

Telegrafía eléctrica, óptica y transmisiones digitales (I)

FRANCISCO JOSÉ DÁVILA*, EA8EX

El «Leonardo da Vinci español» don Agustín de Betancourt y Molina (1758-1824)

Con ocasión de un rico intercambio epistolar con Isidoro Ruiz-Ramos, EA4DO, amigo y colaborador de CQ/RA, surgió el tema de don Agustín de Betancourt y Molina, tinerfeño-español y sabio excepcional, ingeniero, precursor de la telegrafía eléctrica e inventor de un sistema de telegrafía óptica muy superior al de su coetáneo Chappe. Espero que les agrade este artículo, que ve la luz gracias al entusiasmo contagioso de Isidoro, algunos datos de su archivo histórico y a la valiosa información que guardan los fondos editoriales de la Real Sociedad Económica de Amigos del País de Tenerife y la del canariofilo Dr. Antonio Concepción Pérez, de Santa Cruz de Tenerife.

Supongo que este artículo será una revelación para muchos radioaficionados, especialmente para los americanos que, mirándose el ombligo, creen que Morse inventó la telegrafía. Muchos españoles piensan que España no tuvo un gran papel en el desarrollo de las telecomunicaciones. No saben que una sola persona, el ingeniero tinerfeño Agustín de Betancourt y Molina (figura 1), en los inicios del Desarrollo Industrial y de la Ilustración, tuvo la potencia creadora, mecánica y artística de un Leonardo da Vinci, experimentando hace más de 200 años la telegrafía eléctrica, óptica y el sistema binario en las comunicaciones.

Este español, en 1787, ¡57 años antes que Morse!, unió con telegrafía eléctrica, por cable, Madrid y Aranjuez e incluso inició los trabajos para llevarla hasta Cádiz... ¡cuando aún no existía la corriente eléctrica y a Volta le faltaban unos cinco años para descubrir su famosa pila! Incluso inició la construcción de una línea «digital» (con 8 alambres de señal y uno para el retorno), pero en vista de las dificultades, en aquel tiempo, optó por una solución más segura: la telegrafía óptica. Como el sistema Chappe era complicado y poco eficaz, inventó un sistema propio (del que verán fotos en este artículo) con lo cual no solo unió Madrid y Cádiz, sino también a Bayona y los Reales Sitios, como Aranjuez. Por envidias (¡que raro! ¿envidias en España?) se vio perseguido por Godoy, la Santa Inquisición y los propios franceses, por lo que tuvo que



Figura 1. Retrato de Agustín de Betancourt y Molina. Museo municipal de Santa Cruz de Tenerife.

salvar su vida y la de su familia huyendo a Rusia, donde realizó importantísimas obras de ingeniería, muchas de las cuales aún perduran. A su muerte se inició la instalación de un sistema de telegrafía óptica con transmisión binaria capaz de enviar 1.024 códigos diferentes (letras, cifras, signos, palabras de control y palabras y frases habituales), que fue el antecesor mecánico de los modernos sistemas digitales.

Aunque para los radioaficionados el párrafo que sigue parezca innecesario, recordaremos que Telecomunicación es una palabra híbrida, grecolatina, donde *teles* es un vocablo griego que significa «distancia» añadido a *communicare*, palabra latina; significa, por lo tanto: «comunicar a distancia». No se dice que esta comunicación deba ser escrita, oral o por señales de humo. Simplemente tiene el sentido de enviar y recibir información hacia y desde lugares distantes.

Telegrafía, totalmente de origen griego: *teles* = distancia y *grafos* = escritura, es «escritura a distancia». Según el medio de transporte de la información se la suele clasificar en acústica, óptica y eléctrica; aunque esta última puede subdividirse en telegrafía por cable (cable-

gramas) o por ondas de radio (radiogramas). Todo mensaje enviado por cualquiera de estos sistemas recibe, genéricamente, el nombre de *telegrama*. Los operadores que hacen el trabajo de enviar y recibir son *telegrafistas* y el conjunto de aparatos necesarios, en cada estación, son lo que constituye el *telegrafo*.

