



La Termodinámica y la Revolución industrial (I)

UNO DE LOS TÓPICOS de nuestro tiempo es hablar, y no parar, de lo que se denomina I+D, expresión simbólica que hace referencia a la conexión que debe haber entre la investigación científica (la I) y el desarrollo (la D), prioritariamente tecnológico. Subyace en la expresión la idea de que la inversión económica en la investigación debe retornar a la sociedad en forma de productos que ayuden al bienestar general y/o en la consecución de la primacía económica, política o militar de las empresas o estados.

La historia muestra que, en efecto, determinados inventos han generado profundos cambios en la vida humana que han alcanzado dimensiones planetarias. En un resumen rápido, pueden citarse entre los más importantes desarrollados antes de 1900, la máquina de vapor, la bombilla incandescente, el teléfono y el motor de cuatro tiempos. La idea de que la inversión en investigación retorne como frutos prácticos es relativamente moderna. La conexión entre los avances de la ciencia y estos inventos parece a veces difuso y casual pero, es en último término, profunda. La máquina de vapor es un ejemplo de esto.

La máquina de vapor

Aunque Herón de Alejandría (siglo I) describe en su "Pneumática" ingeniosos artefactos móviles aprovechando las propiedades del vapor generado al calentar agua, con los que llegó a diseñar un sistema de apertura de las puertas de un templo y figuras que se movían en los altares durante las ceremonias religiosas, y de que en el siglo XII el órgano de la catedral de Reims funcionaba con el aire comprimido por vapor generado por una caldera, no es hasta finales del siglo XVII cuando se proponen los primeros ingenios destinados a generar trabajo de forma continua.

De comienzos del siglo XVII datan los primeros dispositivos para elevar agua (en las fuentes) usando lo que se denominaba el "poder del vacío". El hecho físico fundamental es que el agua ocupa (en condiciones normales) 2700 veces menos volumen que el vapor de agua. Si en un cilindro separado en dos partes por un émbolo, se inyecta agua en uno de los lados y se calienta hasta vaporizarlo la expansión provocará el desplazamiento del émbolo en una dirección. Si bruscamente se enfría el vapor, se condensa y el émbolo se desplazará en sentido contrario. Con esta idea, se diseñaron aparatos para aprovechar este efecto para elevar agua, aprovechando este efecto se succión.

Los primeros diseños (della Porta, 1601 y Claus, 1615) estaban destinados a provocar efectos en fuentes ornamentales. Los trabajos de Galileo, Torricelli, Pascal y Von Guericke sobre la presión desterraron en "horror vacui" (horror al vacío) como principio que explicara estos fenómenos y situaron el problema en el estudio de las propiedades de los gases y los líquidos.

La primera máquina como tal fue inventada por Eduard Somerset, segundo marqués de Worcester, en 1663 y por su descripción es muy similar, conceptualmente, a la fuente de Caus, si bien de la máquina de Somerset se construyó un modelo en Vauxhall (cerca de Londres) en el castillo Rawlan en torno a 1665 con el propósito de elevar el agua a los pisos superiores de la construcción. Sin embargo, Somerset no pudo atraer los capitales necesarios para producir y vender su máquina y murió en

la pobreza. Thomas Savery retoma las ideas de Somerset y obtiene una patente en 1698, motivo por el cual a menudo se le atribuye la invención de la máquina de vapor.

Lejos de los propósitos lúdicos de sus antecesores, Savery aplica su invento a un problema económico fundamental en la Inglaterra del siglo XVIII. La demanda de carbón en un país que había esquilado sus bosques crecía vertiginosamente, tanto para la calefacción como para mover la incipiente industria metalúrgica. Las minas de carbón padecen de forma crónica el problema de las filtraciones de agua, que hay que extraer continuamente para poder trabajar en ellas. Para sacar esta agua se usaban norias movidas por animales, preferentemente caballos. Este hecho encarecía enormemente la explotación llegando en muchas ocasiones a tener que cerrar las minas por ser antieconómica su explotación.

La máquina de Savery tenía sin embargo muchas limitaciones. En un funcionamiento seguro apenas podía elevar el agua unos diez metros. Para hacerlo a mayor profundidad se tenía que incrementar la temperatura (y por tanto la presión) a límites que no resistían los materiales de la época, provocando con frecuencia explosiones.

Diez años después de la máquina de Savery el plomero y vidriero de Dartford

John Calley según los planos y especificaciones de su conciudadano Thomas Newcomen (Dartmouth 1663 - 1729), herrero y predicador, construye la primera máquina auténticamente eficaz. Cuando tenía casi 40 años, Newcomen empezó a estudiar la máquina de Savery, y como éste ya tenía el privilegio de invención, él y Calley se pusieron de acuerdo con Savery para una nueva patente conjunta, que obtuvieron en 1705. Newcomen, a pesar de los consejos en contra del gran Robert Hooke, decidió usar por primera vez un cilindro y un émbolo, a diferencia de la máquina de Savery, que trabajaba con dos recipientes y un juego de válvulas, y enfriar el vapor introduciendo agua en el cilindro, en vez de hacer circular el agua por el exterior del recipiente como hacía Savery. El uso del émbolo abría las puertas a una verdadera máquina, con posibilidad de producir trabajo y no solo de bombear agua.

