

REVISTA TECNOLÓGICO INDUSTRIAL

PUBLICACIÓN MENSUAL

DE LA

ASOCIACIÓN DE INGENIEROS INDUSTRIALES

DE

BARCELONA.

Premiada con MEDALLA DE ORO en la Exposición Universal de Barcelona de 1888 y en la de Boston de 1883; con medalla de plata en la de París de 1889, y con mención honorífica en la de Filadelfia de 1887.



Año 13.

Julio 1890

Núm. 7



BARCELONA.

LA REDACCIÓN Y ADMINISTRACIÓN EN EL LOCAL DE LA ASOCIACIÓN
PLAZA DE SANTA ANA, NUMERO 4, PISO 2.º

Ayuntamiento de Madrid

REVISTA TECNOLÓGICO INDUSTRIAL.

Organo oficial de la Asociación de Ingenieros Industriales
DE BARCELONA.

Revista mensual de ciencias é industrias. Se ocupa ed los principales adelantos de todos los ramos de la física, de la mecánica, de la química y de las matemáticas; da á conocer importantes trabajos industriales, aparatos, máquinas, etc.; publica interesantes artículos sobre asuntos de legislación y enseñanza industrial, especialmente en lo que se refiere á la profesión del ingeniero; inserta los extractos de las actas de las juntas generales celebradas por la Asociación de Ingenieros Industriales de Barcelona y los discursos pronunciados en las sesiones de la misma, etc., etc., y sobre todo se fija en lo que tiene interés particular para la industria de este país.

Precios de suscripción:

10 pesetas anuales en toda España y 12 en el extranjero.

UN NÚMERO SUELTO 1 PÉSETA.

SE ADMITEN ANUNCIOS A LOS PRECIOS SIGUIENTES:

Anuncios de página entera (trimestre).	60 pesetas.
" de nueve décimos de página (trimestre).	54 "
" de ocho " " "	48 "
" de siete " " "	42 "
" de seis " " "	36 "
" de cinco " " "	30 "
" de cuatro " " "	24 "
" de tres " " "	18 "
" de dos " " "	12 "
" de un " " "	8 "

Los señores suscriptores á la REVISTA TECNOLÓGICO INDUSTRIAL, tienen derecho de rebaja de un 25 por 100 sobre estos precios, y los señores socios un 50 por 100, satisfaciendo á prorrata el valor que corresponda para cualquier número de décimos de página.

Para los asuntos de Redacción, dirigirse á la comisión de Redacción de la Revista.

Para los asuntos de Administración dirigirse á la secretaria de la Asociación

Plaza de Santa Ana, 4, 2.º

Ayuntamiento de Madrid

JONH BROWN & C.^o LIMITED

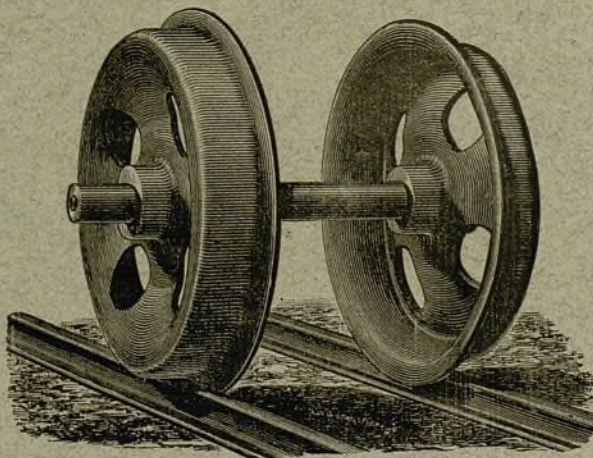
ATLAS STEEL & IRON WORKS—SHEFFIELD

Representante en España: **L. Maresch**, Barcelona, 36, Mercaders

Acero Bessemer, Siemens, fundido y demás clases. Hierros y aceros en barras laminadas y amartilladas. Planchas de hierro y acero para buques y calderas. Planchas Compound para blindajes. Hélices, árboles motores y toda clase de piezas forjadas, en bruto y labradas. Rails, muelles y llantas de acero. Topes y ruedas para locomotoras y wagones. Cilindros, ejes rectos y acodados para buques y locomotoras, etc., etc.

ESPECIALIDAD EN

RUEDAS DE UNA PIEZA



DE ACERO FORJADO

PATENTE «EYRE»

El empleo de estas ruedas en wagonetas, trucks y coches es muy ventajoso para minas y tranvías; al par que muy ligeras son de gran resistencia y duración por formar el cubo y llanta una sola pieza sin soldadura con el cuerpo de las mismas, quedando por lo tanto exentas de roturas.

Estas ruedas pueden montarse libres en sus ejes ó fijas en los mismos, los cuales pueden adaptarse para cojinetes interiores ó exteriores á las ruedas.

DISPONIBLE

CONSTRUCCIONES É INDUSTRIAS RURALES

por el Ingeniero Industrial D. José Bayer y Bosch: obra muy útil á los propietarios rurales y á cuantas personas se dediquen á trabajos de campo. De venta el **Primer Tomo** en las principales librerías y en esta administración al precio de 5 Pesetas.

El Maquinista Naval

Obra especial y utilísima que, publicada por el Ingeniero mecánico, Jefe de construcciones para la marina en **LA MAQUINISTA TERRESTRE Y MARÍTIMA** de Barcelona, Perito mecánico de este puerto y Experto del Véritas internacional

D. JUAN A. MOLINAS

compendia los conocimientos teórico-prácticos exigidos por el Gobierno para adquirir los títulos de Segundo y Primer maquinista de los buques del comercio.

La segunda edición de dicha obra, cuya primera mereció Medalla de Plata en la Exposición Universal de Barcelona, ha sido convenientemente ampliada con el brillante informe pedido á la Directiva de la «Asociación de Ingenieros industriales de Barcelona,» y con las Reales órdenes hasta la fecha publicadas, referentes al citado personal de maquinistas.

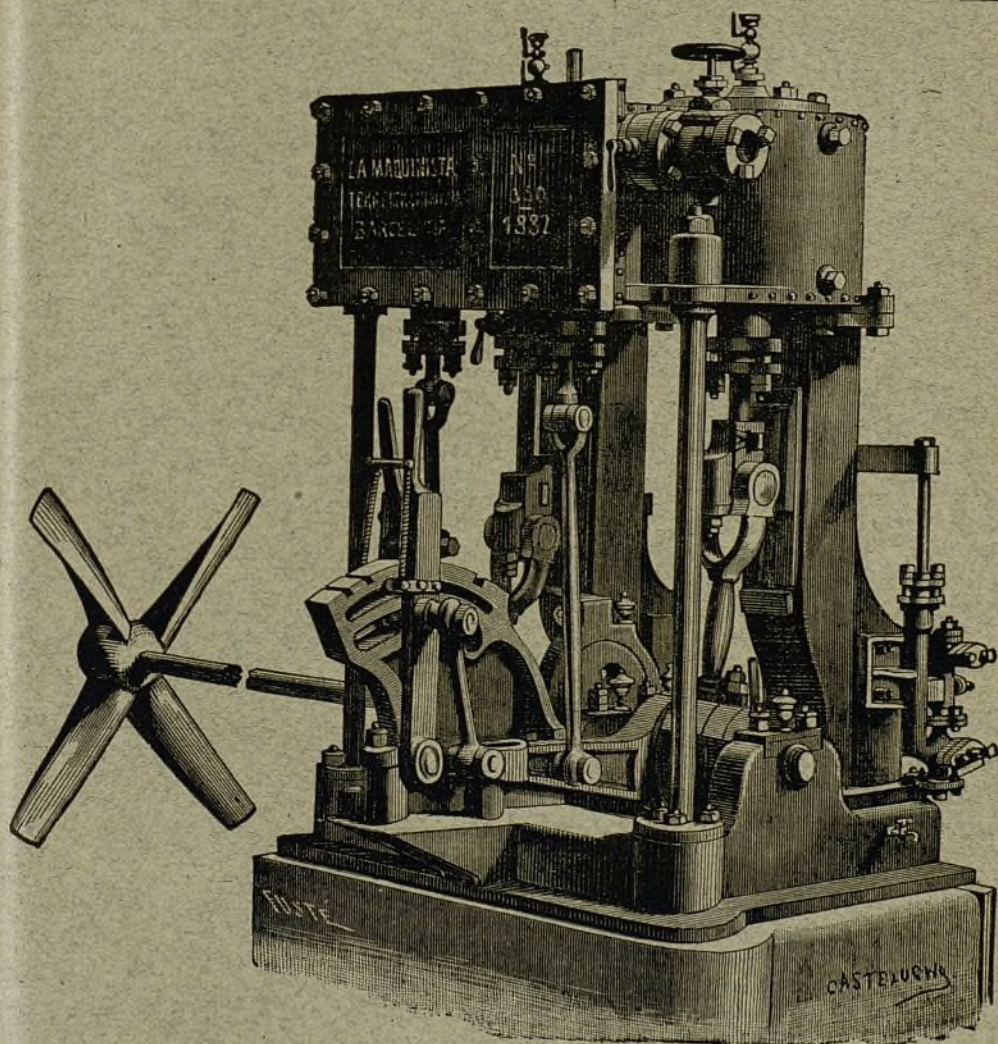
Véndese en casa del Autor—Bonayre, 5, 2.º, Establecimiento tipográfico municipal Arco del Teatro, 16; Librería de Niubó, Espadería; Viuda de José Rosell, Plaza Palacio, y en esta Administración, al precio de 7 pesetas ejemplar.

LA MAQUINISTA TERRESTRE Y MARITIMA

BARCELONA

TALLERES DE CONSTRUCCIÓN.— BARCELONETA

Máquinas de vapor fijas, semifijas y portátiles.—Máquinas para extracción y desagüe de minas
—Máquinas para la marina.—Generadores de vapor.
—Buques de hierro y acero.—Trabajos de calderería.—Hierro forjado de todas dimensiones



Locomotoras y material fijo para ferro-carriles.—Construcciones metálicas.
—Puentes y armaduras.—Mercados públicos.—Motores hidráulicos.—Transmisiones
de movimiento.—Fundición de hierro y bronce.—Proyectos industriales.

VALLS HERMANOS

MENCIONES HONORIFICAS
EN CUANTAS EXPOSICIONES HA TOMADO PARTE



MENCIONES HONORIFICAS
EN CUANTAS EXPOSICIONES HA TOMADO PARTE

TALLERES DE FUNDICIÓN DE HIERRO Y BRONCE

Y

CONSTRUCCIÓN DE MÁQUINAS

CASA FUNDADA EN 1854

19—Calle Campo Sagrado—19

Ensanche de San Antonio; entre las calles de la Cera y de San Pablo

INGENIERO-DIRECTOR: D. AGUSTÍN VALLS Y BERGÉS

Máquinas de vapor de mediana y alta presión.—Turbinas del sistema Moreno perfeccionadas al 80 por 100 de efecto útil medio.—Prensas hidráulicas para el aceite de linaza cacahuete, aceituna, etc., etc.—Prensas de todas clases, de palanca sencilla y palanca múltiple y de engranajes para el vino, aceite ú otros usos.—Máquinas y cilindros para triturar la aceituna, cacahuete, almendras, linaza, etc., etc.—Juegos de molinos con piedras y rulos para moler aceitunas, almendras, etc., etc.—Prensas para la fabricación de fideos y pastas para sopa calentando la campana á fuego directo, agua caliente ó por vapor.—Máquinas y aparatos para amasar, ó fresar y picar la masa, para la fabricación de fideos, movidas por caballería ú otro motor.—Máquinas para picar la masa con el plato giratorio, rulo fijo, nuevo modelo.—Bombas y norias perfeccionadas, para la elevación de aguas y para riegos.—Molinos harineros y demás clases.—Cilindros, mezcladores, batidores y demás aparatos de varias dimensiones para la fabricación del chocolate.—Prensas para imprenta, encuadernación y paquetería.—Prensas para losetas y mosaicos hidráulicos.—Cortadores y volantes de todas clases para sorpresas y otras aplicaciones.—Guillotinas de todas dimensiones para cortar papel y muestrarios de ropas.—Trasmisiones de movimiento y embarrados.—Fuentes monumentales de todas clases.—Construcciones artísticas é industriales públicas ó particulares.—Columnas, jácenas, pelmodos, vigas, balustres, rejas, dilos, etc., etc., y demás trabajos de fundición para obras, según modelo, etc.

Casa especial en la construcción de prensas hidráulicas y de las de sistema dinámico para todas las industrias y aplicaciones agrícolas.

Dirección telegráfica: VALLS, Campo Sagrado.—BARCELONA

EL INDICADOR DE PRESIONES

POR EL INGENIERO INDUSTRIAL

D. JUAN A. MOLINAS

De reconocida utilidad para Ingenieros, Constructores de máquinas de vapor, Gefes de taller y Maquinistas.

Forma un esmerado volúmen con grabados intercalados en el texto, y véndese en esta administración al precio de Pesetas 3'50.

Revista Tecnológico-Industrial

Los señores socios y suscritores que deseen poseer la colección completa de esta REVISTA, hallarán en la Administración de la misma, Plaza de Santa Ana, 4, números sueltos y tomos encuadernados en rústica, al precio de una peseta el primero y doce pesetas los segundos. Se mandaràn por correo á todo aquel que acompañe al pedido de cualquiera de ellos, su importe en sellos de franqueo, libranzas del giro mútuo ó en cualquiera otra forma convenida en el comercio.

ELEMENTOS DE ELECTRO DINÁMICA INDUSTRIAL

por D. FRANCISCO DE P. ROJAS

Esta obra conviene especialmente á los Ingenieros que desean ponerse al corriente de lo más esencial y necesario relativamente á las aplicaciones eléctricas. Su lectura debe preceder á la de todo estudio profundo de la electricidad, porque allana y facilita extraordinariamente el camino, con una exposición sencilla y clara con imágenes y analogías familiares á toda clase de ingenieros, y con figuras esquemáticas, que son el único modo de representación que conviene á los aparatos eléctricos.—Los Ingenieros no sacarán partido alguno de la lectura de obras francesas llenas de inútiles clichés, y propias solamente para explotar la credulidad de las personas que se interesen en el estudio de las aplicaciones eléctricas. Son libros hechos para los editores y autores, no para lectores, que al acabar el libro saben lo mismo que antes de empezarlo.

