

La Revolución del Vapor

Luis Ximénez Herráiz

Doctor en Ciencias y Doctor en Humanidades

Tutor Máster de Historia de la Ciencia

El Hombre siempre ha conocido la existencia del Vapor. *Soñó con obtener energía con el mínimo esfuerzo.*

Primero aprendió a utilizar la fuerza de los animales, después de la del agua y finalmente de la del viento. La máquina de Vapor, cambió el modo de vivir de la humanidad.



¿Que es el Vapor?

La palabra vapor viene del latín vapor, vaporis (exhalación, bocanada de calor, a veces incluso fuego y llama). El vocablo procede de una reducción de la gutural inicial, de una raíz indoeuropea *kwep* (cocer, mover violentamente), raíz que está presente en sánscrito y lenguas eslavas. Esta raíz dio en latín también al verbo *cupire* (desear vivamente, en origen "estar en ebullición de puro deseo" de donde viene la palabra codicia (de *cupiditia*), la palabra concupiscencia y el nombre del dios Cupido "Dios del deseo amoroso).

En griego esta raíz nos dio *kapnós* (humo), de donde viene una palabra poco frecuente: capnomancia (adivinación supersticiosa hecha por medio del humo), de *kapnós* y el griego *manteía* (adivinación).

El vapor de agua es un gas, un tanto especial, que se obtiene por evaporación o ebullición del agua líquida o por sublimación del hielo. Es inodoro e incoloro.

Es la fase gaseosa en que se transforma una sustancia, generalmente líquida, y que se produce en temperaturas próximas al punto de ebullición o licuefacción.

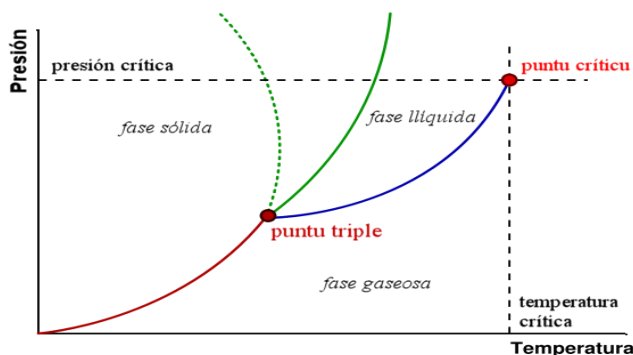
"cuando se hierve agua, sale vapor"

El vapor de agua es responsable de la humedad ambiental. En ciertas condiciones, a alta concentración, parte del agua que está en forma de vapor se condensa constituyendo gotas de agua líquida en suspensión, y así se forma la niebla o, a alturas mayores sobre el suelo, nubes.

El vapor es el estado en el que se encuentra un gas cuando se halla a un nivel inferior al de su punto crítico; éste hace referencia a aquellas condiciones de presión y temperatura por encima de las cuales es imposible obtener un líquido por compresión. Si un gas se encuentra por debajo de ese punto, esto significa que es susceptible de condensación a través de una reducción de su temperatura (manteniendo la presión constante) o por vía de la presurización (con temperatura constante).

El vapor es un tipo de gas, pero en todo momento está *en constante transición entre el estado gaseoso y el líquido*. Es un gas cuando está por debajo de su temperatura crítica, pero puede ser condensado como líquido incrementando su presión sin reducir su temperatura.

El vapor es el estado de agregación de la materia en el que las moléculas interactúan débilmente entre sí, sin formar enlaces moleculares adoptando la forma y el volumen del recipiente que las contiene y tendiendo a expandirse todo lo posible, es decir, que es la fase gaseosa de una sustancia a diferencia de que ésta se encuentra por debajo de su temperatura crítica.



Aunque utilizamos los términos gas y vapor de manera indistinta, rigurosamente existe una diferencia.

Un gas es una sustancia que normalmente se encuentra en el estado gaseoso a temperaturas y presiones ordinarias. Un vapor es la forma gaseosa de cualquier sustancia

que constituye un líquido o un sólido a temperaturas y presiones normales, mientras que un gas perfecto requiere el proceso de licuefacción, para pasar al estado líquido. Cuando se habla de temperaturas y presiones normales se refiere a 25 °C y 1 atm.

