

REVISTA

DE

OBRAS PÚBLICAS

EDICIÓN INDUSTRIAL

Año 1906. 8 FEBRERO Núm. 1585.

TURBINAS DE VAPOR

Historia.—La moderna turbina de vapor, última producción de la mecánica

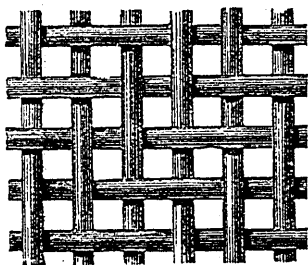
entre las máquinas que utilizan la energía del vapor de agua, es quizás la idea más antigua que existe en su clase, pues ya Heron de Alejandría ciento veinte años (a. J. C.) construyó una, que aunque elemental é imperfecta, está fundada en la misma idea de las turbinas de reacción modernas; pero ningún perfeccionamiento ni utilización parece haber sufrido hasta el siglo XVII, en que Giovanni Branco construyó una rueda de paletas que hacia girar por la fuerza de vapor que chocaba sobre ellas; también Watt indicó y patentizó en 1769 una máquina de vapor rotativa; pero cuando verdaderamente se

hicieron los primeros ensayos industriales fué cuando en 1883 y casi simultáneamente Charles Parson y Gustavo de Laval patentizaron y construyeron sus respectivas turbinas.

La turbina Parson admite el vapor en la periferia de la rueda y trabaja por acción y por reacción.

En la turbina de Laval el vapor sufre la expansión en las turbinas de inyección, obrando sobre las ruedas solamente por acción, es decir, por la fuerza viva del vapor, chocando sobre las paletas.

La característica de estas máquinas, en sus primeros ensayos, es el empleo de

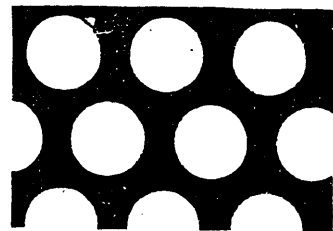


CASA FUNDADA EN 1854

RIVIERE

Ronda San Pedro, 58 — BARCELONA

Sucursal en Madrid: Calle del Prado, 2



TEJIDOS METÁLICOS especiales para el tratamiento de MINERALES

TEJIDOS METÁLICOS para todas las aplicaciones INDUSTRIALES

ENREJADOS de todas clases.—ALAMBRE y artículos de alambre.

CABLES.—ZARANDAS.—CRIBAS.—ESPINO ARTIFICIAL.—CHAPAS PERFORADAS

LÁMPARAS DE SEGURIDAD PARA MINAS

Pídanse Catálogos, precios y muestras.



Sucursal en Madrid,
Calle del Prado, 2

VIAS AEREAS

Caminos aéreos de todos sistemas, con uno ó con tres cables.

Carriles aéreos sustituyendo ventajosamente las vías portátiles, sistema Decauville.

Planos inclinados para explotación de minas y canteras.

Funiculares para transporte de personas.

Aparatos especiales para carga y descarga de materiales en los puentes, estaciones de ferrocarriles, etc.

Cables-vías llamadas Blondin para movimientos de tierras en obras de explanación.

Representantes exclusivos para España y Portugal.

Casa fundada en 1854.

RIVIERE

Ronda San Pedro, 58.

BARCELONA

Catálogos y presupuestos gratis.

una sola rueda giratoria que absorbe toda la energía posible del vapor, lo que obligaba á admitir velocidades lineales en la circunferencia excesivamente altas, teóricamente hasta de 500 metros por segundo, desarrollándose tensiones elevadísimas por efecto de la fuerza centrífuga, que obligaban á conformarse con rendimientos muy inferiores á los teóricos.

El primer ensayo multiplicando las ruedas que creemos se ha hecho es el verificado con una aplicación de las turbinas Parson en 1896 á un barco, empleando un modelo Compound.

En los últimos años, casi todas las

mándose el esfuerzo del choque del vapor con el de reacción al escape.

