

una abertura en *m*. Entonces el gas está suficientemente comprimido, en virtud de la columna AB, y no hay mas que abrir la llave para tener un chorro bastante uniforme. El aparato con la esponja de platina es preferible á todos los otros, y nunca falla su efecto si se tiene cuidado de emplearle con frecuencia. Para ponerle en estado de servir no hay mas que enrojecer la esponja con un chorro del mismo gas pero inflamado de un modo diferente. » (Person).

No trataremos ni de los grandes fuelles ó máquinas de viento para las fundiciones, ni de algunos otros aparatos fundados en la elasticidad y demas propiedades del aire, por ser demasiado complicados, y el objeto, mas bien de ciertas ciencias de aplicacion que de las obras elementales de física.



MAQUINAS DE VAPOR.

405. Son tan generales é interesantes las aplicaciones de estas máquinas desde hace un corto número de años, que aun su historia merece un lugar preferente en las obras elementales.

Depende el juego de estas máquinas de la fuerza elástica que desarrolla el vapor de agua por medio del calor.

La fuerza motriz del vapor reemplaza generalmente con una superioridad incontestable la fuerza del hombre, de los animales, del agua y del viento, y de su uso ha resultado una revolucion en todos los ramos de la industria.

Las antiguas máquinas eran de simple efecto, es decir, que el vapor no obraba en ellas mas que sobre una de las caras del émbolo. Casi todas, en el dia, son de doble efecto, ó el vapor obra sobre ambas caras del émbolo. Se distinguen en máquinas de *baja, media y alta presion*. La elasticidad del vapor en las primeras se halla comprendida entre una y dos atmósferas, en las segundas entre dos y tres, y es siempre superior á tres en las de alta presion. Las máquinas de baja ó media presion son de *condensacion*, es decir, que se condensa por medio del agua fria el vapor á la salida de los cilindros, al paso que las de

alta presión son muchas veces sin condensación; el vapor pasa entonces á la atmósfera despues de haber producido su efecto sobre el émbolo.

Por último hay máquinas de media ó alta presión con expansión, y son aquellas en que se aprovecha la expansión ó dispersión del vapor; estas máquinas tienen uno ó dos cilindros. Verifícase la expansión en las primeras durante una parte de la carrera del émbolo, y en las segundas la misma operación se ejecuta en el cilindro mayor destinado únicamente á ese objeto sin que se interrumpa la comunicación con la caldera, como sucede siempre en el primer caso.

Nos limitaremos á hablar de tres de las principales máquinas que se conocen: 1.ª la de Watt; 2.ª la de Woolf; 3.ª de Trevithick. Sin embargo, con el objeto de dar á conocer el punto de partida y la marcha seguida hasta llegar á las máquinas actuales, daremos primeramente una sucinta descripción de la de Newcomen, y creemos que con lo que vamos á decir se hallará el lector en el caso de comprender todas las demas.

Máquina de Newcomen ó de Cowley (de simple efecto).

104. Supongamos, para dar desde luego idea del modo de servirse del vapor como fuerza motriz, que queremos poner en movimiento el émbolo de una de las bombas descritas en los párrafos anteriores. Sea P ese émbolo que tratamos de hacer subir y bajar en el cuerpo de bomba AB (Fig. 84). Para esto se ata el vástago del émbolo á una cadena que se pliega sobre una palanca curva CDC'D' que se mueve sobre el punto O. Si en el otro extremo de esa palanca se hace otro tanto, no habrá mas que tirar de la cadena para que el émbolo P se eleve. Supongamos ahora que el P' sea bastante pesado para que abandonado á sí mismo

llegue al fondo de su cuerpo de bomba; no hay mas que tirar de la cadena C'D' y se le hará subir de nuevo y así sucesivamente.

