

Agustín de Betancourt, insigne figura de la ciencia y la tecnología españolas, despliega su actividad en el tercio final del siglo XVIII y primeras décadas del XIX. Nos hallamos en presencia de uno de los más prestigiosos ilustrados que enaltecen los reinados de Carlos III y Carlos IV.

Durante el siglo XVII, época decisiva en Europa, en la que brillan con luz esplendorosa Newton, Galileo Galilei y Kepler —por citar tres nombres representativos—, España se distanció del progreso, haciendo triste alarde de unos conocimientos trasnochados e inútiles.

Esta lamentable situación comienza a remontarse en las últimas décadas del siglo XVII por obra de los llamados *novatores* (Omerique, Cabriada, Caramuel, Muñoz Peralta, Tosca, Corachán, etcétera), beneméritos científicos que intentaron superar invencibles obstáculos para el logro de la integración.



ETAPAS DE UNA CONTURBADA EXISTENCIA. EL EXILIO VOLUNTARIO

Agustín de Betancourt nació en el Puerto de la Cruz (Tenerife) en 1758. Se educó en Madrid en los Reales Estudios de San Isidro y en la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, alcanzando una sólida preparación en matemáticas, física y dibujo. Una pensión que le concede Carlos III le permite trasladarse a París para especializarse en hidráulica y mecánica en la famosa Ecole des Ponts et Chaussées. La permanencia en Francia se extiende desde 1785 hasta 1791. En la institución antedicha se convierte en discípulo y colaborador predilecto del director de la misma Jean Rodolphe Perronet. Al mismo tiempo se relaciona con los sabios más prestigiosos de aquel tiempo: Laplace, Monge, Delambre, Borda, Brisson, etc.

El canario Agustín de Betancourt (1758-1824) insigne figura de la ciencia y la tecnología

ANTONIO RUMEU DE ARMAS

Director de la Real Academia de la Historia

En el Boletín de la Fundación March ha salido a la luz un artículo del ilustre historiador canario Antonio Rumeu de Armas sobre la obra de Agustín de Betancourt, una de las grandes personalidades que ha dado nuestro archipiélago a lo largo de la historia. Betancourt fue una figura relevante de la tecnología europea en la época de la Ilustración y fue también el introductor en España de importantes avances científicos de su tiempo. El estudio del profesor Rumeu de Armas nos ofrece un completo panorama de la obra de este gran isleño, la cual estimamos de interés para nuestros lectores.

Sin embargo, los resultados nunca fueron óptimos. Los *novatores* tuvieron un relieve circunstancial y esporádico, y las situaciones a las que dieron vida se caracterizan por su efímera existencia. Nunca se consiguió consolidar una auténtica tradición científica, con la continuidad necesaria para la transmisión de saberes.

A mediados del siglo XVIII, un joven con aspiraciones científicas tenía que emigrar a los países más desarrollados de Europa: Francia, Inglaterra, Alemania, Suecia, para formarse en sus escuelas, gabinetes, laboratorios y seminarios.

La Ilustración española, simbolizada por Carlos III y sus ministros, se impuso un programa de desarrollo científico basado en tres puntos fundamentales:

1º) Contratación de científicos extranjeros que viniesen a profesar en España.

2º) Otorgación generosa de pensiones a científicos españoles para que completasen la formación en centros y laboratorios foráneos.

3º) Creación de centros de experimentación en España en los que se impartiese e investigase la ciencia moderna.

La lista de los profesores extranjeros contratados es larga. Destaquemos algunos nombres: Godin, Loeffling, La Planche, Proust, Chabaneau, Bowles, Keterlin, Herrgen, Heuland, Dombey, Haenke, Le Maur, etc.

Las pensiones al extranjero se concedieron a todas las personas que las demandaron, previa acreditación de aptitud y vocación. La nómina de los becados se haría interminable. Los que alcanzaron mayor relevancia fueron Jorge Juan, Antonio de Ulloa, José Chaix, José Mendoza y Ríos, Domingo García Fernández, Juan Manuel de Aréjula, Fausto de Elhuyar, Juan José de Elhuyar, Andrés Manuel del Río, Antonio Cavanilles y Agustín de Betancourt.