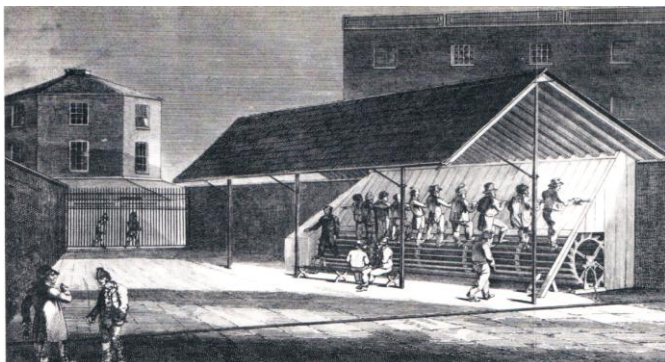
En la gráfica, el vapor es la llamada fase gaseosa, encerrada, por la línea vertical que representa la temperatura crítica y las curvas azul (curva de vaporización) y roja curva de sublimación, que representan las temperaturas y presiones específicas en las que coexisten los estado de la materia de líquido-gas y sólido-gas respectivamente y así convirtiéndose en vapor. Este diagrama de fases muestra los cambios de estado de la materia.

La curva con puntos de color verde muestra el comportamiento anómalo del agua y en general, el de todos los materiales que cuando se funden sufren una contracción de volumen específico. La curva de fusión (en color verde) marca el punto de fusión para cada par (temperatura, presión). La curva de vaporización, en azul, lo mismo para el punto de ebullición, y la curva de sublimación, en rojo, muestra la presión de sublimación para cada temperatura. Se muestra como ellos varían con la presión. El punto de unión entre las tres curvas verde, azul y rojo es el punto triple. El punto crítico se ve en el otro extremo de la curva azul de vaporización.

En ciertas condiciones de temperatura, el agua se evapora en forma de moléculas invisibles, muchas veces acompañada de gotas de agua que pueden volver a condensar.

El Hombre siempre ha conocido la existencia del Vapor.

El *Hombre*, siempre se sorprendió al presenciar, en ciertos lugares, enormes "*chorros de vapor de agua*" que salían de la tierra y que el hombre les puso por nombre *géiser*. Es un tipo especial de fuente termal, que emite periódicamente una columna de agua caliente y vapor, al aire. Nunca fue capaz de verle ninguna utilidad,



simplemente admirar su presencia.

Desde el principio de los tiempos el hombre ha tenido que trabajar para poder realizar las tareas que le permitieran sobrevivir. El trabajo, en

muchas ocasiones, se realizaba con un enorme esfuerzo físico, que tenía que realizar continuamente.

Su sueño siempre fue liberarse de "esta *maldición de los dioses*", que perduraba de padres a hijos, de generación en generación a través de la historia.

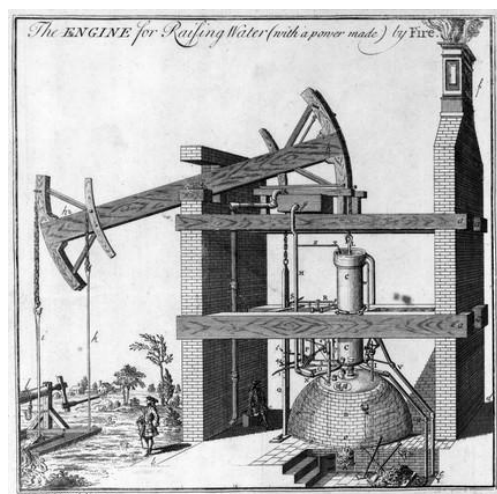
Para ello, aprendió a domesticar a los animales, posteriormente aprendió a aprovechar "la *fuerza del agua*", más tarde aprovechó el *viento* para muchas tareas, pero siempre, el hombre necesitó su esfuerzo físico.

El primer registro de una máquina de vapor nos lleva hasta Egipto, donde Heron de Alejandría, poseía un manuscrito donde la mencionaba. Pero sólo nos ha quedado unos imprecisos dibujos que hacen intuir su funcionamiento. No se sabe a ciencia cierta si aquellas invenciones no pasaron de ser meros juguetes. Se ha supuesto que fueron empleadas para mover objetos en los templos durante los rituales. No deja de sorprender el hecho de que desde los tiempos de Herón, no se hayan encontrado evidencias de que el vapor se haya utilizado con un propósito práctico. El conocimiento del poder del vapor no llegará a perderse como lo demuestra la descripción de Malmesbury del órgano de Reims, que en 1120 se hacía sonar por el aire que *escapaba de un depósito* en el que era comprimido por "agua calentada".

