

EL TELÉGRAFO ELÉCTRICO

Un aspecto importante a considerar es el de que la telegrafía ya tenía carta de naturaleza y el desarrollo del telégrafo eléctrico, que tiene lugar durante todo ese largo período de vigencia del óptico, no es un invento sino el perfeccionamiento de un telégrafo. Esto es una constante en la evolución de la técnica; lo más lento y difícil es la iniciación de un nuevo sistema, su concepción, podríamos decir; pero, a partir de aquí, y si cumple con su finalidad de satisfacer una necesidad perentoria de la sociedad, su perfeccionamiento y extensión son muy rápidos al aprovechar todas las posibilidades de la tecnología. En este caso lo fue la aparición de la electricidad, cuya primera aplicación es a la telegrafía. Podría decirse que la electricidad se desarrolló como consecuencia de la necesidad de aplicarla a la telegrafía, cosa que volvió a ocurrir más tarde con la electrónica para aplicarla a la radio.

Todas las experiencias e inventos para conseguir el telégrafo eléctrico se suceden durante el cuarto de siglo que el telégrafo óptico se mantiene como único medio de comunicación a distancia, sin que sea sustituido por aquél. La razón de esta realidad es que el telégrafo óptico está satisfaciendo la necesidad de comunicación a distancia que existe en ese momento, por tanto, no es acuciante su sustitución y todos los intentos de telegrafía eléctrica tienen un carácter de experimento de laboratorio o de entretenimiento de salón.

En 1820, Oersted, profesor de física de la Universidad de Copenhague, publicó en latín, la descripción del fenómeno que había observado se producía en la aguja imantada por el paso de una corriente eléctrica, a través de un circuito próximo. En 1830 circula el primer ferrocarril público entre Liverpool y Manchester, a una velocidad de 45 Km. por hora. Su impacto en las comunicaciones es revolucionario; ha cambiado la situación que se mantenía desde la antigüedad: se ha superado el caballo y el carro y una persona puede desplazarse de un lugar a otro casi en el mismo tiempo que tarda un mensaje a través del telégrafo óptico.

Ahora sí que se acucia a la técnica a conseguir un telégrafo por el que se pueda avisar que se va a llegar en el tren y que permita regular el tráfico de éstos por una vía única, nueva necesidad que ha surgido. Y, efectivamente, esa acuciante exigencia lleva al Barón Schilling, que había presenciado en Munich los experimentos de telégrafo electroquímico de Soemmerring, a aplicar en 1832 el descubrimiento de Oersted para recibir las señales eléctricas del telégrafo. Es decir, el fenómeno electromagnético se aplica al telégrafo doce años después de su descubrimiento y dos años después de la inauguración del primer ferrocarril. No cabe duda que ha sido éste el que ha provocado hacer uso de aquél.

Un año después, Gauss y Weber construyen el primer telégrafo de aguja electromagnética en la Universidad de Göttingen. En 1836 Cooke construye varios telégrafos del sistema Schilling para la línea férrea Liverpool-Manchester, recurriendo a Wheatstone para resolver los múltiples problemas que se le presentan y, en 1837 obtienen la primera patente. Este mismo año, Morse consigue hacer efectivo su telégrafo, en el que llevaba pensando y trabajando desde que, en un viaje a Europa en 1832, tuvo conocimiento del fenómeno electromagnético.

El telégrafo eléctrico de aguja se instala en las líneas férreas europeas y el procedimiento de transportar la información por medio de la electricidad está basado en los del telégrafo óptico, a lo que coopera la similitud entre la aguja imantada y las piezas móviles de aquél. En Francia se construye uno en el que dos agujas sustituyen a los dos indicadores del de Chappe, inmediatamente, Breguet, construye un telégrafo con una aguja que reproduce el presentado por estos, en 1796, al Instituto de Francia y que ha seguido utilizándose en Telégrafos y sobre todo en los Ferrocarriles hasta muy entrado el siglo XX.

En lo que concierne a España parece que puede formar parte también de la historia de las telecomunicaciones los textos originales de la época con sus expresiones y enfoque de las cuestiones, por ello transcribimos el siguiente texto del libro de Suárez Saavedra "Tratado de Telegrafía". Barcelona 1884.

“El Gobierno de S. M., la entonces Reina de España Doña Isabel II, comprendió que 1852 –como antes lo habían entendido los gobernantes de otros pueblos- que la Telegrafía eléctrica había dejado su estado embrionario para constituirse en un servicio práctico de aplicación inmediata, comprendió asimismo que sólo se trataba de la transformación, mas no de la creación de la Telegrafía, y partiendo de ambas verdades se comisionó al Sr. Brigadier Mathé para que pasase al Estrangero a estudiar los adelantos de la Telegrafía y proponer para España el mejor sistema, se ordenó en 6 de Noviembre la creación de una Escuela de Telégrafos, y se dispuso, por Real Decreto de 27 de Noviembre –a propuesta del Ministro interino de fomento Sr. Beltrán de Lis- que se procediera desde luego a la construcción de la línea de Madrid a Irún por Zaragoza con un ramal desde esta capital hasta Barcelona, encargando del estudio y de la dirección de los trabajos al Sr. Mathé, quien había cumplido la misión que le fue encomendada, y de vuelta a España dirigió al Gobierno una memoria, fechada en 4 de octubre del mismo año, exponiendo sus estudios hechos en el Estrangero y su criterio acerca de la marcha que debía seguirse para la construcción de las líneas españolas.

