

Año 19

Núm. 3

# REVISTA TECNOLÓGICO INDUSTRIAL

---

PUBLICACIÓN MENSUAL

DE LA

ASOCIACIÓN DE INGENIEROS INDUSTRIALES

DE

**BARCELONA**

---

DIRECTOR: D. G. J. DE GUILLÉN-GARCÍA

---

Premiada con MEDALLA de ORO en la Exposición Universal de  
Barcelona de 1888 y en la de Boston de 1883; y con  
medalla de plata en la de Paris de 1889

---

**MARZO, 1896**

---

**BARCELONA**

---

LA REDACCIÓN Y ADMINISTRACIÓN EN EL LOCAL DE LA ASOCIACIÓN  
RAMBLA DE SAN JOSÉ, NÚMERO 30, PISO 1.º

TELÉFONO, 541



# COMISIÓN DE REVISTA

PARA EL AÑO ACADÉMICO DE 1895-96

---

## Presidente

El Presidente de la Asociación, D. Alejandro  
de Madrid-Dávila

## Vice-Presidente

Sr. D. Guillermo J. de Guillén-García.

## Vocales

- , , José Playá y Suñé.
- , , Emilio Riera y Calbetó.
- , , Joaquin Rios y Climent
- , , José Agusti.

## Secretario

- , , Alejandro Jofre.
- 

## SUMARIO

---

Desarrollo del estudio experimental de la máquina de vapor por W.  
Unwin, por D. Rosendo Llatas. (Conclusión).

Altimetría: Medición de alturas por medio del barómetro, del hipsómetro  
y del fotogrametro. Alturas de muchos puntos de Cataluña,  
por G. J. de Guillén García. (Continuación).

El Argón, por C. Brugés. (Conclusión).

Bibliografía.

Noticias.

---

No pueden reproducirse los artículos de esta Re-  
vista sin permiso de sus autores.

Ayuntamiento de Madrid



# REVISTA TECNOLÓGICO-INDUSTRIAL

PUBLICADA POR LA

ASOCIACIÓN DE INGENIEROS INDUSTRIALES.

Barcelona, Marzo de 1896.

## DESARROLLO DEL ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA MAQUINA DE VAPOR

POR W. UNWIN

(Continuación).

*El Dasymetro.* El Dasymetro inventado por los Sres. Siegert y Durr de Munich consiste en una balanza encerrada dentro de una caja por la cual pasa una corriente de los gases que circulan por la chimenea. Al extremo de uno de los brazos de la balanza hay un globo de cristal de gran volumen y al otro extremo se coloca un peso de latón. El fiel de la balanza que oscila sobre un círculo graduado señala á cada momento la alteración de la densidad de los gases. Un inyector de aire dirige los gases de la chimenea (después de filtrados previamente,) dentro del aparato. Un compensador de mercurio muy ingenioso contrabalancea cualquier efecto debido á un cambio de temperatura ó depresión barométrica.

El Dasymetro se combina usualmente con un escandallo de tirage y un termómetro de aire ó pirómetro son necesarios si se quiere calcular la cantidad de calor desperdiciada. El Dasymetro requiere inicialmente un ajuste muy delicado, y sus indicaciones deben ser confrontadas de tiempo en tiempo con una bureta de Bunte. Se fija al cero con una corriente de aire puro y después cualquier aumento de densidad debido al gas  $C_1O_2$  se



reconoce en el círculo graduado. Cuando está en marcha el aparato es tan fácil leer el tanto por ciento del gas  $\text{CO}_2$  en los gases de los conductos del humo, como lo es la lectura de un manómetro para las presiones, y cuando el dasymetro está instalado en una caldera, el fogonero tiene á cada momento indicaciones para regular la entrada del aire en el hogar, de manera que los gases de los conductos de humo no tengan más que un 12 por ciento del gas  $\text{CO}_2$ . La práctica le enseña las alteraciones del registro de los conductos de humo ó de las puertas del hogar, así como del espesor del fuego en la rejilla, ó cualquier alteración de la superficie de esta rejilla, necesarias para obtener el resultado propuesto. Al cabo de un poco tiempo el tanto por ciento del gas  $\text{CO}_2$  puede mantenerse constantemente.

Tengo un diagrama que señala los *records* tomados durante tres días en una caldera provista con un dasymetro. La primera curva tomada el 25 de Octubre y la segunda tomada el 28 de dicho mes representa las grandes variaciones en el gas  $\text{CO}_2$  de los productos de un hogar intervenidas por los medios ordinarios. La 3.<sup>a</sup> curva tomada en 4 de Noviembre demuestra que un fogonero que atienda las indicaciones del dasymetro puede obtener una gran regularidad en el trabajo de un hogar. En Alemania se aplica el dasymetro en muchos hogares y me han asegurado que en muchos casos ha podido obtenerse una economía de un 20 por ciento. Mr. Arudt ha inventado un aparato similar, aunque de construcción algo diferente, que se ha aplicado en Francia y Bélgica. La alimentación de aire en un hogar es un factor que puede ser dominado y dirigido y nosotros hemos confiado demasiado en el sentido comun del fogonero y en la experiencia del constructor de calderas para regular este importante factor en su conducción. Sin embargo, no confiamos en este buen sentido para regular la presión en la caldera y el nivel de agua en la misma, y si ha de obtenerse economía es igualmente necesario que el fogonero tenga un medio de asegurarse á cada momento cuando la conducción del fuego es buena ó defectuosa. Confío que al fin, á lo menos en grandes instalaciones estarán dotadas de un instrumento del tipo del dasymetro para tener una indicación



de la alimentación del aire, lo cual puede considerarse como un don de la ciencia al ingeniero práctico.

*Experiencias con las máquinas de vapor.* He señalado, hablando de las máquinas de Cornouailles, la regla de que las grandes relaciones de expansión daban una buena economía con tal de que las condiciones de aplicación fueran las de las máquinas citadas. Aun cuando la expansión fué empleada generalmente, durante algún tiempo dió resultados poco favorables. Las máquinas rotativas de Watt daban la mitad del rendimiento de las máquinas de Cornouailles.

Es curioso el criterio de los ingenieros de aquel tiempo respecto al éxito obtenido por la expansión en las máquinas de Cornouailles y su resultado negativo en otras máquinas. En 1838 en una memoria publicada en las transacciones de esta institución por Mr. Palmer, se decía que mientras que en las máquinas de Cornouailles se pretendía obtener rendimientos de 70.000.000 y aun de 100 000.000 pies libras por bushel de carbón, las máquinas rotativas de Bonton y de Watt en otras localidades no daban más rendimiento que 28.000.000 pies-libras por la misma cantidad de combustible. En vista de este resultado procedía á una demostración matemática para llegar á la consecuencia de que con el vapor á la presión atmosférica es imposible obtener un rendimiento, sin deducir la fricción y pérdidas de varias clases, superior á 41.000.000 de pies-libras y con el vapor de mayor presión el rendimiento necesariamente debería ser menor. Deducía de esta teoría que los resultados de las máquinas de Cornouailles son completamente increíbles y dice: «Fuerte debe ser la evidencia que inducía á esta institución á sancionar relaciones de rendimiento superiores al »doble que el que dan las mejores máquinas de Watt y que sobrepujan los límites que la naturaleza ha señalado al vapor.» Hoy con el auxilio de una ciencia más exacta, se ha podido obtener un rendimiento quintuplo del que suponía Mr. Palmer era el límite de lo posible.

*Experimentos de Isherwood sobre máquinas marinas.* Sobre el año 1860 Mr. Iserwood, ingeniero jefe naval de los Estados Unidos, empezó una serie de pruebas sistemáticas de máquinas y



calderas en una vasta escala y con recursos que solo puede disponer una factoría del Gobierno. Las pruebas se llevaron á cabo con habilidad y perseverancia y la gran exactitud de sus resultados, raros como parecían, nunca ha sido puesta en duda. El servicio que Mr. Isherwood ha hecho á la ingeniería de vapor merece el más completo reconocimiento y si alguna de las proposiciones que sentó en sus primeras memorias no las defendería ahora su autor, hay que tener en cuenta el estado de los conocimientos de un ingeniero que aunque muy conspicuo, tienen ya la fecha de 30 años.

Mr. Isherwood parece que desde el principio ha dudado de la economía del trabajo de expansión que, según decía, ha sido un artículo de fe en el credo del ingeniero. Por medio de lo que él llama «un simple cálculo aritmético adaptado á la más mediana capacidad», trata de demostrar que la ventaja del trabajo de expansión ha sido exagerado. En este cálculo incurre en un error, que después se ha reproducido con mucha frecuencia, suponiendo que el trabajo total dentro del cilindro, lo mismo durante la admisión que mientras se produce la expansión, representa el que se ha obtenido por la condensación del vapor. Este error tan reproducido ha distraído la atención de la verdadera causa de la pérdida durante la acción del vapor. Isherwood encontró en sus experimentos una gran condensación en el cilindro, pero era demasiado perspicaz para atribuirlo totalmente al trabajo ejecutado. Señaló claramente la acción del agua en las paredes del cilindro robando calor durante el período de expulsión, el cual era tomado de nuevo por una condensación durante el período de admisión. Posteriormente indicaba que el agua arrastrada por el vapor producía una pérdida mayor que la que podía contarse por la simple abstracción del calor por el arrastre de esta agua. En su primera memoria arguye contra la utilidad de las camisas de vapor y contra el vapor recalentado, pero posteriores experimentos le condujeron á modificar sus primitivas conclusiones sobre ambos puntos.

Todos los experimentos de Isherwood sobre grandes máquinas marinas le demostraron que cuando la expansión se



extendía sobre ciertos pequeños límites, producía, no una economía sino una pérdida. En su segundo volumen reasume sus resultados probando que cuando la expansión empieza antes de 0'6 y aún de 0'7 de la carrera del cilindro, el consumo del vapor por el trabajo ejecutado, aumenta. Y es curioso que este principio le condujo á atacar la máquina Compound. De la discusión de su tabla de experimentos dice: «Se ve de cuán poca utilidad bajo el punto de vista de la ganancia es la absurda disposición de la máquina de vapor conocida, como la de doble cilindro de Wolf y Hornblower... En oposición á estos hechos, las interesadas declaraciones de los propietarios de los privilegios y de los constructores de estas máquinas deben clasificarse á la misma altura que la concedida á los curanderos en los anuncios de sus medicinas.» Esto se decía en 1865 y es raro por cuanto Isherwood vió siempre claramente el peligro de deducir conclusiones terminantes de escasas premisas experimentales.

Los experimentos de Isherwood se llevaron á cabo en máquinas grandes de poca velocidad con grandes espacios nocivos, sin camisas de vapor y naturalmente con gran condensación en el cilindro. En estas condiciones, tan distintas de las máquinas de Cornoualles, cualquiera expansión, escepto en una pequeña extensión, es anti-económica si se atiende á la potencia indicada y todavía más, según demostró Isherwood, si se atiende á la potencia efectiva.

PRUEBAS DE ISHERWOOD.— MICHIGAN 1861

Expansión.	Caballos de vapor indicados.	Consumo de vapor por caballo indicado y por hora.		Consumo de vapor por caballo efectivo y por hora.	
		libs.	kilgs.	libs.	kilgs.
0 92	301	40	18	43	19'47
0'70	211	35	15'88	38	17'18
0'44	204	33	14'77	36	16'28
0'30	134	35	15'88	39	17'70
0'25	118	34	15'35	39	17'70
0'17	74	37	16'78	44	19 92
0'09	61	46	20'90	61	27'66

La verdadera enseñanza que se deduce de los experimentos



de Isherwood era simplemente que debían presidir ciertas condiciones, para asegurar una economía en el empleo del trabajo expansivo del vapor. Desgraciadamente de estos experimentos se dedujeron resultados demasiado generales, los cuales eran de que los rendimientos de las máquinas de Cornoualles debían ser inexactos y que la expansión no era económica y las mismas palabras de Isherwood dieron gran autoridad á esta opinión. Para obtener mayor previsión en la verdadera acción del vapor dentro del cilindro y para reconciliar los resultados de las máquinas de Cornoualles y los experimentos americanos eran necesarias experiencias de un carácter más elevado con más amplios conocimientos científicos.