Pertenecen al primer grupo de «turbinas de acción», entre otras muchas:

La turbina «Zoelly», construida por la casa Escher Wyss & C^{ie}, de Zurich, las construidas por la Compañía Oerlikon, y la turbina construida por la Compañía A. E. G., de Berlín.

Son del tipo de turbinas de reacción:

La turbina «Brown, Boveri-Parsons», construida por la Compañía Electro-Mecaulque, de Paris;

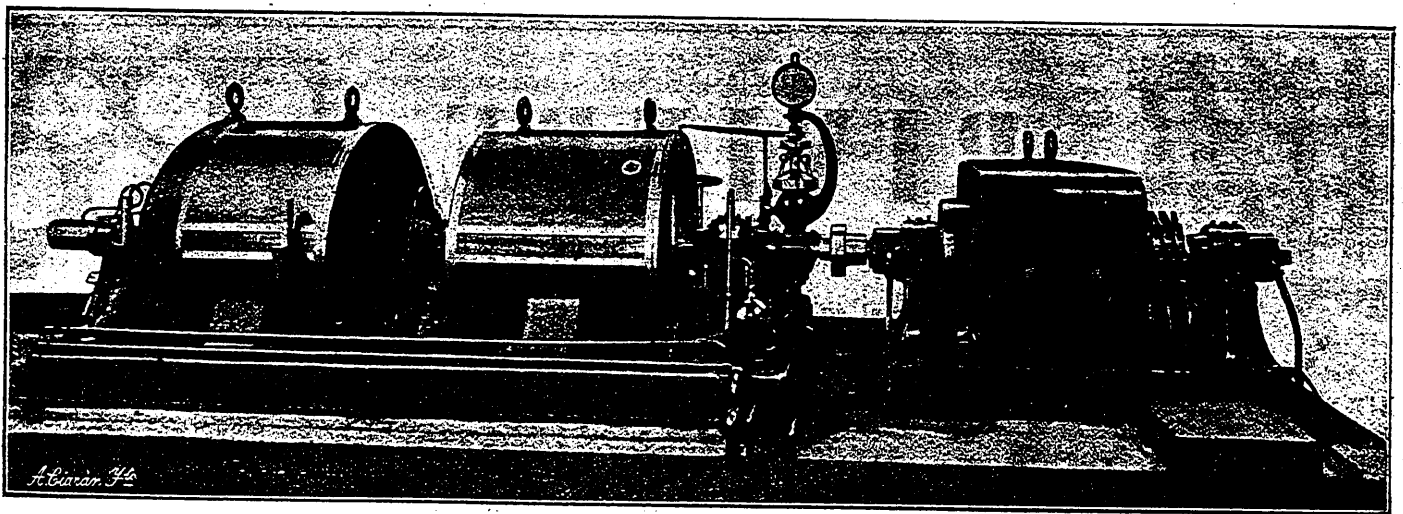
La turbina «Hamilton, Holzwarth», de Ohio (EE. UU.).

das de vapor que no existe en las de acción.

Turbina «Zoelly».—Como hemos dicho, pertenece al grupo de turbinas de acción de varios grados.

Su carácter especial consiste en la construcción de sus ruedas motrices, que permite alcanzar velocidades tangenciales elevadas, con lo que se consigue que el metal trabaje moderadamente y que se reduzca el número de grados de expansión, ó sea el número de ruedas al mínimo posible.

Su funcionamiento es el siguiente (figura 1.^a):



Aspecto de una turbina «Zoelly» de 500 HP.

grandes fábricas constructoras de máquinas han estudiado y patentizado turbinas de vapor, que ya están introducidas en el mercado, de las que nos proponemos dar una ligera idea, recopilando y extractando las descripciones dadas por sus autores en algunos folletos y revistas.

Clasificación.—Las turbinas de vapor se clasifican en dos grupos principales: 1.º Las turbinas de acción. 2.º Las turbinas de reacción.