Pero como se trata de que suba y baje en virtud de la fuerza del vapor, se coloca una caldera debajo del cuerpo de bomba A'B'. La temperatura del vapor puede ser mayor ó menor de 400° y para introducirle se pone una llave R en el conducto que va desde la caldera al cuerpo de bomba, dejando salir el aire que está debajo del émbolo por un tubito lateral *th*, que se abre de adentro á fuera. Supongamos que aquel, el émbolo, ha llegado al punto mas bajo de su carrera; debajo de él solo hay una corta cantidad de aire; y si en tal estado se abre la llave R se precipita el vapor en el cuerpo de bomba, le desaloja y él se va tambien en parte por el conducto *th*, y el resto en virtud de su resorte levanta el émbolo P', descendiendo P al mismo tiempo, á cuya operación ayuda el contrapeso W. Cuando el P' llega al punto mas alto de su carrera, cierra el obrero la llave R introduciendo al mismo tiempo por el conducto lateral *vu*, una corriente de agua fria que condensa el vapor; el agua que resulta de esta condensación y la que procede de la inyección corren juntas por el conducto *cx*, y como ya no hay aire debajo del cuerpo de bomba, el vacío es casi completo. La presión atmosférica, que constantemente obra sobre la cara superior del émbolo P' le obliga á descender, elevando al mismo tiempo al émbolo P. Corre por K el agua del pozo y sirve el conducto K' para mantener lleno el depósito A.

El vapor solo sirve en realidad para hacer el vacío debajo del émbolo P', pues que si este desciende, arrastrando en su movimiento al P, es solo en virtud de la presión de la atmósfera, por cuya razón se ha dado á estas máquinas el nombre de *atmosféricas*.

El agua tiene siempre, cuando menos, 400° de temperatura en el momento en que el vapor se precipita debajo

del émbolo, y tanto su temperatura como su elasticidad aumentan cuando la llave está cerrada. Para evitar las explosiones se coloca una válvula H en la parte superior de la caldera, y sujetándola á una palanca se coloca en la otra un peso conocido y determinado. Interin la fuerza elástica del vapor es igual ó inferior á la presión de la atmósfera, permanece cerrada la válvula; pero si dicha fuerza elástica es igual á la presión de la atmósfera y le resta todavía la fuerza suficiente para vencer el peso de la válvula, la abre, el vapor se escapa y ya no es temible la explosión. Mas como suele suceder que por causas imprevistas no se abre á tiempo oportuno, es mas que prudente hacer bien sólidas las calderas.

405. En esta máquina hay defectos é inconvenientes de gran consideracion. Se pierde parte de la fuerza del vapor porque al inyectar el agua se enfrían el émbolo y el cilindro, y cuando penetra el vapor se condensa y de consiguiente disminuye su resorte. El segundo es que necesita de un obrero para abrir y cerrar la llave, etc., pues que en una buena máquina la accion del motor debe por sí sola, y sin ayuda de otro agente, poner en movimiento todas las piezas del ingenio. En el dia sin embargo se abren y cierran por sí mismas las llaves de las máquinas de Newcommen establecidas en ciertas fábricas. Refiérese que un niño encargado de esta manipulacion, discurrió atarlas con unas cuerdas á ciertas piezas de la máquina para que se abriesen y cerrasen sin su presencia, que era mas necesaria en los juegos de sus camaradas.

Esta máquina, aunque imperfecta, es con mucho superior á las que antecedieron y es invencion de Savery perfeccionada por Newcommen y Cowley.

Máquina de Watt (baja presión).

406. Admirado Watt (constructor de instrumentos en Glasgow), de la gran cantidad de vapor que se perdía por la inyección del agua en el cilindro, imaginó ejecutar esa operacion en una vasija separada dándole el nombre de *condensador*. Si el condensador, hallándose vacío de aire está en comunicacion con el cilindro en el momento de la inyeccion del agua fria, el vapor por completo se precipita en esa vasija, de manera que ya no se trata mas que de mantener el condensador sin agua y sin aire para que esté constantemente vacío, y fácilmente concebirá el lector que esta máquina tendrá una bomba aspirante para llenar esa condicion. La forma que tenia el condensador en este género de máquinas era tan poco á propósito para la completa extraccion del aire, que era preciso, para continuar el trabajo, dejar escapar el vapor que desalojaba el aire haciéndole salir por un tubo particular.