Desde la Antigüedad, la minería *ha exigido un esfuerzo sobrehumano* para extraer y acarrear el mineral. Esto hizo que en el siglo XVIII inventores franceses e ingleses, como Papin y Savery, idearan utilizar la fuerza expansiva de los gases calientes (como el vapor de agua) para accionar mecanismos mineros.

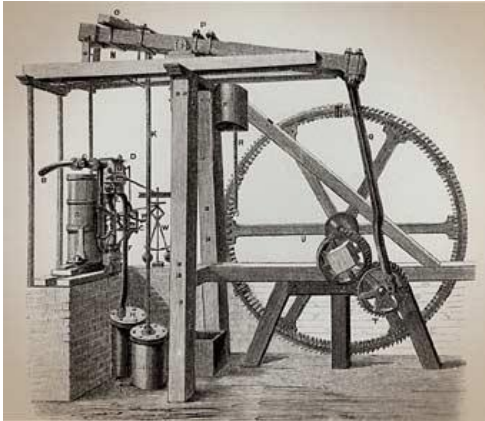
Como tal, la primera máquina de vapor la construyó Thomas Newcomen, en 1712, utilizando las ideas de Papin y tras encargar al famoso científico Robert Hooke su evaluación. La máquina de vapor de ciclo completo fue obra del genial inventor James Watt en 1769.

La máquina de vapor de Thomas Newcomen desarrollaba una potencia de 5 caballos, con 12



movimientos por minuto. La máquina funcionaba enfriando el vapor que entraba en el cilindro vertical superior. Esto hacía que el émbolo se moviera arriba y abajo alternativamente.

Watt era un escocés autodidacta que trabajaba fabricando y reparando instrumentos, incluyendo máquinas de Newcomen. Su



patente, que muy modestamente fue presentada por Watt como una mejora de lo ya existente, es una de las invenciones de mayor efecto en la historia de la humanidad.

La primera máquina se construyó en Kinneil, cerca de Boroughstoney en 1774. A partir de entonces la historia de la máquina de vapor será la de la firma Boulton & Watt, y casi todas las

mejoras que se introduzcan en ella serán obra del propio Watt; entre otras, el paralelogramo de Watt, la expansión del vapor, la máquina de doble efecto (en la que el vapor actúa alternativamente sobre ambas caras del pistón), etc.

La principal fuente de energía de las máquinas de vapor es el carbón. Gran Bretaña pronto se pondrá a la cabeza, debido a su interés en el desarrollo técnico, a su calidad, así como a la de carbón en su territorio. En poco tiempo su producción conoce un importante aumento.

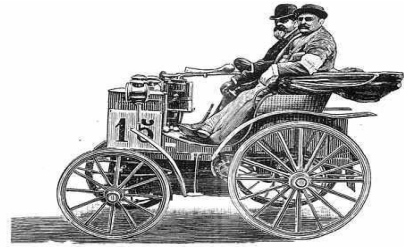
En el continente, como en Gran Bretaña, las zonas carboníferas se convertían en los centros más importantes de crecimiento industrial. Las mayores formaciones carboníferas estaban situadas en el norte de Francia, en los valles del Sambre y Mosa en Bélgica y en el valle del Ruhr en Alemania. Allí, las modernas industrias se desarrollaron en la primera mitad del siglo XIX.

Aunque ideada inicialmente para la minería, la máquina de vapor se aplicaría enseguida a otras industrias, como la textil. El accionamiento mecánico de los telares permitió multiplicar su velocidad de trabajo por un factor de cien.

El transporte, fue otro gran ámbito donde la máquina de vapor cosechó enormes triunfos.