*Las propiedades físicas del vapor (Regnault).* Ningún progreso era dable en la teoría de la máquina de vapor, ninguna deducción podía sacarse de las experiencias, sin determinar exactamente las relaciones de presión, temperatura, volumen, calor latente y calor efectivo del vapor. Por fortuna hacia 1840, Regnault obtuvo del gobierno francés los medios de llevar á cabo una serie de investigaciones sobre las propiedades físicas del vapor con aparatos é instrumentos muy apropiados. Llevó á cabo sus observaciones con mucha discreción en una gran variedad de condiciones y no perdonó trabajo ni cuidados para obtener la mayor exactitud. Los trabajos de Regnault tienen una importancia y se les puede considerar como un fundamento del estudio exacto de la máquina de vapor.

*La fundación de la termodinámica (Carnot y Joule).* El próximo importante adelanto fué el descubrimiento del equivalente mecánico del calor. Las investigaciones de Joule empezaron con un ensayo para mejorar la máquina magnética de Sturgeon. Se vió obligado á considerar los problemas de los motores bajo el punto de vista del ingeniero, como cuestión de rendimiento, ó el de obtener alguna cosa á cambio de haber gastado ó consumido otra. Determinó la cantidad de corriente eléctrica producida por la combustión química de una cantidad de zinc dada y comparando estos resultados con los obtenidos con un buen motor de vapor dedujo que aún haciendo las más amplias concesiones por las posibles imperfecciones de su má-



quina magnética, nunca podría ser esta un rival en economía de la máquina de vapor; lo cual aunque fué un resultado negativo fué muy útil, por cuanto terminó una investigación ociosa, solamente de algún atractivo para el inventor.

Uno de los efectos de la acción eléctrica que Joule examinó fué el calentamiento de sus conductores y fué la medida de este efecto de calefacción, que se dispuso á examinar. El calor desarrollado en el conductor por la acción eléctrica debida á los elementos que se combinan en la pila galvánica encontró que era idéntico al que se engendraría por la combustión de los mismos elementos. Finalmente trató de averiguar la relación entre el trabajo mecánico gastado en poner en acción una máquina magneto-eléctrica y el calor desarrollado en el circuito externo de la misma. Averiguó que con 838 pies-libras gastados se producía una elevación de 1 grado en una libra de agua. Experimentos posteriores corrigieron este valor, pero el descubrimiento de la equivalencia mecánica del calor estaba hecho.

Poco tiempo después Joule fué inducido á error por su propio descubrimiento. Examinando el caso de una máquina de vapor en contró que el calor desarrollado en un hogar de un generador de vapor, solamente algo menos un décimo se convertía en trabajo, de lo cual algo apresuradamente supuso que daba una medida de la remediable imperfección de la máquina de vapor y hasta después de seis años no se comprendieron las limitaciones físicas de la conversión del calor en trabajo. La potencia motriz del calor ó su idoneidad de conversión en trabajo depende de condiciones locales. Para aumentar la proporción convertida en la máquina de vapor, escepto á lo que se refiere á pérdidas de un caracter inferior, será necesario trasladarla á otro planeta donde existan condiciones más favorables para la conversión del calor.

Veinte años antes del descubrimiento de Joule, en 1824, Sadi-Carnot, en un notable folleto sobre «la potencia motriz del calor» demostró el principio fundamental que la cantidad de trabajo que se puede obtener de una dada cantidad de calor no puede esceder de una cantidad proporcional á la caída de la



temperatura. Desgraciadamente adoptando aunque con perplejidad las ideas de su tiempo de que el calor es material é indestructible, acopló con su verdadero descubrimiento el falso corolario que todo el calor que entraba en una máquina se descargaba en el condensador. Joule en 1845 examinó este principio de Carnot y tomando el corolario como esencial dedujo que el principio era falso. No se apercibió que el principio de Carnot fué el suplemento esencial de su propio descubrimiento y que le demostraba por qué el aparente rendimiento de la máquina de vapor era tan bajo. Seis años se tardaron antes que se reconciliaran las bases de las investigaciones de Joule y de Carnot y durante tres de ellos Lord Kelvin rehusó aceptar el descubrimiento de Joule por el aparente conflicto con el principio de Carnot.

Permitidme una corta digresión; nada hay más común en muchas obras que la comparación del rendimiento de la máquina eléctrica y de la de vapor con gran descrédito para la última. El dinamo, dicen, tiene una eficiencia del 90 á 95 por 100 mientras que la de la máquina de vapor es solo de un 10 por ciento con gran descrédito para la última: ¡qué máquina tan bárbara después de un siglo de investigaciones resulta la de vapor! Los ingenieros electricistas son los que generalmente hacen esta comparación y la reflexión que se ocurre es que de todos el ingeniero electricista debía ser el último en criticar la máquina de vapor, porque, suceda lo que quiera en el tiempo venidero, al presente la dinamo es absolutamente dependiente de la máquina de vapor. Sin la máquina de vapor, el dinamo solo sería una inútil masa de hierro y alambre. Pero dejando á un lado el aspecto moral de la cuestión de la ingratitud del ingeniero electricista, la comparación es injusta y demuestra una falta de concepción de aquella importante ley de la potencia-motriz del calor que es una de las dos leyes fundamentales de la termodinámica. La energía del calor es energía tumultuosa y sin gobierno. Depende de la naturaleza de las condiciones de nuestro planeta en la cual se esplica, que solamente una fracción es convertible en energía encauzada ó mecánica. La tarea de la máquina de vapor es utilizarla lo mejor posible en la



fracción que es utilizable, y bajo este punto de vista no es una máquina de poco rendimiento. La tarea de un dinamo es mucho más fácil. La energía que recibe está ya encauzada y es de forma dirigible, y por consiguiente la transformación de una energía de este género en otra energía similar se hace y puede hacerse con poca pérdida.

*Los fundadores de la teoría racional (Raukine, Clausius, Zeuner).* El impetu dado al estudio de la termodinámica por el descubrimiento de Joule y la percepción de la importancia fundamental de los teoremas de Carnot fué enorme. Los problemas del calor salieron de la región de las meras soluciones empíricas y se trataron bajo el punto de vista elevado de una ciencia exacta, y la máquina de vapor como el ejemplo más importante de transformación del calor, atrajo la atención de hombres de ciencia de una gran capacidad intelectual. En muy pocos años Rankine y Clausius fundaron una exacta y racional teoría mecánica de la máquina de vapor á la cual poco después Zeuner añadió el análisis de los más superiores detalles. La teoría, con una excepción que se explicará luego, se hizo cargo de todas las condiciones sobre las cuales se emplea el vapor y dió reglas exactas entre la relación del vapor consumido y trabajo ejecutado para todas las disposiciones adoptadas en la práctica con la máquina de vapor actual. Sujeta solamente á una restricción de importancia, la teoría racional había dado los medios de determinar, por un casi exacto cálculo, la relativa economía de diferentes tipos de máquinas, la exacta ventaja en un caso dado de una particular relación de expansión, la pérdida debida al espacio nocivo y otros detalles de esta clase. Nunca se había establecido una teoría física de ninguna máquina más completa y sobre bases menos discutibles.

Precisamente en aquella época se publicaron los experimentos de Isherwood y la comparación de los resultados experimentales, y los cálculos teóricos señalaron una gran discrepancia. El consumo de vapor en algunas pruebas fué 30, 40 ó 50 por ciento más que el que según la teoría racional le correspondía, dadas las condiciones de trabajo de las máquinas experimentadas. Obviamente se reconocía que había dejado de tenerse



en cuenta en el análisis teórico alguna acción de importancia.

Una grosera ilustración quizá aclare donde residía el defecto de la teórica racional. Supongamos una buena rueda hidráulica movida por un salto de agua. La acción mecánica del agua es de una clase sencilla y se establece una teoría fácilmente que da la relación del agua gastada y del trabajo útil obtenido. Ahora supongamos que, desconocida para el constructor de la teoría, existiera una gran filtración del canalizo de conducción del agua superior que la condujera á un depósito emplazado en los muros de sostenimiento. Naturalmente el agua realmente gastada sería mucho mayor que el agua que el cálculo había señalado como necesaria. El error de cálculo, no sería debido á ningún defecto de la teoría de las ruedas hidráulicas, sino á una acción adicional heterogénea que no había sido tomada en cuenta. Aquí hubo un descuido muy semejante en la teoría racional de la máquina de vapor, una filtración de calor tratada como despreciable teóricamente, pero que real y verdaderamente era demasiado grande para ser tratada de esta manera en el trabajo práctico de una máquina. Rankine, Clausius y Zuner bien sabían que el trabajo del vapor en la máquina debía llevarse á cabo dentro de un cilindro metálico capaz de absorber y restituir calor. Pero las condiciones en las que este cambio de calor ocurre, son complicadas y difíciles de incluir en un análisis matemático. Dejaron los cambios de calor con las paredes del cilindro fuera del análisis, como materia que podía ser corregida por medio de un coeficiente empírico. Sin duda no dieron valor é importancia á la inmensa facilidad de los cambios de calor que nacen del contacto entre unas paredes cilíndricas conductoras y un vapor en una condición de la mayor inestabilidad, y sujeto á condensarse y á evaporarse al más ligero cambio de su condición térmica.

*La teoría experimental (Hirn y la escuela Alsaciana).* Un año ó dos antes que Isherwood empezara sus experimentos, un ingeniero Alsaciano Mr. Hirn había descubierto y medido la condensación en el cilindro. El padre de Hirn era dibujante artístico en una fábrica de estampados é Hirn estaba al frente del laboratorio químico de dicho establecimiento. Su primera



aventura comercial, introduciendo aceite mineral obtenido en Alsacia para la lubricación, acaeció en 1855. Una de sus primeras memorias-científicas fué una relación de sus investigaciones sobre la fricción de superficies lubricadas, memoria que no fué admitida por algunas sociedades científicas y desde su publicación quedó casi olvidada. En esta memoria estaban previstos resultados obtenidos recientemente y todavía es uno de los más excelentes trabajos sobre fricción. El principal objetivo de la vida de Hirn fué el de investigación científica y especialmente de algunos de los más abstrusos problemas de física. El estudio de la máquina de vapor empezada con objeto de comprobar el descubrimiento de Joule, fué meramente un intermedio en una serie de investigaciones que la parte de ellas versaban sobre los más abstractos departamentos de la ciencia. Pero Hirn formó una escuela de ingenieros dedicados á estudiar sobre la máquina de vapor por medio de experimentos; formuló métodos de pruebas de máquinas que desde aquel tiempo subsisten casi sin variación alguna y sometió el análisis de los resultados á su perspicaz inteligencia. Hirn fué el primero en comprender que la complejidad de acciones en una máquina de vapor era tan grande que resultaba imposible el empleo de una teoría puramente racional y que la máquina sólo podía estudiarse con utilidad (empleando una frase del profesor Cotterill) comprobando conclusiones teóricas, escalón por escalón, por medio de experimentos.

El descubrimiento de Joule, atrajo la atención de Hirn que empezó á trabajar en 1854 para comprobar en un ensayo minucioso en una máquina, si la diferencia entre el calor recibido por ella y el descargado en el condensador era equivalente al trabajo ejecutado. Sus dos memorias más importantes referentes á la máquina de vapor fueron; una sobre la utilidad de las camisas de vapor, 1855-6 y otra sobre el empleo del vapor recalentado, 1857.