El Director General, Sr. Mathé, dio cuenta en 11 de julio de 1853 de sus estudios sobre la línea en proyecto, proponiendo que además se construyera a la vez un ramal desde Bilbao a Alsasua. Aprobado el plan del Sr. Mathé, se dispuso la construcción inmediata por cuenta de la Administración.

El presupuesto de las obras de esta línea, con su ramal de Bilbao, fue de 458.377 pesetas, contando con el material de las Estaciones, calculándose una extensión de 585 kilómetros para la línea general y de 111 para el ramal citado, siguiendo siempre en lo posible el curso de las carreteras, con Estaciones en las capitales de Provincia y en los puntos principales intermedios más convenientes para la reparación de averías. Las obras se emprendieron desde luego y sin las formalidades de subasta, salvo para la adquisición de maderas, sin que produjeran efecto las dos celebradas al efecto simultánea y sucesivamente en Madrid, Guadalajara, Zaragoza y Pamplona en 21 de septiembre y 29 de octubre de 1853, por lo cual se autorizó al Director General de Telégrafos para contratar particularmente dicha madera, adquiriéndose de este modo los 1.297 postes de 8 metros y 10.823 de 6 metros que se necesitaban para la construcción: los aisladores fueron adquiridos en Pasages y el alambre y material de Estación se importó del Estrangero”.

Las pilas empleadas fueron de arena. Los postes usados en la línea carecían de inyección y eran de pino, plantados en la parte visible, carbonizados y embreados en la parte enterrada, colocándose la cruceta en los mismos. Los aisladores fueron de porcelana bastante mala comparándola con la que hoy se usa, el alambre de hierro galvanizado de 4 mm de diámetro.

Empezada la construcción por Madrid, las Estaciones fueron abriéndose al servicio a medida que aquella adelantaba, y así es que Guadalajara lo fue el 5 de Junio, Zaragoza el 11 de Agosto, Pamplona el 18 de Octubre, San Sebastián el 22 e Irún el 27 del mismo mes, todas estas fechas de 1854. Construido al mismo tiempo gran parte del ramal de Bilbao, el 19 de octubre de dicho año se hallaba ya en estado de servicio, pero no fue abierto al público hasta el primero de Marzo de 1855, organizado ya lo necesario al efecto. Posteriormente se montaron sobre esta misma línea otra varias Estaciones.

La extensión total resultó de 614 kilómetros para la línea general y de 99 kilómetros para el ramal, ascendiendo el coste total de la construcción de aquélla a 433.311 pesetas, incluida la habilitación completa de las estaciones, y el del ramal a 67.962 pesetas.

RECETOR FOY-BREGUET (Fig. 2)

Es posiblemente la pieza mas antigua de nuestra colección y de él, dice Suárez Saavedra: “Otros inventores han construido varios sistemas de telégrafos de agujas que han funcionado con éxito. Entre ellos, los señores Foy y Breguet han ideado un sistema de telégrafo de agujas que tiene por objeto reproducir los signos del telégrafo aéreo de Chappe y que ha funcionado desde 1845 en la línea de París a Rouen (145 km), dando al parecer excelentes resultados”.

Y continua Suárez Saavedra: “Mucho se ha censurado al gobierno francés por la adopción de este sistema pero yo tengo para mí que la censura no ha sido justa. Cuando al principio de la segunda mitad de este siglo se comenzó a instalar la Telegrafía eléctrica en la nación vecina, no existía un sistema universalmente adoptado, como ahora existe, sino que continuamente se ensayaban nuevos sistemas, eligiendo cada nacionalidad aquel que mejor le parecía, y la Francia, adoptando uno especial, en nada se singularizaba ciertamente: el aparato Morse, hoy perfeccionado, era entonces bastante defectuoso. Por otra parte, ¿qué cosa más lógica que combinar, a ser posible, el pasado con el presente, ligar la Telegrafía óptica con la eléctrica?. Mr. Foy, Administrador general de Telégrafos en aquella época, dio a Mr. Breguet datos para partir de esta base, y este distinguido constructor satisfizo plenamente los deseos del primero, resultando un aparato cuya rapidez no era inferior a la de los usados hasta entonces y cuyo alfabeto se componía de las mismas señales del Telégrafo óptico de Chappe...este sistema es solamente una variante del de Breguet usado en los ferrocarriles, y su establecimiento no pasó de las fronteras de Francia”.