Hubo intentos claramente fallidos, como los que pretendieron la construcción de automóviles movidos por una máquina de vapor

(una versión motorizada de los carruajes de la época) y que debían circular por calles, carreteras y caminos: su lentitud, su peso, su coste y su difícil manejo, no los llevaron más allá de la simple curiosidad, aunque debamos considerarlos como antecedentes de los automóviles movidos con motores de explosión que surgirán a finales del siglo XIX.



Fulton aplicó la tracción mecánica a una embarcación, provista de rueda de paletas, en 1807. Su invento fue tan relevante que el Congreso de los Estados Unidos acordó, en 1814, dotar de fondos



para construir un barco de guerra movido por vapor que recibió el nombre de Fulton First. Fue la primera vez que Norteamérica se adelantó al resto del mundo en la utilización militar de un invento genérico.

Habrá que esperar a las décadas centrales del siglo XIX para que los barcos de vapor empiecen a desbancar a los veleros que

durante siglos se habían constituido en un medio de transporte de mercancías y personas sin el cual es difícil entender la llamada Era Moderna (los "Descubrimientos", el comercio transoceánico, el colonialismo...).

Para que esta sustitución fuese posible el barco de vapor recibirá importantes mejoras: la sustitución de la rueda por la hélice, la incorporación de máquinas más eficientes, la construcción de los barcos con casco de hierro.

Con estas mejoras los barcos se hicieron más manejables, no tenían que malgastar su capacidad de carga acumulando enormes cantidades de combustible (o repostar muy a menudo) y se convirtieron en más rápidos y seguros.

En las últimas décadas del siglo XIX los barcos de vapor serán piezas insustituibles en fenómenos como el afianzamiento de un mercado mundial o en los intensos procesos migratorios que

llevaran a varios millones de europeos a poblar Argentina, Australia o, sobre todo, los Estados Unidos de América.

También en 1814, Stephenson inventó el ferrocarril, empleando una locomotora, la Blucher, que era esencialmente una máquina de vapor.

A la altura de 1825, Inglaterra por primera vez, cuenta con una línea ferroviaria. Cubría el trayecto Stockton-Darlington transportando carbón.

Poco después, en 1829 aparece la locomotora, gracias a George Stephenson, estableciendo en 1830 la línea entre Londres y Liverpool con la locomotora *The Rocket* (el cohete, capaz de viajar a unos 40 km/h) se encuentra en funcionamiento esta línea que transporta mercancías y pasajeros.



El crecimiento del ferrocarril empezó a crecer, tanto para materiales como personas a gran velocidad. Su éxito fue debido fundamentalmente al incremento en la rapidez, cuyos pasajeros la comparaban con los 5 a 7 Km/hora de carros y carruajes hasta ahora existentes.

Pronto la utilización de las maquinas de vapor se aplicó en otros muchos campos, como fuerza motriz.

La agricultura la intentó utilizar masivamente, puesto que "la fuerza física" era necesaria para la mayoría de las tareas agrícolas. Sofisticados tractores araban los campos, maquinas cosechadoras cada vez más completas realizaban la mayoría de los trabajos del campo.

A comienzos del siglo XIX Gran Bretaña es la gran productora y exportadora de estas máquinas.

Consecuentemente en unos pocos años se creó la necesidad de "emigrar los agricultores" del campo a la ciudad, donde todos tendrían que aprender un nuevo tipo de trabajo, desconocido totalmente para ellos.

La industrialización que se originó en Inglaterra y luego se extendió por toda Europa no sólo tuvo un gran impacto económico, sino que además generó enormes transformaciones sociales.



Como consecuencia de la revolución agrícola y demográfica, se produjo un éxodo masivo de campesinos hacia las ciudades; el antiguo agricultor se convirtió en obrero industrial. La ciudad industrial aumentó su población como consecuencia del crecimiento natural de sus habitantes y por el arribo de

este nuevo contingente humano. La carencia de habitaciones fue el primer problema que sufrió esta población marginada socialmente; *debía vivir en espacios reducidos sin comodidades mínimas y carentes de higiene.*

A ello se sumaban jornadas de trabajo, que llegaban a más de catorce horas diarias, en las que participaban hombres, mujeres y niños con salarios miserables, y carentes de protección legal frente a la arbitrariedad de los dueños de las fábricas o centros de producción. Este conjunto de males que afectaba al proletariado urbano se llamó la *Cuestión Social*, haciendo alusión a las insuficiencias materiales y espirituales que les afectaban.