En estas investigaciones adoptó un método de escrupulosas pruebas de máquinas de vapor, teniendo en consideración la medida de todas las cantidades de calor recibidas ó desechadas en la máquina, cuyas pruebas, apenas sin cambio algu-



no, constituyen el método de detallados ensayos de máquinas adoptado hasta ahora. Sobre su influencia y dirección se ejecutaron en Alsacia durante muchos años ensayos en máquinas cuyos resultados fueron analizados escrupulosamente. Debe recordarse que los primeros ensayos de máquinas de vapor en nuestro país, en las cuales las cantidades de calor se midieron primorosamente, fueron llevados á cabo por Mair Rumley y publicados en los volúmenes de esta sociedad en 1882, 1885 y 1886, cuyos ensayos se ejecutaron exactamente con arreglo á los métodos de Hirn.

Lo mismo que sucedió á Lord Kelvin le pasó á Hirn. El reconocimiento de un conflicto aparente entre el descubrimiento de Joule y la ley de Carnot, atrajo primero su atención. La tentativa para determinar cual parte de calor tomado por la máquina desaparecía como trabajo fué la que determinó la forma de su ensayo. Sus experimentos en 1854 demostraron que «el calor en un motor de vapor es no solamente dispersado pero de hecho desaparece y la potencia obtenida es exactamente proporcional al calor que desaparece como calor para reaparecer como potencia motriz.» Algunos experimentos posteriores más cuidadosos le permitieron comprobar el equivalente de Joule por los resultados de una gran experiencia en una gran máquina de vapor, con una aproximación de cerca uno por ciento.

Las medidas del calor tomadas por Hirn en sus experimentos sobre las máquinas, entre los años 1854-56, demostraron la importante y aún inesplicable gran influencia de la camisa de vapor en el consumo de vapor. Sus efectos no podían explicarse de ninguna manera como un medio para evitar la irradiación externa, por cuanto las disminuciones de las pérdidas de calor en la máquina probaron ser mayores que el calor cedido al cilindro por la camisa. Estudiando la acción de la camisa Hirn llegó á apercibirse antes que ningún otro de la condensación inicial del vapor en el cilindro, la cual llegó á medir directamente.

Los siguientes son los resultados obtenidos posteriormente por Hirn y Hallauer en una máquina Corliss. Trabajando sin



camisa de vapor la condensación inicial fué de 62,3 por ciento; la proporción de agua al salir el vapor era de 41,4 por ciento, de manera que 20'9 por ciento se había evaporado durante la expansión. Trabajando con una camisa de vapor la condensación inicial fué de 46,5 por ciento ó 15 por ciento menos que en el caso anterior; además la proporción de agua á la salida fué sólo de 15,3 por ciento, de manera que 31,2 por ciento se evaporó en el período de expansión. El considerable efecto que en estos casos produce la camisa de vapor procede de dos causas: 1.º Se disminuye considerablemente la condensación inicial que resulta tan perjudicial, por cuyo motivo se devuelve más calor por las paredes del cilindro durante la expansión cuando se utiliza parcialmente para desarrollar trabajo; 2.º se vaporiza menos en el período de expulsión cuando no desarrolla ningún trabajo útil.

El descubrimiento de la condensación inicial y la prueba de la poderosa acción de una pequeña cantidad de calor transmitida por medio de la camisa, ambos demuestran la conductividad de las paredes del cilindro, como la causa de la gran pérdida de vapor que los autores de la teoría racional habrán descuidado. El cilindro se enfría durante la expansión y todavía más durante el período de expulsión por una acción análoga á la irradiación interna del condensador. Antes de que ningún trabajo pueda desarrollarse en la próxima carrera, las paredes del cilindro deben recalentarse condensando vapor fresco. La extrema facilidad como el vapor cede y extrae calor por la condensación y la vaporización aumenta con la rapidez de la acción. La magnitud de la condensación aumenta según son mayores los extremos de temperatura á que están expuestas las paredes del cilindro. Es mayor en máquinas de condensación que en máquinas sin ella y es mayor con grandes grados de expansión.



Experimentos de Hirn 1873-75 unidades termiales por cada carrera.

	Saturado		Recalentado		
	4	7	2	4	7
Relaciones de expansión. . . . .	144.1	101.7	110.2	119.7	87.5
Calor admitido en el vapor seco. . . . .	.3	.3	6.2	7.4	3.5
Calor arrastrado en el agua ó recalentado. . . . .	144.4	102.0	116.4	127.1	91.0
Calor entrado en la máquina. . . . .					
Calor en vapor condensado descargado en el condensador. . . . .	7.5	5.1	6	5.7	4.1
Calor gastado por carrera. . . . .	136.9	96.9	110.4	121.4	86.9
Calor calculado en trabajo ejecutado y en radiación. . . . .	16.6	12.7	14.6	17.7	13.5
Diferencia ó calor que debía encontrarse en el agua de condensación. . . . .	120.3	84.2	95.8	103.7	73.4
Calor real encontrado en el agua de condensación. . . . .	121.4	84.0	96.5	104.6	73.5

Experimentos de Hirn 1873-75.

	Saturado		Recalentado		
	4	7	2	4	7
Relaciones de expansión. . . . .	1	0.8	0	0	0
Tanto por ciento de agua con el vapor admitido. . . . .	31	37	0	6.5	25
Tanto por ciento de agua al extremo de la admisión. . . . .	30	36	0	6.5	25
Tanto por ciento condensado durante la admisión. . . . .	25	35	13	12	21
Tanto por ciento de agua á la salida del vapor. . . . .					
Tanto por ciento reevaporado durante la expansión. . . . .	5	1	.	.	4
Tanto por ciento condensado durante la expansión. . . . .	.	.	13	5.5	.

Hace algún tiempo yo me atreví á afirmar que no existía ninguna experiencia, sobre máquina de vapor digna de confianza, que demostrara que el consumo de vapor empleando una camisa sea superior al de una máquina sin camisa de vapor. Creo que este aserto es verdadero todavía, pero indudablemente la economía debida á la camisa varía en varios casos desde el 30 por ciento á casi cero.

Aproximadamente la camisa es más útil en máquinas pequeñas que en máquinas grandes, con máquinas de poca velocidad que con las de gran velocidad; todo lo cual equivale á poco más que decir que la camisa es más útil en aquellos casos en que la condensación inicial es mayor. Una máquina, sea cual



fuere su tipo, cuanto más bien construida sea y cuanto más científico sea su proyecto, menos útil será la camisa. Nadie ha proyectado mejores máquinas de un cilindro que Corliss, y Corliss no empleaba camisas de vapor. En un experimento de Delafond con una gran máquina Corliss en el Creusot, la camisa no dió más que una economía de un 2 por ciento. La misma regla subsiste para las máquinas Compound. Hirn encontró una economía de un 25 por ciento empleando la camisa de vapor en una máquina de Wolf, probada en 1855, pero desde entonces la máquina Compound ha sido perfeccionada y la economía de la camisa de vapor es mucho menor. El profesor Witz hizo experimentos muy minuciosos en una máquina Compound de 500 caballos indicados, provistos de camisas de vapor ambos cilindros y el depósito intermedio (receiver). Las pruebas con la camisa y sin ella fueron estrictamente comparables, las presiones, extremos de temperatura y la total potencia desarrollada fueron las mismas. La condensación total en las camisas fué de 12 por ciento del vapor empleado, lo cual demuestra que el vapor no quedó inactivo. Sin embargo, la economía absoluta del vapor debida al empleo de la camisa sólo fué de 4 por ciento. Y contando el calor economizado por volver al generador el trabajo de la camisa, la economía fué de 6'6 por ciento. Es probable que con el doble cilindro los extremos de temperatura se disminuyan, y la pendiente de temperatura desde la camisa al interior del cilindro sea disminuida también y la cantidad de calor transmitida decrezca. Aparece entonces que á medida que las máquinas están mejor proyectadas, la camisa es en ellas mucho menos útil y no es por medio de la camisa, que la pérdida debida á la condensación del cilindro, pueda redimirse ó alcanzar la mayor economía de que es susceptible la máquina de vapor.

La *camisa* reduce pero no impide la condensación inicial. Hirn buscó algún medio más poderoso para calentar el cilindro á fin de evitar la condensación y lo encontró en la recalentación. Construyó en 1855 un aparato recalentador en los conductos de humo de la caldera en Logelbach que existe todavía. Los experimentos con vapor recalentado se llevaron á cabo entre 1855 y



1856 y demostraron claramente la eficiencia de este método para reducir la condensación. El vapor recalentado se aplicó mucho entre 1860-70 en nuestro país en la práctica de las máquinas marinas y fué introducido por John Penn. En todas partes donde se ha empleado se ha realizado una economía de carbón que ascendía de 15 á 20 por ciento, y se aseguraba que esta fué debida únicamente á la economía del vapor y no á la utilización en la caldera del calor perdido. Pero el empleo del calor recalentado fué gradualmente abandonado en este país, parte sin duda alguna por algunas dificultades prácticas, pero principalmente, creo yo, porque los ingenieros que lo aplicaron no tenían una idea clara de porqué el vapor recalentado produjera tan grande economía, sintiéndose inclinados á abandonar una complicación cuya acción no podían explicarse satisfactoriamente.

En Alsacia el vapor recalentado nunca se ha dejado de usar y durante los últimos diez años se han aplicado los recalentadores á cientos de calderas. Puedo asegurar que ninguna dificultad existe para emplear el vapor calentado á 500 grados Fahrenheit (260 grados centígrados,) y en una grande y buena máquina el consumo del vapor, cuando la recalentación asciende á 100 grados se reduce un 15 por ciento, término medio. No tengo duda alguna que la recalentación del vapor volverá á emplearse de nuevo; es verdad que existen dificultades prácticas, pero no son insuperables.

Ninguna mejora posible de la máquina de vapor, de la cual tenga yo conocimiento en este momento, ofrece tantas garantías de importante economía como la reintroducción del vapor recalentado y especialmente la recalentación de 100 grados (55°C)° mas sobre la temperatura de saturación del vapor. Yo obtuve en Alsacia con una máquina Compound muy buena de 500 caballos de vapor dotada de camisa de vapor y de todos los perfeccionamientos, una economía de un 15 por ciento introduciendo el vapor recalentado. Mr. Mair Rumley ha aplicado un recalentador á una caldera Babcock de una máquina de triple expansión y ha obtenido una economía de un diez por ciento. En ambos casos la economía es economía de vapor y por lo



tanto no es debida á aumento de la superficie de calefacción ó aumento de eficiencia en la generación de vapor. Ultimamente el profesor Schröter de Munich ha hecho experimentos con una máquina pequeña Compound de solamente 60 caballos indicados con una velocidad de pistón de 380 piés por minuto (116 mts. por minuto) y con la presión en la caldera de 165 libras por pulgada cuadrada ( $11 \frac{1}{2}$  atmósferas;) el cilindro de alta presión no tenía camisa de vapor; el cilindro de baja presión tenía camisa de vapor formada por el depósito intermedio (receiver.) En este caso, con un tubo recalentador de construcción algo especial en la chimenea de la caldera el vapor se recalentó á 670 grados Fahrenheit ó próximamente 300 grados sobre la temperatura de saturación correspondiente á la presión. En dos pruebas de duración de seis y ocho horas cada una, bastante largas para determinar exactamente los resultados con tan perfecto observador como el profesor Schröter, el consumo de vapor solo fué de 10.2 libras (4.6 kilógrs.) por caballo y hora, y el consumo del carbón alemán de calidad regular solo fué de  $1 \frac{1}{4}$  libras por caballo indicado, cuyo consumo es el más bajo que se conoce en máquinas de cualquier tamaño y tipo, y es sumamente notable en una máquina tan pequeña.