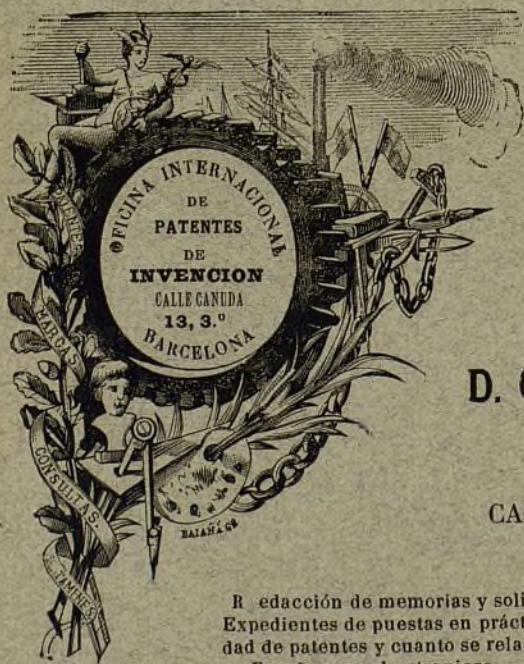
Se halla de venta en la Administración de la revista *Industria é Invenciones* Canuda, 13, 3.º, Barcelona. Teléfono, 1.048, y en Madrid, librería de Fè, Carrera de San Gerónimo, y librería de Guttenberg, Príncipe, 14.

COLECCIÓN LEGISLATIVA

REFERENTE Á LOS

INGENIEROS INDUSTRIALES

Comprende todo lo legislado respecto á los Ingenieros Industriales desde la creación de la carrera, forma un tomo de 260 páginas encuadernado en rústica y se vende en esta Administración al precio de 3 pesetas ejemplar.



PATENTES DE INVENCION

Y
MARCAS DE FÁBRICA Y DE COMERCIO

OFICINA INTERNACIONAL

BAJO LA DIRECCIÓN DE

D. GERÓNIMO BOLIBAR

INGENIERO INDUSTRIAL

CANUDA, 13, 3.º, BARCELONA.

Redacción de memorias y solicitudes.—Planos.—Pago de anualidades.—Expedientes de puestas en práctica.—Consultas y dictámenes sobre nulidad de patentes y cuanto se relaciona con la obtención y venta de patentes en España y en el extranjero.

BARCELONA.—Establecimiento tipográfico de Pedro Ortega, calle del Palau, núm. 4.

REVISTA TECNOLÓGICO-INDUSTRIAL

PUBLICADA POR LA

ASOCIACIÓN DE INGENIEROS INDUSTRIALES.

Barcelona Julio de 1890

SUMARIO

Máquinas de 1500 caballos indicados, construidas en los talleres de La Maquinista Terrestre y Marítima.—Discusión acerca de la memoria de M. Kennedy sobre laboratorios de Ingeniería en «The Institution of Civil Engineers» (*continuación*).—Teoría de la máquina de vapor (*Continuación*).—Noticias.

MÁQUINAS DE 1.500 CABALLOS INDICADOS,

construidas para el Estado y con destino á los cruceros CRISTÓBAL COLÓN y CONDE DE VENADITO, en los talleres de LA MAQUINISTA TERRESTRE Y MARÍTIMA de Barcelona.

(Continuación.)

Émbolos.—Son de hierro fundido y llevan un solo anillo de empaquetadura, puesto en acción por medio de muelles de acero templado en número de nueve para el émbolo del cilindro de admisión y quince para el del cilindro de expansión; en la parte inferior de los émbolos y en una extensión de un cuarto de su circunferencia, están sustituidos los muelles por piezas macizas convenientemente aseguradas; tienen por objeto evitar la compresión del anillo. Estos émbolos tienen la forma de un cilindro de 0'20 metros altura, reforzado interiormente por medio de nervios dispuestos en el sentido del radio, unidos con otros dispuestos en el sentido de la circunferencia; la parte maciza fijada en la parte inferior de los émbolos, de la cual hemos hablado, puede actuar sobre el aro por medio de tres tornillos; la tapa del émbolo está asegurada con 12 tornillos de 25 milímetros de diámetro roscados en macizos de bronce convenientemente dispuestos en las cavidades del mismo; estos tornillos

llevan una seguridad para impedir que se aflojen. El anillo de los émbolos puede abrirse bajo la acción de los muelles quedando su unión cerrada al paso de vapor por un cubre-juntas de bronce que permite las dilataciones del aro sin dejar de incomunicar los extremos de los cilindros.

Distribución.—En los lados exteriores de los cilindros de la máquina hay adaptadas las cajas N y O que contienen los distribuidores cuya descripción ya hemos dado, faltándonos ahora para completar la misma, dar algunas dimensiones de sus elementos. Los orificios de entrada de vapor del cilindro de admisión, son dobles, miden 0'845 metros ancho por 0'057 metros alto y el de escape 0'845 metros ancho por 0'133 metros alto. El recubrimiento de la válvula de distribución en la entrada de vapor, es de 41 milímetros en el lado del vástago y 35 milímetros en el opuesto. El recubrimiento en el orificio escape de vapor es negativo, y tiene—12 milímetros en el lado del vástago y 13 milímetros en el opuesto. La carrera máxima del distribuidor es de 148 milímetros.

Los orificios de entrada de vapor en el cilindro de expansión son también dobles y miden 1'32 metros ancho por 70 milímetros alto, el orificio de escape mide 1'32 metros ancho por 0'171 metros alto. El recubrimiento de la válvula en la entrada de vapor lado del vástago, es de 41 milímetros y 36 en el lado opuesto. El recubrimiento en el orificio escape de vapor es negativo y mide—7 milímetros en el lado del vástago y 7 milímetros en el lado opuesto. La carrera máxima recorrida por el distribuidor es de 148 milímetros.

Órganos del movimiento general.—Las piezas que los componen son los vástagos de los émbolos, crucetas, patines, barras de reversión, barra de conexión y eje cigüeñal. Los vástagos son de acero forjado de 0'18 metros de diámetro, y van unidos por un extremo á los émbolos por medio de tuercas y chaveta de seguridad que atravesando la espiga roscada de dichos vástagos, encaja en una de las 7 ranuras que llevan las tuercas; por el otro extremo van unidos á la cruceta guía de los mismos de una manera análoga á la ya explicada para con el émbolo. Las crucetas en número de dos para cada cilindro, sirven para invertir el movimiento de la barra de conexión; la más próxima á los cilindros descansa sobre la placa, terminando en dos patas y formando puente; estas están provistas de patines de bronce que resbalan sobre guías dispuestas encima la placa de la máquina; las crucetas son de acero forjado, tienen 0'18 metros de espesor y están separadas de las crucetas principales 2'01 metros; estas se articulan con el extremo de la barra de conexión, lado de la horquilla, y van guiadas por un patín central que encaja en una guía dispuesta en la placa y formando parte de la misma; el patín es de bronce y mide 0'48 metros longitud por 0'34 metros ancho; la parte alta de esta cruceta, que también es de acero forjado, está provista de un doble muñón de 0'17 metros diámetro por 0'19 longitud ca-

da uno. Es en estos muñones donde se articula la horquilla de la barra de conexión.

Las barras de reversión que unen las crucetas, miden 0'115 metros de diámetro; la distancia transversal entre centros de barras es de 0,90 metros y están unidas á ellas por medio de tuercas y chavetas de seguridad, ajustadas en una de las ranuras abiertas en las mismas.

Las barras de conexión son de acero forjado; miden 1'54 metros de longitud entre centros, terminan por un extremo con dos cojinetes formando horquilla para unirse á la cruceta guía de la misma, y por el otro termina con el cojinete de cabeza que se adapta al cigüeñal correspondiente del eje motor; el cojinete mide 0'28 metros de diámetro, es de bronce y está provisto de metal anti-fricción la parte en contacto con el muñón; todas las tuercas que fijan las tapas de la misma llevan un tornillo de seguridad fijado en el anillo de asiento para evitar que se aflojen durante la marcha. El eje de cigüeñal forma dos codos en ángulo recto, cuyos codos ó cigüeñales reciben la acción de los cilindros; este eje descansa sobre tres soportes que forman parte de la placa de asiento, están provistos de cojinetes de bronce revestidos interiormente con tiras de metal anti-fricción y estos cojinetes están dispuestos de manera que pueden desmontarse sin necesidad de levantar el eje; este eje es de acero forjado, sus muñones miden 0'28 metros de diámetro por 0'32 metros de longitud; la longitud de los 3 cojinetes ó chumaceras es de 1'73 metros, las tapas de las mismas son de hierro forjado de 75 milímetros espesor, llevan practicadas en el centro una abertura de tamaño suficiente para que pueda pasar la mano y poder apreciar por el tacto, si los cojinetes se calientan durante la marcha de la máquina.

Movimiento de la distribución.—Consiste en dos excéntricos para cada distribuidor, al objeto de poder cambiar á voluntad el sentido de rotación; las barras de estos excéntricos se articulan en los extremos de los sectores ó bastidores Stephenson, cuyos sectores se mueven girando en su movimiento los vástagos de los distribuidores; de la posición del sector dependen las condiciones de distribución y sentido de marcha de la máquina; el movimiento á este órgano de la distribución se le comunica por medio de una palanca colocada en la parte inferior y la barra de suspensión P de 1,156 metros largo que une la palanca con la parte alta del sector.

Las palancas que actúan sobre las barras de suspensión están fijadas en un eje Q de 0,100 metros de diámetro, colocado paralelamente al de la máquina, sostenido por soportes fijos en la placa; la palanca correspondiente al cilindro de admisión es acodillada y conecta su brazo mayor R con otra palanca doble S que está fijada en un eje paralelo al primero; en este eje hay dispuesto un contra peso T compensador del mecanismo de la distribución, haciendo más fácil la ma-

niobra de cambiar la marcha de la máquina. Hay un tirante U que une el brazo inferior de la palanca últimamente mencionada, con el brazo mayor de la palanca acodada de suspensión; el otro brazo articula con una cremallera V que descansa sobre un rodillo guía dispuesto en la parte superior del aparato de cambio de marcha. Esta cremallera que es la que actúa para fijar el sector en un punto cualquiera de su carrera, puede ser movida á mano y con la máquina especial. Para maniobrar á mano hay un volante de hierro fundido X de 1,15 metros diámetro montado en un eje, el cual lleva un piñón de bronce Y en su extremo que engrana con una rueda Z, cuyo piñón y rueda están dentro del armazón del aparato y por lo tanto no se pueden representar en la vista de frente lámina 4.^a; montada en el eje de la rueda y en su extremo, hay otro piñón A' que engrana con la cremallera si se manioobra con la máquina auxiliar, compuesta de dos cilindros de vapor que actúan sobre un eje común B', en cuyo centro hay un tornillo de infinito, el cual transmite su movimiento á una rueda helizoidal C' montada loca en el eje del volante de mano; pero que mediante un acoplamiento de enchufe D' puede hacerse solidaria en él. Mediante este acoplamiento cuando se quiera maniobrar á mano, se puede actuar sobre la cremallera sin que sirva de estorbo la rueda helizoidal que, de otro modo, impediría el movimiento.

La cremallera es de acero forjado y está compuesta de 20 dientes de 18 milímetros de altura por 115 milímetros de ancho; por un extremo termina formando tope y por el otro con una horquilla que articula con las palancas á las cuales transmite su movimiento. Sobre la cremallera hay dispuesto un freno no representado en la figura; y, para sujetar el cuadrante en un punto cualquiera de su carrera.

Antes de terminar con el mecanismo de la distribución, diremos cuatro palabras sobre la construcción de los excéntricos; estos son de hierro fundido con abrazaderas y barras de acero forjado; las abrazaderas están recubiertas interiormente con anillos de bronce, fijados con tornillos de rosca y remachados en las mismas, están fijados al eje por medio de un tornillo de presión auxiliar y una chaveta de acero de 70 milímetros ancho por 35 de altura; la excentricidad de los mismos, es de 108 milímetros, sus diámetros miden 0,655 metros, las barras terminan con una horquilla que se articula con el sector ó bastidor respectivo, la longitud de las barras de excéntrico es de 0,863 metros.

Los patines de los vástagos de los distribuidores de vapor llevan una disposición especial para recibir el movimiento de los bastidores que consisten en un cilindro macizo E' de bronce, aprisionado en el mismo patín y susceptible de adquirir un pequeño movimiento de rotación, originado por los movimientos del sector que atraviesa dicho cilindro por su centro, comunicando á los vástagos de la distri-

bución un movimiento rectilíneo alternativo; las cabezas de los vástagos van guiados en unos soportes donde encajan por medio de un apéndice en forma de cola de milano.

Condensador.—Es de los llamados de superficie ó secos, con doble circulación de agua fría; consiste en una caja de 2'00 metros largo por 1'95 ancho y 1'20 alto, en cuyo interior hay 2630 tubos de latón estañados interior y exteriormente; miden 2 metros de longitud y están apoyados entre placas de latón en sus extremos y otra intermedia; su diámetro es de 22 milímetros en el exterior, en las placas de uno y otro extremo están fijados por medio de prensa estopas roscados en las mismas, la circulación de agua se hace exterior á los tubos y la condensación del vapor en su interior; este condensador está dispuesto para que pueda funcionar como si fuese de inyección ordinaria ó de mezcla; á este efecto hay un tubo F'', lám. 3.^a que atraviesa el recipiente de entrada de vapor; este tubo llamado tubo rociadera está provisto de ranuras en la parte alta, y este en comunicación con el agua de la mar mediante la válvula G' maniobrada desde el piso de máquina. El vapor entra por un extremo de condensador procedente del escape del cilindro de expansión, atraviesa interiormente el haz de tubos constantemente enfriados, y por el otro extremo es recogido en forma de agua y aire por la bomba llamada de aire, colocada debajo del mismo, manteniendo en la cámara de condensación una presión absoluta de 0,20 kilogramos por centímetro cuadrado.

Dicho condensador está provisto de varias aberturas de registro para poder visitar las distintas partes del mismo: la superficie refringente es de 264 metros cuadrados.

La caja de hierro fundido que compone el condensador, está reforzada en sus caras planas con tirantes de latón H' en número de seis, colocados verticalmente y 2 horizontales; en su interior lleva una plancha vertical de bronce I' que sirve de apoyo á los tubos y otra J' colocada horizontalmente con aberturas en un extremo para obligar así al agua á que dé doble circulación por entre los tubos; ésta tiene su entrada por la parte inferior opuesta á la entrada de vapor, atraviesa el compartimiento bajo de los tubos, pasa á través del tabique horizontal y recorre el compartimiento alto, en opuesto sentido, yendo á descargar á la mar á impulso de la bomba centrífuga especial destinada á este objeto. Para completar la descripción del condensador, diremos que está provisto de los accesorios siguientes: una válvula para dar salida al aire contenida en la cámara de condensación cuando se pone la máquina en movimiento, un grifo para vaciar el agua del condensador, un depósito para introducir al interior de este una disolución alcalina para la limpieza del mismo, un grifo para introducir agua de la mar á la cámara de condensación para suplir las pérdidas de agua dulce y tener agua suficiente para alimentar las calderas con las bombas principales ó sean las

movidas por la máquina; lleva además un indicador para conocer las presiones interiores del cilindro.