Los primeros experimentos de telegrafía por medio de alambres electrizados (electricidad estática) se hicieron en Inglaterra y fueron publicados por su autor, Charles Morrison, en la revista «Scott Magazine», el 17 de febrero de 1753, quien firmaba solamente como C.M. (figura 2).

Utilizaba 26 pares de cables cuyas puntas acababan en un bolita de médula de sauco, y próximos a 26 trocitos de papel con una letra del alfabeto impresa en el mismo. Al electrizar uno de los pares de cables, la esferita «tiraba» de la correspondiente letra; pero –naturalmente– alguien debía tomar nota, a mano, del contenido del mensaje.

Al parecer no pasó de ser un interesante experimento que, por la baja intensidad de corriente conseguida, apenas logró unir entre sí dos habitaciones contiguas de su casa.

Prehistoria, protohistoria e historia de la telegrafía

Realmente se llama *Prehistoria* a la parte de la Historia hallada mediante investigaciones, por ser anterior a la aparición de la

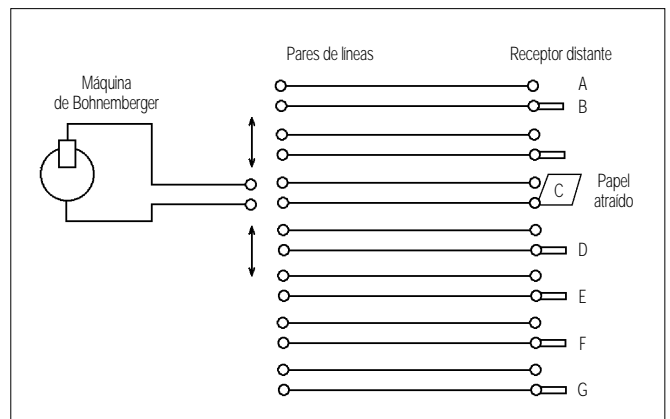


Figura 2. Sistema de telegrafía ensayado por Charles Morrison (C.M.).

* Miembro de la Real Sociedad Económica de Amigos del País, de Tenerife. Apartado de correos 39, 38200 La Laguna (Tenerife).

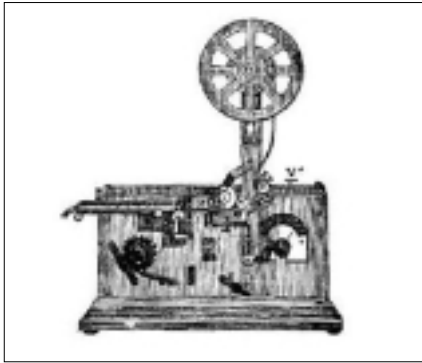


Figura 3. Receptor Morse para la telegrafía alámbrica (por cable o cablegramas). No incluimos el manipulador (martillo recto o «machaca-piñones») por estimar que los radioaficionados lo conocemos sobradamente.

escritura. Todos los autores coinciden en que Prehistoria, en las Telecomunicaciones, es «lo anterior a Morse» (antes de 1844) y aquellos sistemas que, en general, no pasaron de simples experimentos de laboratorio, o bien fueron utilizados en la antigüedad pero que ya en 1844 ya no tenían uso. Por lo mismo, todos coinciden en que la «Historia de la telegrafía» se inicia a partir de Samuel Finley Breese Morse y no intentaremos cambiar esa historia (figura 3).

Por ello hemos definido como protohistoria al conjunto de experimentos y sistemas, coetáneos del Morse, que aún habiendo llegado a tener cierto grado de implantación, o pudiendo haberlo tenido, cayeron ante aquel y han quedado en simples curiosidades históricas, para disfrute de los amantes del pasado.