La primera máquina industrial, en las minas de carbón de Duley Castle tenía unas dimensiones considerables, pues el cilindro tenía más de medio metro de diámetro y 2,4 m de altura. Realizaba 12 ciclos por minuto y era capaz de elevar 189 litros de agua desde una profundidad de 47,5 m.

La máquina de Newcomen tuvo un considerable éxito y durante casi setenta años

las máquinas industriales siguieron su diseño, extendiéndose su uso: en 1729 ya se usaban en Alemania, Austria, Bélgica, Francia, Hungría y Suecia. En 1750 llegó a las colonias americanas, la primera para una mina de cobre en Newark y en 1774 se instaló en Kronstadt, para vaciar los diques de varada en la nueva base naval de Catalina la Grande de Rusia. Su robustez era tal que la última máquina desmantelada lo fue en 1934, en Parkgate, después de más de un siglo de funcionamiento. Significativamente, a España llegaron en 1813. El éxito en todo caso era limitado: en Inglaterra hacia 1780 había en total unas 100 máquinas de vapor.

Para entonces, sin embargo ya se había producido una modificación trascendental debida al genio de James Watt.

Desde el punto de vista de rendimiento, los artefactos de Newcomen eran penosos. Apenas se aprovechaba el 0,5% del calor invertido para realizar trabajo. En el caso de las minas esto no era un gran problema, puesto que allí lo que sobraba era carbón, pero para el resto de las industrias esto generaba una factura enorme. Esa fue la cuestión que estudió Watt en 1765.

Luis Vega
Universidad de La Laguna.

Notas biográficas

NACIDO EN GREENOCK (ESCOCIA) en 1736 fue un chico brillante al que su delicada salud le llevó a ser educado por sus padres, James Watt y Agnes Muirhead. En el taller de carpintero de su padre adquirió la destreza en el manejo de los instrumentos que tanto le serviría a lo largo de su vida. Enviado finalmente a la escuela no comenzó a destacar hasta los 13 ó 14 años cuando despuntaron sus habilidades en el estudio, especialmente de matemáticas.

En 1753 falleció su madre y acuciado su padre por problemas económicos fue enviado, a casa de los parientes de su madre en Glasgow para aprender el oficio de constructor de instrumentos matemáticos. A través del profesor de Filosofía Natural (Física) de la Universidad de Glasgow Muirhead, pariente de su madre, entró en contacto con otros profesores, llamando especialmente la atención Robert Dick que le sugirió trasladarse a Londres para formarse.

En 1755 partió a Londres donde se encontró con un gremio de relojeros, al que pertenecía el de constructores de instrumentos, de marcado corte medieval que exigía siete años de aprendizaje para adquirir el grado de maestría e impedía a los forasteros trabajar o abrir negocios en la ciudad. A penas consiguió un contrato de aprendizaje durante un año por un sueldo de veinte guineas. En el taller no dejó de asombrarle la especialización de los trabajadores que era por entonces desconocida en el resto del país; «muy pocos saben algo más que cómo hacer una regla, otros un compás, (...)». De todos aquellos especialistas aprendió Watt durante su estancia en Londres. El miedo a las frecuentes levas y las escasas perspectivas profesionales le hacen retornar a



James Watt./ CEDIDA

Escocia.

De nuevo en Glasgow descubre que tampoco allí podía abrir un taller por motivos similares a los de Londres. Gracias a sus amigos la Universidad le permite montar un taller de reparación de instrumentos ya que en ella no regían los privilegios gremiales. Entra en contacto con el profesor (de Medicina) James Black, inmerso por entonces en los estudios que le llevarían a descubrir el calor latente (el necesario para producir cambios entre estados sólidos, líquido y gaseoso). No hay duda de que esta amistad sería decisiva para Watt.

La universidad había adquirido una máquina de Newcomen para las clases de filosofía natural que se estaba reparando en Londres. A solicitud de Watt

la máquina se llevó de nuevo a Glasgow en 1763 para ponerla él mismo a punto. Más allá de la reparación Watt estudió con detalle todo el funcionamiento. Gracias a los conocimientos adquiridos con Black y a su propia habilidad determinó que menos de un tercio del calor necesario para operar la máquina se usaba para generar trabajo. El resto se gastaba en calentar diferentes partes de la máquina y en particular el émbolo. Para evitar esto diseñó en 1765, y patentó en 1769 con John Roebuck como socio capitalista, una cámara separada (condensador) donde se enfriaba el vapor, manteniéndose el émbolo a la temperatura de funcionamiento. Junto con otros inventos (reguladores de presión entre ellos) consiguió multiplicar por 10 el rendimiento de las máquinas.

Este salto espectacular de rendimiento y la patente obtenida hizo que las máquinas de la firma Boulton & Watt (Roebuck se había arruinado y tuvo que vender su parte a Matthew Boulton) dominaran completamente el mercado. Para vender su invento Watt calculó con precisión a cuantos caballos podía sustituir su máquina. De ahí deriva la unidad de potencia Horse Power ("caballo de vapor", coloquialmente "caballos"), aún hoy común referirse a la de los motores.

Con los rendimientos alcanzados se hizo posible la instalación de industrias en cualquier sitio, al no depender tan dramáticamente del carbón, y con ello se hizo posible el espectacular desarrollo industrial británico en los albores del siglo XIX.

La patente que le hizo rico tuvo, sin embargo, consecuencias negativas para otros desarrollos como veremos en un próximo artículo.