Mayor resonancia tuvieron las instituciones científicas. En la corte y en las provincias se instalaron Jardines Botánicos, Gabinetes de Historia Natural, Observatorios Astronómicos, Laboratorios de Química, Escuelas de Mineralogía, Gabinetes de Máquinas, etc.

Entre los años 1793-1796 nuestro personaje se establece en Inglaterra, con objeto de perfeccionar los conocimientos mecánicos, trabando amistad y correspondencia con significados maquinistas británicos (Smiles, Brinnel, Murdock, Renney, etc.).

Una segunda pensión de estudios en Francia, 1797-1798, contribuye a completar la formación del científico y a perfilar algunos de los inventos que bullían en su mente.

La época más importante de la vida de Agustín de Betancourt corresponde a los años 1799-1807, y coincide con su afincamiento en Madrid, completada la etapa de intensa preparación.

El afamado técnico español es designado director del Real Gabinete de Máquinas. Al organizarse el Cuerpo de Ingenieros de Caminos y Canales, se integra en lugar destacado en el mismo, asumiendo en 1801 el importante cargo de inspector general. Dos hechos relevantes sobrevienen bajo su mando. El primero, el vasto plan de carreteras construidas en el período. El segundo, la fundación, en 1802, de la Escuela de Caminos y Canales.

En 1808 la vida de Betancourt experimenta un giro inesperado. Se hallaba en París, en uso de una licencia temporal, cuando le sorprenden los dramáticos sucesos de la guerra de la Independencia contra el traidor Napoleón. Para los españoles establecidos en Francia había que elegir entre estas dos opciones: servir al nuevo rey José I Bonaparte o el encarcelamiento en la fortaleza de Vincennes.

El inventor aguzó los sentidos hasta encontrar una tercera vía de salvación. Se trasladó a Rusia y ofreció sus servicios al zar Alejandro I.

Desde 1808 hasta 1824, año de su muerte, Betancourt, en voluntario exilio, se integró en las estructuras del imperio moscovita. Alcanzó el grado de teniente general, fue designado director general del Departamento de Vías de Comunicación y fundó el Instituto de Ingenieros de Vías de Comunicación.

El vasto plan de obras públicas auspiciado por Alejandro I tuvo en el ingeniero español su máximo ejecutor. Los caminos y canales se multiplicaron. La industria experimentó un importante impulso. La empresa cumbre de Betancourt en Rusia fue el proyecto y ejecución de la nueva feria de Nizhni Nóvgorod, centro neurálgico del comercio moscovita.

LAS INVENCIONES. LA LÍNEA TELEGRÁFICA MADRID-CADIZ

Agustín de Betancourt ha sido admirado siempre por su poderosa inventiva. Desde niño se dio a conocer por sus dotes excepcionales en las artes mecánicas. Los artilugios que fue concibiendo a lo largo de su existencia superaron el número del medio centenar. La desaparición

del Real Gabinete de Máquinas ha traído consigo la pérdida para siempre de maquetas y planos concebidos por su mente creadora.

La lista se hace interminable. Máquinas para cardar, hilar y tejer; para desaguas minas y lagunas; para construcción de puentes; bombas y dragas, etc. La famosa draga de rosario del puerto de Kronstadt seguía en funcionamiento décadas después de su muerte.

Hay tres inventos de Betancourt que merecen consideración especial: la máquina de vapor, el telégrafo óptico y la esclusa de émbolo buzo.

La máquina de vapor, denominada por su autor *bomba de fuego de doble efecto*, hay que considerarla como una reinvención, puesto que James Watt le había precedido en el intento. Betancourt intuyó las soluciones precisas de manera paralela, sacando adelante una segunda máquina de iguales efectos y ventajas. El milagro se operó en París en 1789.

La máquina de Watt era inaccesible al público como un secreto de Estado. El técnico español alcanzó a conocer el principio teórico de su funcionamiento, el doble efecto. En todo lo demás el ingenio era original; sirvan de ejemplo el mecanismo de transmisión y transforma-

ción del movimiento rectilíneo del émbolo, así como el de distribución del vapor. Causan sorpresa las soluciones arbitradas para el paralelogramo y las válvulas.