Se objeta muy á menudo el que con tan poco calor como absorbe el recalentamiento del vapor pueda producir tanto efecto. La contestación á esta objeción es la de que una pequeña cantidad de calor aplicada convenientemente en prevenir una condensación inicial de vapor produce un grande y desproporcionado efecto, lo cual se deduce de los principios de la termodinámica. En la máquina Schmid solo 8 por 100 del calor fué absorbido por la calefacción del vapor y la notabilísima economía solo es debida á este 8 por ciento. En una camisa de vapor bien establecida se condensa cerca de un 12 por ciento del vapor gastado, y á este 12 por ciento es debida la ventaja de esta camisa que á menudo reduce la cantidad de vapor consumida en el cilindro de 10 á 30 por ciento. Pero el calor por medio de la camisa se aplica de una manera menos eficiente que el calor tomado directamente al interior del cilindro por medio de la calefacción del vapor. Además la cantidad de calor recalenta-



do conducido dentro del cilindro en un tiempo dado acrece con la velocidad de la máquina, mientras que el calor de la camisa disminuye en efecto á medida que la velocidad es mayor. La acción del vapor recalentado se demuestra claramente en los diagramas del indicador. En las pruebas que yo hice en Alsacia, la humedad del vapor al comienzo de la expansión en el cilindro de alta presión con camisa de vapor, pero sin recalentación, fué de 35 por ciento, y con vapor recalentado, cien grados, no alcanzó mas que un 15 por ciento. En las pruebas de la máquina Schmidt no apareció ninguna humedad al comienzo de la expansión en el cilindro de alta presión y el vapor continuaba seco al extremo de la carrera.

*Conflicto de las teorías racional y experimental (Zeuner, Hirn y Hallauer.)* Al conocerse las investigaciones de Iserwood en 1861, la discrepancia entre la teoría racional y los resultados de la experiencia fué reconocida por Rankine y otros, pero las condiciones de la condensación en el cilindro son tan complejas que por un gran tiempo los teóricos prácticamente ignoraban los resultados obtenidos por Hirn é Iserwood; Zeuner quizá, había llevado la teoría racional á su límite de detalle y con gran previsión, en condiciones prácticas. Pero hasta 1881 no empezó á admitir la magnitud é importancia de la condensación del vapor en el cilindro. Zeuner atribuyó la condensación inicial á consecuencia de una permanente y no despreciable masa de agua en el espacio nocivo del cilindro. Sin duda es más fácil tratar analíticamente con cambios termales del vapor, sumada con una masa de agua que con cambios termales del vapor y agua y una área variable de paredes del cilindro. Se abrió una discusión con Hirn en 1881 y Zeuner expresó que si se concedía la presencia de agua en el espacio nocivo, los cálculos de los Alsacianos quedarían muy debilitados y la «enorme influencia que atribuían á las paredes del cilindro en lo futuro, se atribuirían en parte, quizá principalmente al agua presente en el espacio nocivo.» Creía concebible que en ciertos casos el total de la condensación inicial era debida al agua en el espacio nocivo. De esto se levantó una controversia algo agria que se puede recapitular en esta pregunta: ¿Es el



agua ó el hierro? Yo ignoro que esta controversia haya sido completamente decidida ó si quizás si es posible una absoluta decisión: No puedo menos de creer que Hirn con la claridad de percepción debida á sus trabajos experimentales, llevó en el total de la controversia la mejor parte y no sé que pueda decirse nada mejor y más instructivo que las palabras en que se reasumía su proposición. «Nosotros reconocemos, decía, que la interpretación de los Alsacianos difiere de la de Mr. Zeuner, de ningún modo en que niegue la posible presencia del agua en los cilindros (nosotros no somos tan hidrófobos,) sino que admite que esta agua variando en cantidad, se presenta solo transitoriamente, es arrastrada fuera y renovada en cada embolada y actúa principalmente como un medio entre el vapor y las paredes del cilindro. En las explicaciones de los Alsacianos la acción del agua eleva la acción termal de los costados. Bajo el punto de vista del profesor Zeuner el agua está presente permanentemente y actúa de una manera independiente de las paredes del cilindro.»

Debemos notar que Mr. Donkin ha podido fijar por observaciones termométricas una considerable fluctuación de temperatura en la capa interior de las paredes del cilindro y que últimamente el profesor Carpenter del colegio de Sibley ha obtenido registros fotográficos de las fluctuaciones de temperatura empleando una termopila y un galvanómetro registrador.

*Experimentos recientes (Willans).* En esta conferencia no me ha sido posible hacer otra cosa que escoger una ó dos de las más importantes investigaciones experimentales durante los últimos cincuenta años. Pero yo no quisiera omitir toda referencia de las dos series de experimentos del difunto Mr. Willans. El trabajo de Willans es sin duda alguna conocido de todos los ingenieros de máquinas de vapor y no es necesario ninguna descripción detallada de ello. No obstante el objeto puramente práctico que Mr. Willans se proponía, sus experimentos se hicieron con un verdadero espíritu de investigación científica. Ningún cuidado lo consideró excesivo para procurar exactitud hasta el último decimal, y no se desatendió ninguna posible causa de error por trivial que fuera. Unos pocos expe-



rimentadores Isherwood, Gately y Kletsch y otros habían llevado á cabo experimentos sobre un sistema metódico variando un simple factor cada vez. Willans ejecutó estos experimentos bajo este orden de ideas, en séries, en una escala hasta un extremo que nadie hubiera supuesto fuera posible. Allí hay séries de máquinas sin condensación y séries de máquinas con condensador; en cada una de ellas hay pruebas de máquinas sencillas Compound y triple expansión y para cada una de ellas pruebas repetidas con presión inicial variada, con expansión variada y con velocidades distintas. Los resultados presentados en tablas muy claras forman una cantera de datos científicos que al presente, en lo principal, queda inexplorada. Quizá esta exposición parecerá sorprendente y desde luego conste que yo expreso mi opinión personal para la cual no tengo pretensiones de infalibilidad. Es imposible decir lo que se hubiera ahorrado si Mr. Willans lo hubiera llevado á cabo, porque poseía la inteligencia más viva y la más amplia experiencia dedicadas quizá en ningún tiempo al estudio de los problemas de vapor. Pero hasta lo que alcanzan sus memorias se ve que están limitadas á la descripción de sus experimentos. Sobre las causas y leyes de la condensación en el cilindro, muy poco se encuentra en ellas, escepto algunas ingeniosas observaciones sobre anomalías especiales observadas; Willans mismo dijo: «que no quería sujerir ninguna teoría para relacionar los resultados obtenidos en sus tablas». Pero sin ninguna teoría que dan como resultados individuales para una clase de máquinas, con un determinado tamaño y tipo, y en condiciones particulares. Sin una teoría nadie puede utilizar estos resultados para predeterminar el consumo de vapor de cualquier otro motor de diferente tamaño ó en condiciones distintas. Lo que aparece muy claro es que la variación del consumo de vapor en diferentes casos, es excesivamente compleja, tan compleja que algunas veces parece caprichosa

Protesto con tanta vehemencia como es posible, siempre á reserva de una opinión personal, contra la tendencia á suponer que la gran obra de Willans pueda reasumirse en la llamada ley de Willans, porque esta ley manuable como pueda



ser para ingenieros prácticos de máquinas de vapor, no es más que una parte inferior de la obra de dicho experimentador. La ley de Willans no es más que la empírica y descriptiva exposición de que la relación del consumo total de vapor y los caballos de vapor indicados ó efectivos, puede ser expresada aproximadamente por una relación lineal, para el caso de un cilindro sin camisa de vapor y trabajando con expansión fija. Posteriormente nada ha publicado Willans acerca la ecuación lineal para una máquina cualquiera dada. Por lo que dicen sus memorias y hasta que se descubra una teoría que tenga en cuenta la condensación inicial, no podemos encontrar el consumo de vapor y la potencia de una máquina cualquiera, sin llevar á cabo dos pruebas exactas con la misma máquina. La ley de Willans nos deja respecto á una máquina dada en la misma posición en que se encuentra un astrónomo con un nuevo cometa. La ley de la línea recta deja el consumo de vapor tan desconocido, como la ley elíptica de la órbita de un nuevo cometa.

La ley de Willans se emplea, me temo yo, con poca discreción por muchos ingenieros. Algunos ingenieros me han asegurado que se acomodaba perfectamente la ley de Willans á las máquinas de expansión variable. Pero si Willans estaba en lo justo de que la relación del consumo de vapor y la potencia de una máquina regulada por la admisión del vapor era lineal, entonces es demostrable que esta relación para una máquina con expansión variable y velocidad variable también debe ser de una clase más compleja. Me inclino á creer que respecto al consumo de vapor con carga variable, los ingenieros se contentan con aproximaciones muy toscas.

El mismo Willans no dice nada de la posibilidad de una base racional para su ley. El la consignó como resultado gráfico de sus experimentos. Ultimamente, el capitán Sankey ha demostrado que el consumo total de vapor de una máquina trabajando adiabáticamente con una expansión constante, seguía también aproximadamente la ley de una línea recta, si se despreciaran las pérdidas debidas al espacio nocivo, radiación y pérdidas en la expulsión y contrapresión. La ley adiabática es po-



co conveniente para formular una relación entre el vapor consumido y la potencia, y la curva práctica de expansión de una máquina más se aproxima á la isoterma que á la adiabática, por cuanto el vapor recibe calor de las paredes del cilindro. Si suponemos la expansión isoterma (y realmente por lo que respecta al area del diagrama, poco importa á qué ley de expansión obedece) es fácil encontrar una fórmula para el consumo total del vapor de una máquina que trabaje sin espacio nocivo ó sin pérdida en el período de expulsión. Yo he deducido esta fórmula y he señalado un diagrama de sus resultados, tanto para una máquina de condensación, como para una máquina sin condensación y he encontrado, que el diagrama teórico no era igual, pero se aproximaba mucho á la línea recta. Esto realmente, nos da un camino: pero sería muy aventurado suponer sin exámen que las pérdidas del 20 al 50 por ciento del vapor consumido en la máquina que proceden de las causas más complejas, como son del volúmen del espacio nocivo y la acción de las paredes del cilindro, la pérdida del pié del diagrama, la pérdida debida á la expansión entre cilindros y á otras pérdidas, puedan expresarse como una simple función lineal de la potencia en caballos de vapor.

En la primera edición del «Tratado sobre la máquina de vapor» que publicó en 1878, el profesor Cotterill había acometido seriamente el estudio teórico de la condensación en el cilindro. Después de Hirn fué uno de los primeros en reconocer que la acción de las paredes del cilindro era una acción superficial y además, lo cual no había sido anteriormente reconocido, que depende en alguna manera de la superficie de admisión calculada por libra de vapor gastado. A este objeto estudió la acción de una placa de metal en el cilindro, tan sumamente delgada que pudiera seguir exactamente todos los cambios de temperatura del vapor. Comparando los resultados de esta apropiación con los datos obtenidos en pruebas de máquinas aparece que el ciclo de la temperatura en las paredes del cilindro no pueden ser idénticas; excepto en muy limitados casos, al ciclo del vapor, lo cual introduce una nueva complicación. Sin embargo; el profesor Cotterill encontró medio de dar una fórmula, semi-racio-



nal, semi-empírica, para la condensación en el cilindro. La relación del agua contenida en el vapor al comenzar la expansión es

$$I_1 = C \frac{\log. e^r}{d \sqrt{N}}$$

en la cual  $C$  es una constante para una máquina dada y tiene solo un limitado número de valores para máquinas de muy diferentes tamaños y proporciones. Así, según esta fórmula una máquina sencilla sin camisa de vapor, la condensación inicial tiene una relación fija respecto al vapor presente al momento de comenzar la expansión. En las líneas del diagrama para el vapor presente al principio de la expansión se establecen de la manera ya descrita. Sobre ésta se establece la condensación por la ley de Cotterill y el vapor gastado en varias cargas, se encuentra por una línea muy aproximada á la recta y que se aproxima mucho á la línea de Willans.

Ahora, si la fórmula de Cotterill es exacta para determinar la condensación en un motor regulado por la válvula de admisión del vapor, trabajando á distintas presiones no hay razón para que (con las mismas restricciones anteriores), no pudiera aplicarse á un motor regulado por medio de la expansión variable. Puede establecerse un diagrama con las curvas de consumo de vapor calculadas con la fórmula anteriormente mencionada que dará el vapor presente al comienzo de la expansión y sobre de éste establecer las curvas del total vapor consumido, añadiendo los valores de condensación calculados por la fórmula del profesor Cotterill.

