

# PREHISTÓRIA

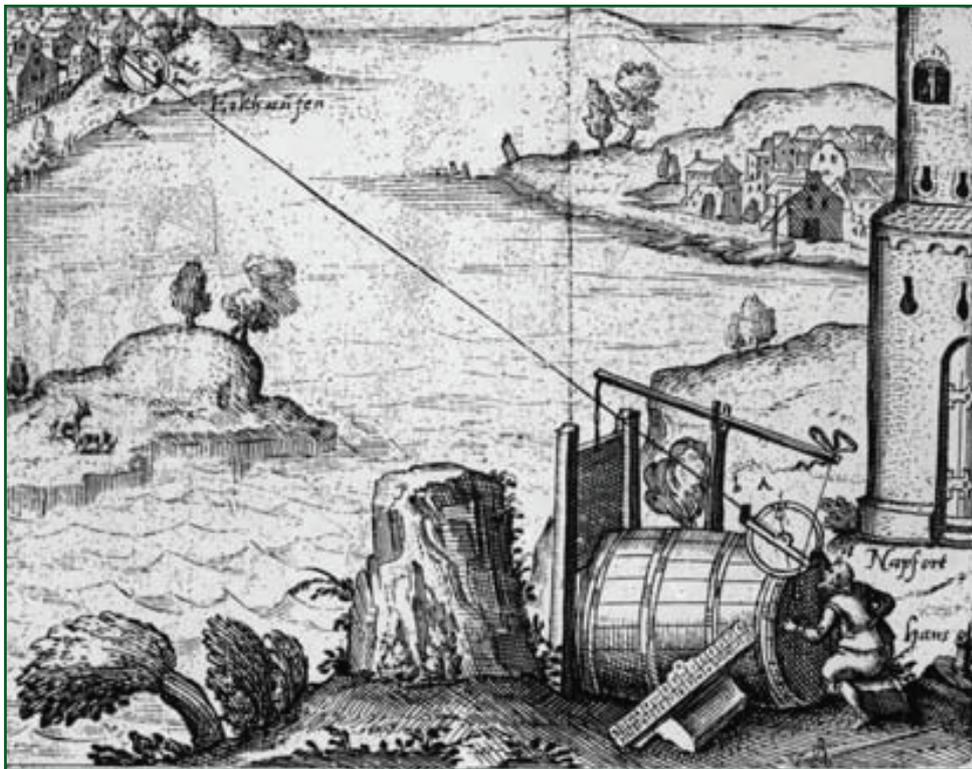


Figura 1.- Telégrafo de Kessler.- Tomada de la portada de “Una monografía de L.M.Ericsson – Para una aplicación mejor de SISTEMAS DE RADIO-RELEVO. 1 la transmisión inalámbrica” (LZT 10801/3). No tiene fecha de edición.

## I.- ALGUNOS SISTEMAS DE ENVÍO DE SEÑALES EN DIFERENTES PUEBLOS Y CULTURAS.

Seguramente hay una manera primitiva, y casi instintiva, de enviar información a distancia, que es haciendo señales con las manos o con los brazos, si estamos cerca del destinatario,

o haciéndolas mediante algún otro medio que pueda ser visto a distancia, si estamos lejos. Banderas y gallardetes, hogueras y humos, se han usado con distintos fines desde tiempo inmemorial.

Sabemos que los griegos tenían varios sistemas para estos menesteres. Se dice que Agamenón tenía dispuestas montañas de leña en todos los para anunciar a Clitemnestra la victoria sobre los troyanos. Y en este caso debió funcionar el telégrafo, porque Clitemnestra pudo preparar su asesinato sin sorpresas. También se dice que Eneas había inventado un complicado sistema con recipientes de agua a los que se les variaba la capacidad para cambiar los signos (al variar el nivel del agua, varia-

ba la altura de un artilugio flotante), pero el invento parece muy engorroso (porque la altura de lo que fuera se podía variar directamente, sin recipiente de agua) y, por ello, resulta poco verosímil. En Atenas muestran a los turistas el sitio donde se produjo el primer error telegráfico. Teseo, al partir hacia Creta para pagar tributo a Minos, había convenido con su padre Egeo que pondría a su nave velas negras si había sucumbido ante el Minotauro, y velas blancas si había vencido. Con la alegría del triunfo se olvidó del convenio y el padre al avistar desde el promontorio del cabo Sunion el navío con las velas negras se arrojó al mar y pereció. Un error de la señal fue fatal para Egeo.

Los romanos tenían torres dispuestas para hacer señales con antorchas y dejaron su imagen

en la columna de Trajano, en Roma. Lejos de Europa, se sabe que los Incas recibían en Cuzco noticias de los confines de su imperio por medio de señales de humo. Y podrían buscarse muchos más ejemplos de diferentes pueblos que mediante hogueras, banderas, tambores, trompetas, campanas, cohetes o cualquier otro signo perceptible a distancia, enviaban mensajes más o menos complejos. Los galos, según César, utilizaban incluso la voz, dando gritos desde lo alto de los cerros. Claro que en este caso quizá el mensaje se transmitía rápidamente, pero no parece que pudiera ser muy secreto. Como se puede suponer fácilmente, en España hubo varios intentos de establecer sistemas de señales a lo largo de la Historia. En la Edad Media moros y cristianos tuvieron sus sistemas de envío de noticias. En general, eran sistemas de humos y fuegos que avisaban, de castillo en castillo o de colina en colina, que se había producido algún hecho esperado.

Pero tales sistemas de comunicación no pueden asimilarse, en términos estrictos, a un “telégrafo” ya que las noticias que daban tenían que ser siempre sobre cosas previamente convenidas.

Pero las noticias que se obtenían utilizando los procedimientos normales eran siempre avisos de acontecimientos esperados, y no podían anunciar cosas imprevistas. El aviso de que algo, bueno o malo, estaba ocurriendo podía circular deprisa, pero los detalles tenían que seguir a galope de caballo.

Un grabado de 1616 de Franz Kessler representa un telégrafo que podía enviar letras. Un "fuego" encerrado en un barril se dejaba ver, levantando la tapa, una vez para la letra A, dos veces para la letra B, etc.. Tampoco parece muy elaborado, pero si en vez de enviar letras, una a una, se utilizaba un código, se estaría ya un paso más avanzado que la simple hoguera encendida o apagada.

El grabado es bastante expresivo. Puede verse lo complicado que sería establecer una cadena de torres que tuvieran que repetir las señales. Parece un sistema para salvar un sólo tramo - a través de un brazo de mar o de un río - pero sin otra pretensión. Incluso parece un artificio para un espía

**II.- LA ILUSTRACIÓN Y EL CAMBIO DEL VALOR DEL TIEMPO.**

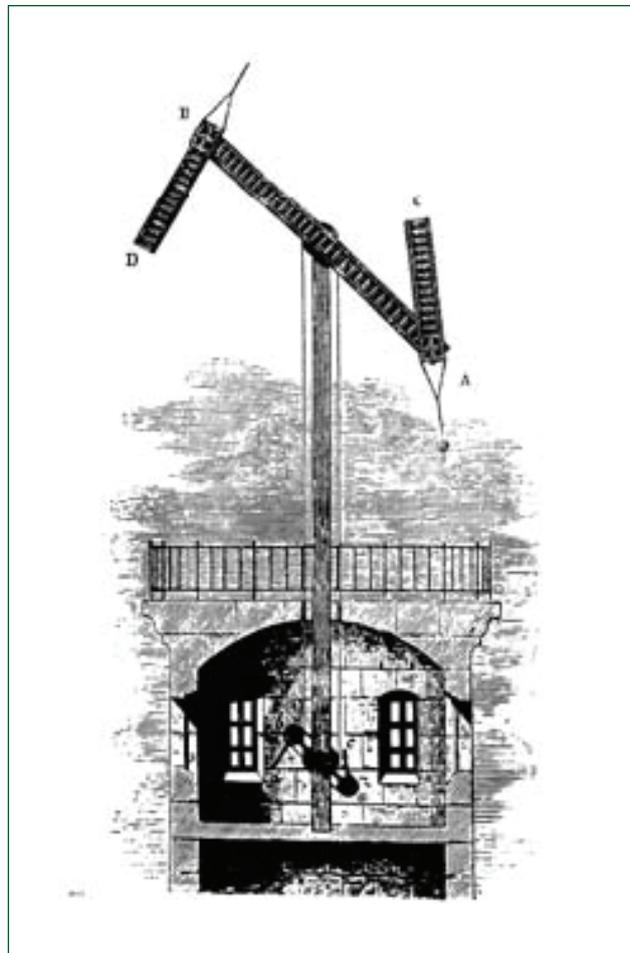
Algo parecido ocurría en el resto del mundo hasta que una serie de circunstancias vinieron a modificar esta manera de mandar avisos (o quizá sería mejor decir que vinieron a modificar las maneras de pensar). La circunstancia principal fue, probablemente, el ritmo más vivo que tomó la vida, en la Europa occidental y en América, a finales del siglo XVIII.