En el mismo libro, Suárez Saavedra indica que en la primera línea de telégrafo eléctrico que funcionó en España, en 1853, se utilizaron los aparatos de modelo inglés Wheatstone, y también lo justifica, puesto que en otros países ya se utilizaba el Morse, cuando dice: “Y aquí debo hacer una salvedad en honor del difunto Sr. Mathé. Cuando los hechos históricos se ven a distancia de tiempo para lo mismo que cuando se ven los objetos materiales a distancia geométrica: que se domina mejor el conjunto, y de un solo golpe de vista se abarca todo y puede formarse la idea exacta de las circunstancias generales que presentan. Sin que sea yo de los panegiristas del Sr. Mathé, ni tampoco de sus adversarios sistemáticos, la lealtad de mi carácter me obliga a confesar que no son muy fundados los cargos que se han dirigido a la Administración española por no haber adoptado el sistema Morse que ya funcionaba en muchas naciones extranjeras. El Morse distaba mucho de ser lo que luego ha venido a ser: era entonces un pesado aparato de punzón para la impresión y de circuito local, necesitándose a pesar de éste muy buenas corrientes para funcionar, al paso que el Wheatstone tenía ya una historia brillante, funcionaba hacía tiempo en varias naciones especialmente en la Inglaterra, cuna de la Telegrafía práctica, y las más débiles corrientes bastaban para recibir con los signos de sus agujas. Yo recuerdo perfectamente que aun algunos años después, cuando en 1857 se colocó el Morse en la línea de Zaragoza a Madrid y Barcelona, y teníamos en la primera de estas capitales –donde me hallaba entonces- ambos sistemas, el Morse hacía un papel desventajoso en las varias competencias y pruebas de velocidad que se hicieron entre Wheatstonistas y Morsistas, aun empleando los primeros un solo circuito o aguja para que la comparación fuese exacta. El Wheatstone de agujas, en manos de nuestros jóvenes, telegrafistas, de nueva entrada tan hábiles como entusiastas, de los cuales no quiero nombrar ninguno porque para ser justo tendría que nombrarlos a todos, llegó a ser un admirable instrumento de Telegrafía. Si andando el tiempo el Morse lo ha sido también y presenta además la ventaja de la impresión. ¿podía adivinarlo el Sr. Mathé en 1854?”

El ejemplar de aparato con que comenzamos este Catálogo es precisamente un Foy y Breguet procedente de la Dirección General de Correos y Telégrafos, lo mismo que otro que se exhibe en el Museo Postal y Telegráfico de Madrid. No deja de ser extraño que existieran en la Administración de Telégrafos española al menos dos ejemplares de un modelo de aparato que no se utilizó en su red, y sin embargo no exista en este momento ningún ejemplar del Wheatstone que se empleó en la primera línea, entre Madrid e Irún en 1853. La procedencia de estos dos ejemplares no parece que sea de algún organismo ajeno a la Administración Telegráfica, ya que el otro posible usuario sería alguna compañía de ferrocarriles, y según el propio Suárez

Saavedra utilizaban el Breguet de cuadrante y alguno más rudimentario. Por otra parte, el sistema Foy y Breguet precisa de una línea con dos conductores, lo que complicaba y encarecía su aplicación. Es posible que estos dos ejemplares fueran traídos por Suárez Saavedra en su viaje por Europa para estudiar la implantación de la telegrafía eléctrica en España. Precisamente porque no se utilizaron se han conservado hasta 1980, fecha en que los encontramos, Los Wheatstone de los que según las Estadísticas Telegráficas de la época existieron diecinueve, se retiraron en cada una de las estaciones al ser sustituidos por los Morse en 1860 y se achatarraron o abandonaron. Todo lo cual supone una mayor valoración de la conservación de este ejemplar en nuestro museo.



Fig. 2

A. Guillermin, en la obra "El mundo físico" dice: "El receptor, que está formado de dos aparatos simétricos e independientes, cada uno de los cuales corresponde a una de las agujas indicadoras. Cada una de estas agujas, que son mitad negras y mitad blancas, puede tomar ocho posiciones alrededor de sus centros, dos horizontales, dos verticales y cuatro a 45° de cada una de las otras. El mecanismo del receptor tiene mucha analogía con el del telégrafo de cuadrante Breguet, que muy luego describiremos detalladamente. Dando vuelta al mango M del manipulador, que es también doble (Fig. 282) y haciéndole tomar una de las ocho posiciones que corresponden a las ocho muescas de una rueda fija, se hace girar otra rueda montada en el eje del manubrio y en cuyo plano hay trazada una garganta hueca y sinuosa. El muelle B toma entonces la posición que se ve en la figura, y la pieza 1 toca la pieza metálica v, o toma una posición más inmediata al centro, en cuyo caso 1 toca la pieza izquierda v'. Ambas piezas están aisladas por un pedazo de marfil de la parte metálica del manipulador, al cual van a parar los hilos de pila, de la línea y de receptor. Por consiguiente, tan pronto pasa la corriente como se interrumpe, lo cual produce en el receptor movimientos correspondientes de la aguja indicadora.