Las curvas en los dos diagramas concuerdan bien con las experiencias de Willans, pero difieren de las líneas de Willans obtenidas enteramente por medio del cálculo, sin experimentos en la máquina. No es prudente hacer mucho caso de esta coincidencia, pero creo que es interesante indicar que la teoría y la experimentación convergen. Mucho falta hacer, todavía pero la discusión del tratado del profesor Cotterill ha contribuido más que nada para arrojar luz sobre las condiciones que



promueven ó estorban la condensación en el cilindro y sobre los medios útiles para asegurar la economía en el trabajo.

Hubiera querido, á habérmelo permitido el tiempo, mencionar otra discusión de investigación experimental que promete ser de utilidad.

Las acciones puramente dinámicas en la máquinas parecidas á las acciones térmicas, han probado ser demasiado completas para el tratamiento puramente racional. Aquí también es necesario confrontar los resultados de la teoría, escalón por escalón, por medio de la experimentación. La fricción total de las máquinas ha sido determinada por varios procedimientos y parece ser más independiente de la carga á que trabajan, que lo que los primeros autores suponían. Hirn convirtió el balancín de su máquina en un dinamómetro de flexión que arrojaba un diagrama de la fuerza efectiva de ella y algún sistema de este género podría reproducirse con ventaja. El profesor Carpenter y Mr. Preston han tratado de experimentar la fricción en diferentes partes de la máquina, con el sorprendente resultado que los soportes del eje acodado, soportan casi la mitad del trabajo de fricción de la máquina y el pistón cerca de un cuarto de este trabajo. Mr. Ransome ha estudiado experimentalmente la acción de los reguladores y Develshawus Dey ha intentado un estudio experimental general de todas las acciones dinámicas que afectan el movimiento de la máquina.

Desde el año 1845, hombres puramente científicos, experimentadores científicos é ingenieros prácticos se han ocupado del estudio de la máquina de vapor. Yo no creo que ninguna de las tres clases pueda reclamar el mérito de los adelantos en la máquina de vapor con exclusión de las otras dos.

Lo que se ha obtenido se demuestra en la siguiente tabla.



Consumo más bajo obtenido en las máquinas de vapor (en medidas inglesas).

	Caballos de vapor marcados.	Presión en la caldera.	Velocidad del pistón.	Vapor con- sumido por caballo y hora.
<i>Máquinas sencillas.</i>				
Sulzer. . . . .	284	87	372	18.40
Corliss. . . . .	137	62	»	17.50
<i>Máquinas Compound.</i>				
Dujardin. . . . .	548	90	570	13.46
Sulzer. . . . .	247	85	493	13.35
Vheelock. . . . .	190	160	612	12.84
Leavitt. . . . .	643	135	371	12.16
<i>Máquinas de triple ex- pansión.</i>				
Sulzer. . . . .	615	141	516	11.85
Allis. . . . .	574	120	203	11.68
<i>Máquinas Compound con recalentador.</i>				
Schmidt. . . . .	76	180	380	10.17

Representando yo quizá el interés científico más que el práctico, no creo que las investigaciones físicas y mecánicas de las cuales he probado de dar cuenta, no hayan tenido influencia alguna sobre las ocupaciones prácticas del ingeniero.

Sólo de unos pocos, de los más salientes puntos de la historia de la máquina de vapor me ha sido posible dar en esta conferencia una breve é imperfecta reseña. Las omisiones yo sé son innumerables, pero puedo esperar que ninguna falta ú omisión mía obscurecerá esta lección: que la ciencia y la práctica van mano á mano.

ROSENDO LLATAS.



## ALTIMETRÍA

### MEDICIÓN DE ALTURAS POR MEDIO DEL BARÓMETRO, DEL HIPSÓMETRO Y DEL FOTOGRAMETRO.—ALTURAS DE MUCHOS PUNTOS DE CATALUÑA

(Continuación). <sup>(1)</sup>

#### VI.—Medición de alturas sirviéndose del barómetro metálico de bolsillo

El barómetro metálico ó sin líquido, llamado de montaña ó de bolsillo, sólo sirve para los excursionistas, y para los ingenieros cuando deben hacer algún tanteo, pues sólo es aproximado y fácil á errores. Sirve especialmente para la medición de grandes alturas, pues en estas el error que se cometa no es tan sensible, es decir el tanto por ciento de error es menor.

Antes de usar un barómetro de esta clase hay que examinarlo, pues de lo contrario, funcionando mal el aparato, su medición sería falsa. Esto, no todos pueden hacerlo. Para verificar bien el reconocimiento hay que introducirlo dentro de la campana de la máquina neumática y poco á poco se hace el vacío. Si este barómetro metálico va indicando la misma presión que el barómetro tipo que se ha colocado asimismo debajo de la campana, prueba que funciona bien y está construido y dividido con perfección; si marca mal es inútil emplearlo. Si no practicamos este reconocimiento y el barómetro está mal construido y por lo tanto funciona é indica mal, dejamos á la consideración del lector los resultados que obtendremos, si empleamos tal instrumento.

El barómetro de montaña puede ser un simple aneroide

(1) Véase la Revista correspondiente al mes de Agosto.



ó bien un aneróide que además de indicar la presión atmosférica, indique la altura correspondiente á la presión atmosférica (figs. 10 y 11). Hay también un reloj que marca la hora, la presión atmosférica y las alturas correspondientes

Estos barómetros dan la diferencia de nivel con bastante aproximación, principalmente en grandes alturas, y si se verifica la observación á una misma hora, con dos aparatos, uno en cada una de las estaciones, superior é inferior, sólo lo obtendremos con una alguna aproximación, si se verifica con un aparato y en una sola estación, á no ser que tengamos la suerte que no haya habido variaciones atmosféricas, cosa difícil de saber si andamos y por lo tanto cambiamos de altitud; si hay esta permanencia lograremos un buen resultado. De aquí la necesidad de hacer la operación en día sereno, principiando por la estación superior, pasando de esta á la inferior con la mayor velocidad posible.

Creer que con un barómetro es posible fijar al momento la altura de un punto con relación al mar, es soñar. Fíjese en que el barómetro en un punto, no marca siempre lo mismo; la oscilación puede ser de muchos milímetros y cada milímetro que baja la presión barométrica al ascender nosotros con el aparato representa unos 10 ó más metros; si la presión en aquel momento es de 20 milímetros mayor ó menor que la media, el error sería de más de doscientos metros, pues el aparato que llevamos está calculado para presiones medias. Así, pues, para calcular la altitud de un punto, hay que buscar allí la presión media, cosa imposible ordinariamente ó bien fijarla con relación á un punto cercano que se conozca su presión media y por lo tanto su altitud. Teniendo en cuenta esto, veamos como deben emplearse estos aparatos.

BARÓMETRO ANERÓIDE.—La *Société Anonyme des Spécialités Mécaniques réunies* (París, Boulevard Voltaire, 3) proporcionaba hace algunos años, por pocos francos, un barómetro aneróide para medir alturas. Es un sencillo aneróide con una aguja loca que sirve para colocarla fija junto á la aguja del barómetro, y ver así, cuando esta se mueve al bajar ó subir metros de altitud, los milímetros que ha recorrido.



Para examinar la diferencia de nivel entre dos puntos habrá que tomar la altura que nos diga el aparato en ambos puntos y restar. La altura no real que nos dá el aparato de cada punto, la hallaremos examinando la diferencia de presión en milímetros que hay hasta 760 milímetros, y multiplicando estos milímetros por 10'8 cuando estos se hallan entre 10 y 60; por 11'1 cuando están entre 60 y 150 y por 12 cuando están comprendidos entre 150 y 190 milímetros. Si los dos reconocimientos se hacen al mismo tiempo, los errores por variación en aquellos puntos de la presión media, se compensan, y si se practica una después de otra, al cabo de poco tiempo, cosa fácil si hay carretera ó ferrocarril, saldrán bastante compensadas.

El siguiente cuadro puede ahorrarnos la multiplicación:

<u>Si el barómetro marca</u>	<u>Su altura será de</u>
0'7505 . . . . .	100 metros
0'7411 . . . . .	200 »
0'7318 . . . . .	300 »
0'7226 . . . . .	400 »
0'7136 . . . . .	500 »
0'7047 . . . . .	600 »
0'6960 . . . . .	700 »
0'6874 . . . . .	800 »
0'6789 . . . . .	900 »
0'6705 . . . . .	1000 »
0'6623 . . . . .	1100 »
0'6542 . . . . .	1200 »
0'6462 . . . . .	1300 »
0'6384 . . . . .	1400 »
0'6307 . . . . .	1500 »
0'6231 . . . . .	1600 »
0'6156 . . . . .	1700 »
0'6082 . . . . .	1800 »
0'6009 . . . . .	1900 »
0'5938 . . . . .	2000 »

Cuando los milímetros que marque el barómetro aneróide



•



Con este aparato se suprimen las multiplicaciones; basta ver que altura no real en metros marca la aguja del aparato en cada estación y restando se halla la diferencia de altura.

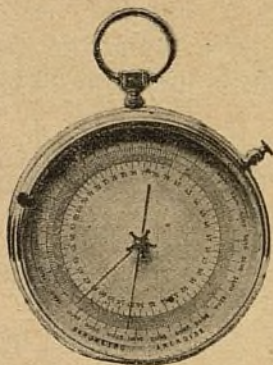


Fig. 10.—Barómetro de montaña, con indicaciones de alturas.

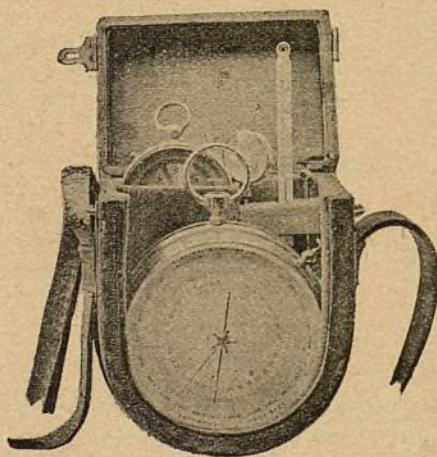


Fig. 11.—Barómetro de montaña visto en el estuche, junto con una lente, brújula y un termómetro.

Si la circunferencia que indica los metros es móvil, ni esta resta debe verificarse; se pone el cero, haciendo girar esta circunferencia, frente la aguja del barómetro, en una de las estaciones: en la otra estación los metros que marque la aguja



del barómetro será la diferencia de nivel entre ambas estaciones. La mayor ó menor práctica en apreciar la fracción entre línea y línea, nos dará mayor ó menor apreciación.

Para buscar la altura de un punto sobre el nivel del mar, véase lo dicho al ocuparnos del aparato anterior.

RELOJ-BARÓMETRO PORTÁTIL.—M. Hüe, relojero de París, ha inventado un aparato, al que da el nombre de *Reloj-barómetro*, que al mismo tiempo que marca las horas con toda exactitud, sirve también de barómetro de montaña, al que puede consultarse en todos momentos y cerciorarse de los grados de presión atmosférica y la elevación á que se encuentra sobre el nivel del mar.

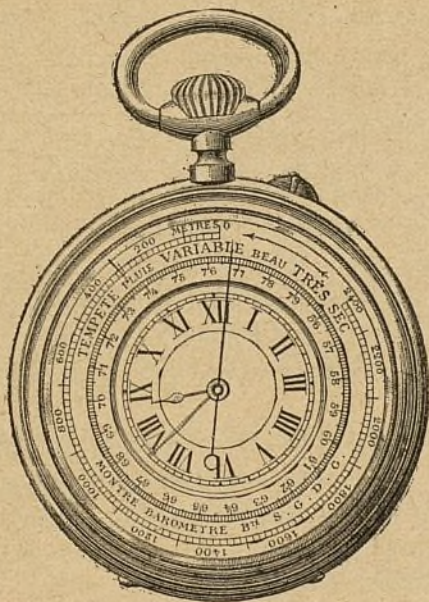


Fig. 12.—Reloj barómetro portátil de Mr. Hüe

El mecanismo de este aparato que representamos en la figura 12, es sencillísimo y consta:

- 1.º De una esfera central que marca las horas y los minutos.
- 2.º De una faja concéntrica en el que hay marcados los grados de presión atmosférica, de 560 á 800.