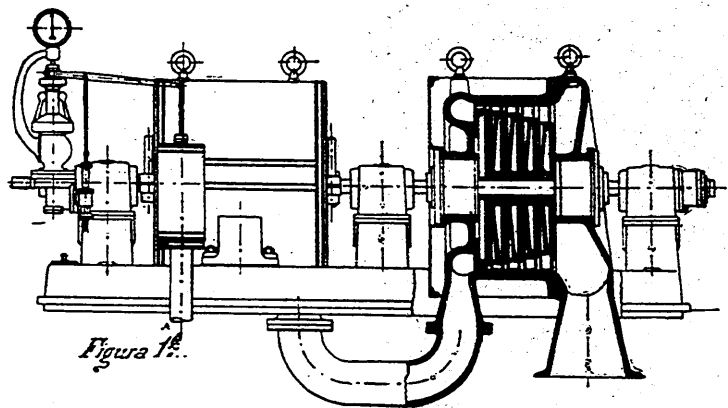
Las de la primera categoría son aquellas en que la expansión del vapor se verifica en las directrices fijas como en el tipo Laval. El vapor toma una velocidad correspondiente á la expansión y al chocar contra las paletas móviles se produce la transformación de su energía potencial en energía cinética. La diferencia esencial con las turbinas Laval es la multiplicación de las toberas de vapor que se convierten en ruedas fijas de paletas directrices y en la multiplicación de los grupos de ruedas fijas y móviles para aprovechar una mayor expansión del vapor dentro de la velocidad máxima admitida.

Las de la segunda categoría, ó sea las de reacción, son aquellas en que la expansión se produce como en la turbina Parson, en parte en las paletas directrices y en parte en las ruedas móviles, su-

Todas estas turbinas son de eje horizontal; pero hay otras de eje vertical, aplicadas casi únicamente para grandes potencias (mayores de 1.000 HP.), de las que citaremos el tipo «Curtiss», construido por la General Electric C.^a de los Estados Unidos.

La diferencia de funcionamiento del

El vapor entra en A por un extremo de la turbina, pasa por las paletas directrices y llega á la primera rueda móvil. En los canales formados por las paletas directrices el vapor toma una velocidad correspondiente al grado de expansión sufrido. El vapor pasa entonces por las paletas móviles á la velocidad adquirida,



vapor entre una y otra categoría obliga en las turbinas de reacción á buscar una disposición que equilibre el empuje lateral que se produce en las ruedas móviles por causa de la diferente presión entre sus dos caras. Es un órgano delicado, por el ajuste necesario para evitar pérdi-

en las que transforma la cantidad de trabajo que corresponde al grado de expansión. El vapor llega en seguida al segundo distribuidor, donde toma la velocidad correspondiente á la segunda expansión, que se transforma y utiliza en la segunda rueda móvil, y así sucesivamente hasta

el último grado. De este modo el trabajo que corresponde á cada grado de expansión es transmitido á la rueda móvil correspondiente, y á la salida de la última rueda móvil el vapor pasa al condensador ó se escapa al aire libre.

Generalmente la turbina Zoelly está dividida en dos partes: de alta y de baja presión, como se indica en la figura 1.^a, en la que la parte de alta presión está en proyección y la de baja presión en corte. La envolvente es de dos partes aisladas, pero montadas sobre una misma placa de fundación, de hierro fundido ó acero moldeado. La envolvente está dividida, según un plano horizontal que pasa por el eje de la turbina. Los soportes sobre los que descansa en la placa de fundación están colocados lo más cerca posible por debajo del plano de división, de modo que la dilatación de la envolvente no produce desplazamiento horizontal apreciable.

Los de los soportes y cojinetes están montados directamente sobre la placa de fundación, independientes de las envolventes. De este modo la posición del eje de la turbina es independiente de la dilatación producida por el calentamiento de la turbina, y se evita la transmisión del calor á los cojinetes.

La envolvente está recubierta de un calorífugo y planchas de acero, como los cilindros de las máquinas á vapor.

El engrase de los cojinetes se obtiene con una bomba de circulación continua, que hace pasar el aceite por un refrigerante después de utilizado, obteniéndose una gran economía.