En la máquina de Newcommen es indispensable que el aire repose sobre la superficie superior del émbolo, y para impedir que el vapor interior traspasase al exterior, se cubria dicha superficie con una capa de agua que en las ascensiones y descensos del émbolo mojaba y enfriaba continuamente las paredes del cilindro, y en tal estado esa máquina era de *simple efecto*. Watt sin embargo concibió bien pronto la atrevida idea de suprimir del todo la presión de la atmósfera, y de hacer que el émbolo se moviera únicamente en virtud de la sola fuerza del vapor. Valiose para esto de vapor de una elasticidad igual ó un poco mayor que la presión de la atmósfera, y para impedir el acceso del aire cubria el cilindro con una tapadera sólidamente adherida, y en la que, ludiendo, entraba el vástago del émbolo. En la máquina de Watt hay economía de tiempo

y de combustible, pues que cada carrera del piston es eficaz y que no se emplea inútilmente vapor para mantener el émbolo y el cilindro á un grado de calor muy subido. Segun parece se economizan los tres cuartos de vapor que son necesarios para la máquina de Newcommen. Así es que Watt reunió en poco tiempo un gran caudal, procurando á su nacion, que reconocida acaba de levantar su estatua, grandes ventajas sobre todos sus rivales.

La Fig. 85 representa la seccion vertical de una máquina de Watt perfeccionada tal como hoy dia se construye.

El vapor pasa desde la caldera al intervalo ó espacio vacio que queda entre el cilindro AA' y la cubierta CB. Mediante el juego de una válvula de tirador (véase mas adelante) se coloca alternativamente encima y debajo del émbolo P, cuyo vástago T camina siempre verticalmente en virtud del paralelógramo LK, que en maquinaria se llama el paralelógramo de Watt. Trasmítese el movimiento al balancin IH y de este, por medio de un barra MN de coyunturas en sus extremos, pasa á un arbol horizontal R, cuya marcha se regula con un gran volante, de suerte que el movimiento rectilineo se trasforma en movimiento de rotacion. El regulador está en J (véase mas adelante *Regulador*.)

Para hacer subir y bajar el tirador E se pone una escéntrica en el eje del volante, fijando el anillo ó argolla en que se mueve á un triángulo *zuc*, cuyo vértice está sujeto á una palanca de codo *sqr*, en la que *q* representa el eje al rededor del que gira. Avanzando y retirándose el extremo *u* del triángulo *zuc* en virtud de los movimientos de la escéntrica imprime á la palanca un movimiento de vaiven.

El extremo *r* de esa palanca hace subir y bajar el vástago E, y con la misma palanca se abre y cierra la válvula del condensador, y siempre que el vapor se precipita en

el condensador O penetra una cierta cantidad de agua fria. La bomba de aire *t'p'* saca el agua del condensador y la lleva á un depósito *aa'*, de donde por medio de la bomba alimenticia *tp*, pasa una parte á la caldera y sale el resto fuera de la máquina. En *fff* hay una chapita agujereada por donde sale el aire que puede haber en el condensador. K es el depósito que está lleno de agua fria que se alimenta del agua que saca la bomba *t'p'* que comunica con un pozo ó manantial de agua fria. En fin por medio de ciertas aberturas practicadas á las alturas convenientes se consigue que los receptáculos *aa'* y *bb'* se llenen completamente de líquido.

Máquina de Woolf (de presion media y con expansion).

107. La invencion de las máquinas de dos cilindros data de 1781, en cuya época Hornlower obtuvo un privilegio de invencion por una máquina de ese género que funcionaba con la presion de una atmósfera. Woolf ha construido despues máquinas análogas, pero de dos á tres atmósferas¹.