3.º De una faja concéntrica á la anterior, en la que se hallan las indicaciones de tempestad, lluvia, variable, buen tiempo y tiempo seco; y

4.º De una faja concéntrica á la anterior, en la que hay marcadas las alturas de cero á 2400 metros sobre el nivel del mar y que se corresponden á las presiones atmosféricas correlativas

## EMPLEANDO EL TERMOMETRO

### VI.—Fórmulas que pueden emplearse en la medición de alturas por medio del termómetro

Si bien el empleo del termómetro para la medición de altitudes no tiene gran importancia cuando se puede emplear el barómetro, lo daremos á conocer, por ser uno de los procedimientos sencillos que pueden emplearse en altimetría y que en la mayoría de los casos es más fácil comprobar el buen funcionamiento de un termómetro que el de un barómetro.

La temperatura de ebullición del agua, depende de la presión atmosférica, ó lo que es lo mismo de la presión á que está sujeta. Es tanto mayor esta temperatura, cuanto mayor es la presión atmosférica; y al contrario, es tanto menor, si la presión disminuye; de aquí el por qué en Montblanch hierva el agua á 84 grados.

De este fenómeno se ha sacado partido para medir la altura que hay entre dos puntos; el termómetro sustituye al barómetro en esta medición., según dice Daguin en supreciosa Física. Fahrenheit y Cavallo han sido los primeros que han indicado este método

Para hallar una altura se seguirán los mismos procedimientos y fórmulas expuestos al ocuparnos de la medición de alturas empleando el barómetro. Sólo habrá la diferencia de que en vez de tomar en las dos estaciones la presión atmosférica directamente con el barómetro, se tomará la temperatura de ebullición del agua destilada en ambas estaciones, con un termómetro especial y mejor aún con el Hypsómetro que luego describiremos, viendo después en la tabla *Tensiones de vapor* á. que



presión atmosférica corresponde. Como se vé, el procedimiento es sencillo y el aparato más apropiado para el excursionista, pues el termómetro es más manejable y portátil que el barómetro. En este caso, los fórmulas serán las expuestas, aunque algo modificadas.

FÓRMULA DE LAPLACE MODIFICADA.—Esta es la más exacta:

$$D = 18393 \left( 1 + 0.002837 \cos 2\lambda \right) \left( 1 + \frac{2(T+t)}{1000} \right) \log. \frac{P}{p}$$

En estas fórmulas:

$D$  es la diferencia de nivel ó altura que hay entre dos puntos.

$T$  es la temperatura centígrado del aire de la estación inferior. . . . .

$t$  es la temperatura centígrado del aire de la estación superior. . . . .

$P$  presión correspondiente al grado de ebullición del agua á la estación inferior.

$p$  presión correspondiente al grado de ebullición del agua á la estación superior.

} en una misma hora.

$\lambda$  latitud del punto que puede verse en el mapa.

Los valores de  $P$  y  $p$ , es decir la presión atmosférica correspondiente al grado de ebullición del agua se encontrará en la siguiente tabla:

FÓRMULAS MÁS SENCILLAS —Puede usarse una de estas dos:

$$D = 1000 \left( \frac{P - p}{P + p} \right) \left( 1 + \frac{2(T - t)}{1000} \right) \text{ fórmula de Babenet modificada.}$$

$$D = 58.8 \frac{P - p}{\frac{P}{T + 273} + \frac{p}{t + 273}} \text{ fórmula de Saint-Robert modificada.}$$

En ambas fórmulas las letras representan lo mismo que en la fórmula anterior.

PROCEDIMIENTO PARA ESCURSIONISTAS.—Como que no todos tienen la misma facilidad para comprender las fórmulas algebraicas, aunque sea poco exacto, estos podrán emplear el siguiente procedimiento:

Con el termómetro se tomará la temperatura de la ebulli-



ción del agua en la estación inferior y luego la de la ebullición del agua en la superior, es decir en el punto en que se trata de saber á que altura está con relación al punto ó estación inferior. La diferencia en grados, según M. Forbes, (1) debe multiplicarse por 295; el producto es la diferencia de altura en metros.

Ejemplo: la diferencia de temperatura de la ebullición del agua entre el pueblo de la base de una montaña y el picacho más alto del mismo es de 7'74 grados. La altura será:

$$7'74 \times 295 = 2283'30 \text{ metros.}$$

### VIII.—Termómetro para medir alturas

Es un termómetro que de grado á grado debe tener gran extensión y estar dividido lo menos en décimas de grado. Necesitándose solo los grados inmediatos á 100, convienen los termómetros de depósito intermedio de mercurio que llenan los puntos fijos 0 y 100 grados; estos tienen poca longitud y son fáciles de comprobar al cero. El que representa la fig. 13 ha sido ideado por M. Person y por M. Walferdin, el cual puede dividirse bien cada grado en 30 partes. Como cada grado corresponde á 295 metros, pueden apreciarse 10 metros de altitud con  $\frac{1}{30}$  de grado.

Como se comprende, este termómetro debe estar muy bien construido.

Para pequeñas altitudes, hasta 1000 metros, puede emplearse el termómetro *metastático* de M. Walferdin representado en la fig. 14. Si los 100 grados están en *d*, los 99 en *c*, los 98 en *b*, y los 97 en *a* y se divide en cien partes la distancia que hay entre grado y grado, la aproximación de altitud llega á 3 metros por centésima de grado. Este aparato exige una construcción muy perfecta.

Como sólo hay tres grados, permite que de grado á grado, haya la distancia de 5 centímetros ó más.

(1) Biblioteque universelle de Genève (Archives des sciences 1855) tomo XXX p. 290



### IX.—Empleando el hypsómetro

M. Regnault ha inventado un aparato llamado *hypsómetro*, destinado también á buscar la presión atmosférica de un lugar por medio de la temperatura del vapor que se desprende de la



Fig. 13. Termómetro de M. M. Person y Walferdin.



Fig. 14. Termómetro metálico de Mr. Walferdin.

ebullición del agua. Consiste en una pequeña calderita de cobre *c* (fig. 15) que la envuelve un cilindro de latón *o o'*, que lleva en su parte inferior una lámpara de alcohol *l* destinada para poner en ebullición el agua de la calderita *c*. Varios tubos *t, t', t''*, que entran unos dentro de otros como los de un anteojo, y que están atornillados á la calderita en *v*, sostienen por medio de un corcho el termómetro. El vapor que se produce en la calderita *c* después de llenar el espacio interior de los tubos, *t, t', t''*, sale por una abertura lateral que hay en la parte superior del tubo: el aire, para la combustión de la lamparita entra por los orificios *o'* que se abren ó cierran según convenga para



evitar el viento, y los productos de la combustión salen por el agujero *o'*. Como se vé, el aparato es sencillo y como no tiene más de 15 centímetros de altura, es muy portátil.

Para calcular la presión atmosférica en un punto, no hay más que ver qué grados marca el hypsómetro, y acudir á la siguiente tabla de M. Regnault.

Temperatura del vapor.	Altura del mercurio milímetros.	Temperatura del vapor.	Altura del mercurio milímetros.
	m. m.		m. m.
40°	54,7	73°	264,4
41	57,7	74	275,8
42	60,8	75	288,0
43	63,8	76	300,2
44	67,6	76,25	304,0
45	70,6	77	313,1
46	74,4	78	326,8
46,21	76,0	79	340,4
47	79,0	80	354,1
48	82,8		
49	87,4	81	368,6
50	91,9	81,71	380,0
		82	383,8
51	96,5	83	399,7
52	101,0	84	415,7
53	106,4	85	432,7
54	111,7	86	449,9
55	117,0	86,32	456,0
56	123,1	87	468,1
57	129,2	88	486,4
58	135,2	89	505,4
59	141,3	90	525,1
60	148,9	90,32	532,0
60,46	152,0	91	545,6
61	155,8	92	566,2
62	162,6	93	588,2
63	170,2	93,88	608,0
64	178,6	94	610,2
65	186,2	95	633,0
66	195,3	96	657,4
67	203,6	97	681,7
68	213,5	97,08	684,0
69	223,4	98	706,8
69,49	228,0	99	732,7
70	232,5	100	760,0
71	240,1	101	787,6
72	253,8	102	815,4



Hallada por medio del hypsómetro la presión atmosférica en cada estación, se acudirá á una de las fórmulas expuestas anteriormente al ocuparnos de los procedimientos altimétricos



Fig. 15. Hypsómetro.

empleando los barómetros de mercurio, para hallar la diferencia de altitud entre dichas estaciones. En este caso se tendrán en cuenta las advertencias que se han dado anteriormente y sean pertinentes en este caso.

G. J. DE GUILLEN-GARCÍA.

(*Se continuará.*)



## EL ARGON <sup>(1)</sup>

### (Conclusión)

*El argon, considerado como diatómico.*—Supongamos ahora que el argon es diatómico, como la mayoría de los gases. Su peso atómico será 19,9. En este caso se coloca naturalmente al lado del fluor, en el primer gran período del sistema. En la serie horizontal se encuentra en compañía del nitrógeno y del oxígeno. Como el nitrógeno, el oxígeno y el fluor, es el argon gaseoso á la temperatura ordinaria, y se aproxima á los dos primeros por su punto de liquidación. El examen de la clasificación de los elementos de Mendeleff hace inclinar la balanza á favor de la diatomicidad del argon.

Todavía hay otro argumento en favor de esta misma opinión. El cuerpo de que hablamos es estremadamente pasivo, apenas hay medio alguno para obligarle á entrar en combinación con otros elementos. Como él, si bien que en menor grado, presenta también el nitrógeno esta propiedad, que durante mucho tiempo se atribuyó á su gran inercia individual. Actualmente han cambiado las ideas de los químicos sobre este último punto: se considera que el nitrógeno es una de las formas más activas de la materia y se atribuye su indiferencia con los demás cuerpos á la gran afinidad que tiene consigo mismo, es decir, dos átomos de nitrógeno tienen tanta afinidad entre sí, que es preciso recurrir á los medios más enérgicos para separarlos. Si se admite la misma explicación para la inercia, mayor aún, del argon, es evidente que su molécula debe estar formada á lo menos de dos átomos.

*¿Cual es la opinión más verosímil?*—Resulta, pues, que los métodos físicos hacen sospechar que la molécula del argon tie-

(1) Extracto del extenso trabajo de la *Revue des questions scientifiques*, de Bruselas, escrito por Fern. Goossens, S. J., publicado en el *Boletín Farmacéutico* de Barcelona.



ne un solo átomo, mientras que los métodos químicos inducen á creer que la molécula es diatómica. ¿Qué es lo más probable? Dificil es decirlo en la actualidad, porque si bien unos y otros métodos tienen muchas razones á su favor, ninguno de ellos está libre de objeciones fundadas.

Al dar cuenta en la Academia de Ciencias del descubrimiento de lord Rayleigh y W. Ramsay, el Sr. Berthelot hizo notar que la explicación de la relación anormal 1,66 de los calores específicos de un gas por su monoatomicidad, como también la fórmula que permite calcular esta relación en función de la velocidad de propagación del sonido, no son legítimas más que para los gases que siguen las leyes de Mariotte y de Gay-Lussac. Y precisamente no se ha comprobado aún, si están sometidos á estas leyes el argon y el mercurio, únicos gases en los que se encuentra la relación indicada de 1,66.

Entre las dos hipótesis, hay otra intermedia. Según el Sr. Bevan, el argon sería originariamente diatómico ó tal vez su molécula contendría aun mayor número de átomos; pero, por efecto de la elevación de temperatura, la mayoría de las moléculas estarían disociadas, de manera que solo un 5 por 100 de la totalidad permanecerían diatómicas, estando las demás formadas por átomos aislados. Desgraciadamente los hechos son contrarios á esta hipótesis conciliatoria.