La máquina de vapor de Betancourt fue utilizada en el París de la Revolución para mover la poderosa industria harinera de los hermanos Périer. Hay indicios de que la bomba fue empleada en Barcelona, en 1791, por industriales textiles catalanes.

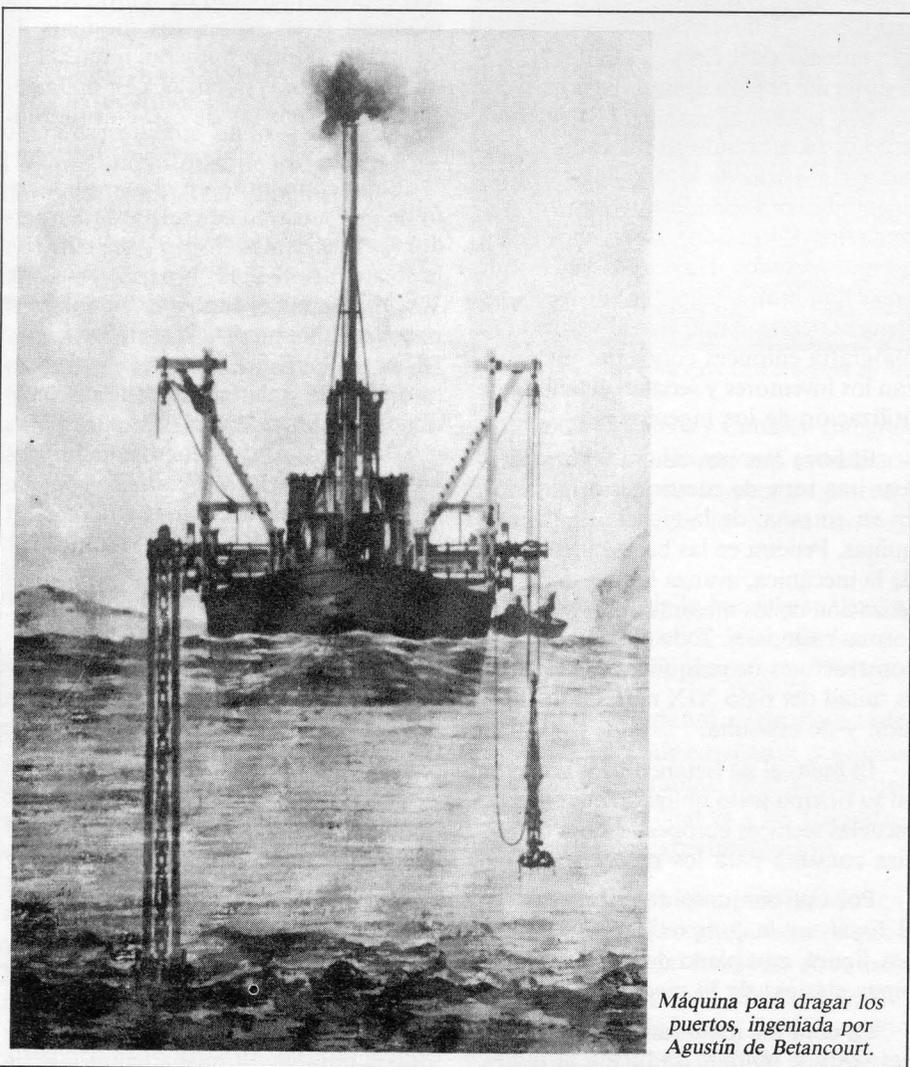
El interés del ingeniero español por la telegrafía data de 1793. Hallándose en Madrid por esa fecha transmitió diversos mensajes entre la capital y Aranjuez, previo el tendido de un alambre conductor y la utilización de una botella de Leyden. Los rudimentarios conocimientos eléctricos de la época le obligaron a abandonar esta vía.

Un telégrafo óptico muy particular, distinto al del francés Claude Chappe, fue concebido por Betancourt durante su estancia en Londres en 1794 y perfeccionado en París en 1798 con la colaboración del famoso relojero Abraham Louis Breguet.