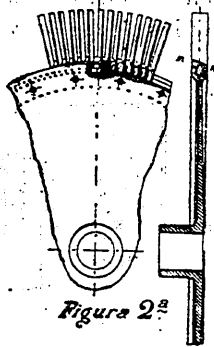
El árbol de la turbina está sostenido por tres cojinetes en los modelos pequeños, siendo entonces de una sola pieza. En los modelos mayores el árbol está dividido en el centro y los cojinetes son cuatro, dos centrales y dos continuos. En las turbinas de gran velocidad el árbol es elástico; es decir, que su diámetro está determinado de modo que el número de vueltas esté por encima de la velocidad crítica ó inversamente en las máquinas de pequeña velocidad.

Las ruedas móviles forjadas en una sola pieza de acero Siemens-Martín, terminan en una llanta ó reborde en forma de anillo (fig. 2), donde se encajan las paletas, separadas por bloques. La llanta se fija á la rueda por medio de tornillos.

Las paletas son de forma curvada, construidas de acero al níquel, para evitar su oxidación y dispuestas en sentido radial. Su sección disminuye hacia el exterior para aumentar la resistencia en la base de empotramiento.

La resistencia al empotramiento se ejerce sobre el borde de los bloques de separación de las paletas. Estos bloques son de acero también y terminan en una superficie curva, adoptada según la for-

ma que toma el chorro de vapor entre las paletas *m n* (fig. 2.^a).



Toda esta parte de la turbina es la verdaderamente delicada de construcción por el enorme esfuerzo á que está sometida y la necesidad de reducir el número de grados de expansión, lo que obliga á aumentar la velocidad lineal de las paletas hasta límites no usuales en los mecanismos contruidos hasta ahora.

Así que se adoptan cuantas precauciones es posible, como el fresar y pulimentar las superficies para evitar el rozamiento, equilibrar las ruedas con precisión, etc., y se adopta un coeficiente de seguridad de 8 á 10.

Las paletas directrices, contruidas de acero moldeado, se montan por grupos separados por partes macizas, sobre una corona de hierro forjado, dividida en dos partes por un plano diametral horizontal, cada parte unida á la sección correspondiente de envolvente, para hacer posible su montaje y desmontaje, así como el reconocimiento de las ruedas móviles.

Las ruedas directrices tienen un reborde (fig. 3.^a), por medio del cual trans-



Figura 3ª

miten unas á otras la presión ejercida en ellas por el vapor á un resalto de la envolvente.

El problema delicado consiste en evitar las fugas de vapor á lo largo del eje, entre éste y las ruedas directrices; para ello se dotan éstas de un núcleo de mayor espesor que el resto de la rueda, y se hace la junta de laberinto ó chumacera, por medio de ranuras en el núcleo de las ruedas directrices (fig. 3.^a).

Las paletas se fijan en éstas dentro de ranuras, con la conveniente inclinación y se sujetan con dos anillos torneados y fijados con tornillos.

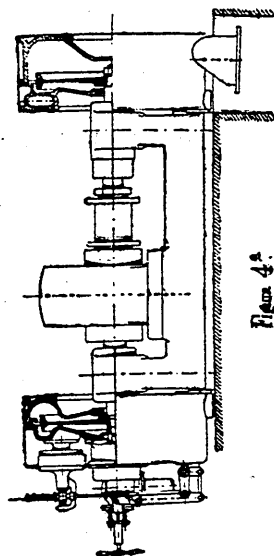
El eje atraviesa la envolvente con una empaquetadura metálica, formando junta de laberinto.

El regulador adoptado en estas turbinas es del mismo sistema que el empleado por esta casa en las turbinas hidráulicas.

El regulador de fuerza centrífuga no obra directamente sobre la válvula de admisión, sino que abre ó cierra dos válvulas auxiliares que ponen en comunicación la cara superior ó la inferior de un pistón con un depósito de agua ó aceite á presión. El pistón es el que obra sobre la válvula de admisión, y como los movimientos del pistón y de la varilla que hace funcionar las válvulas son solidarios, la regulación resulta muy rápida y sensible.