El maquinismo incipiente transformaba el comercio y el capitalismo daba los primeros pasos en las Bolsas, y ambas circunstancias hacían deseable un ritmo más rápido en la comunicación entre lugares separados geográficamente. Para conseguirlo nació el tren y los barcos a vapor. Pero no eran sólo las necesidades económicas las que empujaban a la búsqueda de comunicaciones rápidas entre puntos lejanos. Estaban naciendo lo que podríamos llamar las necesidades científicas. Por ejemplo, en 1787 se estaban haciendo mediciones terrestres, en colaboración entre el observatorio de Greenwich y el observatorio de París. Mediante luces de hogueras a uno y otro lado del canal de la Mancha consiguieron triangular satisfactoriamente, pero necesitaban intercambiar datos - en tiempo real, diríamos ahora - que, al no tener un sistema de señales adecuado, no podían enviar.

Las corrientes filosóficas en boga favorecían la investigación y alguno de los inventos y descubrimientos científicos se encaminaron a mejorar el sistema de envío de noticias. Tal fue el caso del anteojo acromático. Con este instrumento se podían ver con detalle símbolos situados

a distancias semejantes a las que separaban las hogueras y ahumadas de los avisos.

Y utilizando símbolos se podían enviar mensajes más complejos que con las hogueras. Por eso, cuando la guerra potenció la necesidad de comunicación en la Francia revolucionaria de finales del siglo XVIII, se encontró un procedimiento para enviar noticias, cualquier noticia, que ya pudo denominarse telégrafo. Y, aunque hubo varios intentos más o menos contemporáneos, hoy se acepta unánimemente que el origen del telégrafo se encuentra en el sistema de torres de señales que Claudio Chappe estableció en Francia en 1793. Incluso la propia palabra telégrafo tiene allí su origen. Aunque hay alguna divergencia en explicar como se originó. Un hermano de Claudio Chappe, al escribir la historia del invento dijo que aquel



**Figura 1.- Telégrafo de Kessler.- Tomada de la portada de "Una monografía de L.M.Ericsson – Para una aplicación mejor de SISTEMAS DE RADIO-RELEVO. 1 la transmisión inalámbrica" (LZT 10801/3). No tiene fecha de edición.**

quería denominarlo taquígrafo (escribir rápido), pero que lo consultó con varias personas y un helenista, Mr. Miot propuso la palabra telégrafo (escribir lejos). Y dice que esto ocurrió en 1798. Pero se da el caso que cuando la Gazeta, de Madrid, dio la noticia de que se había usado un moderno procedimiento para conocer en París noticias del campo de batalla, lo denominó telégrafo. Y esto ocurría en octubre de 1794, es decir, cuatro años antes.

**III.- CHAPPE.**

La imagen de los telégrafos de Chappe está muy difundida. Generalmente estuvieron situados en edificios señeros, por ejemplo en el propio palacio del Louvre, y ello realizaba su figura. Transmitieron noticias del triunfo de la Revolución, llevaron a París noticias de las batallas de Napoleón y al haberse mantenido funcionando durante cincuenta años, probablemente los más agitados de la historia moderna de Francia, se vieron rodeados de una cierta leyenda romántica, inspirando a poetas como Víctor Hugo, y a chansonniers populares.

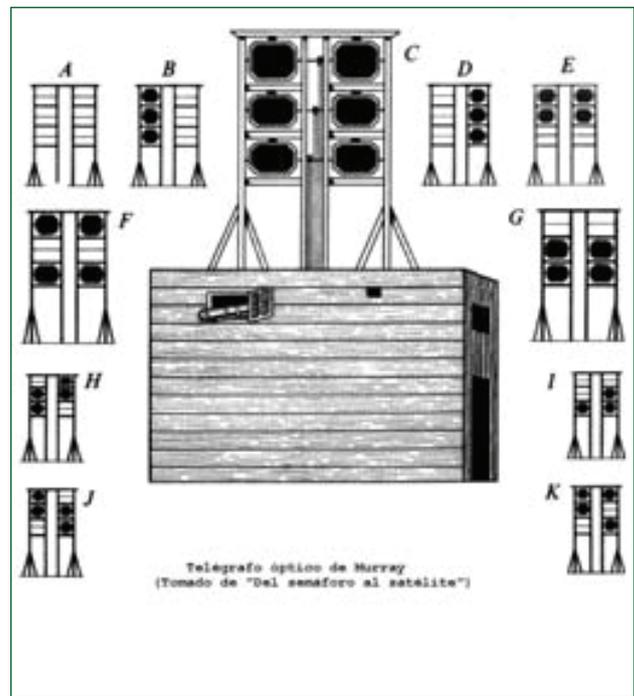
Claudio Chappe era un abate, es decir había conseguido un renta eclesiástica que le permitía un desahogo económico. Se dedicaba a estudiar física y química, como muchos ilustrados de la época. Incluso parece que hizo algunos ensayos con la electricidad. Pero la Revolución suprimió las rentas eclesiásticas y en colaboración con sus hermanos, y ayudado por ellos, se propuso desarrollar, con ánimo de lucro, un sistema de comunicaciones. Después de varios ensayos con diferentes modelos propuso a la Asamblea francesa, a través de su hermano que era diputado, un sistema que fue aprobado y que, con pequeñas modificaciones es el que conocemos.

El aparato telegráfico consistía en un mástil, que tenía en su parte superior un travesaño (denominado regulador) que podía girar sobre su eje central, gobernado por una polea. El regulador tenía, a su vez, en cada uno de sus extremos sendos travesaños menores (denominados indicadores), que también podían girar sobre sus ejes gobernados por otras poleas.

Cada polea podía hacer que regulador e indicadores tomaran posiciones diferentes. Pero tales posiciones debían ser lo suficientemente diferentes para que no pudieran confundirse una con otras. Por ello Chappe las redujo a las diferenciadas por ángulos de 45°. Usando las diferentes figuras que podía tomar el regulador y los indicadores, confeccionó un código. En realidad sólo utilizaba dos posiciones del regulador, de forma que el código se formó basándose en las combinaciones que proporcionaban los indicadores.

Como éstos podían tomar ocho posiciones, separadas cada una 45°, incluso prescindiendo de aquella en la que el indicador se solapaba con el regulador, quedaban  $7 \times 7 = 49$  combinaciones útiles, que con las dos posiciones del regulador se convertían en  $49 \times 2 = 98$  combinaciones. Chappe ideó varios sistemas de codificación para cifrar los mensajes que quería enviar. Parece que el más utilizado fue un diccionario de 92 páginas, con 92 expresiones en cada página. Este sistema le permitía disponer de  $92 \times 92 = 8464$  expresiones que podía seleccionar mediante dos signos de las torres para cada una de ellas (un signo indicaba la página y el otro la frase). Los seis signos restantes (hasta los 98 posibles) los empleaba para señales auxiliares.

El sistema era suficiente para transmitir las frases más usuales del lenguaje corriente, economizando señales. Chappe opinaba que era demasiado laborioso y lento el transmitir los mensajes mediante un código alfabético (que, por otra parte, hubiera podido fácilmente preparar). El sistema es fácilmente portátil y, efectivamente, el ejército francés lo utilizó así. Hay constancia de que cuando entraron en España los 100.000 hijos de San Luis, en 1823, llevaban aparatos telegráficos de Chappe, que en Madrid instalaron en la explanada del Observatorio Astronómico del Retiro, para abrir una línea hacia Aranjuez y Andalucía.



**Figura 3.- Telégrafo de Murray .- Tomada de "Del semáforo al satélite", publicación de la U.I.T. de 1965.**

**IV.- OTROS SISTEMAS: MURRAY, CHAUDY Y BETANCOURT.**

El ejemplo del telégrafo francés fue seguido por otros países. Inglaterra dispuso de líneas de telégrafos ópticos entre Londres y las costas del canal de la Mancha, con un sistema propio totalmente diferente del francés, aproximadamente en las mismas fechas en que Francia ponía en servicio las suyas. Y también otros países de Europa y los Estados Unidos de América construyeron sus sistemas de telegrafía óptica. Sin embargo ninguno pervivió tanto tiempo como el de Chappe, ni fue tan conocido.

De todos modos citaremos los tres que creemos que merecen mayor atención. El primero es el que sirvió para que los ingleses dieran la réplica a Chappe y enlazaran Londres con los puertos del canal de la Mancha.

El aparato que emplearon los ingleses se debió a George Murray y consistía en un gran panel, dividido en seis sectores, que, mediante un juego de poleas, podían moverse de forma que se presentaran de plano o de perfil a la vista del observador lejano. Era pues un código binario que permitía 2 elevado a seis, es decir 64 combinaciones.