¿En qué consistía? El transmisor de las señales tenía un mástil, en lo alto del cual giraba un brazo movido por una polea. Al mismo tiempo que el brazo, giraba un sistema de dos oculares orientados hacia las estaciones más próximas. La lente de cada una de ellas estaba dividida por una línea diametral y la polea que hacía girar el brazo dividida en segmentos iguales, cada uno marcado con una letra o cifra. El observador cuidaba de que el brazo se mantuviera paralelo a la línea del ocular. Betancourt demostró con ello que si el movimiento de rotación de un eje es uniforme, el movimiento del segundo eje será irregular, y calculó la dependencia de las correspondientes velocidades angulares de los ángulos que formaban los ejes de la articulación. Cada señal duraba de seis a ocho segundos; en media hora se transmitía un mensaje normal. La distancia entre los mástiles era de 10 a 12 kilómetros, según las circunstancias del terreno.

A finales de 1798 el inventor se trasladó a Madrid para proceder a instalar la línea telegráfica hasta Cádiz, segunda de las establecidas en Europa (le precede la de París-Lille). Los aparatos fueron fabricados en los talleres del Buen Retiro. Más laboriosa resultó la construcción de las torretas para los mástiles; en la Mancha se conservan todavía algunas de estas minúsculas edificaciones en medio de la ignorancia general.

Napoleón Bonaparte no escatimó los elogios al telégrafo de Betancourt, que consideró superior al de Chappe. Cuando los sucesos de Aranjuez en 1808, el éxodo de la familia real y el acantonamiento de tropas en la ruta se pudo planear merced al telégrafo.



Máquina para dragar los puertos, ingeniada por Agustín de Betancourt.

El tercer invento, la esclusa de émbolo buzo, llama la atención por su originalidad. La prensa periódica de aquel tiempo la describe así: “Cada esclusa, en lugar de un solo vaso, tiene dos contiguos, que se comunican entre sí por el fondo. El uno está destinado a hacer subir y bajar los bateles por el método ordinario. Pero el movimiento vertical del agua que los sostiene es producido por la simple inmersión o emersión de un pontón en el vaso contiguo. El pontón tiene un volumen igual al del agua que se necesita quitar o poner, y está tan ingeniosa y felizmente equilibrado, que un hombre solo basta para la maniobra que se necesita para hacer subir o bajar el barco más grande”.

PUBLICACIONES CIENTÍFICAS

Agustín de Betancourt fue autor de diversos escritos científicos sometidos a la consideración de la Académie des Sciences de París. Los tres inventos fundamentales, anteriormente descritos, cuentan con la correspondiente *Memoira*, que hoy día es dable consultar bien impresa, bien manuscrita.

Con independencia de ello dio a conocer otras distintas publicaciones científicas. Valga, como ejemplo, la *Mémoire sur la force expansive de la vapeur de l'eau*. Basándose en los ensayos y experiencias efectuados en París entre 1787-1790, redactó un breve pero sustancioso escrito que fue leído en la Académie, mereciendo los honores de la publicidad. Para llevar a cabo sus experimentos, Betancourt ideó un sistema de refrigeración de cobre con un termómetro y un manómetro de mercurio. Después de enfriar el agua destilada hasta cero grados, comenzaba a calentarla, de forma que la columna del termómetro subiera un grado por minuto. Con experiencias de este tipo demostró que la temperatura del vapor es igual a la del agua en el momento de la vaporización; que la presión del aire y del vapor influyen de forma análoga sobre una temperatura a una presión determinada, y también que a una temperatura determinada del vapor corresponde una presión determinada.

Nuestro protagonista, utilizando el método de interpolación de Prony, determinó la eficacia de la máquina en distintas épocas del año, así como en diferentes condiciones atmosféricas y temperaturas. Con esta labor, que le clasifica entre los grandes pioneros de tal técnica, logró establecer la interdependencia de la presión del vapor de agua y la temperatura. También utilizó su aparato para analizar las propiedades del vapor del alcohol.

La obra más importante salida de la pluma del inventor español es el *Essai sur la composition des machines*, para la que contó con la colaboración de José Ma-



Catedral de San Petersburgo.

ría de Lanz, prestigioso matemático y mecánico mejicano. El libro fue impreso en París, en 1808, en los tórculos de la Imprimerie Impériale.