Como contraste al proletariado industrial, se fortaleció el poder económico y social de los grandes empresarios, afianzando de este modo el sistema económico capitalista, caracterizado por la propiedad privada de los medios de producción y la regulación de los precios por el mercado, de acuerdo con la oferta y la demanda.

En este escenario, la burguesía desplaza definitivamente a la aristocracia terrateniente y su situación de privilegio social se basó fundamentalmente *en la fortuna* y no en *el origen o la sangre*. Avalados por una doctrina que defendía la libertad económica, los empresarios obtenían grandes riquezas, no sólo vendiendo y compitiendo, sino que además pagando bajos salarios por la fuerza de trabajo aportada por los obreros.

Frente a la situación de pobreza y precariedad de los obreros, surgieron críticas y fórmulas para tratar de darles solución; por

ejemplo, los socialistas utópicos, que aspiraban a crear una sociedad ideal, justa y libre de todo tipo de problemas sociales (para algunos, el comunismo). Otra propuesta fue el socialismo científico de Karl Marx, que proponía la revolución proletaria y la abolición de la propiedad privada (marxismo); también la Iglesia católica, a través del Papa León XIII, dio a conocer la Encíclica *Rerum Novarum* (1891), primera Encíclica social de la historia, la cual condenaba los abusos y exigía a los estados la obligación de proteger a lo más débiles. A continuación, un fragmento de dicha encíclica:

« (...) Si el obrero presta a otros sus fuerzas a su industria, las presta con el fin de alcanzar lo necesario para vivir y sustentarse y por todo esto con el trabajo que de su parte pone, adquiere el derecho verdadero y perfecto, no solo para exigir un salario, sino para hacer de este el uso que quisiere (...) »

Estos elementos fueron decisivos para el surgimiento de los movimientos reivindicativos de los derechos de los trabajadores. Durante el siglo XX en medio de los procesos de democratización, el movimiento obrero lograba que se reconocieran los derechos de los trabajadores y su integración a la participación social. Otros ejemplos de tendencias que buscaron soluciones fueron los nacionalismos, así como también los fascismos, en los cuales se consideraban a los obreros y trabajadores como una parte fundamental en el desarrollo productivo de la nación, por lo que debían ser protegidos por el Estado.

La maquinaria industrial, movida con generadores de vapor, no tuvo una vida muy larga, puesto que apareció una nueva "*fuera motriz*" mucho más simple y poderosa: *la electricidad*.

Como tendremos ocasión de ver más adelante, la electricidad y sus diferentes aplicaciones, poco a poco fueron, desplazando y ampliando, la enorme "*potencia tecnológica del vapor*". Era mucho más sencilla, más limpia, más económica y sobre todo presentaba numerosísimas nuevas aplicaciones.

La industria eléctrica proporcionó al mundo una nueva fuente de energía con la que complementar a la del vapor.

Como Inglaterra fue el primer país en industrializarse, sus empresarios fueron pioneros que no pudieron beneficiarse de las

experiencias de otros fabricantes en otras tierras. Sin embargo, a principios del siglo XIX, los países continentales pudieron beneficiarse de las experiencias inglesas anteriores. Máquinas de vapor inglesas se instalaron en fábricas del continente, y algunos trabajadores cualificados ingleses cruzaron el canal de la Mancha para enseñar a los trabajadores locales el funcionamiento de tales máquinas. Además, empresarios y financieros ingleses ayudaron a fundar nuevas empresas industriales en el continente.

En Francia, Aaron Manby y Daniel Wilson fundaron la siderurgia de Charenton; Humphrey Edwards era socio en la fábrica de máquinas de Chaillot; Richard Roberts planificó la distribución de una textil algodónera para André Koechlin en Mulhouse; mientras Thomas Brassey y W. y E. Mackenzie construyeron muchos ferrocarriles franceses.

En Alemania, W. T. Mulvany, fundador de las carbonerías Shamrock e Hibernia, jugó un papel relevante en la promoción de la expansión industrial del Ruhr.