En el vocabulario alfabético adoptado en Francia para este telégrafo, la raya horizontal es común a todos estos signos y no requiere ninguna operación. Para marcar las ocho letras A,B,C,D,E,F,G,W, sólo hay que mover el manipulador de la izquierda y el de la derecha para las letras H,J,K,M,N,O. Los otros trece signos exigen el movimiento simultáneo de los dos manipuladores y de los dos aparatos".

RECETOR BREGUET (Fig 3)

En el sistema Breguet, el transmisor consta de un círculo en el que están grabadas las letras y cifras, y sobre el que gira una manivela con un índice para asegurar su posición sobre el signo deseado. Esta manivela es solidaria de una especie de rueda dentada, que en vez de dientes tiene “ondulaciones” con objeto de facilitar el movimiento de un vástago que acciona una “lengüeta” que abre y cierra el circuito de batería a línea, es decir, al pasar la manivela de una letra a otra produce un impulso de corriente.

El receptor consta igualmente de un círculo en el que están grabadas las letras y cifras y de una aguja que indica la correspondiente a la transmisión. Esta aguja se acciona por un aparato de relojería, cuyo escape se libera por la armadura de un electroimán cada vez que recibe un impulso de corriente. (Fig 4)

En la posición de reposo se sitúan ambos, transmisor y receptor, en una posición identificada por una cruz (+), anterior a la letra A; al desplazar la manivela hasta una letra, siempre en un sentido, se envían a la línea tantos impulsos como letras existen entre ella y la (+) y, por tanto, en el receptor se libera el escape este mismo número de veces, avanzando la aguja hasta la letra correspondiente. Evidentemente hay que dejar un cierto tiempo la aguja sobre la letra antes de pasar a otra y esto hacerlo en un mismo sentido.



Fig. 3

En 1850, Suárez Saavedra describe un telégrafo de su invención y hace el siguiente comentario: *“Indudablemente, los aparatos que marcan los caracteres ordinarios sobre una banda o un pedazo de papel serían los más idóneos para el servicio telegráfico de las vías férreas si la complicación del mecanismo y dificultad de las reparaciones no exigiera un personal especial dedicado al servicio de las mismas. Y como esto no es posible en la mayor parte de las estaciones férreas, ni lo es tampoco en los grandes establecimientos extranjeros donde ya existen telégrafos privados para el servicio de los mismos, ni tampoco lo será cuando en un porvenir no lejano una red telegráfica familiar cubra los tejados de las grandes poblaciones, de aquí que el Telégrafo de cuadrante, el más sencillo y propio para esta clase de comunicaciones, tenga importancia verdadera, porvenir indisputable”.*

Guillermin también lo describe: “Entre las puntas de estos tornillos oscila el brazo de palanca *T* que tan pronto se pone en contacto con uno como con otro. Supongamos el manipulador en reposo o su manubrio sobre la cruz. En este caso la corriente no pasa porque el circuito no está cerrado, sucediendo lo mismo siempre que la palanca ocupa la misma posición, es decir, cuando el manubrio para por una posición par, por las letras *B,D,F...* o las cifras *2,4,6...* Si, por el contrario, el manubrio en movimiento pasa por encima de una división impar o se detiene sobre ella, la corriente entra por la palanca *T* en la rueda móvil del manipulador. Réstanos demostrar cómo se la hace pasar a uno u otro de los hilos de línea, a derecho o izquierda de la estación. Entre hilos están empalmados en *L* y *L'*. Las dos lengüetas metálicas *L* y *L'* comunican constantemente con dos conmutadores *r* y *r'* que se pueden girar con un mango, y cuyos brazos se sitúan cuando se quiera sobre las lengüetas *Sm*, *S'm'*, o sobre los extremos de la tira metálica *CD*.

Si se quiere comunicar con la estación telegráfica de la izquierda, se pone el brazo del conmutador *r* sobre *m*, para comunicar con la derecha, se pone el brazo *r'* sobre *m'*. Las dos piezas *m* y *m'* están unidas con una tira metálica a la rueda móvil del manipulador, por consiguiente, si la corriente de la pila llega a ésta, pasa por *m*, el brazo *r*, el tornillo *L* y el hilo de la izquierda, por hipótesis. La corriente va a parar a la línea, llega al receptor de la estación, de allí al hilo de tierra de ésta, y vuelve, por la tierra misma, al polo negativo de la pila de la estación expedidora. Lo propio resulta en la línea de la derecha, si se ha puesto el brazo del conmutador del mismo lado sobre la lengüeta *m'*.

En resumen, si se imprime un movimiento de rotación al manubrio del manipulador de modo que se le haga dar una vuelta entera habrá trece pasos de la corriente. Supongamos que se quiera transmitir la palabra *PARIS*, es decir, las cinco letras *P,A,R,I,S*. El empleado hará girar el manubrio desde la cruz hasta la letra *P*, lo detendrá un momento en la muesca correspondiente, y luego acabará de dar la vuelta hasta el signo *+*. Detiene de nuevo el manubrio en *A*, vuelve otra vez a la cruz y enseguida pasa del mismo modo a las letras *R,I,S*. El número de emisiones e interrupciones de la corriente es de veintiséis a cada vuelta, pero hay un tiempo de parada correspondiente al momento en que el manubrio se detiene sobre la letra que se desea transmitir, emisiones, interrupciones y parada que se reproducen por el mismo orden en la estación de destino. Veamos ahora cómo se consigue esto, haciendo recorrer el cuadrante del aparato receptor de dicha estación por una aguja que reproduce exactamente los movimientos del manubrio”.