En el campo de la telecomunicación y la telegrafía destacaremos tres nombres, que marcan esos tres periodos: los hermanos Chappe (fin de la prehistoria), Abraham Louis Breguet con Agustín de Betancourt y Molina (protohistoria) y Samuel F.B. Morse (comienzo de la historia de la telegrafía, tal como la hemos conocido durante más de 150 años).

Algo sobre los finales de la prehistoria

Todos hemos oído hablar alguna vez del telégrafo óptico de Chappe. Se basaba en unos postes de señales en forma de letra T donde el brazo horizontal, inclinable, lleva en los extremos unas paletas, también inclinables. El conjunto, dependiendo de la posición de los tres brazos, puede tomar más de 100 configuraciones diferentes, por lo que se editó un Libro de Códigos. Contenía más de 8.500 palabras en sus 92 páginas. Era un sistema imposible de memorizar, por lo que fue necesario simplificar el sistema. Cada palabra requería dos signos: el primero indicaba la página del libro de códigos en que ésta se encontraba, y el segundo era el número de orden de la palabra dentro de la correspondiente página.

Aún así el gran problema era visualizar y memorizar el signo recibido (uno entre más de 100 posibilidades) y buscarlo. Otro problema fue mover los tres manubrios de la torre de señales para colocar las respectivas paletas de madera en posición. Trans-

mitir un mensaje era un trabajo realmente arduo, porque el diccionario, además, era doble: buscar la configuración a transmitir para una palabra dada y viceversa, buscar la palabra correspondiente a una configuración recibida.

Una vez hallada, la estación receptora tenía que repetirla, con lo que la estación transmisora sabía que había sido comprendida y podía pasar al código siguiente. Por supuesto, en cada torre existían dos telescopios, uno apuntando a la torre anterior (captar mensaje) y otro hacia la siguiente (comprobar que habían comprendido la palabra transmitida, repitiéndola).

Lo que pocas personas saben es que el invento de Chappe se hizo realidad gracias al genial relojero suizo-francés Abraham Luis Breguet. Si bien a nivel conceptual y con modelos de sobremesa el sistema funcionaba (1791), su realización práctica requería un complicado sistema de engranajes que, por supuesto, él ni Claude Chappe ni su hermano supieron desarrollar, por lo que pidieron ayuda a Breguet, quien diseñó los sistemas de transmisión para mover el complejo sistema de paletas. Si añadimos que Claude Chappe era director general de los telégrafos franceses, podremos entender el por qué no llegó a implantarse en Francia, pese al deseo expreso de Napoleón, e incluso su «desinstalación» en España, después de 1808, cuando nuestro país estaba invadido por las tropas francesas y gobernado de hecho por Godoy -el Príncipe de la Paz- envidioso, afrancesado y con algunas otras «virtudes».

Algo sobre la protohistoria

Parece increíble que cuando aún no existía la pila de Volta, ni la corriente eléctrica, en 1797 Betancourt uniese, con telegrafía eléctrica, Madrid y Aranjuez, e incluso comenzó a hacer un tendido para llevarla hasta Cádiz. Esto ocurría 57 años antes de que Morse transmitiese por cable su primer mensaje. En todo caso las dificultades de aquella época eran aún insalvables.

Francisco Salvá Campillo, en 1798, logró unir ya al parecer con una línea eléctrica de un solo cable, Madrid con Aranjuez; aprovechando el mismo tendido eléctrico instalado por Betancourt, pero sin que su sistema prosperase. Por ello continuamos con los trabajos de Agustín de Betancourt y Molina.