*Inercia del argon.*—Hemos visto ya que el cobre y el magnesio al rojo, la chispa eléctrica en presencia del oxígeno y de un alcali ó del hidrógeno y de un ácido, no producían sobre él efecto alguno.

La sosa cáustica, el cloro seco ó húmedo, la cal sodada, el fósforo y el azufre al rojo vivo, el nitrato potásico, el peróxido de sodio, los persulfuros de sodio y de calcio al rojo blanco, tampoco le atacan.

En una atmósfera de este gas se puede destilar el telurio, el potasio y el sodio: ni siquiera pierden su brillo estos cuerpos.

La esponja ó el negro de platino no le absorben.

Los hipobromitos, el agua de bromo, el agua régia, el permanganato potásico, no le oxidan.

El ácido clorhídrico, los álcalis, el boro y el silicio no ejercen sobre él ninguna acción.



Los descubridores del argon han multiplicado los ensayos para combinarlo inútilmente. Los agentes más enérgicos no le alteran siquiera. Esta estremada inercia le ha valido su nombre de argon, que significa inactivo.

A su vez, Moissan ha probado de combinarlo con el tetano, el boro, el litio, el urano; mas, siguiendo la gráfica expresión de lord Rayleigh, el argon resiste á la tentación que hace sucumbir al nitrógeno. Hasta el terrible fluor no ejerce sobre él acción apreciable.

Unicamente, el Sr. Berthelot ha logrado determinar la combinación del argon con la bencina, bajo la acción de los efluvios eléctricos, cuyo empleo es muy preferible al de la chispa: ésta eleva demasiado y de una manera demasiado duradera la temperatura del medio en que salta, destruyendo así los compuestos formados en una primera fase. Con este objeto ha empleado un aparato consistente en dos tubos de vidrio, de paredes muy delgadas, introducidos uno dentro del otro. Entre los dos tubos queda un espacio anular de muy poco espesor. El tubo exterior está rodeado por una lámina de platino arrollada en espiral. El interior está lleno de agua acidulada. Por el espacio anular se hace pasar la corriente del gas, al mismo tiempo que se pone en comunicación la lámina de platino y el agua acidulada, con los reóforos de un carrete de Ruhmkorff. De esta manera, el señor Berthelot logró hacer absorber el nitrógeno por la bencina, la esencia de trementina, el metano, el acetileno, el papel de filtro, la dextrina.

Con la bencina se formó una materia sólida, una especie de resina, que se condensaba en las paredes de los tubos. Calentada, esta resina se descomponía, desprendiéndose amoníaco.

¿Se comportaría el argon de una manera semejante? ¿Se lograría así una combinación del cuerpo que hasta entonces había resistido á todos los ensayos? Esto es lo que debía decir la experiencia.

*Compuestos del argon.*—El Sr. Berthelot recibió del Sr. Ramsay un tubo cilíndrico que contenía 37 centímetros cúbicos de argon puro. Introdujo 10 centímetros de este argon en el tubo anteriormente descrito, que sirve para someter los gases á la



acción de los efluvios eléctricos, añadiendo algunas gotas de bencina. El volumen de la mezcla resultó ser 10'5 centímetros cúbicos. Durante 10 horas estuvo expuesta la mezcla á la acción de los efluvios, siendo la corriente de débil tensión; transcurrido este tiempo, fué absorbida la bencina, que no había reaccionado, con una gota de ácido sulfúrico: el volumen era solamente 8'9 centímetros cúbicos. Nuevas adiciones de bencina y la acción de una corriente de gran tensión lo redujeron sucesivamente á 6'4 y á 3'2 centímetros cúbicos. Las dimensiones de los aparatos empleados no permitieron al Sr. Berthelot llevar más adelante la operación.

El residuo gaseoso contenía argon, hidrógeno y vapores de bencina. En las paredes del tubo que limitaban el espacio anular se había depositado una substancia resinosa, amarilla, aromática, que, sometida á la acción del calor, dió productos volátiles que enrojecían el papel de tornasol y un abundante residuo carbonoso.

Según se vé, esta reacción aproxima el argon al nitrógeno con el cual tiene cierta semejanza por la gran inercia respecto de los demás cuerpos, aun cuando difiera de él en muchos otros conceptos. Desgraciadamente las cantidades de gás de que dispuso el sabio químico no eran suficiente para permitirle estudiar de una manera más completa sus compuestos; pero, desde entonces, consideró el Sr. Berthelot que, cuando se dispusiera de argon en mayor cantidad, se podría preparar fácilmente algún compuesto del mismo.

Quedó confirmada esta creencia al descubrir el propio señor Berthelot otro compuesto del argon. Había descubierto este químico que en el aparato citado, la acción de los efluvios eléctricos sobre una mezcla de nitrógeno y vapores de sulfuro de carbono determinaba la formación de un cuerpo que puede ser considerado como un derivado del sulfocianógeno. Hizo el experimento con el argon, empleando nuevas cantidades remitidas por el Sr. Ramsay, y obtuvo un cuerpo, cuyo modo de formación es análogo al del que subministra el nitrógeno, pero que por sus reacciones se distingue fácilmente de los sulfocianuros.



Descomponiendo por el calor el compuesto formado por los effluvis logró también regenerar el argon.

*Diferentes opiniones sobre el argon.*—Al anunciarse el descubrimiento del argon, el Sr. Berthelot insinuó la idea de que este gas podría ser nitrógeno condensado en una molécula triatómica. Se fundaba en que el peso molecular, determinado por el método de las densidades, que resultaba de los datos experimentales, se aproximaba bastante, 42, que es exactamente el triplo del peso atómico del nitrógeno. Aun cuando el Sr. Berthelot dió á conocer esta hipótesis como una mera suposición, dada la autoridad del sabio químico francés, merecía ser estudiada detenidamente. Emprendió, pues, el Sr. Ramsay nuevas determinaciones de la densidad del argon, resultando que el peso molecular no podía ser 42 y por consecuencia que era preciso desechar la idea de considerarle como un nitrógeno triatómico con la fórmula  $N_3$ .

Algunos químicos han presentado nuevamente esta hipótesis, añadiendo á ella un nuevo factor. Según ellos, además de las moléculas  $N_2$ , el argon contendría cierta proporción de moléculas  $N_3$ . Pero, para que la densidad fuera de 19'9, en esta mezcla debiera existir un 14 por 100 de moléculas  $N_3$ , y el espectróscopio permitiría descubrir esta considerable cantidad de nitrógeno normal.

El Sr. Victor Delahaye cree que el argon es un nitruro de carbono. Esta opinión es muy poco probable, porque sería muy difícil que un nitruro resistiera á los reactivos con que se ha tratado el argon sin obtener resultado alguno, y especialmente porque el argon ha sido sometido á la acción del óxido cúprico, el cobre al rojo y la cal sodada, que son los cuerpos empleados en química orgánica, para separar el nitrógeno de sus compuestos.

La mayoría de los químicos considera el argon como un gas diatómico cuyo símbolo es A y cuya molécula se representa por  $A_2$ .

*Consideraciones finales.*—Tal es el estado actual de nuestros conocimientos sobre el nuevo gas de la atmósfera. Si reunimos los datos que se conocen con certitud, hay que confesar que



todavía son muy pocos. No hay duda de que se ha descubierto en el aire ambiente un cuerpo hasta hoy ignorado; está en el aire en la proporción de 1 por 100; su densidad es muy próxima á 19·9; se disuelve en el agua en la proporción de 4 por 100 á corta diferencia, á la temperatura de 12°; se liquida á—121°, bajo la presión de 50·6 atmósferas; su punto de ebullición es—187°; su punto de fusión es—189°6; su densidad en estado líquido 1·5 poco más ó menos; presenta dos espectros, uno rojo y otro azul; por último, la relación del calor específico á presión constante al calor específico á volumen constante es 1,645.

Fuera de estos datos positivos ¡cuantas dudas, cuantas incertidumbres! ¿Es un solo cuerpo ó la mezcla de muchos? ¿Es un elemento ó un cuerpo compuesto?

Si es un elemento ¿es monoatómico ó poliatómico? ¿Es un gas diverso en todo de los cuerpos conocidos hasta ahora ó es una modificación alotrópica de un elemento ya conocido? ¿Cuales son sus reacciones características? ¿Qué papel desempeña en la atmósfera este gas singular, del cual el Sr. Ramsay no ha podido hallar siquiera indicios en las plantas, ni en los animales.

Sea lo que fuere hay que admirar la ciencia y la habilidad con que los Sres. Rayleigh y Ramsay han efectuado sus trabajos. Lord Rayleigh, habituado en sus anteriores trabajos á luchar contra las dificultades experimentales, confiesa que nunca las encontró en forma tan penosa. Sin duda, no han quedado resueltas todas las cuestiones á propósito del argon; pero, no puede constituir esto ningún reproche. ¿Por ventura, no exigía cada experiencia de 10 á 15 días antes de que se pudiera llegar á una conclusión aceptable? ¿No hay que alabar la modestia de los descubridores que no quisieron reservar exclusivamente para sí el estudio completo de este cuerpo tan interesante?

Es muy probable que el descubrimiento del argon sea causa de muchos otros descubrimientos. Por de pronto ya se puede citar los siguientes hechos.

El Sr. Brauner, Profesor de Química de la Universidad de Praga, fundándose en la casi completa identidad de la raya de



longitud de onda 372'98, señalada por el Sr. Crookes en el espectro azul del argon y la raya 373,00, que es la más notable del espectro de las nebulosas y de las estrellas blancas, deduce la posibilidad de que exista en ellas el gas recientemente descubierto en la atmósfera.

El Sr. Berthelot, operando con su tubo de efluvios y una mezcla de argon y vapor de bencina, ha logrado descubrir por el análisis espectral tres ó cuatro rayas que se aproximan mucho á ciertas rayas de la luz zodiacal y de la aurora boreal.

El Sr. Ramsay, buscando compuestos naturales del argon, ha extraído de un mineral raro de Noruega, la *cleveita*, un gas que entre otras rayas dá la raya amarilla brillante del helio. Los Sres Clève y Deslandres llegan á identificar muchas rayas del espectro de este gas con las rayas de la cromósfera solar. Más tarde, el mismo Sr. Ramsay ha llegado á extraer de un meteorito una mezcla de argon y de helio. Este á timo aparece en casi todos los minerales raros.

El Sr. Norman Lockyer somete diferentes ejemplares de tierras raras al análisis espectral. Observa unas sesenta rayas nuevas, encontrando luego la mitad de ellas en la cromósfera solar y en las estrellas blancas del Orión. Un estudio detenido de estos minerales le hace sospechar que las nuevas rayas, por él encontradas, pueden ser debidas á muchos metales diferentes.

En vista de cuanto antecede, se comprenderá cuan acertado estuvo lord Kelvin al expresarse de la siguiente manera:

«Las determinaciones cuidadosas y exactas para los espíritus que no están al corriente de la verdadera ciencia son un objeto menos noble, menos digno de ser estudiado, que la investigación de cosas nuevas; sin embargo, los grandes descubrimientos científicos han sido casi siempre debidos á la escrupulosidad en las determinaciones y al examen laborioso y perseverante de los resultados numéricos.»

C. BRUGUÉS.



## BIBLIOGRAFIA

### LIBROS RECIBIDOS

LA MENUISERIE, por A. Poutiers, profesor de la Escuela de las Artes industriales de Angers. Librería de J.-B. Bailliére et Fils, 19 Rue Hautefeuille, París.—1 volumen en 16 de 350 páginas, con 80 figuras dibujadas por el autor.—Precio encuadernado: 4 francos.

La ebanistería es sin duda una de las artes industriales más importantes, pues abraza la construcción desde los objetos más sencillos y de los muebles, hasta las decoraciones más delicadas.