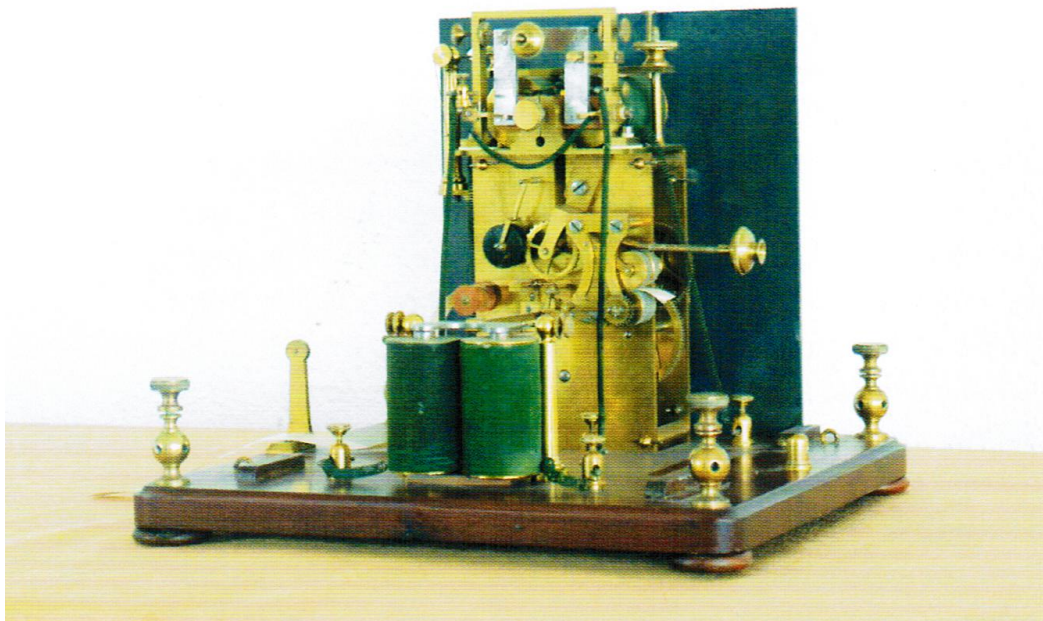


Fig. 4

SISTEMA MORSE

Una vez más surge la constante de compromiso entre los tres factores inicialmente considerados: el medio, la necesidad y la adecuación de la información. El telégrafo eléctrico se desarrolló con la intención de simplificar el manejo óptico, especialmente mejorando el medio para evitar la codificación y, efectivamente, se logra que los primeros sistemas de telegrafía eléctrica sean alfabéticos. Ahora bien, inmediatamente después de conseguirse lo que se pretendía, la necesidad desborda sus posibilidades. El gran volumen de tráfico de telegramas exige aumentar la velocidad de transmisión y disponer de más enlaces, por lo que estos deben precisar el menor número de conductores, alambres se decía entonces, a poder ser uno sólo con vuelta por tierra.

Esta es la gran aportación de Morse pero, paradójicamente, recurriendo a la codificación nuevamente. Ahora bien, su código puede ser parte del éxito, pero la gran ventaja del sistema Morse reside en la simplicidad de los elementos necesarios para transmitir y recibir como el manipulador y el acústico. Esto ha sido lo que le ha hecho pervivir aún hoy día, a pesar de que muy pocos años después de su adopción se desarrollaron sistemas telegráficos alfabéticos que le aventajaban en velocidad, como el Hugues y el de Baudot.

El concepto de velocidad de transmisión en un telegrama incluye el tiempo desde que lo deposita el expedidor hasta que lo recibe el destinatario y, en el caso del Morse, es necesario escribir el texto, inteligiblemente, en el extremo receptor y en cada una de las escalas o retransmisiones que haya que efectuar. Los sistemas Hugues y Baudot eliminaban esta servidumbre a costa de complicar el aparato transmisor y su manejo.

En cuanto a Morse, Suárez Saavedra dice: *“Morse que dio publicidad a su aparato de 1837 a 1838, asegura que lo inventó en octubre de 1832, a bordo del buque “Le Sully” que le conducía de Europa a América: cartas del capitán del buque y de algún pasajero, obtenidas por Morse en Septiembre de 1837, manifiestan que durante el viaje el profesor americano expuso a los mismos los principios de su aparato; pero Jackson, americano y pasajero también del mismo viaje del Sully, escribe en una carta dirigida a Baumont: “Siento ver en los papeles públicos que el profesor Samuel J.B. Morse se ha apropiado mi telégrafo electromagnético. Yo le expliqué este instrumento a bordo del paquebote Le Sally, cuando volvía a América en Octubre de 1832...”*