En esta clase de máquinas tiene el vapor de la caldera una temperatura superior á 400°, y los dos cilindros la misma altura con bases proporcionales á la expansion que se quiere dar al vapor. Es decir que si la fuerza elástica del vapor en la caldera y en el cilindro menor es de tres atmósferas, la base del mayor será tres veces mas grande que la del menor, si se quiere lograr una expansion de cerca de una atmósfera, pero es mas ventajoso que llegue la expansion á media atmósfera. Cuando la temperatura en el condensador es 40° se pierden 0,07 de atmósfera en la presion, á pesar de la expansion. ¿Hasta qué punto

¹ Los señores Stal y Aitkin, que han modificado el sistema de Wolf, proponen tres en vez de dos cilindros.

puede disminuirse esa pérdida aumentando la expansión del vapor? Esta cuestión solo puede resolverse prácticamente.

Los émbolos están en este género de máquinas sujetos al mismo balancin, de manera que suben y bajan al mismo tiempo. Entra el vapor primeramente en el cilindro menor, y desde su parte superior pasa á la inferior del cilindro mayor; por la inversa de la inferior del menor va á colocarse en la superior del mayor, según representa la Fig. 86, y no se precipita el vapor en el condensador, sino después de haber funcionado en los dos cilindros. Para que ambos conserven en lo posible una temperatura constante, ha discurrido Woolf cubrirlos con otro tercer cilindro de hierro colado, y los dos tubos que vienen de la caldera comunican el uno con la parte superior de la cubierta y el otro con la inferior, y de aquí pasa el vapor al cilindro mas pequeño. Hubo quien creyó muy conveniente calentar el cilindro evolvente con un hogar particular, pero después se ha abandonado ese proyecto.

108. Han experimentado infinitas modificaciones las máquinas de dos cilindros, pero nosotros hablaremos solamente de la máquina que Edwards ha introducido en Francia. Está representada de frente en la Fig. 87.

AA chapa de hierro colado en que descansa la máquina.

BB el nivel del suelo. Con el objeto de hacer visibles todas las partes de la máquina se suponen quitados todos los tabiques de fábrica contruidos en AA y en BB.

CC es el balancin, formado de una sola pieza de hierro colado y sostenido en una pieza *aa*, cuya forma varia según la fuerza de la máquina y las localidades.

DD es volante de la misma materia que la pieza anterior y compuesto de seis segmentos unidos con unos pernos.

E, tubo que conduce el vapor de la caldera á la cubierta de los cilindros.

FF, barra de hierro que trasmite el movimiento del balancin al manubrio del volante.

HH paralelogramo del vástago del émbolo.

I condensador, colocado en el fondo del cilindro de la bomba de aire.

KL, tubo que conduce el vapor del cilindro mayor al condensador.

M, pequeña bomba alimenticia, que saca una porción del agua del condensador y la conduce á la caldera. El exceso del agua de condensación es espelido, por la bomba de aire, fuera de la máquina, y puede utilizarse para baños, etc. La llave *r* sirve para arreglar la cantidad de agua caliente que debe entrar en la caldera, á donde pasa por el conducto *qr*.

P, regulador de fuerza centrífuga.

QR, palanca que va desde el regulador á la varilla de la llave por donde se introduce el vapor.

Hay otra llave por medio de la cual se arregla la cantidad de agua que debe pasar del depósito del agua al condensador.

Hace algunos años que Edwards ha introducido varias mejoras en las piezas de estas máquinas, pero es imposible darlas á conocer en una obra elemental.

Máquinas de alta presión.

109. Hay máquinas de alta presión en las que la elasticidad del vapor suele ser de 8 y aun 40 atmósferas. Su carácter principal es obrar sin condensación del vapor. Olivier, Evans y Trevithiek han establecido un gran número de ellas en América, y se emplean en la actualidad con grande éxito en las minas del Perú. Sin embargo son

aun mucho mas ventajosas para las máquinas locomotrices ó carros de vapor; las calderas de estas máquinas deben ser muy sólidas; mas como el vapor pasa á la atmósfera á una temperatura muy elevada, es considerabilísima la pérdida de fuerza, la cual podria disminuirse haciéndolas de expansion.

Ordinariamente no se emplean máquinas de mas de tres á cuatro atmósferas las que no tienen condensador, en atencion á que las presiones mas elevadas exigen muchas reparaciones, originan una gran pérdida de vapor y son sobre todo mucho mas peligrosas.