Bomba de aire.—Está destinada como ya hemos indicado, á extraer el aire y el vapor condensado del condensador, y sostener en el mismo la presión de 0,20 kilogramos por centímetro cuadrado; es de doble efecto, su cuerpo es de hierro fundido, forrado con una camisa de bronce la parte en contacto con el émbolo. Colocadas en planos paralelos al eje de la bomba, hay doce válvulas K' de goma de $215 \times 185 \times 12$ milímetros para la aspiración de la misma, y doce de igual clase y dimensiones para la impulsión. El diámetro de la bomba es de 0,41 y su carrera 0,77 metros, tiene dimensiones suficientes para el caso de que efectuándose la condensación por mezcla de agua, pueda extraer además del aire y vapor condensado, el agua empleada en la inyección. El émbolo es de bronce con anillos ó empaquetadura del propio metal; la altura del émbolo es de 0,12 metros; el vástago es de metal Muntz, de 60 milímetros de diámetro y se une á la cruceta guía del vástago del cilindro de expansión de la cual recibe el movimiento. Las cajas de válvulas están provistas de registros, pudiendo ser visitadas ó cambiadas con facilidad. El tubo de descarga de esta bomba, es de 0,27 metros de diámetro y está provisto de una válvula de retención L' que, si bien permite la salida de aguas procedente de la bomba, en el caso de funcionar el condensador por mezcla, impide la entrada de aguas de la mar procedente de la circulación al depósito de agua dulce cuando la condensación se efectúa por superficie.

Bomba de circulación.—Está destinada á hacer circular agua fría procedente de la mar, por el exterior de los tubos del condensador y producir un enfriamiento en los mismos para facilitar la condensación del vapor en su interior; dicha bomba es capaz para 700 toneladas de agua por hora, es centrífuga y movida directamente por un motor especial. El rodete es de bronce y su envolvente formada por dos medias cajas unidas con tornillos, es de hierro fundido; está dispuesta para poder tomar agua de la mar ó de la sentina para el caso de una vía de agua en el casco del buque. Los tubos tanto de espiración como de impulsión miden 0,340 metros de diámetro. El motor es de un solo cilindro adosado al mamparo, su posición inclinado ó casi vertical; recibe vapor de la tubería general y puede hacer la evacuación al condensador ó á la atmósfera, el diámetro del cilindro es de 0,21 metros y su carrera 0,238; el número de revoluciones para el servicio ordinario es de 80 por 1', pudiendo alcanzar la velocidad de 150 revoluciones por minuto para dar el caudal de agua de que es capaz la bomba. El rodete mide de 0'85 metros de diámetro, el eje del mismo 95 milímetros y descansa en coginetes interiores revestidos de madera de Guayacan.

Bombas de alimentación y de sentina.—Estas bombas, en número de

dos de cada clase, son movidas por la máquina principal; cada bomba de alimentación es capaz de suministrar el agua necesaria á todas las calderas, desarrollando la máquina todo el trabajo. La disposición de las válvulas es tal, que pueden estas ser visitadas sin necesidad de parar la máquina. Tanto las bombas de alimentación como las de sentina, son de bronce, así como sus cajas de válvulas; las bombas de alimentación llevan en la tubería de impulsión, manómetros graduados al doble de la presión de régimen de las calderas. Estas bombas son de simple efecto, impulsando la embolada en dos mitades, obteniéndose las condiciones de bomba de doble efecto en lo que se refiere á regularidad de esfuerzo á transmitirle, y chorro continuo en la descarga: en una carrera sencilla de las bombas, expelen la mitad del agua de la embolada y en la otra carrera sencilla expelen la otra mitad. Los vástagos de los émbolos son diferentes y tienen un diámetro correspondiente á la mitad del área del émbolo: de esta manera al evacuar la embolada, el agua pasa á ocupar el volumen que deja libre el vástago en el cuerpo de bomba, cuyo volumen libre resulta ser el de la mitad del agua impulsada por el émbolo, siendo la otra mitad dirigida á la tubería de impulsión; cuando el émbolo se mueve en sentido de aspirar de nuevo, desaloja el agua contenida en el lado del vástago á la tubería de impulsión.

El diámetro de las tuberías de alimentación es de 83 milímetros y 59 el del vástago; el de las bombas de sentina es 105 milímetros y 70 el del vástago; la carrera común de estas bombas es de 0'77 metros.

Como ya hemos indicado en la descripción general de la máquina, estas bombas reciben el movimiento directamente de las crucetas principales, donde conectan los vástagos de las mismas. Los prensa-estopas de las bombas pueden maniobrase con dos tornillos colocados en sentido de un diámetro; cada tornillo lleva un piñón de bronce que á la vez sirve de tuerca, estos engranan con una rueda colocada entre los dos piñones, cuyo centro está en la línea recta que une los centros de los dos piñones; mediante esta disposición, cuando se aprieta un tornillo, se transmite el movimiento al otro tornillo, y el prensa-estopas se mueve paralelamente al eje de las bombas.

Bomba de mano.—Esta bomba dispuesta en el extremo del eje motor lado de proa, puede ser movida por la máquina. A este efecto hay colocado un gorrón en el eje á una distancia de 90 milímetros del centro, siendo entonces 180 milímetros la carrera de la bomba; su diámetro es de 150 milímetros; puede desconectarse á voluntad y mediante una disposición especial que permite con facilidad cuando la máquina esté parada, el que la bomba pueda funcionar á mano por medio de una palanca; esta bomba es capaz para alimentar las calderas á media presión cuando funciona con la palanca de mano. La tubería de esta bomba comunica con los tubos de las bombas de alimentación principales, y puede tomar agua de las calderas, de la sentina y de la mar y aun más,

puede descargarla á la cubierta del buque ó al costado del mismo. Es toda ella de bronce, formando un solo cuerpo con la caja de válvulas; es de simple efecto y sus válvulas pueden ser visitadas sin necesidad de desconectarla de la máquina.

Línea de ejes y propulsor.—La línea de ejes, tiene una longitud total de 25 metros, y está formada de 5 trozos unidos entre sí por medio de platos y tornillos, estos en número de 5 en cada unión, miden 68 milímetros de diámetro; el diámetro del eje cigüeñal es de 0,28 metros, así como el brazo que lleva el propulsor, y 0,27 metros de diámetro la parte intermedia, es todo de acero forjado. Uno de los trozos intermedios está provisto de 9 anillos formando una sola pieza con el mismo eje; el diámetro exterior de estos anillos es de 0,375 metros y el espesor de cada uno es de 30 milímetros, y tiene por objeto transmitir la acción del empuje á un soporte especial; el último trazo de la línea de ejes está recubierto de una camisa de bronce en una longitud de 5,60 metros al objeto de evitar que el agua de la mar esté en contacto con dicho eje; toda la línea descansa sobre cuatro cojinetes intermedios además de los soportes principales de la máquina, el cojinete de empuje y la bocina que forma el último soporte del eje inmediato al propulsor y que atraviesa el casco del buque; este soporte en forma de tubo, es todo de bronce y en sus extremos está guarnecido con tiras de madera de Guayacan en número de 20 de 23×40 milímetros de sección por 0,875 metros largo en el extremo de popa y 0,460 metros en el extremo inferior de la bocina, lado donde está dispuesto un prensa-estopas para impedir la entrada de agua; la bocina mide 5,24 metros, el eje descansa sobre la parte guarnecida de madera, las tiras de madera dejan claros entre una y otra por donde puede entrar agua que después de haber circulado por el interior de la bocina es dirigida por un tubo á la cámara de máquina para el servicio de refresco de la misma; el objeto de hacer circular agua por el interior de la bocina y por entre los soportes de madera, es para conservar fría esta parte del eje que no es accesible al personal de la máquina y para que disminuya el rozamiento del eje que de lo contrario podría calentar y producir averías.

(Continuará)

DISCUSIÓN ACERCA LA MEMORIA DE M. KENNEDY

SOBRE LABORATORIOS DE INGENIERIA EN "THE INSTITUTION OF CIVIL ENGINEERS."

(Continuación).

Para encorvar vigas de hierro de 1 pulgada de sección, hasta $\frac{3}{8}$ de pulgada, se hacía uso de una tercera máquina, en la que por medio de un resorte se medía la fuerza cuya compresión podía leerse en la escala de un *verner*. Este era el procedimiento, y quizá era todavía el que Sir Joseph Whitworth, adoptaba en sus talleres para el ensayo de calidad de sus conocidos aceros. En otras máquinas no había nada especial digno de mencionar; aunque los alumnos por si mismos, construían aparatos interinos para objetos determinados. Estaba convencido que los experimentos hechos sin máquinas especiales, resultaban tan provechosos para los alumnos, como podía serlo cualquier aparato construido y elaborado costosamente. Por ejemplo; la medida de la flecha en un sólido de canal, forma T ó I de sección y de 10 á 20 pies de longitud producida por cargas en varios sentidos, era mucho más instructivo para los alumnos, que la rotura por tensión de una barra, ya fuese grande ó pequeña.

Este sólido colocado sobre un número diferente de puntos de apoyo, y medidas con exactitud las presiones ejercidas sobre ellas, en sus diferentes modos de colocar la carga, proporcionaba también un experimento interesante. También un gran pedazo de plancha de hierro, colocado en posición horizontal y sostenido por varios puntos de sus bordes cargada ya en el centro, ó ya con la carga uniformemente repartida, era otro de tantos experimentos ensayado por los alumnos, en los que las diferentes formas que afectaba la superficie eran cuidadosamente delineadas. Sus discípulos habían, no pocas veces, demostrado mucho ingenio en esta clase de experimentos. Podía citar ejemplos de formas de tenazas para libertar pesos destinados á caer desde una altura sobre un material de ensayo, y medios para medir la flexión momentánea producida por los choques. Presentó un aparato para el experimento de la presión ejercida sobre las herramientas cortantes de los tornos; se componía de un porta-herramientas ordinario, prolongado hasta formar palanca, sujeto por una pequeña espiga á una pieza de madera ajustada al apoyo; arriba y abajo de la palanca había colocadas para comprobación, dos tiras de acero; cargada la palanca y equilibrado con precisión por medio de un resorte, se corría el peso á lo largo de la palanca hasta obtener la presión exacta, comprobada por las tiras,

que podían deslizarse en dos sentidos con la misma facilidad y sin rechinamiento alguno.

Corrido el peso de la palanca más de lo necesario ($\frac{1}{32}$ de pulg.) la tira de abajo tiraba mas que la de arriba y vice-versa cuando el peso no habia corrido lo suficiente.

Por este medio podrían probarse presiones de 1000 libras con solo un error de 4 libras. Sus alumnos habían verificado pruebas de esta naturaleza en diferentes máquinas del taller. Hicieron también una serie de esperimentos altamente útiles; determinar la frotación estática entre poleas y correas. El coeficiente de rozamiento parecia disminuir invariablemente conforme aumentaba la tensión; era menor para el cuero que para el algodón; incluyendo el efecto de rigidez, la variación del diámetro de la polea tenía poco ó ningún efecto para correas de cuero de un solo grueso, pero siendo doble la disminución de diámetro de la polea, producía una diferencia muy marcada en el coeficiente de fricción; este aumentaba con el espesor de la correa, no habiendo variación en lo demas. Para el ensayo de rozamiento en los ejes de rotación tenía una máquina por la cual aplicaba presiones iguales á cada lado opuesto del eje con un fuerte resorte encerrado dentro un gran tubo de hierro que avanzaba movido por un mecanismo de tornillo sin fin. El peso de todo el aparato estaba suspendido al mismo por una cadena y exactamente sobre su centro de gravedad, pudiéndose levantar esta por medio de una palanca y peso ajustados hasta obtener el equilibrio más perfecto. El momento de fricción estaba equilibrado por los esfuerzos de los dos extremos de una longitud de alambre; uno de los extremos tiraba hácia arriba á la distancia de 5 pulgadas del centro del eje, y el otro extremo hacia abajo á 5 pulgadas en dirección contraria; pasaba por una polea colocada á la parte inferior, también por otra polea á un poco más de distancia, luego hácia arriba por una 3.^a polea la que estaba enlazada con el extremo de una balanza de resorte.

La igualdad de tensión de las dos tiras era exactamente igual, medida por la balanza de resorte.

El equilibrio se comprobaba con la vibración de la palanca mencionada, y el momento de fricción se podía apreciar hasta la fuerza que representa la elevación de una libra, á la altura de una pulgada. Tenía esta mala especialidad de que ningún esfuerzo tendía á doblar el eje. Por este medio se conseguía simetría é uniforme distribución de presión en toda la extensión del soporte. Podría observar en este enlace, que la construcción de una máquina para la prueba de los ejes de rotación, tan sólida que el valor de la flexión en cualquier momento fuese muy pequeño, no eliminaba la variación de la intensidad de presión sobre la superficie del eje de rotación, porque un pequeño grado de flexión significaría una gran variación en el aumento de presión. Hizo observaciones análogas para máquina de prueba de torsión, rigidez y

fuerza en los árboles de transmisión, significando que máquinas de esta naturaleza no deben tener momento alguno de flexión. Refiriéndose á máquinas de prueba de mayor tamaño, la única ventaja que podría apreciarse en la horizontal sobre la vertical, es que la graduación de la primera se podía comprobar con la aplicación de pesos graves, en sustitución de la pieza de prueba. El autor no se extiende tampoco en explicaciones sobre el método adoptado para comprobar la graduación de la escala de las máquinas horizontales. Examinando el trazado de una máquina horizontal de 100 toneladas, vino en conocimiento que lo que se hacía era aumentar con enlace de palanca el extremo de la pieza de ensayo, moderando así, la graduación; esto no le parecía satisfactorio porque la exactitud de la prueba dependía entonces de la corrección de las dimensiones de la palanca auxiliar; y parece tan racional la seguridad de las medidas, tanto en la una como en la otra palanca estando todos conformes en que el mejor procedimiento para la comprobación de la escala, sería el uso de un muelle ó resorte comprobado de antemano por la aplicación de pesos graves. Si esta conformidad era correcta no se desprende que mejor tipo de máquina horizontal para medir sería una en la que un fuerte resorte fuera el medio para medir la fuerza? Un muelle semejante podría ser construido para la fuerza de 100 toneladas, y ser compuesto con escala graduada larga, para pequeños esfuerzos, y corta para los mayores; además debería comprobarse su fuerza máxima en una máquina vertical sencilla, p. e. la de Wicksteed. Habiendo transcurrido bastante tiempo, no hizo más que referirse á un dinamómetro de transmisión rotativa, el cual presentía; á las formas nuevas de dinamómetros de rozamiento, y á las aplicaciones y métodos relacionados con sus experimentos en las máquinas de vapor y calderas.