En la figura se representan señales alfabéticas, pero también se utilizaba un código de frases. El sistema estuvo funcionando entre Londres y varios puertos del canal mientras duró el enfrentamiento con Francia, es decir unos veinte años, hasta 1814.

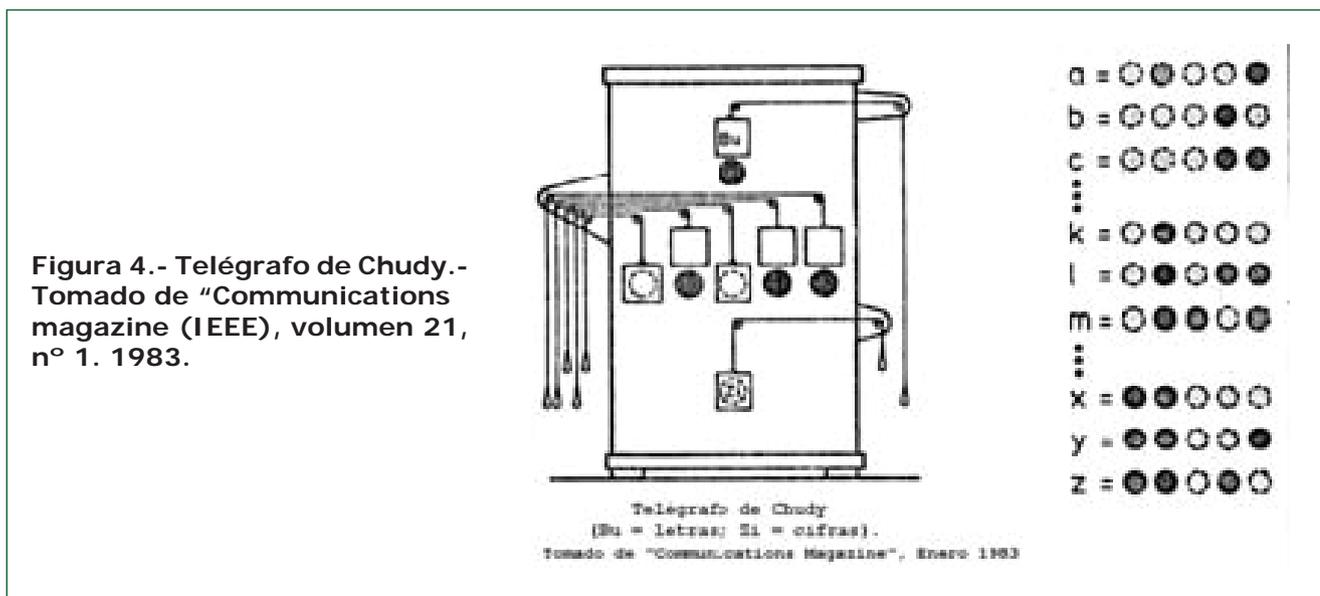
Otro sistema, del que no se tienen noticias de que fuera empleado pero que tiene interés por utilizar sistemáticamente una moderna codificación binaria. Es el sistema propuesto, en 1787, por el húngaro Josef Chudy, con tres versiones: con tambores, con campanas y con señales ópticas. Todas ellas con cinco elementos que pueden tomar dos estados. Este telégrafo fue presentado por la revista IEEE como un antecedente de la transmisión de datos.

El sistema de las señales ópticas consiste en el movimiento de siete paneles que pueden tomar dos posiciones. Dos de los paneles se destinan a señales de servicio y los otros cinco componen las señales de información. En la figura se representa una combinación de tipo alfabético.

Un detalle adicional del sistema de Chudy es su posibilidad de utilización nocturna, porque el movimiento de los paneles de información puede tapar o dejar a la vista una luz.

Finalmente veremos el sistema que propuso el español Agustín de Betancourt. De este sistema tenemos una descripción detallada, escrita por el propio Betancourt y un Informe sobre los excelentes resultados de unas pruebas hechas, en 1797, nada menos que por la Academia francesa, y recogidos en sus Actas.

Quizá conviene decir primero que Agustín de Betancourt, que era una figura señera de la ciencia y la técnica de la España de finales del siglo XVIII, fue enviado a recorrer Europa por Carlos III, para recabar información de los



Apogresos de la ciencia. Betancourt copiaba máquinas con la intención de crear un Gabinete de máquinas en Madrid (cosa que realmente hizo y que, de algún modo, está ligado a la primera Escuela de Ingenieros de Caminos). Esta actividad de Betancourt - y su gran nivel científico - le puso en contacto con inventores y científicos de toda Europa (pero, también, sirvió para que Chappe le acusara de *espía*, que se apoderaba de los inventos de otros).

Betancourt estaba en Londres en 1794, cuando llegaron noticias del aparato de Chappe. Pudo comprobar el gran impacto que produjo la noticias y la rápida respuesta inglesa, creando sus propios telégrafos.

De regreso a Francia, Betancourt se puso en contacto con Abraham Breguet, un relojero suizo que había colaborado con Chappe para poner a punto la maquinaria de su aparato, y ambos construyeron un nuevo modelo de telégrafo.

La máquina es aparentemente muy sencilla. Se trata de una *flecha* que puede girar 360 grados y tomar, dentro de su giro, 36 posiciones diferentes, a cada una de las cuales se le asigna una significación. (En la figura puede verse que uno de los lados del largo travesaño tiene una pequeña barra perpendicular. Sirve para determinar la flecha: la barra representa las plumas de una flecha).

Esta concepción simplificada, que ha engañado a muchos, se complementa con el sistema de anteojos

que están sincronizados con la *flecha*. Cada Aparato de Betancourt tiene dos anteojos, que están provistos de un tubo ocular que puede girar movido por una polea, que le imprime el mismo giro que a la *flecha*. En las lentes de cada catalejo hay un hilo que divide diametralmente el campo visual en dos partes iguales. Este hilo, una vez colocado paralelo a la *flecha* del aparato, conserva necesariamente el paralelismo en todas las posiciones que se den a la aguja.

El emisor de la señal hace girar - con el volante - la *flecha* y con ella gira el ocular de su catalejo, de modo que el hilo toma la misma posición angular que la *flecha*.

El receptor de la señal tiene que girar su polea hasta que el hilo de su antejo se ponga paralelo a la *flecha* lejana. El movimiento arrastra a la *flecha* propia que repite la señal. El emisor primero comprueba que han recibido correctamente su señal cuando percibe que la *flecha* se pone paralela a la línea de su ocular. Entonces puede emitir la siguiente señal moviendo nuevamente su *flecha*.

Al recibir la segunda señal, lo que realmente percibe el observador que recibe la señal no es el valor absoluto del ángulo de la *flecha*, sino la diferencia de ángulo entre el signo anterior y el nuevo.

El concepto de detección de la señal que utiliza Betancourt podría decirse que es el diferencial de fase, como los modernos modems.

Betancourt presentó su sistema en Francia, asociado a Breguet, y pretendió convencer al gobierno francés de las ventajas de su telégrafo frente al de Chappe. Pero éste era ya el Jefe de la organización telegráfica, que, por otra parte funcionaba con éxito, y se opuso furiosamente (y digo furiosamente porque hubo campaña periodística,

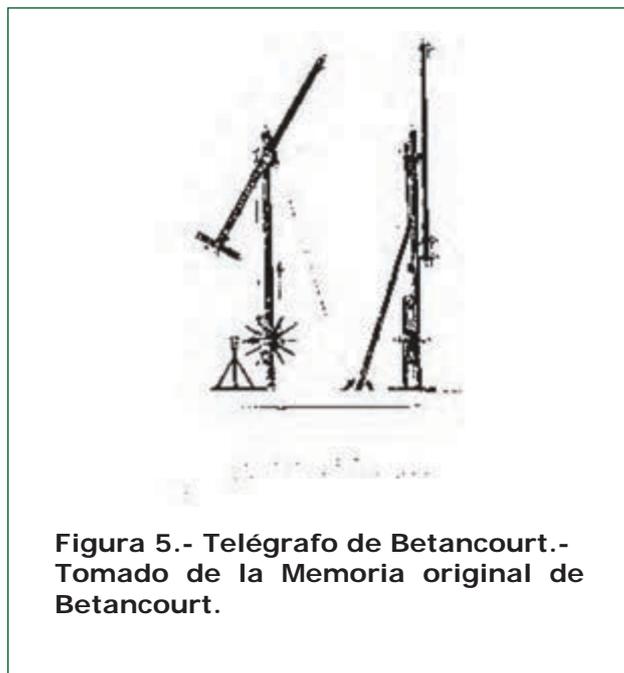


Figura 5.- Telégrafo de Betancourt.- Tomado de la Memoria original de Betancourt.