440. Despues de haber dado á conocer las máquinas de vapor mas importantes, creemos muy util entrar en ciertos pormenores de las partes mas principales que las componen.

441. *Regulador.* Esta pieza, una de las mas necesarias en toda máquina de vapor, está representada en la Fig. 88 y sirve para regular la entrada del vapor.

El émbolo principal comunica al vástago *ab* un movimiento de rotacion, y la brida *cd*, sujeta al mismo vástago *ab*, y agujereada en *c* y en *d*, recibe las palancas *lp* y *qh*; en la corona *mn* hay un cilindro hueco que puede subir y bajar levantando ó bajando la palanca *rv* á que está sujeta la llave de introduccion. Si el movimiento de la máquina es muy rápido, gira tambien con mucha celeridad el eje de rotacion *b*; las bolas *h* y *p* se separan una de otra en virtud de la fuerza centrifuga, descendiendo al mismo tiempo la corona *mn*, y entonces la llave se vuelve de modo que deja entrar menos vapor. Cuando la velocidad del mismo eje se retarda produce un efecto totalmente contrario.

442. *Émbolo.* El que se usa mas comunmente está representado en la Fig. 89. Compónese de dos chapas *mn* y *cq* unidas entre sí por medio de un tornillo; de varias estopas ó pelotones de cáñamo impregnado de sebo que ocupan el espacio *AB*, y á medida que este se desgasta

por el roce, se aproximan las chapas una á otra. Es muy ventajoso para las máquinas de baja presion; pero en las de alta presion es necesario emplear émbolos metálicos, porque el cáñamo se inutiliza en poco tiempo.

La Fig. 90 representa la seccion de uno de los mejores émbolos metálicos que se conocen, consta de seis piezas de cobre; las tres *A*, *B* y *C*, tienen la forma de segmentos de círculo, y entre ellas se ven, en la figura, las tres cunas *a*, *b* y *c*; parten del centro varios resortes que ajustan perfectamente las cañas y los segmentos contra el cuerpo de bomba, y á medida que estos, los segmentos, se desgastan, avanzan las cañas impelidas por los resortes, y de este modo el émbolo permanece siempre cilindrico; y dispuestos así, pueden servir muchos años sin la menor reparacion.

Es condicion indispensable, para que las máquinas no se destruyan inmediatamente, que el movimiento del émbolo sea rectilíneo. Llénase de varios modos esta condicion.

En las máquinas antiguas se adaptaba al émbolo una cadena de Waucanson, que se plegaba á uno de los extremos del balancin como se vé en la máquina de Newcomen representada en la Fig. 84. Pero así que empezaron á usarse las máquinas de doble efecto, en las que el vástago del émbolo sube y baja con la misma impulsión, fué necesario buscar otro medio. Las Fig. 85 y 87 representan el paralelógramo que se emplea en el dia para conseguir ese objeto.

Cuando las máquinas no son muy considerables no hay inconveniente en servirse del mecanismo representado en la Fig. 91. Redúcese á una barra sujeta al extremo del balancin con dos discos, uno á cada lado, que se apoyan en los largueros *AA* y mantienen vertical al vástago del émbolo.

Válvulas para dar paso al vapor.

445. Consultando la Fig. 92. Podrá concebirse el juego de las válvulas, por medio de las cuales pasa el vapor de la caldera al cilindro y de este al condensador.

A tubo que conduce el vapor de la caldera á la parte inferior del émbolo. BC conducto para pasar al condensador D, *mn* y *pq* dos cajas divididas, cada una en tres compartimentos y en las cuales se ven las válvulas *a, b, c, f*, que se abren hácia arriba; cada una de esas cajas comunica con el fondo y la parte superior del cilindro. En el compartimento del centro de cada caja, hay una comunicacion en K y en *e* que corresponde á la parte mas alta y mas baja del cilindro. Llega el vapor por el tubo A á la cámara superior de la caja *mn*, y por el tubo E pasa á la cámara superior de la caja inferior.