Hay que destacar de este libro que es el primer tratado de cinemática industrial en la historia de la ingeniería europea. Sus autores se propusieron estudiar las transformaciones de movimientos realizados por medio de órganos artificiales. El contenido del *Essai...* se adapta perfectamente al plan desarrollado en la tabla de “máquinas elementales” anexa al libro. Esta consta de 20 columnas, señaladas con letras de la A a la Z, y de 21 líneas que corresponden al mismo número de transformaciones de los movimientos considerados. Hay que destacar que no se limitaron a describir las máquinas elementales, sino que recogen toda la bibliografía entonces conocida, puntualizan los inventores y señalan el ámbito de utilización de los ingenios.

El libro que nos ocupa vino a plantear una serie de cuestiones originarias, en su entraña, de la ciencia de las máquinas. Penetra en las bases cinemáticas de la mecánica, avanza la idea de la sintetización de los mecanismos y busca sus formas racionales. Todo esto fue para los constructores de máquinas de la primera mitad del siglo XIX materia de reflexión y de consulta.

El manual de Betancourt y Lanz fue en su tiempo texto obligado en todas las escuelas técnicas europeas y obra de precisa consulta para los proyectistas.

Por este conjunto de circunstancias, el *Essai sur la composition des machines* figura, con pleno derecho, entre las obras clásicas de la mecánica.

La obra fue reimpressa en dos ocasiones (1819 y 1840) y traducida al inglés.

EL REAL GABINETE DE MÁQUINAS

El grupo de pensionados que trabajaban en París a las inmediatas órdenes de Agustín de Betancourt acudían, por un lado, a la famosa Ecole des Ponts et Chaussées para imponerse en los conocimientos propios de esta especialidad técnica, pero al mismo tiempo recibieron expreso mandato de reproducir, en maqueta o en plano, los modelos de cuantas máquinas pudieran interesar en materia de obras públicas, con preferencia especial por las de carácter hidráulico.

Betancourt puso en el cumplimiento de este encargo oficial verdadero ardor y entusiasmo. Contó para ello con la colaboración de los becarios Peñalver, Verí, Abaitúa y Mata y la excepcional pericia del maquetista Antonio Alvarez. Diversos ebanistas, herreros y delineantes franceses asalariados coadyuvaron al objetivo expresado. La Ecole des Ponts et Chaussées abrió generosamente sus vitrinas, anaqueles y cartapacios para la reproducción de máquinas y planos. El resto de la colección se pudo montar por medio de continuos viajes por Francia, Países Bajos e Inglaterra y en determinadas ocasiones por negociación directa con los propios inventores. En aquellos artilugios e ingenios estaba el embrión de un auténtico Museo de la Ciencia y la Técnica.

En abril de 1788, el embajador de España, conde de Fernán Núñez, visitó la colección, quedando gratamente impresionado por la perfección de las maquetas, auténticas miniaturas de los más variados y extraños mecanismos. Ello le movió a proponer al rey Carlos III la erección en Madrid de un Gabinete de Máquinas, encargado de divulgar por todo el país los últimos adelantos de la

técnica. El plan tuvo la mejor acogida, acordándose dicho establecimiento, del que fue designado director el propio Betancourt.

A juicio de su promotor, la colección era la mejor de cuantas podían contemplarse en Europa.

El mal cariz de los acontecimientos revolucionarios de Francia aconsejó el traslado a Madrid de la muestra, organizándose con este fin un convoy integrado por 42 grandes cajones. El arribo a la capital de España se señala en el mes de noviembre de 1791.

Como no se contase de momento con un edificio *ad hoc*, hubo que habilitar para sede del Gabinete de Máquinas el ala meridional del palacio del Buen Retiro. Después de laboriosas tareas de acomodación y montaje pudo abrirse el centro técnico el 1 de abril de 1792. Uno de los primeros visitantes de la institución fue el monarca reinante, Carlos IV, aficionado en extremo a la mecánica.

Para el mejor conocimiento del Gabinete de Máquinas y orientación del público interesado por los ingenios, Agustín de Betancourt redactó un minucioso *Catálogo*, donde aparecen sistemáticamente registrados cada uno de los artilugios. Se componía la excerpta de 270 modelos, 359 planos y 99 memorias. Un segundo *Catálogo*, en esta ocasión impreso, fue dado a conocer en 1794 por Juan López de Peñalver, estrecho colaborador del inventor.