Suárez Saavedra comenta: *“Afortunadamente ha sido el americano Samuel Morse...No es él, que fue Steinheil, quien hizo posible la Telegrafía eléctrica por la impresión de signos convencionales; ni tampoco a él se debe, sino a Wheatstone, la primera idea de aplicar la potencia magnética de un electroimán a los usos de la Telegrafía, supuesto que Wheatstone la realizó en el timbre de uno de sus aparatos”.*

RECEPTORES MORSE (Fig. 5,6 y 7)

El sistema Morse, en su versión más simple, hace uso del sentido del oído para la recepción. No parece necesario describir el manipulador, suficientemente conocido y que no ha experimentado ninguna variación fundamental. En cuanto al receptor más simple, consistía en un electroimán cuya armadura había de vencer la tensión de un resorte, dispuesta de forma que produjera un sonido acústico, expresión con la que se denominaba a este aparato. Este sistema no permitía recibir a la velocidad que era posible transmitir; debido a ello el “acústico” sólo se empleaba para las llamadas a estaciones y para las observaciones de servicio, y para el tráfico se utilizaba un aparato en el que, mediante un sistema de relojería, se hacía progresar una cinta continua de papel por debajo de un pequeño disco, llamado “lenteja”, que giraba alrededor de un eje que era atraído por un electroimán, descendiendo sobre la cinta de papel en la que grababa el punto o la raya, mediante la tinta que le proporcionaba un pequeño tampón colocado en su parte superior.