Quando la válvula *a* está abierta, la parte inferior del cilindro comunica con el condensador D por medio de la abertura *e* y el tubo BC, y hallándose abierta al mismo tiempo la válvula *b*, el vapor, desde el centro de la caja mas alta, pasa á colocarse sobre el émbolo pasando por K. Si por la inversa, las válvulas *a* y *b* estan cerradas, y abiertas las *f* y *c*, el vapor de la caldera llega debajo del émbolo por la abertura *e*, de manera que mientras el vapor de la parte superior del cilindro comunica con la caldera, la parte inferior está en comunicacion con el condensador.

Se han inventado otras válvulas, de las cuales solo citaremos las de *corredera* ó *tirador*, por ser las que mas tiempo duran. El rozamiento que experimentan al moverse, lejos de ser perjudicial, las hace mas á propósito para llevar su objeto, y por esto y la razon anterior, se construyen con ellas todas las máquinas modernas. La

Fig. 95 nos servirá para dar la competente explicacion.

Llega el vapor por el tubo T á la caja ABCD, en que se halla contenida otra semejante, aunque mas pequeña EF, que rozándose, resbala contra la parte AID, por medio del vástago vertical HK, el cual atrayesa en K una caja impermeable al vapor. De la caja ABCD salen tres conductos PS, P'S' y RV. Comunica el primero con la parte superior del cilindro; con la parte inferior el segundo, y el tercero con el condensador.

Pasa el vapor de la caldera á la parte mas alta del émbolo por medio del tubo PS, y por los VR y P'S' se va, el que está debajo, al condensador. Cuando suba la caja EF, pasará el vapor de la caldera por P'S' á colocarse encima del piston, etc.

Válvulas de seguridad.

444. Una válvula de seguridad, cuya invencion se atribuye á Papin, se reduce á una chapa metálica que se aplica sobre la abertura de un gollete ajustada á la caldera del vapor, segun representa la Fig. 94. Su objeto es dar salida al vapor cuando adquiere una elasticidad superior á la necesaria para que la máquina funcione. Si el peso que la mantiene cerrada estuviese aplicado sobre la misma placa seria necesario 4 kilogramo por centímetro cuadrado, pero como generalmente se le coloca al extremo de una palanca *cdf*, se puede, con menos peso, producir el mismo efecto. Las calderas tienen diferente espesor, segun la presion de la máquina; es decir que es mucha mayor en las de alta que en las de baja presion. Los obreros algunas veces cargan imprudentemente las válvulas, y el gobierno francés, fundándose en un informe presentado por la academia de ciencias, ha acordado que en cada

caldera haya dos válvulas de seguridad, de las cuales una esté bajo llave; y temiendo además que esas válvulas, privadas largo tiempo de movimiento por la falta de uso, no se abriesen en momento oportuno para impedir la explosión, ha ordenado también que en cada caldera haya dos placas de aleación metálica, y de tal naturaleza que la temperatura del vapor, antes de la explosión pueda fundirlas y escaparse por el boquete que antes cerraban, bien entendido que la temperatura ordinaria del vapor de la máquina no debe fundirlas, porque entonces abría dos boquetes perpetuos, y el vapor perdería su elasticidad. Generalmente una de ellas es fundible á 40°, y la otra á 20° sobre la temperatura ordinaria del vapor en la máquina. El bismuto, el estaño y el plomo, forman, aljándolos, combinaciones fusibles las unas á 100°, las otras á 140°, etc., según sus diferentes proporciones, y con esos metales se forman las placas de que acabamos de hablar, y para evitar que no ceda mucho antes de la temperatura de su fundición, se la cubre con una red metálica de menuda malla.

Tienen un inconveniente las placas, y es que es necesario construirlas de nuevo, cuando una vez se funden para dar paso al vapor. Algunos han propuesto placas metálicas que cederían á una presión determinada.

Se ha observado que la válvula de seguridad cede siempre antes que el manómetro haya llegado al grado de presión correspondiente al peso que soporta la placa de la válvula.

Y para evitar esto propone M. Garnier que se disminuya el borde que reposa sobre la abertura de la caldera.