Con el tiempo, los países continentales dejaron de depender de Gran Bretaña para la obtención de nuevas máquinas. En Francia, por ejemplo, se realizaron varios inventos importantes, tales como el telar Jacquard, la caldera multitubular de Seguin y el peine mecánico de Heilmann. Empresarios nativos, como Alfred Krupp, de Essen, demostraron que poseían la iniciativa y habilidad para construir grandes empresas sin ayuda extranjera. Krupp acabó siendo uno de los mayores fabricantes de armamentos de Europa, hecho que prueba cómo las guerras y sus preparativos fueron un factor significativo en la expansión de las industrias siderúrgicas.

Mientras en Inglaterra los inversores privados, por lo general, eran capaces de atraer capital para fundar nuevas empresas comerciales y otras públicas sin asistencia del gobierno, los empresarios pioneros en el continente tenían con frecuencia dificultad en asegurarse los fondos necesarios para construir fábricas y adquirir maquinaria moderna. A consecuencia de ello, el estado desempeñó un papel más importante que en Inglaterra en el fomento de la expansión industrial. En Prusia, por ejemplo, la Compañía Mercantil de Ultramar (Seehandlung), empresa nacionalizada, se dedicaba al comercio al mayor, disponía de barcos de vapor en las vías fluviales de Brandeburgo y poseía o controlaba empresas textiles, plantas de ingeniería, factorías de papel y fábricas químicas.

En Bélgica y en algunos estados alemanes (Hannover, Brunswick, Baden), el estado tendía y gestionaba redes ferroviarias, mientras que en Francia la mayoría de las líneas, fueron construidas conjuntamente por el estado y las compañías privadas.

En Europa central, muchas barreras aduaneras, que durante mucho tiempo habían impedido el progreso económico, se eliminaron entre 1815 y 1870. En Alemania, la unión aduanera (Zollverein*), establecida en 1834, fue ampliada gradualmente, hasta que hacia 1870 sólo Hamburgo y Bremen mantenían su independencia en tarifas.

En los dominios de los Habsburgo, la frontera aduanera entre Austria y Hungría fue abolida en 1850. En Rusia, la frontera aduanera entre ella y la Polonia del Congreso fue suprimida al año siguiente.

En Suiza, las barreras tarifarias entre los cantones fueron eliminadas entre 1848 y 1874, mientras que Italia logró a la vez la unión política y la económica en el decenio de 1860.

Otro factor promotor de la expansión económica en el continente radicó en la mejora de las comunicaciones. La navegación en los grandes ríos, Sena, Loira, Rhin, Elba, Oder, Vístula y Danubio, se mejoró, y se redujeron o eliminaron numerosos portazgos. El transporte por vías navegables interiores adquirió particular importancia en ciertas regiones como Holanda, Brandeburgo y la cuenca del Sena. En Francia, el reinado de Luis Felipe* (1830-48) contempló la construcción de varios canales, mientras en Alemania los canales Main-Danubio y del Sarre fueron empresas de cierta envergadura.

Pero fueron los ferrocarriles los que realmente sumergieron a los estados del continente en la era industrial. Hacia 1850, las redes ferroviarias de Gran Bretaña y Bélgica estaban virtualmente completas y en Alemania la mayoría de las líneas principales habían sido construidas, salvo la que conectaba Berlín con Danzig. En Francia, sin embargo, muchas líneas principales se hallaban sólo en fase de planificación, aunque París comunicaba por ferrocarril con Lille, El Havre y Orléans.

En el continente, al igual que en Gran Bretaña, una característica de la Revolución Industrial fue la concentración de manufacturas en ciertos distritos. La expansión de las industrias en el distrito

carbonífero del Ruhr ilustra la expansión de esta región. Pero incluso en Alemania, la industrialización no había progresado demasiado hacia 1870. Las transformaciones esenciales, en Alemania y en los demás países, vinieron posteriormente.

Entre 1870 y 1914, Europa y EE UU experimentaron una segunda revolución industrial.

Hacia 1850, Gran Bretaña se había convertido en el primer país fabril del mundo. A través de la iniciativa y competencia de sus inventores y empresarios, Gran Bretaña se había transformado, de una sociedad predominantemente agraria, en un país esencialmente fabril.

Muchos años más tarde, el vapor se hizo presente en las casas de todos nosotros, ofreciéndonos otras alternativas como por ejemplo la plancha de vapor y la olla a presión.