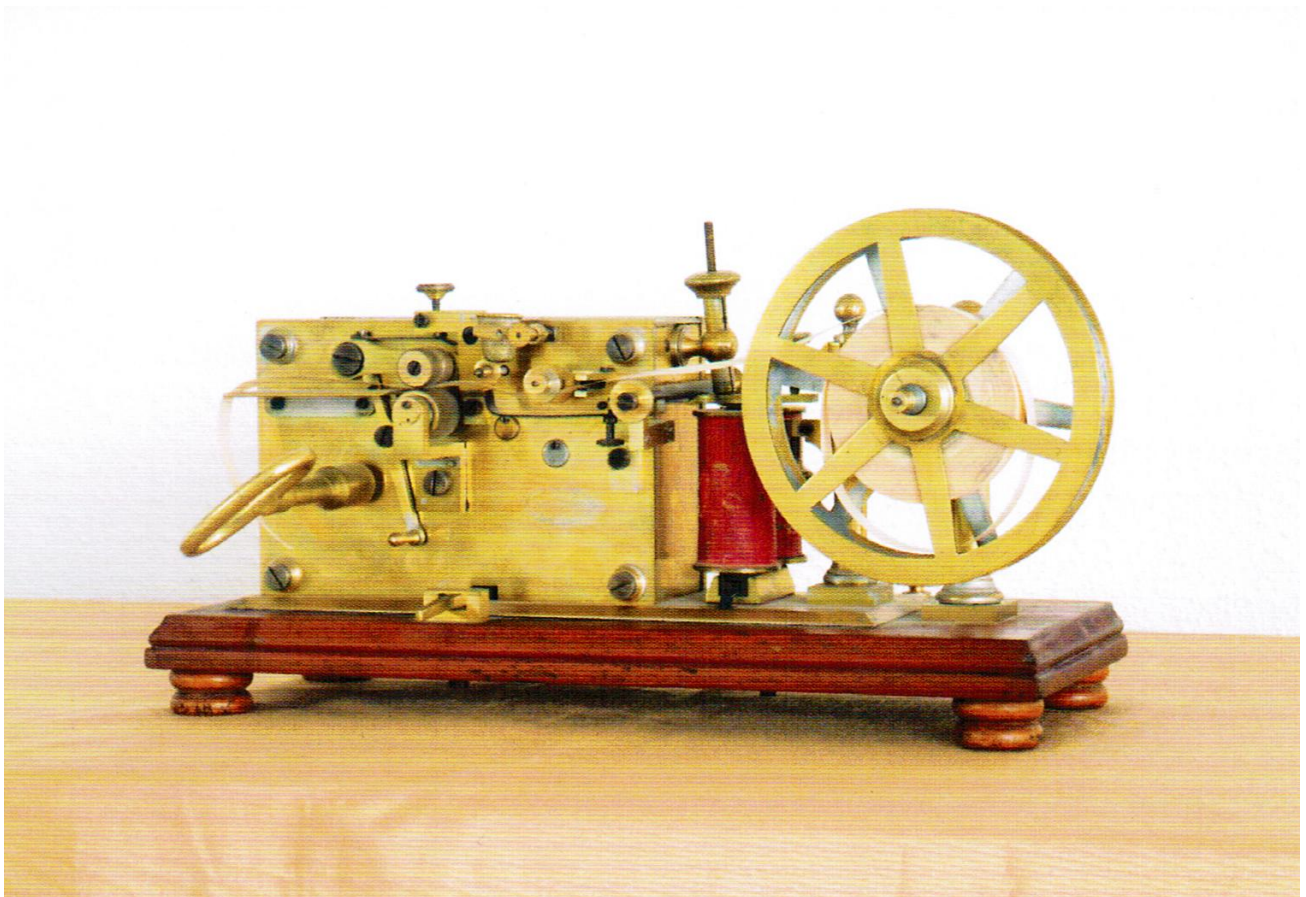


Fig. 5, Receptor Morse de fabricación alemana

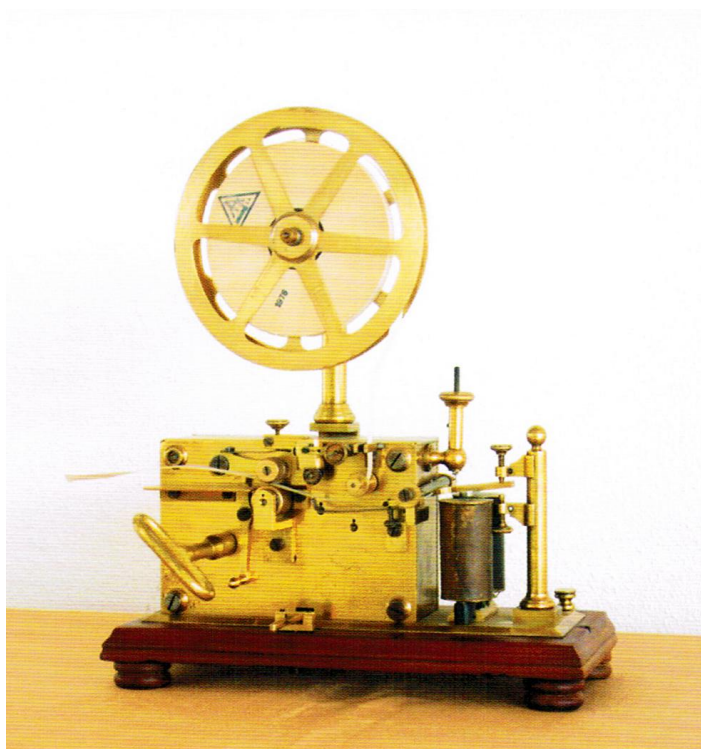


Fig. 6, Receptor Morse de fabricación francesa

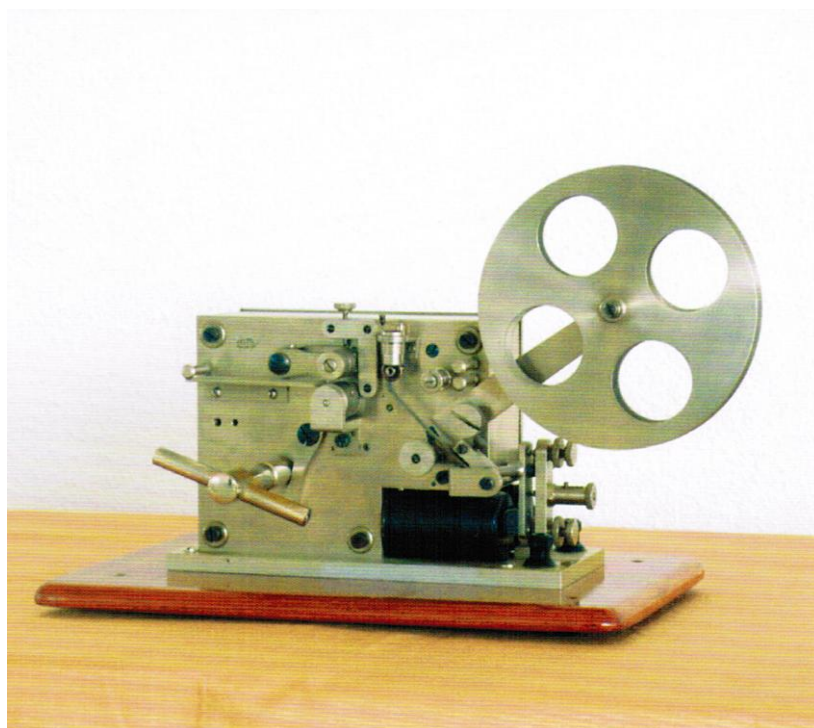


Fig. 7 Receptor Morse de fabricación española

TRASLACIONES

La longitud de las líneas influye en la señal transmitida, especialmente porque las pérdidas en los conductores disminuyen el valor de la tensión aplicada al receptor, que puede llegar a estar por debajo del umbral necesario para su actuación y también porque la mayor longitud aumentaría la constante de tiempo de la línea provocando que la curva de descarga se una a la de carga, con lo que se perderían las separaciones entre puntos y rayas, a menos de transmitir muy despacio para dar tiempo a la descarga total. Se consideraba que en líneas aéreas el límite tolerado era de 700 kilómetros y en cables subterráneos con conductores aislados con gutapercha de 150 kilómetros.