El Profesor Hele dijo que en la Memoria se había aludido á una forma de aparato para trazar diagramas de fuerzas y alteraciones que él había proyectado hacía algún tiempo, y que el Autor había observado con verdad que en su principio esencial era idéntico á los de monsieur Aspinall y del Profesor Unwin; sin embargo de que había en él ciertas formas nuevas de interés general que describiría con brevedad. Con este propósito, y como hasta el presente no se había publicado de ella relación alguna, tenía preparadas una proyección vertical de frente y otra lateral, por las cuales podría comprenderse con facilidad su manera de acción. La figura 26, proyección vertical de frente, representa una parte de la máquina de ensayos y de palanca simple sistema Wieks-teed á la cual está aplicado el aparato. Este se compone de un cordel, sujetado por sus extremos á los puntos g. y f. del peso móvil B; el resto del cordel es sin-fin, pasa alrededor de una polea colocada al extremo de la palanca D; después por la polea p.; y finalmente por la mediación de la polea s, en cuyo eje hay un tornillo sin fin; comunica movimiento de rotación al cilindro b, que sostiene el papel sobre el cual

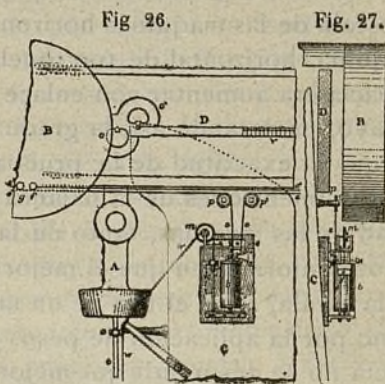
ha de trazarse el diagrama, pasando luego al otro extremo de la palanca, retrocede hasta el otro punto de sujeción. Así, como la posición del peso sobre el brazo de palanca da la medida exacta de la fuerza de la *pieza* de ensayo, por medio de la escala graduada *v*, la distancia recorrida circularmente por el cilindro, es distintamente proporcional al esfuerzo de la *pieza* de prueba *T*. La alteración sufrida se representa por el método ordinario; el extremo

del alambre *w* está sujeto á uno de dos puntos de la *pieza* de ensayo, pasando por la polea *c* hasta llegar á una pequeña polea ajustada en el mismo eje de la polea mayor *m*, de esta pende otro alambre que sostiene el lapiz *k*; el peso colocado encima *k* mantiene la tensión en los dos hilos. Actúan pues dos movimientos en ángulo recto uno de otro; el movimiento del cilindro que gira sobre su eje, y acusa el esfuerzo, y el movimiento del la-

piz en sentido vertical que acusa la alteración que en este sentido sufre la *pieza* de prueba. La proyección vertical lateral de la figura 27 representa como el peso móvil escapa el aparato, y la posición del cilindro. Este aparato es simple en extremo; los mismos estudiantes del Colegio Universitario de Bristol, lo habían construido á muy poco coste. A primera vista podría creerse que la posibilidad que se observa de aflojarse el cordel puede influir en la exactitud del resultado, mas considerando que este ha de recorrer 13 piés, mientras que el cilindro no recorre más que 6 piés, cualquier error que de esta causa derivase, quedaría reducido á 30 veces menor, tanta confianza tenía en los resultados, obtenidos de todos los ensayos practicados. Carecía de medios para apreciar el movimiento absoluto de la *pieza* de prueba en todas sus partes, no habiendo observado tampoco que se hiciese esta medición en aparatos de este género.

Dijo que el Autor se había hecho acreedor á los plácemes de todos los ingenieros profesionales por sus esfuerzos en asegurar el reconocimiento del valor que tienen los laboratorios de ingeniería y añadió además el Profesor Sharr, que teniendo alguna esperiencia en el asunto deseaba vivamente que sus palabras pudiesen tener algún efecto para la realización de que los laboratorios de ingeniería completasen la educación de los alumnos. Los Profesores que hoy han enseñado á hacer mediciones por 1.^a vez á estudiantes de mediana disposición, se convencerían pronto del valor instructivo que un laboratorio bien dirigido puede proporcionar.

Habría así un medio fácil, entre el desvelo del Profesor y los alum-



nos avanzados que aspiran á trabajos originales y á las operaciones más modernas, para hacer sus mediciones y cálculos. Había asistido á una Escuela donde se enseñaba la medición de terrenos; sobre una vasta pieza de tierra se verificaban las operaciones de campo y se daban instrucciones para colocar los puntos de mira siempre dentro los mismos hoyos, procedimiento que ahorra mucho trabajo á los Profesores y á los alumnos, que además hacían uso de formularios para facilitar los cálculos. Cree también que esto puede suceder en un laboratorio sin la especial vigilancia del Profesor.

Cuando ahora hace un año fué nombrado presidente de Ingeniería en Liverpool estaba tan convencido de la importancia que tenía un laboratorio que inmediatamente pidió recursos para establecerlo, expresando que sin su auxilio era difícil establecer una Escuela. Y debido á la munificencia de un ciudadano de Liverpool estaba á punto de construirse una, con material correspondiente, cuyo importe ascendería á Ptas. 15.000.

Para concluir, se permite llamar la atención de las personas que se ocupan en estas materias, sobre un monógrafo de los Cap. Denizeau y Lechieu; trata este extensamente de máquinas para ensayo de metales, y ha sido publicado en los *Minutes of Proceedings*.

(Trad. de D. Rosendo Moncunill.)

(Continuará)

TEORIA DE LA MAQUINA DE VAPOR

(Continuación)

Ahora, antes de llegar á la temperatura t° , no se había formado absolutamente ningún vapor, por consiguiente t° es la temperatura más pequeña á que puede existir vapor de agua á la presión p ; asimismo el volumen debajo del pistón en el instante en que se ha vaporizado la última gota de agua, es el menor que una libra de vapor á esa presión puede ocupar, porque si queremos disminuir el volumen conservando p constante, sólo podemos hacerlo por la reversión exacta del procedimiento que hemos seguido, esto es, sustrayendo el calor y permitiendo que el vapor se condense gradualmente. Si continuamos añadiendo calor, la temperatura empieza á elevarse de nuevo y el pistón continúa subiendo indefinidamente; el vapor, pues, al final del segundo período se encuentra á su menor temperatura y en su menor volumen, ó lo que es lo mismo en su mayor densidad, y este estado se designa diciendo que está saturado, y como quiera que entonces no contiene humedad diremos que está seco y saturado. En el estado que se muestra en la segunda representación de la fig. 5 ó por lo menos si suponemos que el agua aun existente, reposando quieta en el fondo del cilindro según esa representación, se mezcla con el vapor, al conjunto se le designa á veces como vapor húmedo y se le llamaría así una libra de vapor húmedo; pero no existiendo en él una libra de vapor en manera alguna, sinó una mezcla de vapor saturado y de agua, no usaremos esa designación, sinó que llamaremos á eso una mezcla; por lo tanto no necesitamos emplear las palabras seco y saturado, sino decir simplemente vapor saturado.

Hemos dicho que al final del segundo periodo, empieza un tercero, durante el cual la temperatura y el volumen aumentan si se continúa aplicando calor; el vapor se encuentra en él á una temperatura superior á la que corresponde al vapor saturado y por esto se llama vapor sobrecalentado y es respecto á este estado que son deficientes nuestros conocimientos. Sabemos muy poco del vapor sobrecalentado.

Haremos constar brevemente los caractéres de los tres periodos mencionados:

1.º El agua sigue siendo agua, el pistón está quieto, la temperatura se eleva.

2.º El agua se trasforma en vapor, el pistón sube, la temperatura permanece fija.

3.º Vapor sobrecalentado, el pistón sube, la temperatura sube.

Ahora bien, los resultados obtenidos por Regnault en sus experimentos, son los siguientes, para cualquier presión dada:

1.º La temperatura t° á la cual termina el primer periodo.

2.º El calor necesario para el primer periodo.

3.º El calor necesario para los periodos primero y segundo juntamente.

De donde se deduce inmediatamente el calor necesario para el periodo segundo. Estas cantidades las designamos con ciertos nombres y las representamos por ciertas letras.

El calor total suministrado para los periodos primero y segundo se llama «calor total de vaporización á t° desde 32° », recordando que el experimento principió á 32° . Generalmente decimos solo las últimas palabras, pero debemos cuidar de que sean comprendidas. Representaremos este calor por H .

Al calor suministrado para el segundo periodo se le llama «calor latente de vaporización» á t° , ó sencillamente «calor latente,» y lo representamos por L ; el calor del periodo primero no tiene nombre especial pero se representa por h , y si no se especifica nada en contrario H , L , se expresan en unidades termales.

Al obtener los dos primeros resultados que arriba se citan no se presenta dificultad teórica alguna para el primero, puesto que la temperatura t° permanece constante durante todo el segundo periodo; debemos asegurarnos de que subsisten las condiciones del segundo periodo; esto solo es, de que el vapor está en presencia del agua de que se forma, y esto podemos hacerlo sirviéndonos de una caldera que contenga mucha más agua de la que necesitamos vaporizar. Entonces medimos una série de presiones y de temperaturas correspondientes y observaremos que no necesitamos aquí conocer el volumen de una libra de vapor para determinar la temperatura, pues sabemos que el vapor está saturado y no calentado.

Hemos dicho que no se presentan dificultades teóricas, pero de esto no se deduce que el experimento sea fácil y sencillo; tal cosa estaría muy lejos de la verdad; se necesita mucho cuidado y gran pericia para obtener resultados exactos, pero la consideración de ello se sale del objeto de este artículo.

La segunda série de resultados, á saber, el calor necesario para el primer periodo, es también teóricamente fácil de obtener, y no describiremos el procedimiento, haciendo constar solo que h puede casi siempre en la práctica contarse como $t-32$ unidades termales, pero si se desea mayor exactitud, es algo más grande, dándose su valor exacto en

una tabla, que se encontrará creemos, en todos los tratados sobre el asunto. Si el calor específico del agua fuese uniforme, para cada grado de temperatura se requeriría una unidad termal y la elevación de 32° á t° , exigiría $t-32$ unidades termales, pero en realidad el calor específico aumenta á medida que t° aumenta y así h es más que $t-32$.

Para el tercer resultado no tenemos un procedimiento teóricamente sencillo; en primer lugar necesitamos suministrar el calor por medio de un horno ó de una lámpara de cualquier clase que sean, y ¿cómo podremos medir la cantidad de calor producida y la parte que de esta se aplicará al agua ó al vapor? La contestación es que no podemos lograr nada de esto y nos encontramos aquí con un decidido obstáculo; para salvarlo tenemos que recurrir, como lo hicimos en nuestro procedimiento cíclico, á la consideración de las relaciones entre un procedimiento y la reversión del mismo. En el simple caso que acabamos de presentar empezamos á invertir desde el final del periodo segundo nuestro procedimiento sustrayendo calor al vapor y haciendo así que este se condense y que el pistón descienda; por esta sustracción de calor, como lo aplicamos la vez primera, revestimos exactamente todo el procedimiento y volvemos á una libra de agua á 32° , y es evidente que obrando así le retiraremos exactamente la misma cantidad de calor que primero le aplicamos. Podemos medir la cantidad de calor sustraído en el procedimiento inverso y obtener así el valor de H que necesitamos.

Debemos advertir especialmente, sin embargo, que el procedimiento debe ser una exacta reversión, de otra manera nuestro razonamiento no tendrá valor alguno.

Para examinar ahora lo que practicó Regnault, nos bastará el croquis figura 6 en representación de su aparato. A es una caldera que se calienta por medio de una lámpara, B es el tubo de toma de vapor replegado dentro del agua para estar seguros de que el vapor ni contendrá agua ni estará sobrecalentado, esto es, que no se encontrará á mayor temperatura que el general contenido de la caldera.

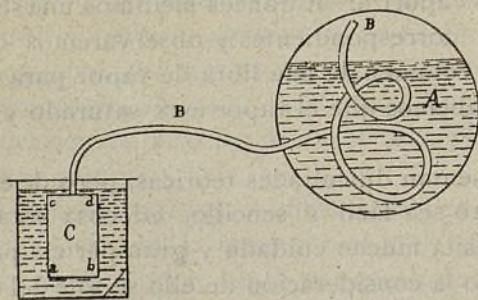


Fig. 6.

C es un recipiente de cobre en el cual se condensa el vapor. Al verificar Regnault sus experimentos C consistía en un par de esferas, pero para mayor sencillez hemos supuesto aquí que es cilíndrico, y lo supondremos de tal capacidad que desde ab hasta cd puede contener justamente una libra del vapor sobre el cual se experimenta en el momento considerado. C está sumergido en un peso conocido de agua, que se encuentra previamente á una temperatura también conocida.

Fig. 6.

Consideraremos ahora el momento en el cual el tubo de toma de vapor y el calorímetro C se acaban de llenar de vapor antes que se haya condensado la menor parte de él y veamos lo que sucede con la libra contenida entre $a b$ y $c d$; esta es una libra de vapor saturado y en su superficie $c d$ está comprimida por otro vapor de manera que la presión es p libras por pulgada cuadrada; se encuentra entónces exactamente como al final del segundo periodo en el simple caso que acabamos de examinar, porque es evidente que la materia de que está formado el pistón no afecta el procedimiento. En vez de estar la superficie $c d$ comprimida por el metal lo está por el vapor, pero no es esto aquí motivo de cambio de calor entre el pistón y la libra de vapor, puesto que ambos se encuentran á la temperatura t° , y por esto podemos decir que son idénticos los dos casos en el principio. Lo son también después en todo el procedimiento al sustraer calor de la libra de vapor $a b c d$, esta se condensará siendo comprimida por la superficie $c d$ del pistón de vapor, hasta que toda ella quede trasformada en agua y entónces su temperatura bajará hasta los 32° , si esa es la temperatura del agua exterior. En este experimento no bajará hasta los 32° sino hasta otra temperatura t_0° , por lo que solo hemos revestido una parte del procedimiento, pero podemos deducir el resultado del total con mucha facilidad.

Hemos hablado de una libra de vapor para definir más el asunto, pero desde luego el peso real del vapor no afecta al razonamiento. Hemos mostrado que todo el vapor condensado se condensa por un procedimiento que es la exacta reversión del que sería preciso seguir para formarlo de agua á t_0° que su elevaría después á t° , y después se vaporizaría á esa constante temperatura t° y su correspondiente presión p ; desde luego en el caso actual, antes que el vapor $a b c d$ se haya enfriado trasformándose en agua á t_0° , la superficie $c d$ de lo que hemos llamado pistón de vapor se habrá trasformado en una superficie de agua pero que comprimirá todavía la libra de agua con una presión p . Del mismo modo en el calorímetro globular usado por Regnault cambiaba la superficie del pistón de vapor $c d$ á medida que se condensaba la libra, onza ó peso cualquiera de vapor que había dentro del globo, pero la presión por unidad de superficie se mantenía la misma, y es esta y no la presión total la que determina el estado del vapor.