Estudió en Francia la telegrafía óptica de Chappe, pero viendo la complicación del sistema, Betancourt ideó un sistema mucho más simple, rápido y eficaz: en vez de tres palas móviles, activadas con tres timones o manubrios, utilizaba solamente una «flecha indicadora», en forma de T, que giraba por su centro de gravedad



Figura 4. Detalle del «manipulador» del telégrafo óptico.

en incrementos de 10° en 10°. Conseguía así 36 signos. 10 números y 26 letras. Pero ¿cómo distinguir a simple vista estas pequeñas diferencias de 10° en la inclinación de la flecha, situada a distancias de hasta 12 km? De la forma más lógica: el ocular de los telescopios tenía un hilo, como la mira de los rifles de precisión. No era una cruz, sino una línea con punta de flecha. En los oculares de los dos telescopios de cada estación (uno para recibir y el otro para verificar que la siguiente esta-

ción había recibido bien la transmisión) tenían grabadas, marcas cada 10°. Estos oculares giraban (ambos) automáticamente, mediante una cadenilla de transmisión parecida a la de las bicicletas. Cuando se movía la rueda o timón de señales no solo se movía la T exterior de la torre a la posición correspondiente, sino que de forma simultánea y sincronizada, ambos oculares giraban en el mismo sentido, y en la misma cuantía.

Por ello, una vez apuntados en la dirección correcta y ajustadas las mirillas, no se volvían a tocar los telescopios. La estación origen del mensaje simplemente giraba el timón de señales para poner la T en la posición correspondiente al signo a transmitir (figura 4). Después, mirando por el telescopio (que quedaba automáticamente «sincronizado») se observaba la repetición del mismo signo en la estación intermedia. En la estación o estaciones intermedias, cuando la torre anterior transmitía una señal simplemente se giraba el timón de señales para que el ocular se alinease con su alidada paralela a la flecha de la estación transmisora. Sin necesidad de saber qué letra o signo era, automáticamente el poste de señales de la torre repetía el mismo signo, lo que era advertido inmediatamente por la estación transmisora; pero también por la siguiente estación, que al ver la señal de la torre intermedia, repetía la misma operatoria. Todas las torres, con sus telescopios automáticamente ajustados, tenían constancia de que la señal había sido bien interpretada. De esta forma actuaba toda la cade-

na. En caso de error bastaba hacer oscilar la T de izquierda a derecha un par de veces y volver a fijarla en posición, hasta que la siguiente estación repitiese el signo correcto. Los errores eran casi inexistentes, dada la precisión del mecanismo utilizado (desarrollo del genial relojero Breguet).

El sistema era tan perfecto que prácticamente no hacía falta que los telegrafistas intermedios supieran el código de señales. La transmisión era fácil porque los signos estaban grabados en el timón o manubrio principal, y también en los oculares. No obstante cada estación anotaba el mensaje retransmitido, por dos razones: tener



Figura 5. «Manipulador» del telégrafo óptico modelo original de 1798.

constancia («libro de guardia» de la actividad realizada) y poder enviar una persona a caballo con el mensaje hasta la estación siguiente en caso de no haberlo podido transmitir por dificultades como niebla densa, u otro obstáculo.

El diseño conceptual de Betancourt quedó redactado con diseños dibujados de su mano, al más puro estilo de Leonardo. Faltaba llevarlo a la práctica. Incluso permitía poner una letra de imprenta en cada manguito del timón de señales y entintándolas podía dejar registro impreso sobre papel, cosa que no quiso hacer Betancourt «para no complicar el invento» (sic).

Esta nueva concepción de telegrafía óptica es tan diferente de la de Chappe, que Agustín Betancourt, a finales de 1797, contacta con su amigo Breguet en París, le entrega los diseños y en sus talleres hicieron maquetas con las ruedas, cadenas de transmisión de los movimientos, preparación de la alidada de los oculares y grabado de signos y graduaciones cada 10°, etc.

Se estrechó más aún la amistad entre ambos genios y Breguet le comenta ser el verdadero autor del sistema de Chappe, de lo que se alegra Agustín. (Breguet «se puso una flor ajena» en la solapa, ya que realmente solo diseñó –lo que no era poco– el complicado mecanismo para mover los tres brazos de señales, con tres timones). Contamos esto porque nos da la pista del por qué el sistema Betancourt se registró a nombre de Breguet-Betancourt).