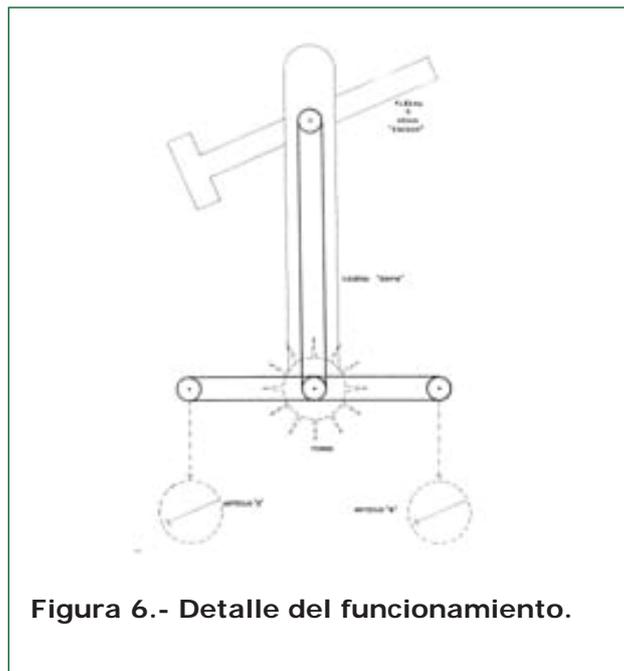


Figura 6.- Detalle del funcionamiento.

con insultos incluidos) a que se hiciera alguna prueba comparativa. Chappe rechazaba la idea de que se pudieran distinguir ángulos de 10 grados. El había hecho pruebas y había concluido que el ángulo menor, perceptible sin errores, tenía que ser de 45 grados. No quiso enterarse del mecanismo que proponía Betancourt.

Hubo polémica en los periódicos, y se propuso que la Academia francesa hiciera un informe comparando los aparatos de Chappe y de Betancourt. Chappe no se prestó y la Academia - que en aquellos tiempos tenía nombres tan sonoros como Laplace, Coulomb o Lagrange- realizó un Informe del aparato de Betancourt. El informe de la Academia francesa fue casi entusiasta pero no sirvió para que se adoptara el sistema.

El telégrafo de Betancourt utilizaba un código alfabético, ya que disponía de 36 señales, suficientes para que se puedan transmitir 26 letras y 10 cifras. Para evidenciar lo fielmente que podía transmitir, en la demostración que se hizo para la Academia, se le hicieron enviar frases, no convenientes, en latín.

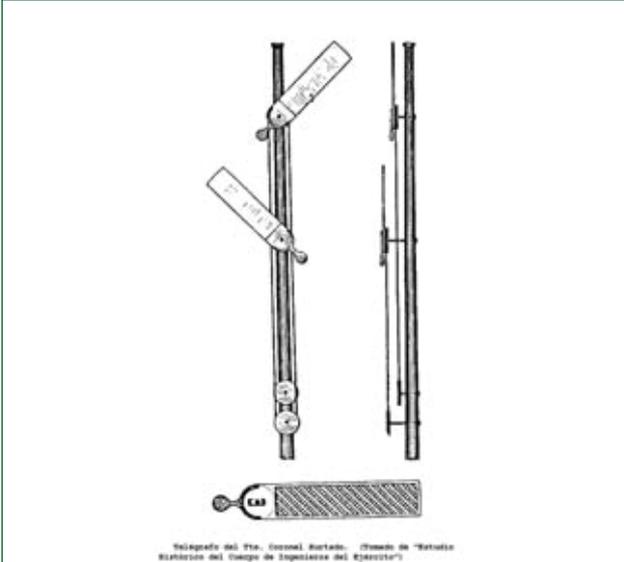
Incluso tenía previsto que los mensajes pudieran recibirse impresos. Bastaba asignar una letra o signo a cada una de las 36 posiciones de la aguja, que se correspondían con 36 posiciones de la rueda de mando. Una rueda con los tipos de imprenta era fácil de acoplar. Este mismo sistema se puede ver en teleimpresores que estaban funcionando 180 años más tarde.

Como resumen, podría distinguirse, dentro de los primeros telégrafos ópticos, el papel de Chappe, que fue el de un gestor eficiente que dotó a Francia de un sistema de señales - y demostró que ello era posible y que era útil - pero que, técnicamente, no se esforzó demasiado en racionalizar su invento, dando la sensación de que lo consideraba un hallazgo feliz de su ingenio. Otros, sin embargo, trataron de buscar soluciones racionales, aportando el código binario o un sincronismo emisor/receptor, por ejemplo, que son verdaderos anticipos en el campo de la telecomunicación.

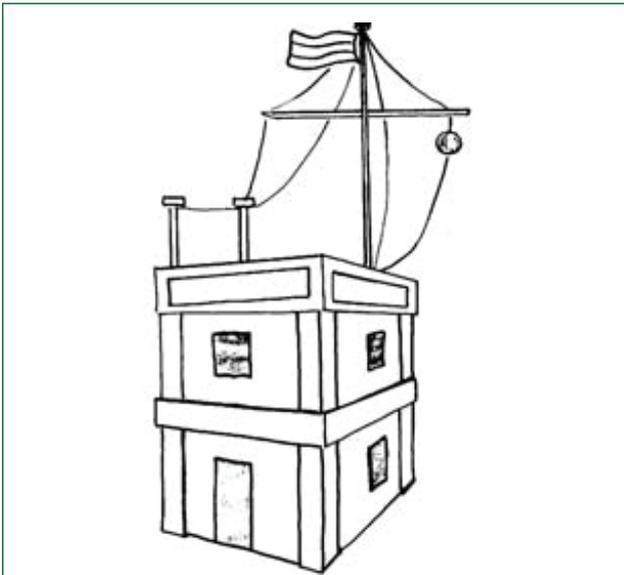
**V.- SISTEMAS ÓPTICOS ESPAÑOLES: HURTADO, LERENA, SANTA CRUZ Y MATHÉ.**

En España se hicieron pruebas de envío de señales utilizando anteojos en las mismas fechas en que se hacían en otros países. La noticia de que Chappe había conseguido enviar su primer mensaje entre Lille y París apareció en la *Gazeta* de Madrid el 14 de octubre de 1794, y el 4 de noviembre la misma *Gazeta*, en un suplemento dedicado a ello, explicaba los ensayos que el año anterior habían realizado en los alrededores de Madrid algunos profesores del Observatorio Astronómico del Retiro, enviando y recibiendo mensajes por medio de luces y utilizando anteojos acromáticos.

En 1799 Carlos IV encargó a Betancourt, que ya había regresado de Francia después de su fracaso para implantar allí su telégrafo, que estableciera una línea de torres ópticas entre Madrid y Cádiz. Se sabe que llegó a instalarse entre Madrid y Aranjuez, pero parece que no pasó de allí..



**Figura 7.- Telégrafo de Hurtado.- Tomado de "Estudio histórico del Cuerpo de Ingenieros del Ejército". Madrid 1911.**



**Figura 8.- Telégrafo de Lerena.- Dibujo propio.**

Más o menos por las mismas fechas, el Teniente Coronel de Ingenieros Francisco Hurtado ponía en marcha en los alrededores de Cádiz una serie de líneas de señales ópticas para uso de los militares.

La máquina era muy sencilla. Consistía en un mástil con dos paletas. Cada podía tomar cinco posiciones (diferenciadas por ángulos de 90°). Con ello podía conseguir 24 posiciones diferentes.

Cuando utilizaba el código alfabético destinaba las 24 combinaciones a cinco vocales, quince consonantes y cuatro combinaciones de servicio. Una de las combinaciones de servicio cambiaba el significado de las combinaciones que le seguían, de letras a cifras o viceversa, anticipando lo que, en los códigos binarios de 5 elementos ( por ejemplo el del CCITT nº 2), un siglo más tarde, sería la *inversión telegráfica*.

Parece ser que este telégrafo estuvo funcionando varios años en la zona de Cádiz, llegando una de las líneas hasta Sevilla. Sin embargo no tuvo ninguna repercusión en el ámbito civil.

Se conocen algunos otros sistemas que se describieron con más o menos detalles, pero ninguno de ellos se implantó hasta que en 1831, un marino, Juan José Lerena, estableció una línea entre Madrid y Aranjuez para el servicio de los reyes.

La línea partía de la torre de los Lujanes, en la Plaza de la Villa, y tenía repetidores en la ermita del cerro de los Angeles, el cerro de Espartinas (cerca de Valdemoro), terminando en el monte Parnaso, cerca del palacio de Aranjuez. En 1832 se estableció otra línea entre Madrid y San Ildefonso, para comunicación con el palacio de La Granja.

En 1835 propuso, y el Gobierno aceptó, constituir una línea de torres desde Madrid hasta llegar a la frontera francesa en Irún. Se inició la construcción de las torres pero no se pasó de Guadarrama por dificultades económicas. Lerena batalló contra el Ministerio de Hacienda y perdió.