Hemos probado que la cantidad de calor que Regnault midió como devuelta por una libra de vapor al agua del calorímetro, al trasformarse de vapor saturado á la presión p y temperatura t° en agua á t_0° , es exactamente la cantidad total necesaria para trasformar una libra de agua á t_0° elevándola primero á t° y vaporizándola después á esa temperatura bajo la presión p libras por pulgada cuadrada. Nuestra próxima tarea será ver como de esto podemos deducir el valor de H y de L . Hemos visto que Regnault determinó el calor necesario para elevar una libra de agua de una temperatura t_0° á la temperatura t° y después

vaporizarla totalmente á esa temperatura; veamos ahora como espresaremos esa cantidad de calor que llamaremos Q . Tenemos:

Calor necesario para elevar una libra de agua de 32° á t° y vaporizarla después = H unidades termales inglesas

pero, Calor necesario para elevar una libra de agua de 32° á $t_0^\circ = h_0$ unidades termales inglesas, ó aproximadamente, $t_0 - 32$.

Evidentemente Q es el calor necesario para el resto del procedimiento, y por lo tanto

$$Q = H - h_0$$

Conociendo pues Q y h_0 por los experimentos deduciremos el calor H , y obtendremos una tabla de valores; podemos también representar H por una fórmula, á saber:

$$H = 1091,7 + 0,305 (t - 32) \text{ unidades termales inglesas.}$$

Siendo constante el aumento del calor total de vaporización por grado de elevación en la temperatura de vaporización, debemos aquí ponernos en guardia contra una causa posible de error. Lo que acabamos de sentar, significa, tomando un ejemplo, esto:

El calor necesario para elevar una libra de agua desde 32° á 213° , por ejemplo, y después vaporizarla bajo la correspondiente presión de 14,99 libras por pulgada cuadrada, es 0,305 unidades termales más que el requerido para elevarla desde 32° á 212° y vaporizarla bajo la presión correspondiente de 14,7 libras; para elevarla á 214° y vaporizarla bajo la presión correspondiente de 15,29 libras, serían precisas 0,305 unidades termales más y sucesivamente, pero no tenemos el menor derecho para decir que, para cambiar una libra de vapor saturado de 212° y 14,7 libras de presión á 213° y 14,99 libras presión se necesita gastar 0,305 unidades termales, ni, tomando el caso inverso, que para cambiar inversamente estas condiciones del vapor debe este ceder 0,305 unidades termales. No vamos á decir ahora que esto no sea así, sino meramente insistimos haciendo constar que nada hay en los resultados de nuestros experimentos que nos garantice para decir eso. Hacemos esta advertencia porque hemos visto sentado por un escritor dedicado á tratar este asunto, al discutir la expansión, que el vapor puede solo ceder la diferencia del calor total, como si esto fuera un axioma. Ahora, el experimento de Regnault no tiene nada que ver con el vapor de unas condiciones cambiando estas en otras; es un carácter esencial de él que en cada experimento separadamente sólo se produce vapor á una presión y por lo tanto dejando de tener presente la cuestión de si es ó no verdad tal deducción, es evidente que necesita esta alguna prueba antes de ser aceptada.

Acabamos de ver que hemos obtenido los valores de h y H para cualquier temperatura. Falta solo encontrar L , y siendo este calor sólo el correspondiente al periodo segundo ó de la vaporización, nos lo dará

la diferencia entre el total H y el necesario para el periodo primero, ó sea la elevación de temperatura del agua h .

Tenemos entonces:

$L = H - h$, Si h fuera exactamente $t-32$, tendríamos substituyendo el valor de H :

$$\begin{aligned} L &= 1091,7 + 0,305 (t-32) - (t-32) \\ &= 1091,7 - 0,695 (t-32) \end{aligned}$$

pero teniendo cuenta el aumento de valor de h , podemos dar una fórmula mejor:

$L = 966 - 0,71 (t-32)$ del todo exacta para los 212° y bastante exacta para otras temperaturas.

Terminado ahora el examen de los resultados dados por Regnault, veamos qué informes obtenemos de Merus, Tate y Unwin. Conocemos por completo todas las propiedades del vapor saturado, excepto el volumen que ocupa la libra de vapor y es este último conocimiento el que tenemos que agradecer á esos experimentadores. Las experiencias en que ese volumen fué medido se practicaron con grandísimo cuidado y muchas precauciones, y la exactitud de los resultados obtenidos ha sido después comprobada independientemente por un cálculo teórico, en el cual no entraremos más que para hacer constar el hecho interesante de que este cálculo, procedente de un método del todo independiente, que dá resultados idénticos á los de la experiencia, se deriva del hecho de que el principio de Carnot es verdadero cuando se aplica á la máquina de vapor. Sería curioso el saber si esos escritores tan deseosos de denunciar ese principio, conocen tal verdad.

Al describir las experiencias de Regnault no nos ocupamos de las correcciones ni de los detalles y seguiremos el mismo camino al tratar de las de Tate y Unwin, siendo el único punto que esplanaremos el que constituye la dificultad principal de estos experimentos. Volviendo al simple caso de una libra de agua encerrada en un cilindro, para encontrar el volumen de la libra de vapor saturado, lo que hemos de hacer es medir el volumen del cilindro en el instante en que la última gota de agua se haya vaporizado; llegamos aquí á la dificultad, esto es ¿cómo podemos decir cuándo se ha vaporizado la última gota de agua?

La contestación se sugiere por sí misma; emplear un cilindro de vidrio. Y esto es lo que se ha hecho, ó por lo menos se ha usado una vasija de vidrio, consistente no en un cilindro sino en un globo con una prolongación en forma de tallo de capacidad conocida y señalada por medio de una escala graduada en ese tallo. El croquis, *fig. 7*, muestra cómo puede realizarse el experimento: A es el globo con un tallo, que se llena con mercurio y se invierte después en la campana B, que también contiene mercurio; el agua que ha de vaporizarse está contenida en muy pequeña cantidad exactamente pesada, dentro de la burbuja de vidrio C; la burbuja se introduce en la vasija A y sube por un tallo hasta que que-

da flotando en la superficie del mercurio. Aplicando ahora calor á esa burbuja, el agua se vaporiza empujando hácia abajo el mercurio, y cuando se ha vaporizado toda puede marcarse sobre el tallo el punto donde se encuentra el nivel del mercurio, lo que nos dá ambas cosas, la presión y el volumen del peso dado de vapor. Desde luego podemos ver defectos en este método sencillo; primero la dificultad de ver exactamente cuándo se ha vaporizado la última gota de agua, y después que para presiones superiores á la atmósfera el nivel del mercurio en A debe encontrarse debajo del nivel en B, de modo que no puede ser obser-

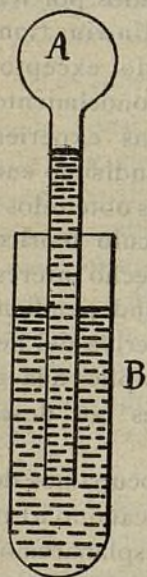


Figura 7.

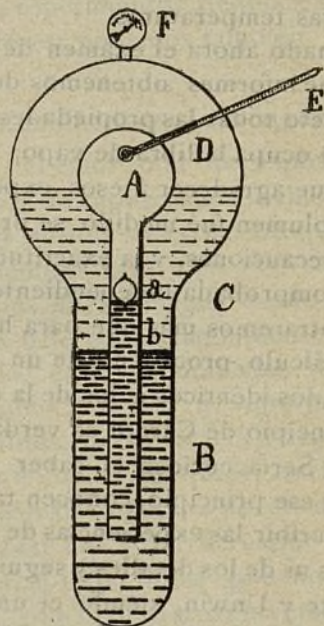


Fig. 8.

vado, y para grandes presiones necesitaríamos una gran diferencia de nivel. Es en los medios por los cuales se han vencido estas dificultades donde existe el principal interés de estos experimentos. El método fué el siguiente:

Supongamos que la parte superior del aparato se inserta dentro de una caldera D, como en la *fig. 8*, el agua se vaporiza dentro de A transformándose en vapor á la presión y á la temperatura mismas de la caldera y por consiguiente la presión en las superficies del mercurio interior y exteriormente de A será la misma excepto el ligero aumento sobre la superficie exterior, debido á la inmersión de esa superficie, bajo el nivel del agua en la caldera. La diferencia de nivel *a b* es simplemente la debida á la inmersión expresada y será constante mientras la presión del vapor dentro y fuera de A sea la misma, ó lo que es lo mismo, mientras el

vapor dentro de A sea vapor saturado, como lo es el vapor de fuera. Ahora, al elevarse la temperatura, estos niveles siguen constantes hasta alcanzar cierto grado en que el nivel interior empezará repentinamente á subir y el exterior á bajar; conocemos entonces que el vapor de dentro de A no es ya vapor saturado sino vapor sobrecalentado y el instante en que principiará á subir el nivel es el momento exacto en que la última gota de agua se ha vaporizado. En este instante, pues, el volumen conocido hasta *a* contiene el peso conocido de vapor saturado y seco á la presión y temperatura que muestren entonces el manómetro F y el termómetro E; de este modo habremos obtenido el valor de *v* correspondiente á los de *p* y *t* y procediendo así obtendremos una série completa de valores. Vemos también por este experimento que el vapor saturado es el vapor de mayor presión para una temperatura dada, pues el nivel dentro de A se eleva, mostrando que el vapor sobrecalentado de dentro tiene una presión menor que el vapor saturado á la misma temperatura en el exterior del globo.

Acabamos de ver cómo se forma una tabla de valores de *v* para el vapor saturado, tabla que se encuentra en muchos tratados sobre el vapor; si se desea una fórmula, la mejor es la debida á Rankine y Zeuner, á saber:

$$p v^{1,0646} = 479$$

Una manera muy común de representar la relación entre *p* y *v* es el trazar una curva cuyas abscisas representen los volúmenes y las ordenadas las presiones, cada una de estas dos magnitudes en una escala dada; la curva que así se traza se llama curva de saturación y este método es útil como representación breve á la vista y también para comparar esas curvas con la de expansión. Pero debe tenerse muy en cuenta que la curva de saturación no es la de expansión; aquella es solo una tabla gráfica de los volúmenes del vapor seco y saturado. Parece necesario guardarse de ese error porque se encuentran á lo mejor deducciones relativas á la función de las máquinas de vapor basadas en cálculos de áreas ó porciones de la curva de saturación. Ahora, las áreas de la curva de saturación no tienen significado alguno y no representan trabajo, como erróneamente se supone, considerándola como si fuera una curva de expansión.

Si examinamos la ecuación última y la comparamos con la de una hipérbole, en que, *p v* es constante, vemos que la curva de saturación difiere muy poco de una hipérbole, pero no debe suponerse que esto nos justifica en modo alguno si la tomamos por una hipérbola; al contrario, debemos tener presente que esa pequeña diferencia dá lugar á resultados de consideración.

Hemos considerado ya el conjunto de las bases experimentales de nuestra teoría, y lo restante de este trabajo consiste en examinar qué re-

sultados podemos deducir de ellas, mediante un concienzudo y preciso razonamiento.

Antes de continuar podemos reunir brevemente nuestros conocimientos de esta manera: Si una libra de agua se coloca en un cilindro bajo un pistón cargado á p libras por pulgada cuadrada, y se aplica calor, conocemos la temperatura (t°) á la cual principia la vaporización; el calor (h) que necesitamos aplicarle para elevar el agua de 32° á t° y el calor (L) requerido para vaporizarla totalmente á t° , y también conocemos el volumen (v) que la libra de vapor ocupa en el instante en que la vaporización se ha completado.

El primer problema que consideramos es: Encontrar el calor necesario para vaporizar parcialmente una libra de agua, y el volumen que ocupa cuando se ha vaporizado parcialmente.

Este problema es desde luego de un gran interés práctico, porque muy rara vez en la práctica nos encontraremos con el vapor perfectamente seco, casi siempre tendremos que considerar una mezcla de agua y vapor, ya se encuentre el agua mezclada con el vapor en un estado de fina división, como en el vapor de una caldera ordinaria, ya esté perfectamente separada, como probablemente sucede en el cilindro de una máquina, distribuida en sus paredes; de todos modos debemos desde luego, primero fijar cuánta agua y cuánto vapor hay contenidos en una libra de la mezcla, lo que se verifica más convenientemente haciendo constar la cantidad (x libras) de vapor seco contenido en una libra de la mezcla, llamándose x la *fracción de sequedad*. Tratando primero del volumen usaremos siempre V para designar el de una libra de cualquier clase de vapor que no sea seco, conservando v para inicial del volumen del vapor seco; tendremos entonces:

$V = \text{vol. de } x \text{ libras de vapor} + \text{vol. de } (1 - x) \text{ libras de agua} = xv + (1 - x) 0,016$ piés cúbicos, puesto que una libra de agua ocupa 0,016 piés cúbicos; en la mayor parte de los casos, no siendo x muy pequeño, es bastante aproximado decir que

$$V = vx$$

no ocupando el agua prácticamente volumen alguno.

Para hallar ahora el calor necesario á producir una libra de vapor húmedo, por ejemplo, una mezcla de x vapor y $1 - x$ agua, de una libra de agua á t_0° bajo la presión constante p , separaremos el procedimiento en dos partes:

Primera:

Una libra de agua elevada de t_0° á t° . Calor necesario $h - h_0$ unidades termales, ó prácticamente $t - t_0$ unidades termales.

Segunda:

x libras de agua vaporizadas á la temperatura t , y á la presión p . Calor necesario $= x \times L$ unidades termales.

Por lo tanto:

Calor necesario total $= h - h_0 + x L$ unidades termale.

Podríamos obtener el mismo resultado dividiendo mentalmente la libra original en dos partes, x libras vaporizadas y $1-x$ no vaporizadas; tendríamos entonces:

$$\begin{aligned}\text{Calor total} &= (1-x)(h-h_0) + x(H-h_0) \\ &= h-h_0 \cdot x h + x h_0 + x H - x h_0 \\ &= h-h_0 + x(H-h) = h-h_0 + x L\end{aligned}$$

y conocemos ahora la cantidad de calor necesaria para formar cualquier mezcla de vapor y agua á presión constante y también el volumen que ocupará el vapor siempre, excepto en el caso del vapor sobrecalentado, respecto al cual prácticamente carecemos de todo conocimiento.

Nos acercamos ahora á la cuestión importante de la utilización de este calor; nuestro objeto es convertirlo en trabajo útil si podemos y nos toca ya examinar hasta qué punto el procedimiento considerado nos facilitará el hacerlo. Tenemos en la formación del calor bajo presión constante dos distintos periodos.

1.º Elevación de temperatura del agua. En este periodo invertimos el calor $h-h_0$ unidades termale, pero el pistón no se levanta ni produce efecto alguno en los cuerpos exteriores; el calor se invierte por completo en trabajo interno, y la energía interna del agua aumenta de $h-h_0$ unidades, ó 772 ($h-h_0$) piés libras.

2.º Vaporización.—Invertimos el calor L , pero en este periodo el pistón se levanta necesariamente y al hacerlo eleva los pasos con que está cargado; se verifica entonces un trabajo externo y trataremos de saber en qué cantidad.