En este nuevo volumen de la *Bibliothèque des connaissances utiles*, Mr. Poutiers ha dividido por capítulos las diferentes clases de ebanistería: desde luego pasa en revista *La ebanistería* al través de las edades y en los diferentes pueblos. En el capítulo II desarrolla el *arte del ebanista*, el conocimiento de las maderas, su elección y su apropiación para las diferentes clases de trabajos; las preparaciones que deben sufrir antes de emplearlas y en fin, las operaciones químicas á las cuales se las somete en ciertos casos.

El capítulo III trata de la *Ebanistería plana* en general, trazado y construcción, aplicación de las diferentes clases de ebanistería para los distintos usos á que se les destina. El capítulo IV es un compendio del *arte del trazado* propiamente dicho aplicándose á todas las partes de ebanistería en donde se emplean trazados diversos. Este capítulo presenta un interés capital, por permitir á los que conozcan la geometría descriptiva, encontrar en estos trazados una aplicación rigurosa de la teoría.

La *descripción de las escaleras* y la exposición de los métodos empleados para su construcción, hace el objeto del capítulo V, en el cual el autor dá al lado de las teorías, los procedimientos empleados en los talleres para el trazado y ensamble de este género de trabajo. Estos tres últimos capítulos encierran la enseñanza técnica del ebanista.

La obra termina por una especie de vocabulario de los términos empleados en la ebanistería, para facilitar á las personas que se interesan por este arte, la familiarización con los términos usados por los obreros de esta profesión.

17<sup>e</sup> CENTENAIRE DE LA DECOUVERTE DE L'AMÉRIQUE.—*Souvenir de l'Espagne*.—Rapport à W.—le Marquis de Croizier, par Ludovic Guignard de Butteville.—Blois, 1893.—1 vol.

AMERICAN INSTITUTE OF MINING ENGINEERS.—Transactions, October 1895.

NAVI DEPARTMENT.—*Office of naval intelligence*.—General Information Series. N.º XIV. July 1895.—Washington 1895.—1 vol.

ASOCIACION DE FABRICANTES DE HARINAS DE BARCELONA.—Primas á la exportación de trigos y harinas nacionales sin gravámen para el tesoro público.—Barcelona 1896.—1 folleto.



FOMENTO DEL TRABAJO NACIONAL.—*Sección de industria.*—Sobre la explotación y colonización de cien mil hectáreas de terreno en la isla de la Paragua (Filipinas,) destinándolo principalmente al *Cultivo del algodónero.*—Dictámenes de la Comisión y de la Ponencia y Estatutos de la Empresa Colonizadora.—Barcelona 1896.—1 folleto.

## NOTICIAS

CUERPO DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE FERRO-CARRILES.—El ministro de Fomento ha puesto á la firma el decreto siguiente:

Artículo 1.º El personal de ingenieros mecánicos que presta servicio á las órdenes de los jefes de las divisiones de ferro-carriles, constituirá un cuerpo de escala cerrada que se regirá por las mismas disposiciones que los demás cuerpos de Obras públicas, asimilándose para la aplicación de ellas á las categorías de ingenieros primeros y segundos de caminos, canales y puertos en sus correspondientes clases.

Art. 2.º La plantilla de este cuerpo se compondrá de un ingeniero primero, jefe de negociado de primera clase, con el sueldo de 6,000 pesetas; dos idem, idem, jefes de negociado de segunda clase, con el de 5,000 pesetas; tres de tercera, con el de 4,000; cuatro oficiales primeros, con el de 3,500, y siete oficiales segundos, con el de 3,000 pesetas.

Art. 3.º Constituirán esta plantilla los que actualmente desempeñan el cargo de ingenieros mecánicos en las direcciones de ferro-carriles, colocados en ella por orden de antigüedad en el desempeño del expresado cargo. Las vacantes que resultasen en lo sucesivo, después de correr la escala, se cubrirán por concurso entre los aspirantes que, poseyendo el título de ingenieros industriales, reúnan mayores méritos.

NOMBRAMIENTO.—Ha tomado posesión del destino de oficial primero, ingeniero industrial de la investigación de Hacienda, don José Almarán.

OFRECIMIENTO.—El señor Cornet y Mas, en nombre de «La Maquinista Terrestre y Marítima», de esta ciudad, ha ofrecido al Gobierno su concurso para facilitar al Ejército y á la Marina cuantos elementos le sea dable.

ALUMBRADO ELECTRICO.—Los señores Ricart y C.<sup>a</sup> han presentado al Ayuntamiento de Vich los planos de una fábrica de electricidad para el alumbrado y como fuerza motriz para la industria. La maquinaria tendrá una fuerza de 300 caballos.

—Próximamente, dice una revista, publicará el *Boletín oficial* de la provincia de Tarragona el pliego de condiciones para contratar la instalación del alumbrado eléctrico en Belchite.

—Parece que en Oviedo se trata de establecer próximamente una fábrica de electricidad para el alumbrado por dicho sistema.

—Dícese que la «Sociedad Catalana del gas» trata de establecer una fábrica de electricidad para el alumbrado por dicho sistema.

TRANVIAS ELÉCTRICOS.—La *Gaceta* ha publicado una Real orden disponiendo se admitan durante un mes, en los centros correspondientes, reclamaciones ó proyectos que las mejoren, contra la instancia



presentada por don Alfredo Farriol pidiendo instalar en Barcelona las siguientes líneas de tranvías movidos por tracción eléctrica.

1.º Desde la riera de Malla hasta la calle de San Juan (San Martín de Provensals).

2.º Desde el torrente de Hostafranchs, por la calle Consejo de Ciento, al cruce con el ferro-carril del Norte.

3.º Desde Sans á la Sagrera.

4.º Desde la calle de Méndez Núñez, cruce con la Ronda de San Pedro á Gracia.

5.º Desde la calle de Bilbao, por la Granvía, á la calle de Muntaner.

6.º Desde la Ronda de San Antonio á la Bonanova.

7.º Desde la plaza del mercado de San Antonio á Sarriá.

8.º Desde la plaza de San Sebastián á la Granvía.

9.º Desde el cruce de la Granvía y calle del Marqués del Duero á Cornellá.

10.º Desde el promedio del trazado 4.º á San Martín de Provensals.

PESCA CON LUZ ELÉCTRICA.—Se ha concedido patente para explotar en España la pesca por medio de la luz eléctrica. Al efecto, ha dicho un colega local, se ha formado una Compañía que parece dará comienzo á sus operaciones por el puerto de Bilbao y otros; en algunos operará por administración, y en otros cediendo la patente á los pescadores con los demás útiles necesarios, mediante una venta ó canon módico, pagadero mensualmente.

AGUAS.—La *Gaceta* ha publicado varios acuerdos de la Dirección general de Obras públicas autorizando la transferencia que á favor de la Sociedad general de aguas de Barcelona ha hecho la inglesa «The Barcelona (Besós) Waterwrks Company limited»; concediendo autorización para canalizar con tubería de fundición la riera de Cañadó (Barcelona); concediendo el aprovechamiento en uso industrial de 5,500 litros por segundo de aguas del río Ter á D. Jaime Casals, en nombre de los hijos de D. Jerónimo Francadella; autorizando para establecer en el puerto de Barcelona un tren mecánico para la descarga de mercancías granulares y pulverulentas á D. Francisco Ferrer, y suspendiendo la subasta de las obras de los careneros de servicio del dique flotante de nuestro puerto.

FERRO-CARRILES Y TRANVÍAS.—En la Memoria leída en la junta general de accionistas de la Compañía Anónima de Tranvías y Ferrocarriles Económicos se consigna se transportaron en 1895 por las líneas de San Andrés y Horta 3,862,114 pasajeros, ó sea 4,690 menos que en 1894, recaudándose 428,303 pesetas 85 céntimos, ó sean 6,040'65 menos también que en el año anterior.

Fué acordado un reparto de 5 por 100 en concepto de utilidades á las acciones en circulación de dicha Compañía.

—Una nueva línea de tranvías unirá Barcelona con Sans. El nuevo tranvía deberá partir de las inmediaciones de la estación del ferrocarril de Tarragona á Barcelona y Francia, y cruzando por las calles más espaciales del Ensanche terminará en la plaza de la Constitución de Sans.

La Dirección general de Obras públicas ha remitido al Gobierno civil de esta provincia, para la confrontación é información pública que previene la vigente ley de ferrocarriles, el proyecto de dicho tranvía que será de vapor y de doble vía.

LA COMPAÑÍA TRASATLÁNTICA.—Dice el *Diario de Barcelona*:

«Decíase ayer que la Compañía trasatlántica acaba de aumentar su



flota con dos vapores pertenecientes á a «Hamburg-Amerikanisch Paketfahrt Actien-Gesellschaft.» Añadíase que dichos buques son el «Rusia» y el «Dania», contruidos en los astilleros de Laird Brobherh und Biskesubeand y en el Vulcán de Steitn hace un par de años, y que en virtud de la competencia en la línea de Nueva York, han sido sustituidos por buques de 20 millas de andar y 7,000 toneladas de registro. Los citados vapores, que andan 16 millas, se hallan en excelentes condiciones para prestar servicio de correo y especialmente para el transporte de tropas, pues tienen 100 cámaras de primera clase para la oficialidad ó viajeros y 1,500 camas de tercera para los soldados ó emigrantes.»

LOS GRANDES BUQUES DE VAPOR.—Entre los casos anexos al repertorio general de la marina mercante, se halla la lista de los vapores clasificados según su tonelaje bruto: sumando la relación de los vapores de más de 2,000 toneladas en bruto, resultan 1,070 de 2,000 á 2,500 toneladas, 692 de 2,500 á 3,000; 540 de 3,000 á 4,000; 203 de 4,000 á 5,000; 69 de 5,000 á 6,000; 33 de 6,000 á 8,000 y 10 de 8,000 á 10,000. Estos diez últimos son en orden de importación: «City of Paris,» 10,508 toneladas, «City of New York» 10,508; «Majestic» 9,861; «Teutonic» 9,686; «Furst Bismarck,» 8,874; «La Touraine,» 8,863; «Normandia,» 8,716; «City of Rosue,» 8,214; «Umbria,» 8,128 y «Etruria» 8,120.

NUEVOS TELESCOPIOS.—Sabemos, dice un periódico de Arequipa, que dentro de breves dias se dirigirá á Estados Unidos el actual Director del Observatorio Astronómico del Carmen Alto, con el objeto de traer un nuevo telescopio fotográfico de 24 pulgadas de diámetro, en el lente objetivo, para dicho observatorio.

Sabemos también que actualmente se levanta en la Gran República una suscripción para construir un telescopio de 40 pulgadas, con destino al mismo observatorio, telescopio que no costará menos de 200,000 dollars.

MINAS.—Dice un periódico: «Un despacho recibido anoche anuncia que en las grandes minas de carbón llamadas de Vulcano (Colorado) ha ocurrido una explosión de fuego grisú, hallándose 50 personas dentro de las galerías.

»Se cree que todas han perecido.»

OBRAS PÚBLICAS.—La comisión de la Cámara encargada de examinar el proyecto relativo á la creación del canal de Marsella al Ródano, ha llegado á un acuerdo con el ministro de Obras públicas y el director de navegación, estableciendo la conveniencia de pedir inmediatamente á la Cámara autorización para emprender desde luego la ejecución de las obras entre Marsella y Port Dboue, cuyos trabajos exigen un gasto de 36 millones. El trazado del canal entre Port Dboue y el Ródano queda aplazado hasta más adelante.

—La Junta técnica de Marina se está ocupando del estudio de las proposiciones hechas para la construcción de un dique en el proyectado arsenal de Subic.

El presupuesto de Ultramar consigna para cada uno de los tres años prefijados para su construcción dos millones de pesetas, incluyendo las obras complementarias, material de dragas, remolcadores, etcétera.

Según parece, las ofertas fluctúan entre tres y medio y ocho millones de pesetas; esta última suma la fija una casa francesa á quien se dice que apoyan poderosas influencias.