Desde el punto de vista técnico, aunque no se conoce al detalle el sistema de Lerena, parece, por los grabados de sus torres, que no hay ninguna aportación relevante.

En una comunicación a través de una revista, Lerena dice que su código era de cuatro cifras, pero no quiso entregarlo ni siquiera al que le sucedió al frente del telégrafo.

Sin embargo lo que aparece, por primera vez, es el espíritu de negocio en el telégrafo. Lerena constituye una sociedad para explotarlo, pide autonomía financiera,

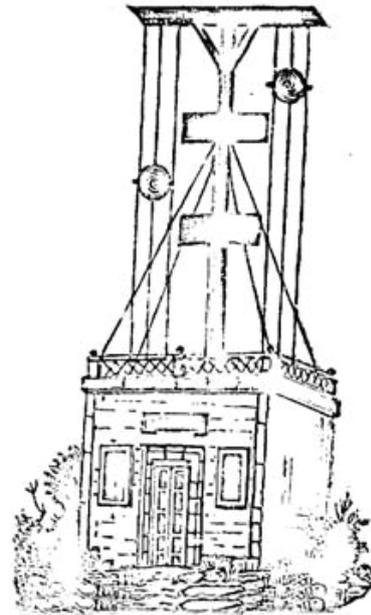


Figura 9.- Telégrafo de Santa Cruz.- Tomado del "Semanario pintoresco español" de 1841.



Figura 10.- Telégrafo de Mathé.- Tomado de "La Ilustración" de 1851.

sin la estrechez de los contratos del Estado y, finalmente, se estrella contra las dificultades burocráticas.

En las mismas fechas en que fracasaba el intento de Lerena, en la primera guerra carlista, el general Santa Cruz del ejército isabelino, ponía en pie una línea de torres militares alrededor de Estella, la capital carlista.

El sistema de Santa Cruz utilizaba una parte central fija, con dos travesaños y dos discos o bolas variables, situados uno a cada lado del mástil central, que podían moverse verticalmente y adoptar siete posiciones diferentes.

Las combinaciones posibles ( $7 \times 7 = 49$ ), formando grupos de hasta cuatro combinaciones, tenían un diccionario de equivalencias con las frases más usuales.

Este sistema fue descrito en la revista "El Semanario Pintoresco Español" por Navarro Villoslada, que lo ponía por las nubes. Pero a los pocos días, en otro periódico, se decía que el sistema no era original de Santa Cruz sino de José M<sup>a</sup> Mathé.

Las torres estaban en edificios militares fortificados. Cuando se acabó la guerra se suprimieron los telégrafos.

En 1844 un Real Decreto ponía en marcha, después de varios intentos fracasados, la creación de una red de líneas de telegrafía óptica, convocando un concurso de ideas para escoger un aparato adecuado. El concurso lo ganó José M<sup>a</sup> Mathé, Coronel de Estado Mayor, que ya

había colaborado con Lerena y Santa Cruz en sus proyectos.

El aparato de Mathé consistía en un bastidor con tres bandas horizontales fijas, entre las que podía moverse, verticalmente, una pieza, denominada indicador, que podía tomar trece posiciones diferentes.

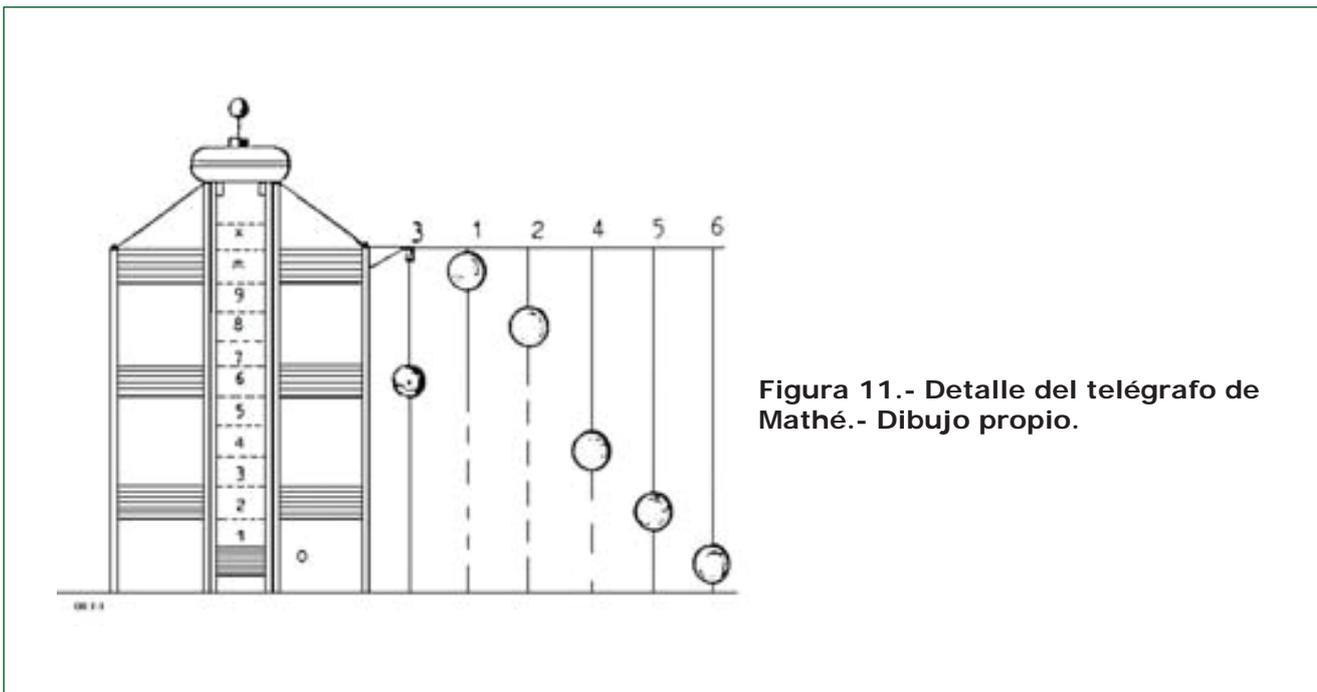
Diez correspondían a los números 0 a 9 y las tres restantes a señales de apoyo (error, repetición, fin). Además una bola lateral, que podía tomar seis posiciones, servía para las señales de servicio auxiliares (torrero ocupado, niebla, etc.).

El aparato tuvo una primitiva versión, que es la que describe Madoz en su Diccionario geográfico, en la que la máquina puede verse desde cuatro caras.

El indicador está en el centro de un cubo. Esta máquina tenía sentido en un lugar como la casa del Correo de Madrid, porque podía ser vista desde las torres situadas en los cuatro puntos cardinales: el cuartel del Conde Duque, el convento de la Trinidad (en la calle Atocha), el Retiro y el edificio de la Aduana.

Para las torres de las líneas la máquina solamente tenía un plano, que se situaba perpendicular a la línea, de forma que pudiera verse desde la torre anterior y la posterior.

Para la última línea se pensó en una torre que diera más señales. Para ello las franjas oscuras del bastidor



**Figura 11.- Detalle del telégrafo de Mathé.- Dibujo propio.**

estaban constituidas por persianas, divididas en dos partes, pudiendo hacerse cada mitad transparente u opaca, con lo que se multiplicaba el número de señales posibles. No se utilizó.

El sistema que estuvo funcionando se basaba en un código decimal, con su correspondiente diccionario.

## VI.- LA "RED" DE TELÉGRAFOS ÓPTICOS.

El proyecto de 1844 comprendía una completa red de líneas de torres ópticas. Estaba prevista una línea Madrid a Irún, pasando por La Granja, Segovia, Valladolid, Palencia, Burgos, Vitoria, Tolosa y San Sebastián. Desde Valladolid saldría un ramal a Tordesillas, con dos líneas, una a Zamora, por Toro, y otra a Rioseco, donde se dividiría para alcanzar Galicia y Asturias. Desde Burgos saldría otro ramal a Santander y desde Vitoria otro a Bilbao.

Otra línea uniría Madrid con Cádiz pasando por Toledo, Ciudad Real, Santa Cruz de Mudela, Bailén, Córdoba, Ecija, Sevilla, la Carraca y San Fernando. De Bailén saldría un ramal hacia Jaén, Granada y Málaga. De Sevilla otro a Huelva.

Una tercera línea uniría Madrid con la Junquera, pasando por Aranjuez, Ocaña, Albacete, Almansa, Valencia, Castellón, Peñíscola, Vinaroz, Tarragona, Barcelona, Girona y Figueras. Desde Albacete saldría un ramal a Murcia, Alicante y Cartagena.

Una cuarta línea uniría Madrid con Barcelona pasando por Zaragoza.