Parécenos que la válvula mas segura de todas sería adaptar á la caldera un tubo lleno de mercurio, semejante á los que se emplean en los aparatos de química (Fig. 95). Edwards ha hecho ensayos sobre este objeto.

Por último creemos aun mas fácil sumergir en un baño

de mercurio un tubo curvo de la forma representada en la Fig. 96.

La capacidad de ese tubo AB, debe ser suficiente para contener bastante mercurio en el caso de absorción, y no nos parece difícil hallar un sitio conveniente para colocarle al lado de la caldera, teniendo la ventaja de ser aplicable á las máquinas de 5 á 4 atmósferas de presión, ó en una palabra á todas las máquinas que hoy día se usan.

Válvulas interiores.

445. Abrense de afuera hácia adentro; estan colocadas en la caldera, y sirven para impedir que se forme vacío en su interior por la condensación repentina del vapor, y son por consiguiente necesarias, para que en tales casos no se aplasten las calderas cediendo á la presión de la atmósfera.

Calderas.

446. Constrúyense de cobre en unos casos, de palastro algunas veces y las mas de hierro colado.

Las de las antiguas máquinas son esféricas al exterior y planas por la parte en contacto con el hogar; pero de algunos años á esta parte han sufrido una porción de reformas.

En las de media y alta presión, consiste en dos tubos de hierro colado cilíndricos que se llaman los *hervideros*, y que colocados el uno junto al otro estan debajo y en comunicación por medio de unos conductos, con otro cilindro de mayor diámetro, según se ve en la Fig. 97. En la parte superior de este cilindro, ó depósito del vapor, hay

una abertura *m* por la que penetra un obrero en el interior para examinar si hay ó no necesidad de composicion, limpiar las paredes, etc. Y ademas, para colocar las válvulas, las placas fusibles, introducir el agua caliente y dar salida al vapor, se practican otra porcion de aberturas.

Estas calderas se usan mucho en la actualidad, porque en ellas se aprovecha muy bien la llama que despues de haber calentado los hervideros, pasa al rededor del cilindro mayor.

En algunas otras máquinas se han puesto en vez de dos, varios hervideros, y es muy conveniente, en las de alta presion, que los tubos sean estrechos, porque su resistencia está en razon inversa de sus diámetros.

Hay tambien calderas formadas con dos cilindros concéntricos en los que la llama pasa por el eje comun de entrambos, y por esta razon se las llama de *hogar interior*.

La Fig. 98 representa la caldera, con todos sus accesorios, de una máquina de baja presion; suelen llamarse *calderas de cofre*.

Manómetro.

447. El manómetro de las máquinas de vapor es un tubo de Mariotte aplicado á una de sus paredes y comunicando con el interior, segun se ve en la Fig. 99. Al cabo de cierto tiempo se ensucia é inutiliza, y tiene ademas el inconveniente de no dar con exactitud la presion interior de la caldera, porque siendo diferentes entre sí las presiones interior y exterior, cede y aumenta su capacidad. Parécenos mas á propósito poner en su lugar un tubo (Fig. 400) para las máquinas de media y baja presion, y en ese caso la altura de la columna de mercurio en el tubo

abierto, mas la del barómetro al exterior, representarian exactamente la presion interior de la caldera. ¿No seria conveniente servirse, en las máquinas locomotrices de alta presion, de una probeta (Fig. 401) en la cual estando, el tubo graduado, comprimido igualmente por dentro y por fuera, indicase exactamente la elasticidad?

Volante.

448. Fitz Gerard ha empleado, por primera vez, el volante para regular el movimiento de las máquinas de vapor, sin cuyo auxilio no podrian servir mas que para sacar agua de un pozo, piedras de una cantera, etc.

Esta pieza lejos de aumentar la fuerza ó potencia de las máquinas, la disminuye cierta cantidad que depende del rozamiento de su eje y de la resistencia que el aire le opone cuando se mueve; sin embargo es indispensable para regular la velocidad del arbol principal.

La letra M de la Fig. 85 representa el volante que mas se usa en la actualidad, y en algunas máquinas se sustituye con el de la Fig. 402.