Los finales de 1797 y casi todo 1798 lo dedican ambos sabios a la construcción de modelos funcionales en pequeño tamaño y madera (figura 5), en base a los diseños de Betancourt. La figura 5 que reproducimos fue tomada al modelo realizado por ambos en 1798, con don Agustín trabajando incluso la madera. En los dos modelos que se conservan en los archivos Breguet de París, uno de 1798 y otro de 1803, se observa que el realizado solo por Breguet, cuando ya no estaba don Agustín, es más burdo y elemental que el cuidado modelo de 1798, donde con toda probabilidad intervino la maestra mano del genial Betancourt. Breguet era un buen relojero, pero «menos carpintero» que don Agustín.

Existe una carta –a pesar de haberse registrado el invento como Breguet-Betancourt– en que Breguet reconoce que el invento es de Betancourt. Otra vez, como en el caso Chappe, el único mérito de Breguet parece haber sido su aportación profesional en la construcción de los engr-

najes, cadenas de transmisión de los movimientos y más probablemente en la grabación de las marcas en los oculares, lo que era una verdadera operación de relojería de precisión, para la que se precisaba maquinaria especial, que existía lógicamente en los talleres de Breguet, fabricante entonces de los mejores relojes del mundo.

Antes de hablarles algo de la biografía –densa, apasionante, interesantísima– de Agustín de Betancourt y Molina, será bueno que hagamos un «recorrido telegráfico» (nunca mejor aplicada esta palabra al referirnos a la brevedad y concisión del mensaje):

Prehistoria - La transmisión de información a distancia se llevaba a cabo con corredores que pasaban los mensajes al siguiente corredor (tipo maratón griego, pero con relevos). En *De bello gallico* (La Guerra de las Galias), Julio César cuenta que Gaulo podía convocar, por medio de la voz, a todos sus guerreros en tan solo tres días. Ese es un sistema que todavía hoy se conoce con cierto humor como el sistema de «corre, ve y dile». Cada corredor, después de la carrera, transmitía el mensaje *viva voce*, regresando a su base.

Fue Diodorus Cronus, en el siglo IV a. de J.C., quien nos cuenta cómo el rey persa Darío I (522 al 486 a. de J.C.), para enviar noticias a través de su vasto Imperio (desde la India al Danubio) utilizaba a una serie de personas, con buena voz y pulmones, apostadas en lugares elevados, que se gritaban el mensaje de unas a otras. A pesar de la multitud de personas necesarias, el sistema era 30 veces más rápido que con los antiguos corredores de a pie. (Humildemente me pregunto, ¿cómo no se les ocurrió utilizar el caballo?).

Las señales ópticas fueron utilizadas por los griegos. Según varias referencias en poemas de Homero, se comunicaban mensajes mediante fuegos durante la noche y reflejos de espejos y humo (al estilo de los indios americanos) durante el día. El poeta trágico Esquilo (525-456 a. de J.C.) describe con detalle este procedimiento en su poema *Agamenon*.

Cuenta la Biblia que Moisés condujo a los judíos, tras escapar de Egipto, por medio de columnas de fuego y humo. Al margen de interpretaciones sobrenaturales, simplemente debieron ser señales convenientes para advertir, por ejemplo, de la presencia o no de enemigos, avanzar hasta nuevas posiciones, permanecer escondidos, etc.