Todas estas líneas estaban planeadas sobre una mesa de gabinete, sin ningún estudio sobre el terreno y solamente se llevaron a cabo, parcialmente y modificadas, las tres primeras.

La primera línea Madrid-Irún se puso en servicio completa a finales de 1846 (hace poco más de un año se celebró en esta Escuela el *sesquicentenario* del primer telegrama - considerando que fue el que se dio al finalizar la línea - el 2 de octubre de 1846). Constaba de 52 torres o puntos de repetición. Entre ellas estaban las capitales de provincia: Valladolid, Burgos, Vitoria y San Sebastián.

De esta línea sobreviven algunas torres bastante bien conservadas. Algunas de ellas cerca de Madrid. Por ejemplo cerca de Moralzarzal existe una de ellas que servía, además, para otra línea secundaria que llegaba a La Granja, a través de Navacerrada. Fue la más cuidada porque comunicaba con Francia y con la zona carlista.

La segunda línea Madrid-Valencia-Barcelona-La Junquera no llegó a entrar en servicio completa. Su primer tramo Madrid-Valencia empezó a funcionar a finales de 1849 y tenía 30 torres. No llegaba a ninguna capital de provincia, pero en 1850 se construyeron ocho torres para conectar Cuenca a Tarancón, donde había una de las torres de la línea.

El ramal de Cuenca parece ser que se construyó a instancias de la Reina madre, que se había casado, casi en secreto, con el duque de Riánsares, que tenía propiedades por allí (el Riánsares es un río que pasa por Tarancón).

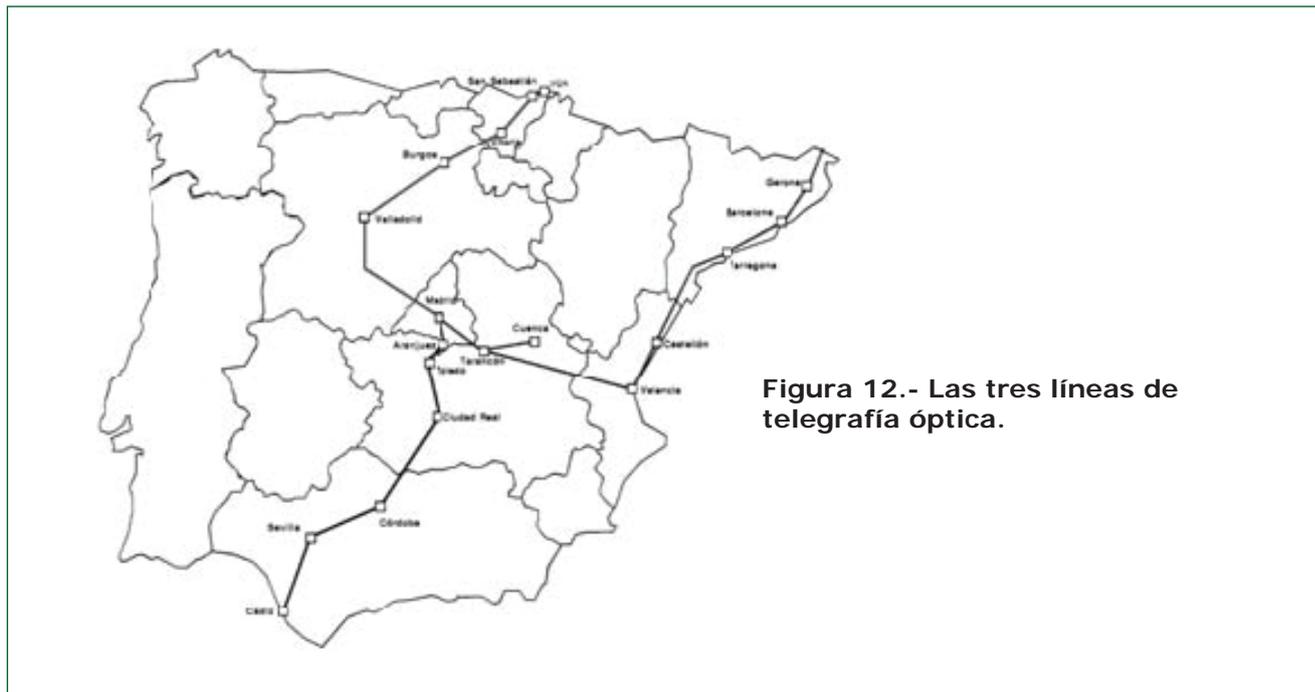


Figura 12.- Las tres líneas de telegrafía óptica.

El tramo Valencia-Tarragona no funcionó nunca porque fue imposible garantizar la seguridad de las torres en la zona del delta del Ebro, prácticamente terreno carlista. Desde Tarragona a La Junquera si funcionó normalmente.

El tramo Valencia-Barcelona se componía de treinta torres y entre Barcelona y La Junquera había 17. Todas se desmontaron en 1853.

La tercera línea Madrid-Cádiz tenía 59 torres. Algunas estaban en capitales de provincia: en Toledo, Ciudad Real, Córdoba, Sevilla y Cádiz. La línea terminaba, en realidad, en San Fernando. La torre de Toledo estaba emplazada en el Alcázar y la de Sevilla en la Fábrica de Tabacos [como curiosidad puede verse la torre en los grabados que publicaron algunas revistas con motivo de la celebración de la primera Feria de Sevilla].

Esta línea funcionó a tramos. Empezó en 1850 y terminó de construirse en 1853.

De la abundante documentación que se dispone sobre el funcionamiento de este sistema de telegrafía óptica se deduce que el enemigo principal era la existencia de nieblas y calimas en diferentes puntos de las líneas.

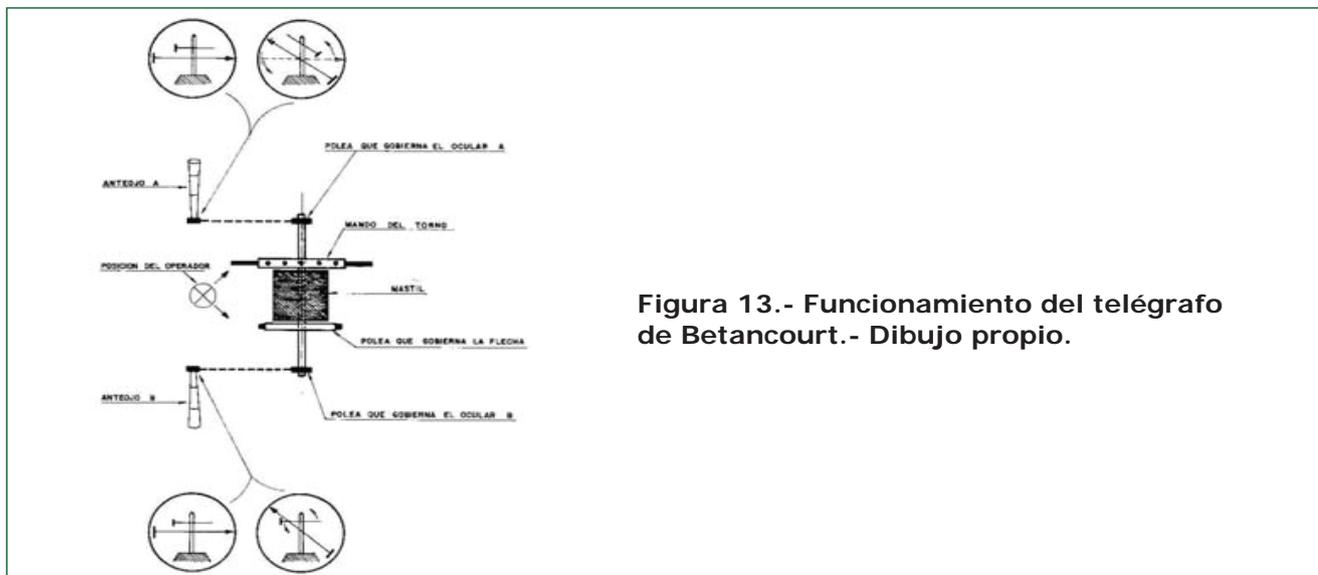
Reglamentariamente debían darse cuatro signos por minuto y cada operación consistía en ver el signo, identificarlo claramente, anotarlo en el cuaderno de la estación y repetirlo en la propia máquina. Cuando la niebla no interrumpía el curso de las comunicaciones, el sistema era bastante rápido. Los periódicos informaban, a veces, de la rapidez con que se conocían algunas noticias. Por ejemplo, en 1851, con motivo del nacimiento de una infanta, decía la Gazeta que el alumbramiento había sido a las once y cuarto, y a la una ya lo sabían en Valencia, Cuenca, Valladolid y Burgos, mientras que en Ciudad Real, Córdoba y Sevilla lo supieron a las dos.