Sea ahora:

A = Area del pistón en pulgadas cuadradas.

Y_0 = Altura sobre el fondo del cilindro al principiar el experimento.

Y = id. id. id. al fin del experimento.

p = Carga sobre el pistón $= p A$ libras, p siendo la presión por pulgada cuadrada.

Tendremos:

$$\begin{aligned}\text{Trabajo externo hecho por libra de vapor} &= P(y-y_0) \text{ pulgadas libras.} \\ &= A p (y-y_0) = p (A y - A y_0)\end{aligned}$$

Pero $A y$, el volumen final del cilindro, es el volumen de una libra de vapor, esto es, 1728 v pulgadas cúbicas, y $A y_0$ es el volumen de una libra de agua, esto es, $1728 \times 0,016$ pulgadas cúbicas.

luego:

$$\begin{aligned}\text{Trabajo externo por libra} &= 1728 p (v - 0,016) \text{ pulgadas libras.} \\ &= 144 p (v - 0,016) \text{ piés libras.}\end{aligned}$$

De manera que al formarse una libra de vapor saturado á presión constante necesitamos convertir 144 \mathcal{P} ($v = 0,016$) pies libras de calor en trabajo externo. Hemos tomado el caso más sencillo que era posible considerar, pero el resultado no puede resultar afectado mientras la presión sea constante. Consideremos por ejemplo lo que sucede en una caldera que comunica con un cilindro. Entre la superficie del agua y el pistón tenemos una masa de vapor á la presión p y á la temperatura t . A medida que se vaporiza el agua en la caldera, el vapor formado empuja la primera masa de vapor, esto es, empuja ante él una superficie que lo resiste con una presión constante p . Tomando pues en ese trabajo A como el área de toda la superficie del agua, encontraremos exactamente el mismo trabajo y el mismo resultado. Puede hacerse la objeción de que el trabajo se verifica no en pesos externos, sino en otra porción del vapor, pero en este caso en cuanto se relaciona con la formación de la libra de vapor, la otra porción del vapor es tan externa para ella como lo sería el pistón. No es pertinente sin embargo esa objeción, pues podemos ver en ese mismo experimento que el trabajo se verifica sobre cuerpos externos á todo el vapor. Consideremos el pistón; entre él y el vapor que se está formando hay otra masa de vapor que ni recibe ni emite calor (no teniendo en cuenta los enfriamientos por contacto con las paredes del cilindro, por la radiación del tubo de toma etc.) Por consiguiente esa masa es una masa inerte y del mismo modo que es empujada por el nuevo vapor, debe empujar ante ella el pistón hasta hacerle desplazarse engendrando exactamente el mismo volumen, esto es, el volumen de la libra de vapor formada en la caldera. Este pistón se mueve pues exactamente como el del primer simple caso y verifica exactamente la misma cantidad de trabajo externo.

Siendo este el primer caso que tratamos en el cual el calor se transforma en trabajo, es esencial que lo examinemos por completo antes de pasar á otros; para ello no hay mejor camino que colocarnos en un concepto erróneo, suponiendo falsas nuestras conclusiones, y tenemos un hermoso ejemplo en ciertas proposiciones sentadas muy recientemente; mientras se escribía el principio de este artículo. El argumento puede establecerse así: En el cilindro se transforma calor en trabajo; no sabemos cómo se verifica esta transformación, pero puede tener lugar en virtud de la condensación del vapor bajo el pistón, rindiendo de este modo su trabajo y cayendo para volver á vaporizarse, y sucesivamente. De esto se deduce que cuando el pistón está colocado en un cilindro á ángulo recto con el cilindro principal, ó como si dijésemos la caldera, no pudiendo volver á ella cayendo el vapor condensado, se queda en el cilindro, y de aquí la liquefacción en este.

Examinemos ahora esto; primero, no sabemos cómo el calor se cambia en trabajo. Pero sabemos que la primer partícula de agua vaporizada aumenta su volumen algunos cientos de veces mientras se va-

poriza; necesariamente empuja entonces el pistón y verifica un trabajo externo. Si se dijese que no sabemos como la acción del calor hace aumentar de volumen á esa partícula, esto podrá ser cierto, pero ciertamente, sabemos bien como se verifica el trabajo externo.

Pasemos á la segunda parte, relativa á cómo puede efectuarse el cambio de calor en trabajo; se verifica en virtud de la condensación del vapor bajo el pistón. Apenas puede concebirse un mayor descuido en la apreciación de los hechos, que el mostrado aquí; el trabajo externo verificado empujando el pistón hácia afuera del cilindro debe efectuarse sin embargo por la condensación del vapor. Pero si los experimentos de Regnault muestran algo, muestran que la liquefacción bajo presión constante absorbe trabajo; esto es, el trabajo hecho por el otro vapor que comprime al que se condensa en el calorímetro, y dá calor, sin embargo de lo cual se nos pide creamos que aquí el vapor bajo presión constante, puede, al condensarse hacer exactamente lo contrario; esto es, producir trabajo. La falacia de esto se encuentra en la confusión de *calor y trabajo externo*; el calor y el trabajo mecánico son mutuamente convertibles, pero el calor es calor y el trabajo es trabajo y el vapor condensándose bajo presión constante necesita recibir energía en forma de trabajo y emitirla en forma de calor, en cuya proposición las palabras calor y trabajo no pueden sustituirse mutuamente. El vapor formado debajo del pistón levanta este, la recepción de calor por el fluido y el movimiento ascensional del pistón son simultáneos, no podemos admitir el vapor formándose primero (bajo presión constante) y dando después su energía al pistón como trabajo, porque hemos visto que la energía que él dá debe ser en forma de calor, y esta solamente puede trasmitirla á un cuerpo más frío que él.

Desde luego es muy natural suponer un pistón como un cuerpo metálico frío y por lo mismo explicar la condensación del vapor, pero esta no es una parte del procedimiento para convertir el calor en trabajo; es un procedimiento de calentar el pistón y el pistón no puede transformar el calor en trabajo; nuestro pistón debe, está claro, conservarse á la temperatura del vapor por algún medio, y si no lo está el calor empleado en calentarlo es una corrección y no una parte del procedimiento de conversión.

Además, aun cuando no supiésemos que la liquefacción á presión constante implica absorción de trabajo y emisión de calor, el procedimiento imaginado es absurdo, porque si fuese necesario ese procedimiento nunca podríamos formar la primer partícula de vapor ni la última; pues si para producir trabajo externo, ó un levantamiento del pistón, es preciso condensar vapor debajo de él, este no podría levantarse antes de tener debajo una cantidad de vapor para que se condensara y no pudiéndose levantar no habría sitio debajo para que se formase la primer partícula de vapor; nos encontramos así en el dilema de

que para obtener el espacio necesario al vapor, debe antes formarse ese vapor debajo del pistón y después condensarse antes de que empuje el vapor levantándolo y, semejantemente para que el pistón termine la última parte de su carrera el vapor debe de condensarse debajo de él, pero entonces claro es que no hay una libra de vapor, y sin que el pistón esté sostenido de alguna manera mientras la última parte condensada llega al fondo del cilindro y se vaporiza, resultará que nunca puede haber una libra de vapor completa, y el pistón estará oscilando hacia arriba y hacia abajo mientras la última partícula de agua corre de arriba abajo del cilindro. Por todo ello podemos dar la concepción como un absurdo, pero esto es muy útil como advertencia.

En las observaciones anteriores puede notarse que la expresión «á presión constante» se repite amenudo; tal vez puede creerse que más amenudo de lo necesario, pero lo hemos hecho así con toda intención, porque no puede ser excesivo al hablar de vaporización, liquefacción etc., el que se recuerde la clase del procedimiento en que se verifican los cambios: el procedimiento de presión constante es el único que debemos usar, porque para él tenemos los datos experimentales que necesitamos. Podemos deducir resultados para otros procedimientos, pero antes de usarlos hemos de tener la seguridad de que los hemos deducido correctamente; por ejemplo, en el procedimiento supuesto que acabamos de analizar, á pesar de que el vapor lo seguía en toda su complicación los resultados de Regnault se toman ímperturbablemente por cantidades de calor. Ahora aunque el procedimiento fuese correcto no será de Regnault, ni lo será tampoco siendo absurdo, por lo que el aplicarle los resultados de Regnault no modificará los del procedimiento. El que lo ha concebido debe tratar siempre de presentarlo en una forma práctica y obtener sus propios resultados.

Hemos pues obtenido la cantidad de trabajo externo verificado cuando se forma una libra de vapor, á saber: $144 \text{ } \phi \text{ } (v - 0,016)$ pies libras, ó poniendo P por la presión por pié cuadrado, esto es, $144 \text{ } \phi$ y omitiendo el $0,016$, lo que puede hacerse generalmente, tenemos $P \text{ } v$ libras pies.

Ahora el calor suministrado para el segundo periodo de nuestro procedimiento es L unidades termales, ó $772 \text{ } L$ piés libras: $P \text{ } v$ aparece como trabajo externo, y por consiguiente el resto debe haber quedado de algún modo en el vapor, esto es, en su trabajo interno, y tenemos:

Trabajo interno durante la vaporización = $772 \text{ } L - P \text{ } v$ piés libras =
 $L - \frac{P \text{ } v}{772}$ unidades termales.

El trabajo interno es pues menor que L , el calor latente, y esto debe tenerse muy en cuenta, resultando amenudo gran confusión entre estas dos cantidades. Es muy frecuente el ver establecido que el vapor puede rendir su calor latente; pero lo que el vapor puede rendir es su

energía interna, esto puede hacerlo sin el auxilio de nuevo calor ó de energía externa; pero si necesitamos hacerle soltar su calor latente debemos comprimirlo empujando el pistón hacia abajo con la misma fuerza con que lo había levantado el vapor y necesitamos transmitirle otra vez los Pv piés libras, devolviendo él entónces lo restante.

Conocemos el resultado obtenido de que para formar una libra de vapor á presión constante, necesitamos invertir en ello bajo la forma de trabajo interno el calor $L - P(v - 0,016)$; pero recordando ahora nuestras nociones primeras del trabajo interno nos encontramos en ellas probado que la cantidad de trabajo interno necesario para un cambio dado de estado es independiente del procedimiento especial seguido en el cambio; por lo tanto decimos ahora que la cantidad de calor invertida para el trabajo interno al transformar una libra de agua á t' en vapor á t' es $L - P(v - 0,016)$ ó $L - Pv$ aproximadamente, sin que modifique este resultado la complicación del procedimiento seguido para esa transformación. Si además conocemos los cambios de presión y volumen sufridos, podremos entónces calcular el trabajo externo verificado y añadiéndolo al trabajo interno, cuya expresión acabamos de dar, obtendremos el calor que se ha debido aplicar á la libra de fluido. A fin de poder considerar una transformación de cualquier género, tratemos ahora el caso en que no se obtiene una libra de vapor seco, sino una mezcla con la «fracción de sequedad» x ; este caso lo consideraremos fácilmente por la comparación con el cálculo para obtener vapor seco.

Calor invertido $= xL$, vaporizándose solo x unidades.

Trabajo externo verificado $= P(V - 0,016)$, siendo V el volumen final del vapor húmedo.

Pero $V - 0,016 = x(v - 0,016)$ luego trabajo externo $= P(v - 0,016)x$, y trabajo interno $= x\{L - P(v - 0,016)\}$

Podíamos haber ya tomado esto como establecido, á saber, que el trabajo interno ha de ser x veces el necesario para el cambio de la libra de agua en vapor, pero es útil proseguir de este modo, con lo cual se comprueba la corrección de nuestras concepciones acerca el trabajo interno.

Reuniendo pues nuestros resultados obtendremos una contestación completa á la siguiente pregunta, á saber: ¿Qué cantidad de calor necesitamos para hacer el cambio de una libra de agua á t' en una mezcla de vapor y agua que contenga x unidades de vapor á t' , dándose los cambios de presión y de volumen durante la operación? La contestación es:

Calor invertido $=$ trabajo externo según los cambios de volumen y presión $+ h - h_0 + x(L - P(v - 0,016))$, el trabajo interno.

En el segundo término, $h - h_0$ es el trabajo interno necesario para elevar la libra de agua de t_0 á t' , lo que es preciso antes de que principie la vaporización en el procedimiento de presión constante. Ahora por

medio de esta ecuación podemos encontrar exactamente la manera como el calor ha de ser suministrado al vapor, en cualquier punto ó entre puntos cualesquiera de su paso por la máquina; esto, desde luego resuelve el mayor número de los problemas con que tenemos que tratar, y seguiremos ahora mostrando cómo se resuelven algunos de ellos. La verdad de los resultados que obtengamos depende de la verdad de la última ecuación, los valores de las constantes que entran en ella dependen de los experimentos que ya se han descrito y su forma depende de los razonamientos que constituyen el resto de lo que precede en este artículo; si la precisión de los experimentos es aceptada y si el razonamiento es sólido y bien basado, como el autor cree ha mostrado estarlo en principios bien establecidos y de una evidencia axiomática, entonces se deducirá que los resultados deben admitirse como verdades absolutas, por más que en algunos casos parezcan anomalías que choquen con nuestras ideas preconcebidas.