En el siglo IV a. de J.C., Eneas el Táctico describe un sistema que según los historiadores fue inventado por los cartagineses. Consistía en dos vasos cilíndricos exactamente iguales (transmisor y receptor) colocados en dos colinas distantes y unidos por medio de un tubo (figura 6). Llenando con agua un vaso, un flotador con un indicador sobresalía del vaso hasta un cierto signo. Al ser vasos comunicantes, el otro flotador, en la estación receptora, marcaba lo mismo. El comienzo y fin de la

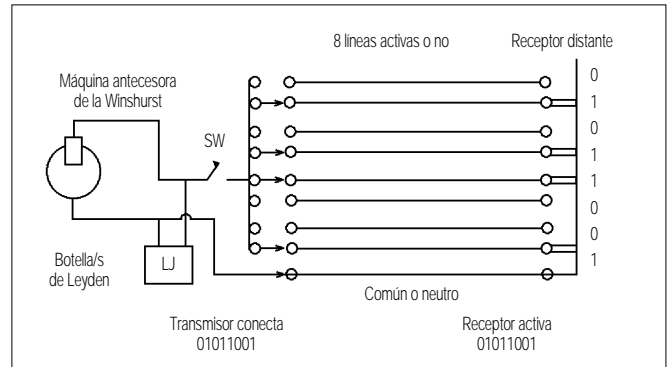


Figura 7. Sistema de telegrafía ensayado por Agustín de Betancourt.

transmisión se anunciaba mediante agitación de una bandera o antorcha. Evidentemente esto exigía un continuo bombeo sacando o metiendo agua en el «transmisor». Aparte el problema de la tubería, en aquella época, y que ambas estaciones tendrían que estar situadas exactamente en la misma cota (mismo nivel) incluso hoy sería un tema de muy difícil realización práctica: la transmisión letra a letra sería interminablemente larga, salvo que las letras tuviesen un significado codificado y no fuesen muchas: lluvia, sol, viento, peligro, todo bien, y pocas cosas más, como parece desprenderse de la propia ilustración (figura 6). Por ello pensamos que nunca pasó de ser un experimento hecho entre dos lugares muy próximos, quizás dentro de una misma habitación.

Casi a finales de esta prehistoria cabe también citar al telégrafo electrostático de Charles Morrison, que ya hemos citado anteriormente (ver figura 2). Utilizó 26 pares de cables cuyas puntas acababan en unas bolas de corazón de saúco, sobre 26 papellitos, cada uno con una letra del alfabeto. Electrizando un par, se levantaba el papellito correspondiente, y así una letra tras otra hasta componer un mensaje. Dada la poca intensidad de corriente conseguida, al parecer sus experimentos se quedaron en unir un par de habitaciones de su propia casa.

Es muy posible que la noticia de estos experimentos la tuviese Betancourt en su viaje a Londres, y por ello tratase de reproducirlo, mejorado, en su experimento Madrid-Aranjuez, con una gran máquina electrostática de Winshurst que servía para cargar una batería de muchas botellas de Leyden (figura 7). Le bastaron solo nueve cables, aislados con papel y una especie de laca o gutapercha. Evidentemente, uno de ellos producía el retorno de la corriente y los otros ocho llevaban los signos mediante un código de combinación de cables con corriente (octeto). La prueba se hizo en 1797, entre Madrid y Aranjuez, en presencia del rey Carlos IV. Como resultado se proyectó y comenzó a instalar una línea de nueve cables hasta Cádiz. Las dificultades prácticas (no existía aún la corriente eléctrica) debieron ser muchas porque poco después Betancourt vuelve a París, en 1797-1798 para desarrollar la telegrafía óptica, que consideró más segura para establecer en poco tiempo un servicio oficial telegráfico que uniese los puntos más distantes de España.

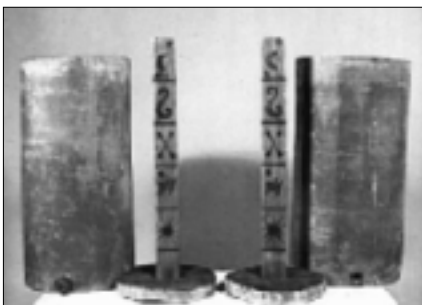


Figura 6. Emisor-receptor utilizado por Eneas el Táctico.