**VII.- LOS CÓDIGOS.**

Prácticamente todos los telégrafos ópticos utilizaron códigos para transmitir los mensajes. La razón principal que motivaba la codificación no era el mantener secreto el contenido de un mensaje que se transmitía a la vista de todos (aunque esta podía ser, también, una de las razones), sino el aumentar la rapidez de la transmisión.

En una época en que se llevaban las formas ampulosas de expresión, el lenguaje telegráfico estaba por inventar. Para decir que la reina estaba embarazada había que decir: *“El Excmo. Sr. Secretario del Despacho de Estado ha notificado de real orden a los Cuerpos Colegisladores y altas dependencia del Estado, para que por tales conductos llegue a conocimiento de la nación, la plausible noticia de hallarse la Reina N.S (Q.D.G.) en los primeros meses de embarazo”*. Codificando las frases más usuales (el embarazo de la reina era una noticia bastante habitual en aquella década) se podía abreviar, dando la noticia con tres o cuatro cifras.

La velocidad en la transmisión de los signos dependía de la complejidad del aparato y de la habilidad del torrero, pero ya se ha dicho que los grandes retrasos no se debían a la transmisión de los señales sino a la existencia de nieblas. El aparato de Betancourt estaba previsto que necesitara de seis a ocho segundos para la transmisión efectiva de un signo (la transmisión efectiva significaba comprobar que el receptor lo había recibido correctamente viendo que su aparato repetía la señal adecuada). Este tiempo fue el que se tardó en la prueba ante la Academia de Francia, pero se trataba de sólo dos estaciones, por lo tanto no hacía falta comprobar la repetición siguiente. En el telégrafo de Mathé se tardaba, reglamentariamente ,quince segundos por signo



**Figura 13.- Funcionamiento del telégrafo de Betancourt.- Dibujo propio.**

pero en los documentos existentes se observa que se tardaba, a veces, bastante más. Un mensaje corto, de los llamados de vigilancia, podía tardar un promedio de un minuto por torre. Desde Valencia a Madrid 30 minutos.

Sobre el tema de la velocidad de transmisión suele haber alguna confusión. En el libro *Del semáforo al satélite*, editado por la U.I.T. para celebrar su centenario, hay una nota en la que se dice que en la línea de torres Berlín-Coblenza, de 750 Kilómetros, considerada la más larga del mundo, la transmisión de una señal se hacía en un minuto y medio (pero no queda claro si quiere decir que una señal tardaba un minuto y medio en recorrer los 750 Kilómetros - lo que parece totalmente increíble, pero para una sola estación es demasiado tiempo).

La codificación fue habitual en la mayoría de los telégrafos ópticos. El número de frases que podía dar un telégrafo

dependía, por una parte del número de figuras diferentes que pudiera tomar, y por otra del número de signos que se usaran para componer el diccionario. Por ejemplo, uno de los usados por Chappe, el que se ha dicho que contenía  $92 \times 92 = 8464$  expresiones, permitía la transmisión de una frase con dos signos. El diccionario de Mathé era decimal y abierto, de tal modo que una frase podía tener un número variable de cifras (tenía un signo para la separación del grupo de cifras). Lo mismo pasaba con el diccionario de Santa Cruz.

Esto creó una cierta confusión a la hora de explicar en periódicos y revistas los procedimientos telegráficos. Algunos inventores creían haber encontrado una fórmula feliz y la mantenían en secreto. Otros, como Chappe, creían que era una fórmula única. Alguna noticia de periódico decía que un telégrafo era magnífico porque podía dar 32 millones de combinaciones diferentes

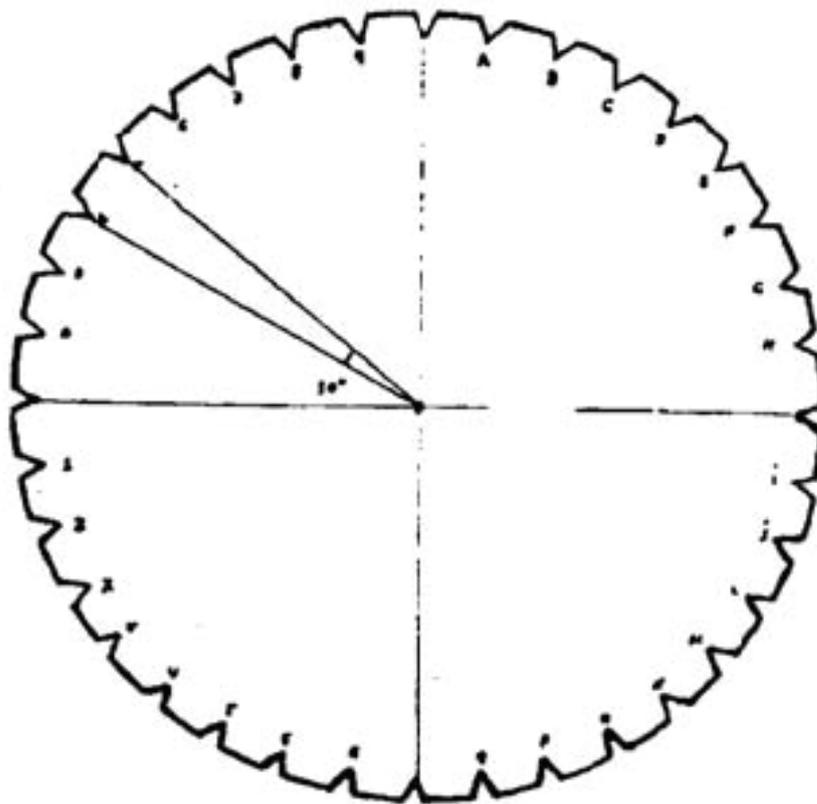
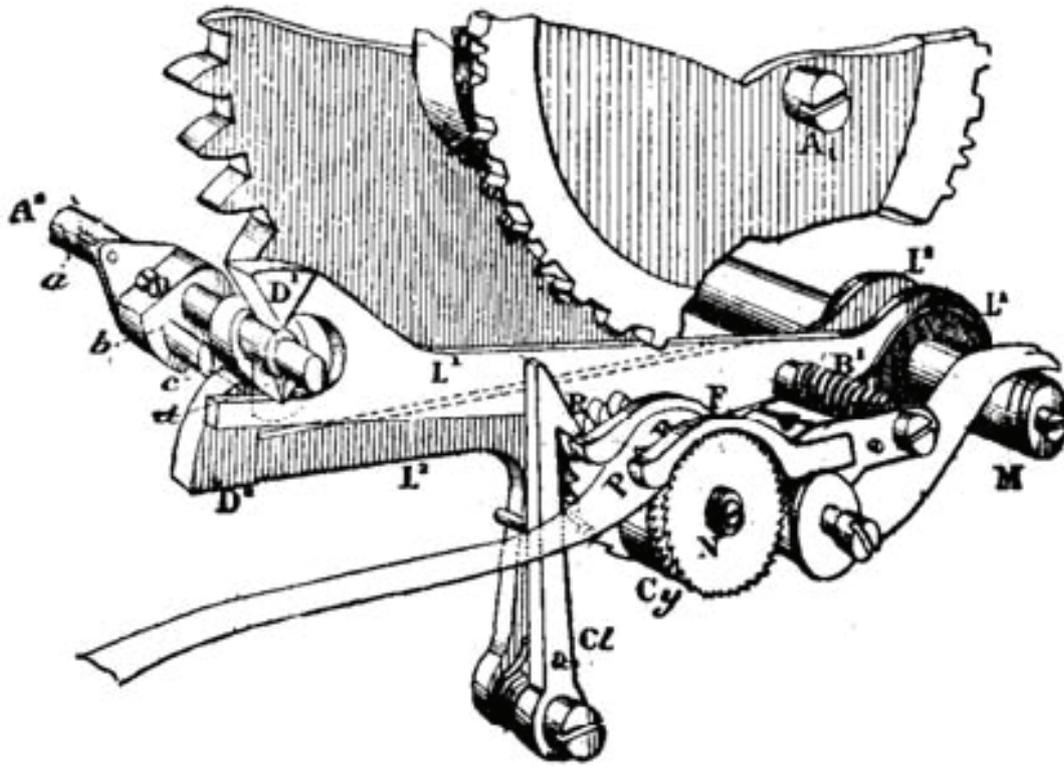


Figura 14.- Rueda dentada de Betancourt.



**Figura 15.- Mecanismo de impresión del aparato Hughes. Tomado de "La telegrafía actual en Francia y en el extranjero", de L. Montillot, de 1891.**

Visto a doscientos años de distancia, se percibe que hubo dos líneas de actuación en los inventores. Una, la señalada de fórmula feliz. En este caso estaría Chappe y también Lerena. Otra, que intentaría racionalizar el sistema, en la que estarían Betancourt, Chudy y Murray (de entre los sistemas mencionados).

