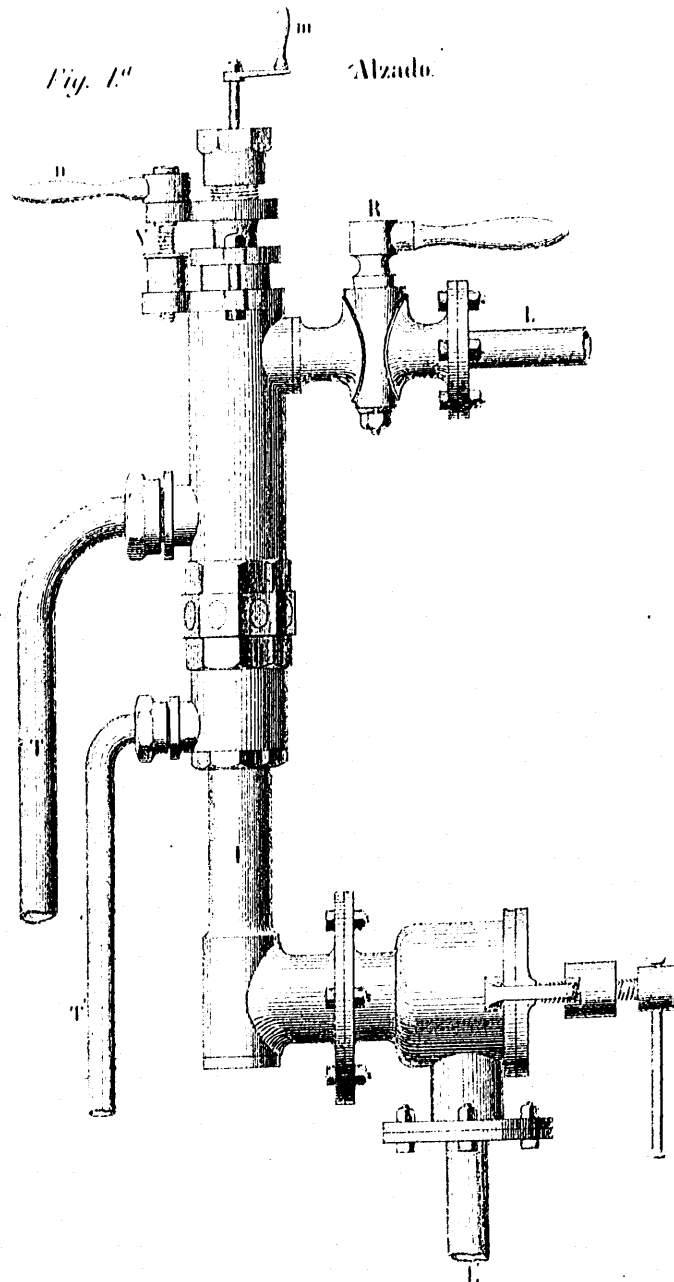


Fig. 2^a

Corte.