Con objeto de facilitar al público en general los avances de la técnica, la Imprenta Real comenzó a publicar una colección de láminas, acompañadas de texto explicativo, con el título de *Descripción de máquinas... que hay en el Real Gabinete de ellas, establecido en el Buen Retiro*.

Recordemos que en el museo sobresalían un número importante de inventos producto del ingenio portentoso de su director.

El Gabinete de Máquinas experimentó en 1808 serios daños al ser ocupado el palacio del Buen Retiro por la caballería francesa. Dos sucesivos traslados a la Academia de Bellas Artes de San Fernando deterioraron la colección. Pasado este trágico período, el museo se fue lentamente desintegrando hasta desaparecer por completo.

LA ESCUELA DE CAMINOS Y CANALES

Hasta el año 1801 las obras públicas en España estuvieron al cuidado de in-

genieros militares, arquitectos y maestros de obras, con el riesgo que ello entrañaba para la eficiencia y la seguridad.

La pensión concedida a Betancourt en 1785 compatibilizaba los estudios de mecánica con los de hidráulica por ser ambos fundamentales para la profesión de ingenieros de Caminos y Canales que se proyectaba.

Como se ha dicho con reiteración, los pensionados españoles cursaron estudios entre 1785 y 1791 en la Ecole des Ponts et Chaussées hasta alcanzar la preparación adecuada. Pero cuando regresaron a España, por mor de los sucesos revolucionarios, tuvieron que dispersarse ante el incumplimiento de las promesas formuladas.

Esta situación se mantuvo hasta la organización, en 1799, con técnicos de diversa procedencia, del Cuerpo de In-

fue redactado por Betancourt, cursándose las disciplinas siguientes: mecánica, hidráulica, geometría descriptiva, empujes de tierras y bóvedas, estereotimia, conocimiento de materiales, construcción de máquinas, puentes, encauzamiento de ríos y construcción de caminos y canales, tanto de navegación como de riego. Las materias señaladas se desarrollaban en dos cursos, con importantes períodos de prácticas.

Señalada la etapa de matriculación y superados los exámenes de ingreso, las clases dieron comienzo el 1 de noviembre de 1802. Seis promociones se sucedieron desde esa fecha hasta el estallido de la guerra de la Independencia de 1808. Entre los alumnos distinguidos cabría mencionar a Antonio Gutiérrez, Rafael Bauzá, José Azas, Joaquín Monasterio y Francisco Travesedo, con una futura hoja distinguida de servicios a la ciencia.



Fachada de la sala para ejercicios ecuestres en Moscú, edificio proyectado por Agustín de Betancourt.

genieros de Caminos y Canales. Integrado en él el mismo Betancourt, pronto accedió al cargo de inspector general, puesto máximo de la nueva carrera (1801).

La creación de la Escuela se llevó a cabo al año siguiente, 1802, sin la más leve manifestación externa.

El técnico español eligió para sede del nuevo centro de enseñanza el propio Gabinete de Máquinas, en el palacio del Buen Retiro, del cual va a ser laboratorio y centro de experimentación.

Cuatro de los viejos pensionados en París se integran en el claustro de profesores. Además del fundador (que asumió la dirección), Juan López de Peñalver, José María de Lanz y Zaldívar y José Chaix Gracia. El plan de enseñanza

Conviene insistir en la categoría y nombre del profesorado. López de Peñalver sobresalió como físico; Lanz, como matemático y mecánico; y Chaix, como astrónomo y matemático.

Clausurada la Escuela de Caminos y Canales en 1808, reabrió sus puertas durante el trienio constitucional (1820-1823). La institución se consolida de manera definitiva a partir de 1834.

Destaquemos, para terminar, que cuando Betancourt se integró en la vida político-administrativa de Rusia, una de sus primeras medidas fue crear el Instituto del Cuerpo de Ingenieros de Vías de Comunicación (1809). Este centro de enseñanza superior se convirtió en fiel trasunto de la Escuela del Buen Retiro.