Chappe, en una discusión con Betancourt en los periódicos, afirmaba que *"las señales de base (es decir, figuras diferentes que pudiera dar la máquina) absolutamente necesarias para mantener la correspondencia sobre una línea compuesta por muchas estaciones son, primero, tantas señales diferentes como estaciones y, segundo, 18 señales reglamentarias, sin las cuales sería imposible establecer algún orden en la transmisión de señales, aunque fueran de las más sencillas"*.

Nada justificaba esas afirmaciones. La identificación de una estación podía hacerse con una cifra o grupo de cifras, con independencia del número de señales de base del aparato. Las líneas de Mathé tenían hasta 60 torres y las *señales de base* del aparato eran diez para el mensaje y ocho para las indicaciones de servicio.

Chappe consiguió que sus ideas fueran aceptadas hasta tal punto que, cuando se utilizó la electricidad para la transmisión de señales, el aparato que diseñaron en Francia, el llamado Foy-Breguet, mantenía la misma forma de señales que las torres de Chappe, como si aquella siguiera siendo la fórmula única.

En el segundo grupo, Murray y Chudy emplearon códigos binarios, ambos de cinco elementos. Podían, pues, perfectamente transmitir los mensajes alfabéticamente, porque tenían suficientes combinaciones ( $2$  elevado a cinco = 32) y, si lo deseaban, codificar. Ambos sistemas eran mucho más simples que el de Chappe y más flexibles.

Parece, incluso, que los ingleses trabajaron su codificación con procedimientos matemáticos para simplificarla. Suárez Saavedra dice : *"...los ingenieros ingleses sabían reducir el número de cifras de los signos de un telegrama extrayendo por medio de logaritmos la raíz cuadrada o cúbica de toda la cantidad expresada por el despacho"*. El procedimiento parece un anticipo de los modernos sistemas de corrección de errores en la transmisión de datos.

También en este grupo estaba el telégrafo de Betancourt. Tal como se ha dicho, este sistema podía tener tantas señales como divisiones del círculo descrito por la flecha se pudieran detectar. El sistema hacía la detección mediante la diferencia de fase, es decir, mantenía la posición anterior almacenada y registraba la diferencia con la señal que se recibía.

Betancourt insistió en la transmisión alfabética. Su proyecto propuso dos opciones: una, dividiendo la circunferencia en 24 partes (es decir, con separaciones de 15 grados) y otra, dividiéndola en 36 partes. La Academia francesa, en su prueba, utilizó la segunda opción, es decir con separaciones de 10 grados. Con ello se obtenían 36 posiciones, que se utilizaban de la forma siguiente: 22 para letras, 10 para cifras y 4 para señales de servi-

cio (estas cuatro eran las que coincidían con los ángulos cero y 180 -flecha vertical - y 90 y 270 - flecha horizontal).

Naturalmente podía confeccionar un diccionario y cifrar los mensajes si lo deseaba. La flecha era gobernada por medio de una rueda dentada, en la que se habían marcado las 36 divisiones de la circunferencia. Cada una de ellas estaba rotulada con la letra o signo que le correspondía. Si, además de estar rotulada para su identificación, se dotaba a cada diente de un signo tipográfico con la letra correspondiente, podría imprimirse el mensaje. Esta solución es la que utilizaron varios aparatos de telegrafía eléctrica durante muchos años. Por ejemplo es el que utilizaba el aparato Hughes de, aproximadamente, 1870 y, también, el teleimpresor Siemens 68 de 1970!

### ***Bibliografía para este Tema:***

“Tratado de Telegrafía”.- Antonino Suárez Saavedra.- Barcelona 1880.

“Les telegraphes”.- A. L. Ternant.- París 1884.

“Histoire de la telegraphie en France depuis ses origines jusqu’a nos jours”.- Louis Naud.- París 1890.

“Del semáforo al satélite”.- U.I.T.- Ginebra 1965.

“Communications magazine (IEEE)”.- Vol. 21, nº 1. 1983.

“Historia de la Telegrafía óptica en España”.- Sebastián Olivé.- Madrid 1990.

# TEMA Nº 2.- LLEGADA DE LA ELECTRICIDAD.

## ***I.- ENSAYOS DE "GABINETE".***

## ***II.-SALVÁ.***

## ***III.- EL TELÉGRAFO COOKE-WHEATSTONE.***

## ***IV.- OTROS TELÉGRAFOS DE LA PRIMERA ÉPOCA.***

## ***V.-MORSE.***

## ***VI.- CONSTITUCIÓN DE LA RED TELEGRÁFICA MUNDIAL.***

## ***VII.- DESARROLLO EN ESPAÑA.***

### ***I.- ENSAYOS DE "GABINETE".***

A finales del siglo XVIII era corriente que en reuniones de gentes *ilustradas* se hicieran experimentos con la electricidad. Se utilizaban máquinas para producir electricidad electrostática por frotamiento y se hacían cadenas humanas para comprobar como se transmitía la electricidad de unos a otros. Se cargaban botellas de Leyden y jugaba con su *descarga*.

Los juegos de gabinete podía tener algún parecido al envío de señales, pero ninguno de ellos puede, formalmente, tomarse como un antecedente del telégrafo eléctrico.

Dentro de esta etapa nebulosa aparece también el nombre de Agustín de Betancourt. Algunos libros, entre ellos el ya citado *Del semáforo al satélite*, dicen que Betancourt, en 1787, estableció una comunicación telegráfica eléctrica entre Madrid y Aranjuez utilizando botellas de Leyden. Pero, si tenemos en cuenta, por un lado, la dificultad de tender un conductor y mantenerlo aislado más de 40 Kilómetros, con los medios de 1787, (mucho más si los conductores tenían que ser 14, puesto que se dice que utilizaría el sistema que Lesage había experimentado en 1774 que necesitaba un hilo para cada letra) y, por otra, la posible confusión con el telégrafo óptico que si se estableció años después entre ambas ciudades, parece improbable que el experimento llegara a realizarse.

## II.- SALVÁ.

Francisco Salvá y Campillo era un médico de Barcelona, prototipo de hombre ilustrado, cuya curiosidad abarcaba, además de la medicina de la que era un estudioso practicante, todos los campos de la ciencia.

Sus escritos tratan de temas tan dispares como la navegación submarina, el envío de mensajes a cañonazos, el transporte utilizando vías férreas (antes de que apareciera cualquier ferrocarril), la electricidad y, finalmente, el telégrafo.

Elevó el primer globo aerostático en Barcelona. Se carteo con Luis María Urquijo, primer ministro de Carlos IV, sobre la navegación submarina, escribió "Nuevo método para dirigir avisos con prontitud" proponiendo el empleo de cañones que se dispararían en serie para transmitir rápidamente noticias. Escribió y presentó a la Academia de Ciencias de Barcelona "Canal en seco para transporte", haciendo una demostración en la huerta de la propia Academia.

En el campo de la telecomunicación es un auténtico pionero. Empezó interesándose por la electricidad, y de resultas de sus averiguaciones, en 1788 leyó en la Real Academia de Ciencias de Barcelona una "Memoria sobre la electricidad positiva y negativa", ampliando su contribución, en 1800, con "Disertación sobre el galvanismo". En esta última analiza las teorías de Galvani, Volta y Humboldt, que, en aquellas fechas teorizaban sobre la naturaleza de la electricidad.

En 1795 presentó a la misma Academia su memoria "La electricidad aplicada a la telegrafía" que serviría para que entrara, con toda justicia, en la Historia de la Tecnología. En ella propone establecer un enlace entre Barcelona y Mataró con 44 alambres y "que hubiese allá 22 hombres que tuviesen los cabos de ellos, y en Barcelona 22 botellas de Leyden cargadas de electricidad", de modo que cada hombre tendría asignada una letra. Así creía que podrían mandarse mensajes.

En 1796 hizo en Madrid una demostración de su telégrafo ante los reyes, demostración que, según la Gazeta, fue un éxito.

Siguió estudiando el tema, hizo experimentos en su jardín y dio cuenta de los resultados en dos memorias más. En 1800 presentó "Adición sobre la aplicación del galvanismo a la telegrafía" y en 1804 "*Memoria segunda sobre el galvanismo aplicado a la telegrafía*".

Sin entrar en detalles, a veces pintorescos, sobre sus experimentos, si conviene decir que describió y construyó los primeros cables con varios conductores - indicando varios sistemas de aislamiento -, describió los cables submarinos, utilizó las pilas de Volta, recién inventadas, incluso puso dos en serie para conseguir más potencia, intuyó la radio, percibió y trató de resolver los problemas de la transmisión: el rendimiento, buscando la manera de reducir el número de hilos - utilizando, para ello, la electrólisis, recién descubierta -, la atenuación, ideando cómo aumentar la potencia de las fuentes de energía y como aislar los conductores.

*Continuará...*