Esta turbina, como casi todas las contruidas con varios grados de expansión, lleva una válvula de admisión especial para introducir vapor directamente en la segunda ó tercera rueda móvil, á fin de admitir una sobrecarga que es siempre á expensas del consumo.

Turbina de la C.^a A. E. G.—Es un tipo especial de acción, bastante distinto de las anteriormente descritas, pues consta de dos cámaras completamente separadas, colocadas á los extremos del eje, en cada una de las cuales giran una ó dos ruedas de paletas separadas por tabiques fijos, con toberas que guían el vapor (fig. 4.^a). El vapor, después de fun-



cionar en una de las cámaras, pasa á la otra por un tubo que los une por debajo de la bancada. Los cojinetes suelen ser sólo dos, colocados entre ambas cámaras, quedando, por lo tanto, las ruedas móviles voladas; entre los cojinetes se coloca el dinamo, resultando un modelo muy sencillo y compacto, aunque con sólo dos ó cuatro grados de expansión.

Todas las disposiciones son muy originales en esta máquina.

El regulador de fuerza centrífuga consiste, en esencia, en una cinta de acero arrollada sobre el borde de un disco, en el que están montadas las toberas que dan paso al vapor; fija la cinta de acero en un extremo, la fuerza centrífuga le hace abrir más ó menos toberas, dando salida á una cantidad variable de vapor.

Turbina Oerlikon.—De acción y análoga en sus disposiciones principales á la Zoelly, anteriormente descrita, prescinde de las acanaladuras en los cojinetes y da fortaleza á las paletas que reciben la acción del vapor por medio de un aro exterior á modo de llanta. El engrase es por presión y tiene refrigerador del aceite. Con esta disposición se comprende la gran economía de estas máquinas en grasas, pues se suprime desde luego el engrasado del vapor de las máquinas de pistón, dejando además el vapor condensado en condiciones ventajosísimas para la alimentación de las calderas.

Turbina Brown-Boveri.—Pertenece al tipo Parsons de turbinas de reacción; el vapor pasa directamente de las paletas directrices á las paletas móviles, siguiendo aproximadamente las generatrices del cilindro que forman estas últimas, cuya convexidad está dispuesta en sentido contrario al de las directrices (fig. 5.^a).

(1) (((((((((((alitas fijas.
(2)))))))) alitas móviles.
(3) (((((((((((alitas fijas.

Figura 5.^a

Constan de varias ruedas móviles, generalmente repartidas en tres grupos, de diámetro distinto; dentro de cada grupo, la profundidad de las aletas va aumentando, para que el vapor encuentre siempre un volumen proporcionado á su expansión.

Las paletas directrices están colocadas en la superficie interior del cuerpo cilíndrico en que giran las móviles y entre éstas.

La expansión del vapor es, pues, sucesiva y continua, no habiendo separación de unas ruedas móviles á otras, que es la diferencia de principio que existe entre el sistema Parsons á que ésta pertenece y las anteriormente descritas del tipo de Laval.

Esta disposición produce, como es consiguiente, un empuje longitudinal que es preciso contrarrestar, y al efecto, el eje motor lleva en su extremo opuesto (fig. 6.^a) en las ruedas de paletas, tres pistones *a b c* de diámetros, correspondientes á las tres secciones de la turbina *A B C*. La cara interior de cada uno de estos pistones está en comunicación con cada uno de los tres grupos de ruedas móviles, de modo que está sometido á su

misma presión y en sentido inverso. Estos pistones llevan en su contorno rebordes que giran en los rebajos circulares practicados en la envolvente; de este modo se evitan las fugas de vapor. Este

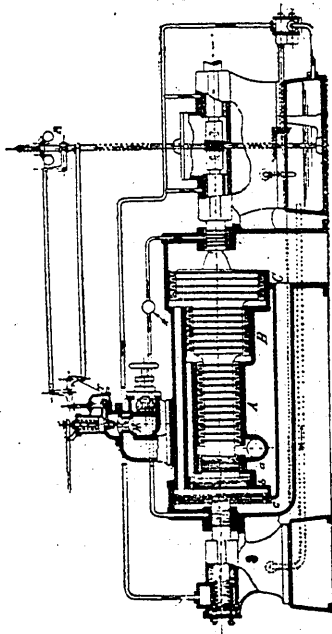


Figura 6.^a

mismo sistema ya, descrito anteriormente, se emplea en lugar de prensa estopas, para la salida del eje por sus dos extremos.