¿Que dimensiones deben darse al volante segun las diferentes clases de máquinas á que se aplican? Cuestion es esta que sale fuera del plan que nos hemos trazado (Consultense las adiciones de Navier á la obra de Belidor, en las que podrá el lector recoger los datos que crea necesarios.)

Ventajas comparativas de las diversas máquinas de vapor.

449. Recordaremos al lector, que las máquinas de vapor son de tres especies, esto es, de baja, de media y de alta presion.

Comparando el consumo de combustible y los gastos de conservacion de las máquinas, con la utilidad que producen, se está ya en camino para poder dar la preferencia á unas ó á otras. Sabido es que en las de alta presion con condensador es mucho menor el consumo de combustible, aunque mayores los gastos de conservacion, que en las máquinas de baja presion. La razon entre estos elementos depende siempre de las localidades.

En las minas profundas, como en las de Cornuailles, por ejemplo, las máquinas tienen un solo cilindro, el vapor obra por expansion, y son de simple efecto, puesto que el vapor ejerce solo su accion en la parte superior del émbolo durante un cierto tiempo de su descenso. Cuando sube, la parte superior é inferior se comunican entre sí, pero ninguna de ellas está en comunicacion ni con el condensador ni con la caldera, y si el émbolo sube es solo en virtud del peso del agua de las bombas de la mina.

120. Todas las máquinas de vapor necesitan cantidades de agua mas ó menos considerables, y tanto mas cuanto son mas poderosas; en todos casos es bastante considerable para no poderla trasportar como se hace con el combustible. Por consiguiente habrá circunstancias en que no podrán emplearse en los sitios en que mas convenientes serian, principalmente para las explotaciones que exigen siempre máquinas de mucha potencia.

M. Madalein, capitán de artillería, hace servir de nuevo el agua de condensacion enfriándola convenientemente, y de este modo abastece una máquina de 6 caballos con $\frac{1}{10}$ solamente de la cantidad de agua necesaria en circunstancias ordinarias. Segun M. Madalein un décimo representa un límite á que no se llegaría con máquinas mas poderosas. Las personas que deseen adquirir mas pormenores, acudan al *Bulletin de la société d'Encouragement*, del mes de junio de 1827.

120^a. Se compara en el dia la fuerza de una máquina de vapor á la de un caballo, que no es la misma en todos los paises. M. Navier, combinando una porcion de resultados, dignos todos de la mayor confianza, cree que puede representarse la fuerza mecánica de un caballo marchando al paso en un picadero y trabajando 8 horas al dia, por $40\frac{1}{2}$ kilógramas, elevadas á un metro de altura en 4 segundo de tiempo. La unidad dinámica, ó la fuerza del caballo de fuego, no es la misma para todos los constructores, unos toman 60; otros 70, 75 y aun 80 kilógramas. De consiguiente una máquina de vapor de 6 caballos podría hacer seis veces ese trabajo. Generalmente no se emplean mas que de 6 á 10 caballos, pero las hay de cincuenta, de ciento y aun mas, pues en Cornuailles se ven algunas que alcanzan á quinientos caballos¹.

Como la unidad dinámica, ni es legal, ni precisa, por lo que acabamos de decir, seria de desear un método simple y correcto para poder valuar esa potencia, evitándose de ese modo una porcion de contestaciones que con frecuencia se suscitan. He aquí lo que ha propuesto M. Prouy.

Fija en el eje del volante de la máquina de vapor, cuya potencia quiere conocer, un aparato á que llama freno, y que está representado en la Fig. 105. Las partes CF y CF' se equilibran, es decir, que su centro de gravedad pasa por el centro del eje; mas el peso P tiende á hacer girar al freno en sentido contrario del movimiento del volante indicado por la flecha. Se supone que durante el experimento, está el freno perfectamente ajustado al arbol del volante, de manera que mientras dure el movimiento del eje,

¹ El señor D. Joaquin Ezguera, profesor de mecánica aplicada en la Escuela de Ingenieros de minas de Madrid, ha adoptado por caballo de vapor 8 arrobas elevadas á 1 vara de altura en 4 segundo.—N. del T.