La máquina más sencilla que podemos concebir constará simplemente del cilindro y un pistón que ya hemos considerado, y podemos suponerla trabajando de la siguiente manera: al principio de la carrera tenemos una libra de agua á la temperatura t_0 , el pistón está cargado con pesos $P \times A$ libras, dando P libras por pié cuadrado en el mismo ó p libras por pulgada cuadrada; la altura del pistón sobre el fondo del cilindro es $\frac{0,016}{A}$ pies; apliquemos ahora calor hasta que toda el agua se haya vaporizado, y tendremos una libra de vapor saturado y seco á la presión p , sosteniendo el pistón á una altura $\frac{V}{A}$ pies de su fondo. Coloquemos ahora un asidero para sostener el pistón fijo y quitémosle al peso $(P - P_0) A$ libras que separaremos sobre un soporte colocado el mismo nivel; la carga sobre el pistón es ahora P_0 libras por pié cuadrado; quitamos ahora calor por la aplicación de algún cuerpo á baja temperatura hasta que esta descienda á t_0 ; podemos ahora soltar el pistón del asidero, pues la presión bajo él será P_0 , y quitando siempre calor, el pistón bajará hasta quedar todo en el punto de partida, esto es, una libra de agua á t_0 ; colocaremos entonces sobre el pistón otros pesos $(P - P_0) A$ estando este en su posición inferior para empezar otra carrera, y así sucesivamente. Para examinar el trabajo de esta sencilla máquina tenemos, por carrera:

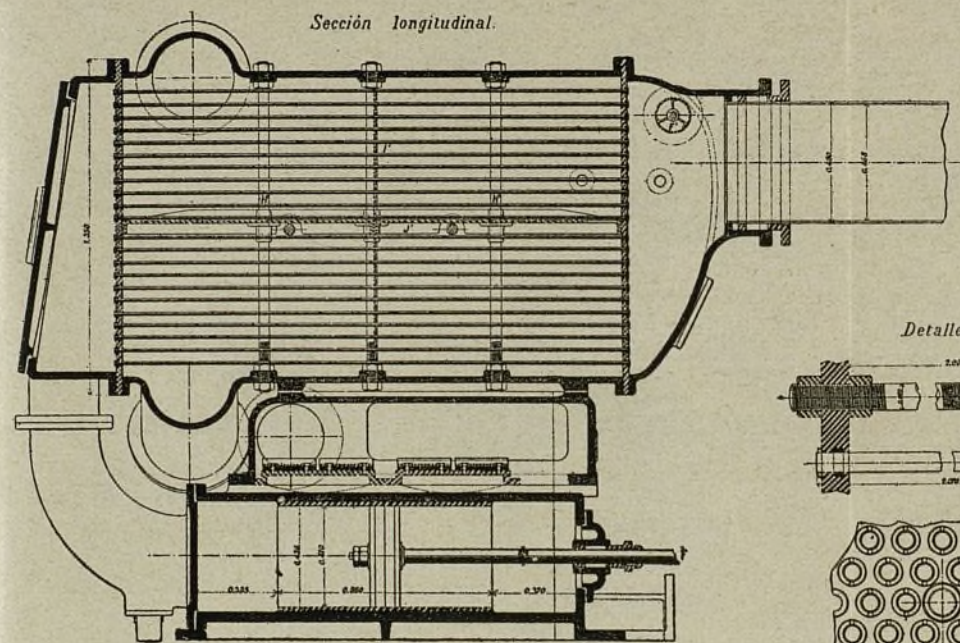
$$\text{Trabajo externo verificado} = (P - P_0) A \text{ libras} \times \left(\frac{V}{A} - \frac{0,016}{A} \right) \text{ pies}$$

Calor aplicado $= H - h_0$ unidades termaleas, siendo el procedimiento exactamente el sencillo ya considerado; de donde la eficiencia ó relación del trabajo útil al calor empleado, resulta

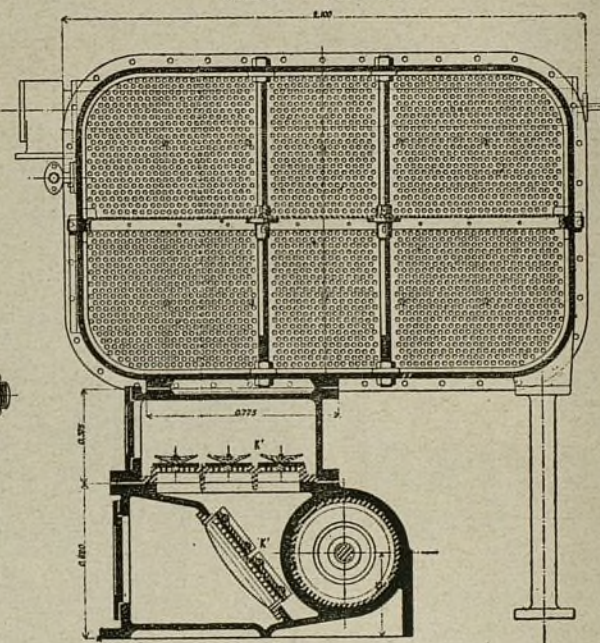
$$\frac{(P - P_0) (v - 0,016)}{772 (H - h_0)}$$

MÁQUINAS DE 1,500 CABALLOS INDICADOS
PARA EL ESTADO
DESTINADAS Á LOS CRUCEROS CRISTÓBAL COLON Y CONDE DE VENADITO
CONDENSADOR Y BOMBA DE AIRE.

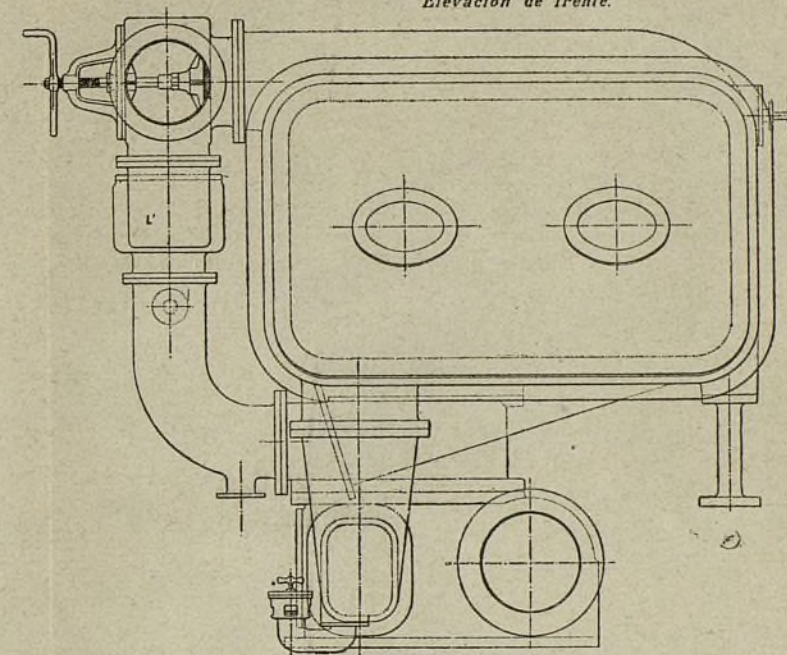
Sección longitudinal.



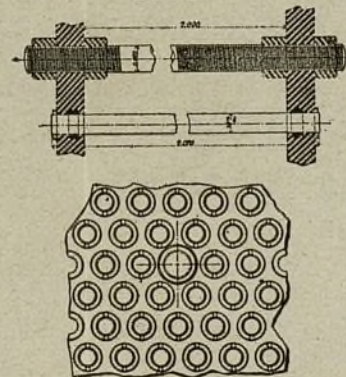
Sección transversal.



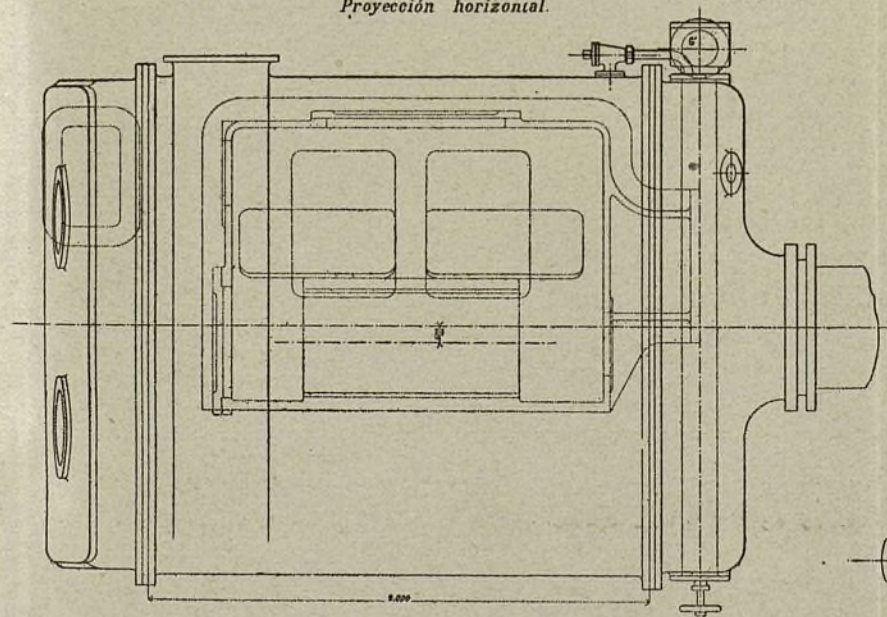
Elevación de frente.



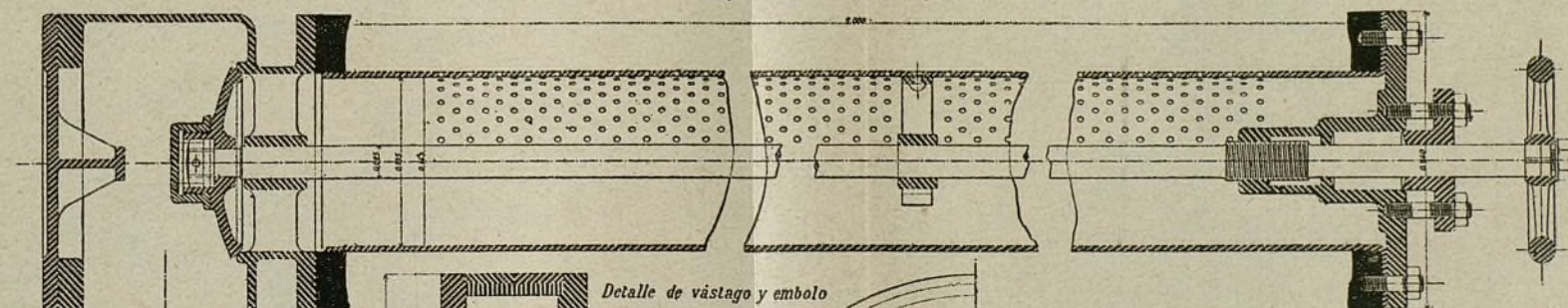
Detalles.



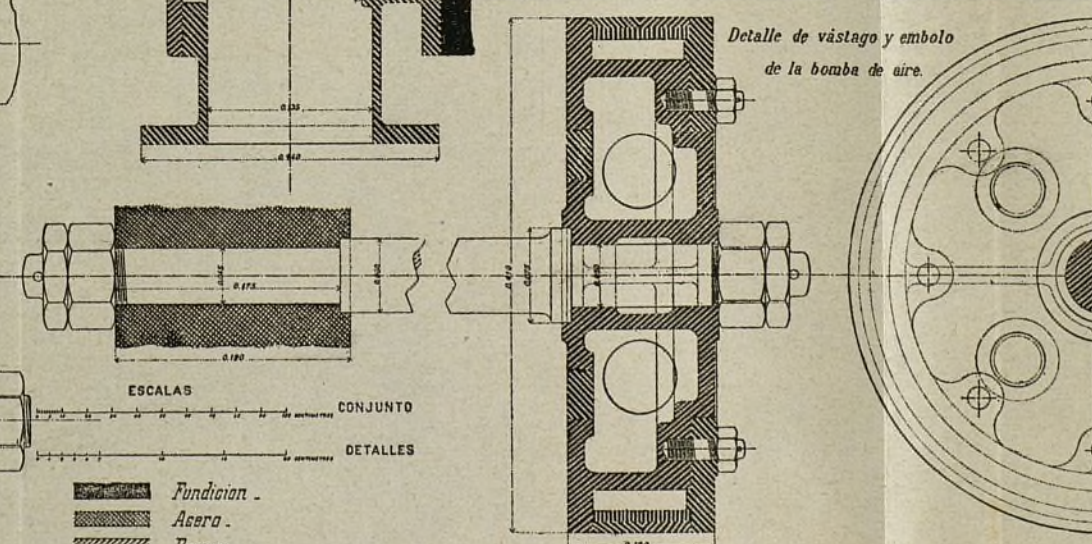
Proyección horizontal.



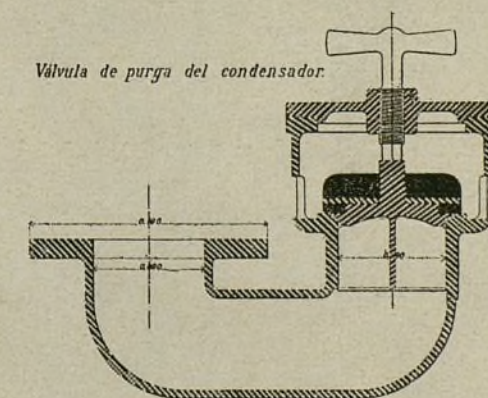
Disposición del tubo inyector.



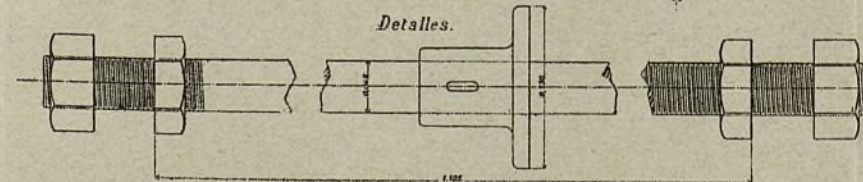
Detalle de vástago y embolo de la bomba de aire.



Válvula de purga del condensador.



Detalles.



ESCALAS

CONJUNTO

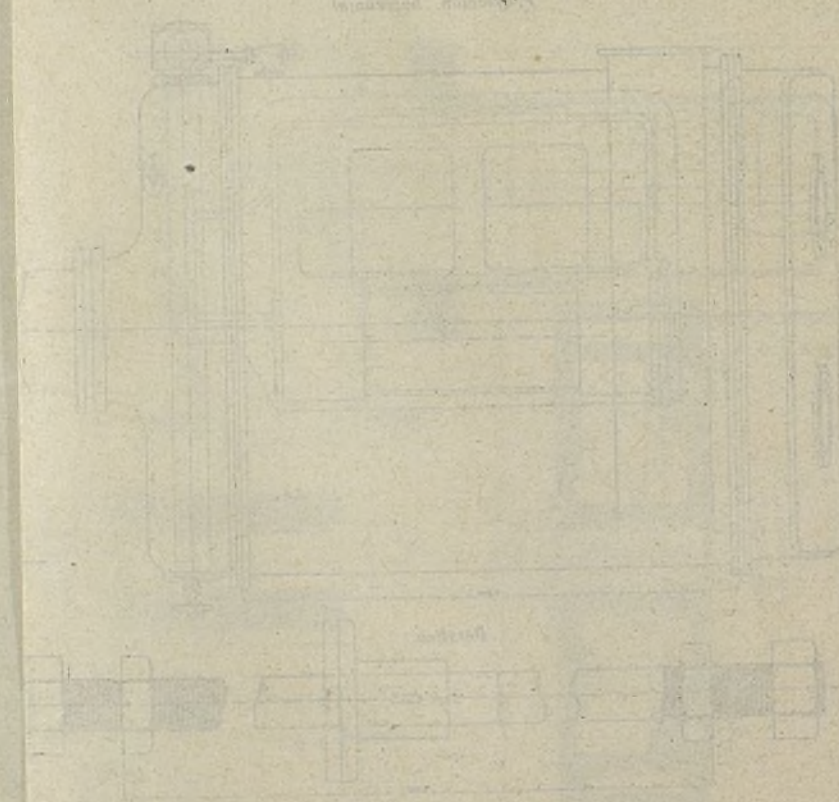
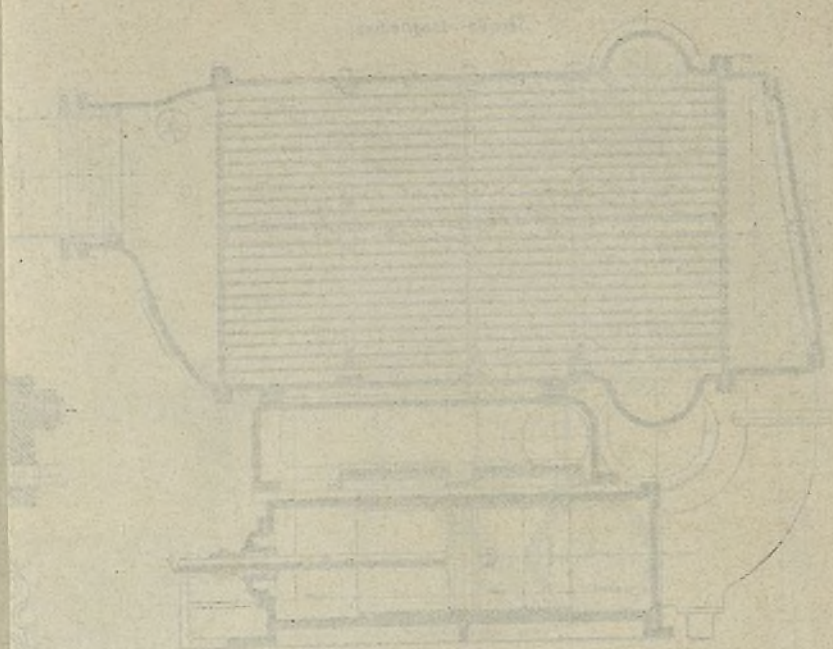
DETALLES

Fundición.
Acero.
Bronce.