La admisión de vapor es intermitente obteniéndose esta intermitencia por medio de una válvula equilibrada *H*, sometida por intermedio de un pistón *T*, que funciona como servo-motor á la influencia del regulador *R*, de fuerza centrífuga. Éste acciona por medio de una palanca el pistón del servo-motor que aumenta ó disminuye la duración del periodo de admisión.

El engrase es igualmente bajo presión y sólo en los cojinetes, no engrasándose el vapor, de modo que podemos referir igualmente á este tipo las ventajas indicadas anteriormente.

Consumos.—Sin pretender dar cifras exactas, lo que de todos modos sería imposible, pues varían mucho con los tipos, su fuerza y las condiciones de funcionamiento, velocidad, grado de condensación, presión, etc., indicaremos únicamente, que la forma de medir este consumo parece ser, en casi todos los constructores, refiriéndolo al kilovatio hora en los bordes del dinamo, forma mucho más práctica y cómoda de medir, y, sobre todo, más segura y fija que el sistema empleado hasta ahora de referirlo al caballo hora indicado, que hay que medir con los diagramas, por medio de los resortes, medidas de superficie, etc., muy sujetos á error.

Las cifras dadas por los constructores suelen ser parecidas, aunque algo menores que las de las buenas máquinas de compound de pistón, al menos para ti-

pos de 500 caballos y mayores, esto es de 9 á 10 kg. de vapor por kw., cantidad equivalente á 5,5 á 6 kg. por caballo indicado.

Produce gran economía en el consumo el empleo del vapor recalentado, que evita los arrastres de agua, que si no tienen los peligros que en las máquinas de pistón, tienen mayor influencia en el consumo.

Son las turbinas de vapor de gran facilidad de montaje, pues tienen pocos ajustes, muy seguras por los pocos rozamientos y puntos de engrase, la eterna pesadilla de Ingenieros y maquinistas en las máquinas de pistón; no tienen grandes gastos de fundación, pues generalmente no se hace más que colocarlas sobre terreno firme, sin tornillos de empotramiento; ocupan espacios mucho más reducidos que las máquinas de pistón, tanto horizontales como verticales, no producen ruido ni vibraciones, y su coste aun cuando ahora es análogo al de las antiguas máquinas de la misma potencia, ha de reducirse, pues su peso y trabajo son mucho menores, siendo ahora costosas por haber todavía poca oferta y mucha demanda.

Por todas estas razones creemos que en breve se han de aplicar mucho para dos objetos principales, para producción de energía eléctrica y para la propulsión de barcos, estando aquél ya muy extendido especialmente en la América del Norte, y habiendo hecho del segundo ensayos en grandes trasatlánticos, como el muy reciente de la *Carmunia* en Inglaterra, en comparación con la *Caronia* de igual tonelaje, pero con máquinas de pistón, habiendo resultado mucho más ventajoso bajo todos conceptos.

La gran velocidad de rotación (1.000 á 3.000 revoluciones por minuto generalmente), obliga á emplear disposiciones especiales en los dinamos, especialmente en los inducidos de corriente continua, pero están completamente resueltas sus dificultades, tanto mecánicas como eléctricas; en cambio, en la marina ha de tener grandes ventajas, dentro de límites moderados, el poder disponer de mayores velocidades de rotación, y su pequeño volumen relativo.

J. M.^a H.

LAMPARA WOLF

Las catástrofes ocasionadas unas veces por imprudencias cometidas por los mineros y otras por no disponer éstos de buen material de alumbrado, han ido sucediéndose desgraciadamente en estos últimos años. Cada vez que ocurre una hecatombe se toman medidas, se exigen