Ayuntamiento de Madrid

LÁMINA 3.^a

AYUNTAMIENTO DE MADRID



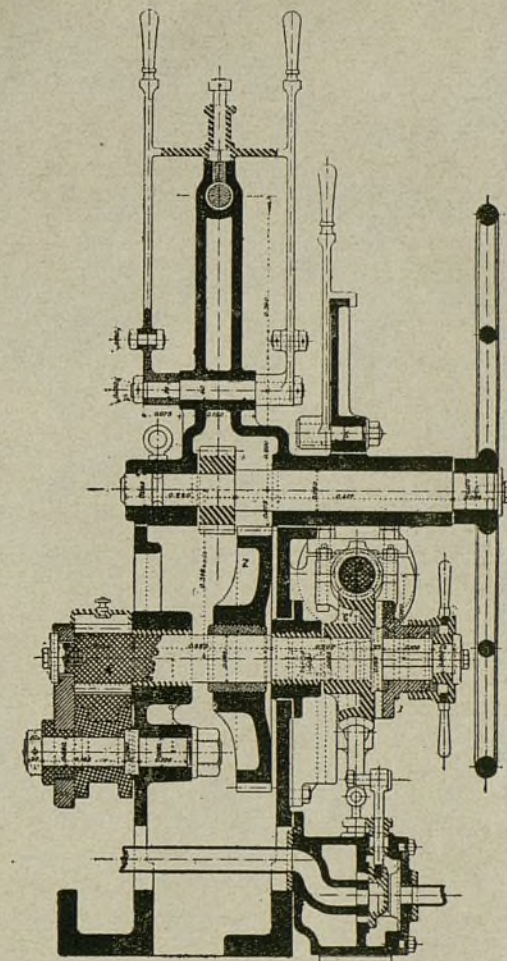
MÁQUINAS DE 1,500 CABALLOS INDICADOS
 PARA EL ESTADO
 DESTINADAS A LOS CRUCEROS CRISTÓBAL COLON Y CONDE DE VENADITO
 APARATO DE CAMBIO DE MARCHA.

ESCALA 1:100

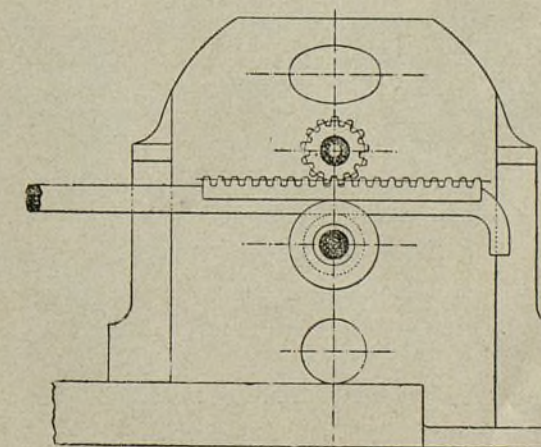
Elevación de frente

Fundición.
 Acero.
 Hierro forjado.
 Bronce.

Sección por A B



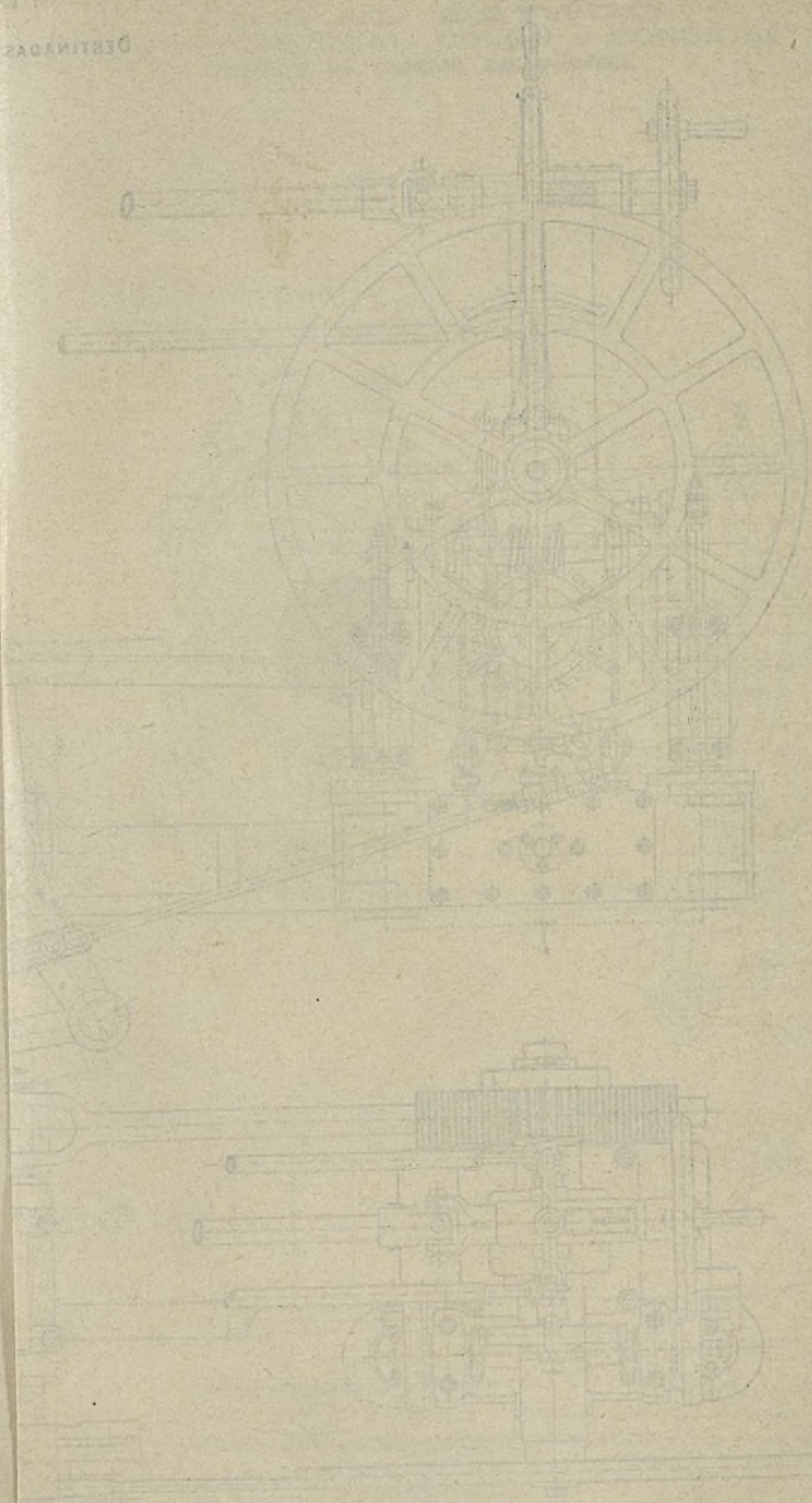
Vista posterior



Planta.

Ayuntamiento de Madrid
 LAMINA 4.ª

2404117830



Constituyendo el procedimiento un ciclo completo, no hemos necesitado la ecuación que contiene el trabajo interno; del mismo modo, no hemos usado arriba la expresión «Calor invertido». El verdadero significado de «calor invertido» ó «gastado» es el de calor que ha desaparecido como calor y en la expresión de arriba es desde luego solo la parte $(P-P_0)$ ($v=0,016$) pies libras, el resto hasta la cantidad 772 ($H-h_0$) aplicada reaparece como calor en el agua de condensación ó en el cuerpo á baja temperatura que aplicamos para hacer bajar el pistón de nuevo.

Un cambio muy ligero en la máquina precedente nos dá la máquina á condensación sin expansión, únicamente tenemos que formar el vapor en un recipiente separado y condensarlo en otro en lugar de emplear solo el cilindro, suponiendo este en comunicación con dichos recipientes por medio de válvulas.

Refiriéndonos pues á la *fig. 9*, sea A el cilindro, B la caldera, C el condensador y supongamos el pistón en el fondo de su carrera; supongamos también que la temperatura del condensador sea t_0 como antes, la presión absoluta en la caldera p y las otras cantidades las mismas que en el ejemplo precedente. Abierta ahora la comunicación con la caldera el vapor comprime el pistón con la presión P . Al mismo tiempo la caldera empieza á emerger una libra de vapor de la superficie del agua. Esta libra de vapor á medida que se forma empuja á todo el que hay entre ella y el pistón y al fin á este último que es así desplazado. El pistón tiene que subir, porque el vapor de a á b no tiene otra salida más que la que el pistón le permite, y ya nos hemos convencido de que no puede haber liquefacción alguna; en el instante en que se ha formado una libra de vapor, cerremos b , coloquemos el asidero etc., como hemos hecho antes, después abramos c y el pistón bajará bajo la presión P_0 hasta el fondo del cilindro. Para completar el procedimiento hemos de devolver la libra de vapor condensado á B. Esto lo haremos por medio de una bomba de alimentación D.

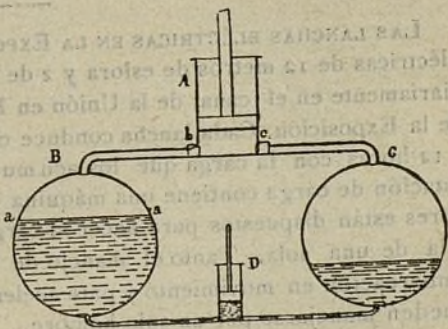


Fig. 9.

(Se continuará.)

NOTICIAS

TRASLADOS.—Nuestros apreciables compañeros D. José Playá y D. Pablo Nicolau han trasladado sus domicilios á las calles de Palau, n.º 5, entresuelo y Rambla de Cataluña 71, 3.º, respectivamente.

NUEVO SOCIO.—Ha ingresado nuevamente en esta Asociación el Ingeniero Industrial D. Pablo Bori, domiciliado en la calle de Cortes, n.º 188, principal.

LAS LANCHAS ELÉCTRICAS EN LA EXPOSICIÓN DE EDIMBURGO.—Cuatro lanchas eléctricas de 12 metros de eslora y 2 de manga con un calado de 0^m,65 trabajan diariamente en el canal de la Unión en Edimburgo, que llega al mismo recinto de la Exposición. Cada lancha conduce cuarenta personas y puede trabajar de 10 á 12 horas con la carga que los acumuladores reciben durante la noche. La estación de carga contiene una máquina de vapor de 25 caballos y los conmutadores están dispuestos para hacer la carga de las cuatro lanchas simultáneamente ó la de una sola. Tanto el manejo de los aparatos eléctricos para poner la embarcación en movimiento y para acelerar ó retardar la marcha, como el timón, pueden manejarse por un solo hombre.

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS NATURALES Y ARTES.—En la sesión celebrada el 30 de Junio último, el Presidente de la misma, D. Juan Montserrat y Archs, leyó una nota acerca del eclipse solar parcial de 17 del citado mes. En ella expuso la utilidad que puede reportar la observación de los eclipses bajo los puntos de vista práctico y especulativo, citando abundantes ejemplos y curiosos datos históricos que lo confirman. Siguió haciendo una reseña por orden cronológico de los progresos que la Astronomía debe á la fotografía, y terminó consignando el detalle de sus propias observaciones y presentando seis interesantes fotografías que representan otras tantas fases de aquel fenómeno celeste obtenidas directamente por el mismo.

LINTERNAS ELÉCTRICAS PARA LOCOMOTORA.—El éxito en la invención de una linterna eléctrica para locomotora, se ha logrado al fin por el Sr. Pierce de Indianópolis según vemos por nuestro colega *The Age of Steel*. Esta linterna ha sido adoptada por la Compañía del ferrocarril de Indianópolis, Decatur y Oriental, y ha dado resultados muy satisfactorios desde hace más de seis meses. La luz es tan fuerte que se pueden distinguir los objetos, como, por ejemplo, las tranqueras ó barreras, á distancia de más de una milla, mientras que un objeto más pequeño se distingue á media milla. Otro rasgo notable fué el reflejo de la luz en el aire, que es de suma utilidad al volver una curva ó al atravesar cañadas

OBRAS ADQUIRIDAS

«Publication Industrielle d'Aménaud Ainé»—Volumen 32.
«Deuxième Supplément au Dictionnaire de Chimie pure et appliquée» de A. D. Wurtz.

PUBLICACIONES

QUE HAN VENIDO A AUMENTAR EL CATÁLOGO DE LAS QUE SE RECIBIAN EN ESTA BIBLIOTÉCA.

- «La Gaceta Científica»—Lima (Perú).
- «La Ciencia Eléctrica»—Madrid.
- «Boletín del Ministerio de Industria y Obras Públicas»—Santiago de Chile.
- «Revue Générale de la Marine Marchande»—París.
- «Revista Minera»—Santiago de Chile.

DONATIVOS

Hemos recibido un tomo titulado *LES MACHINES A ÉCRIRE*, por *F. Drouin*, en el cual se hallan todos los adelantos introducidos en esas máquinas, con profusión de grabados intercalados al texto.

D. J. Puiggari, presidente de la Asociación Artístico Arqueológica de Barcelona, nos ha remitido un ejemplar de su importante libro, *ESTUDIOS DE INDUMENTARIA ESPAÑOLA*.

Por lo cual mandamos á los mencionados señores las gracias más expresivas.