Para evitar este inconveniente se recurría a subdividir las líneas en secciones, mediante “Relevadores” o *relais* actuados por la corriente de llegada, que por medio de su armadura enviaban a la sección siguiente de la línea, la tensión procedente de una pila local del valor inicial (Fig. 8). El montaje se complicaba cuando se trataba de efectuar comunicaciones en los dos sentidos y en líneas largas.

Los Relevadores deben de ser rápidos y precisos y la solución que se adoptó para hacer compatibles ambas características fue la polarización mediante una corriente de reposo que sustituía el resorte antagonista de la armadura. También se consiguió mejorar las condiciones de transmisión logrando la descarga total de la línea después de cada actuación mediante Relevadores con núcleos de formas especiales. Este efecto de descarga mediante un retroceso instantáneo de la armadura se conocía con el nombre de “golpe de retroceso de la corriente”.

Un montaje de Traslación muy utilizado fue el de Arlincourt del que existe una ejemplar en la colección de nuestra Escuela. (Fig. 9)



Fig. 8

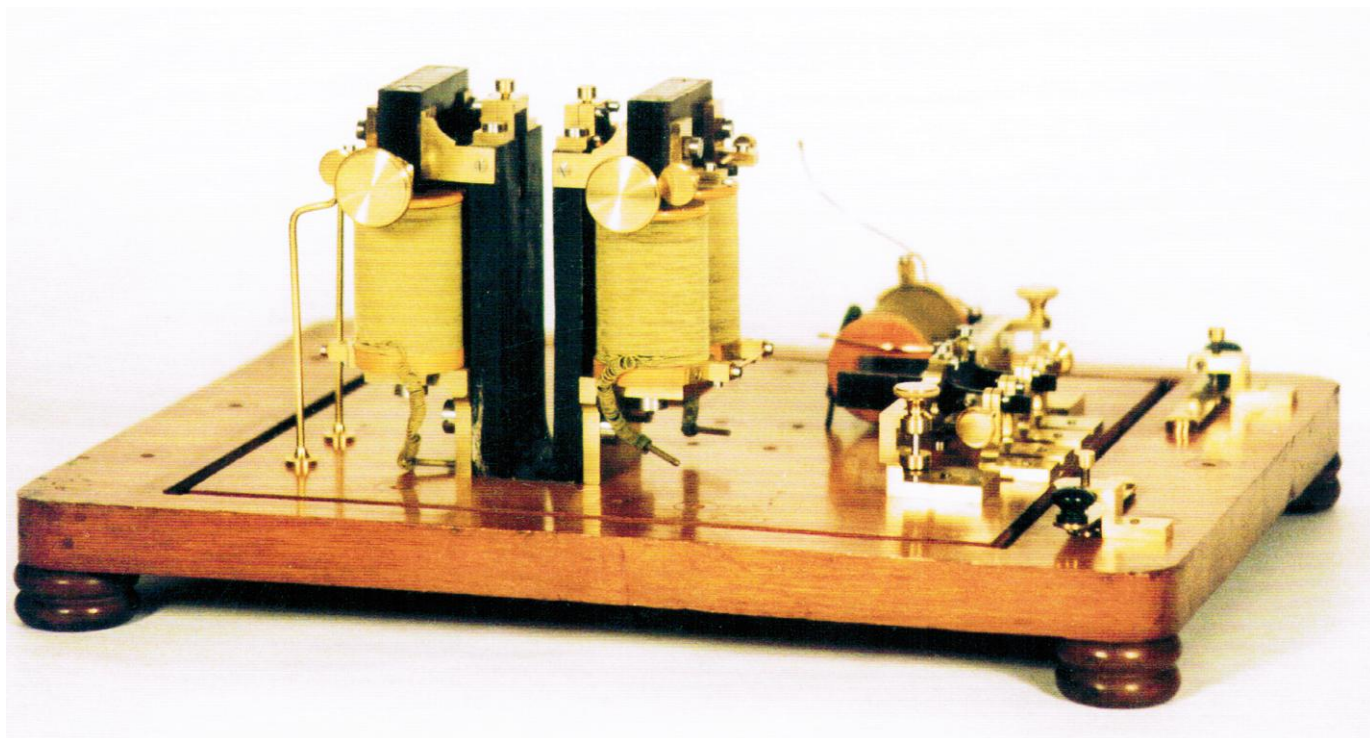


Fig. 9

SISTEMA AUTOMÁTICO WHEATSTONE

Con objeto de conseguir mayor velocidad de transmisión sobre la línea que la que es capaz de obtener un operador actuando directamente sobre el manipulador, desde los primeros momentos se adoptó un sistema que ha persistido hasta la llegada de los ordenadores. Se trataba de grabar los mensajes en código mediante perforaciones efectuadas en una cinta de papel y, posteriormente, actuar un transmisor automático mediante esta cinta. En este transmisor la cinta puede avanzar a una mayor velocidad de la conseguida manualmente y puede, por tanto ser alimentado por varios operadores. El primero de estos sistemas automáticos fue el Wheatstone, llamado rápido, que estaba constituido por el Perforador, el Transmisor y el Receptor.



Fig. 10

El Perforador que tiene por objeto efectuar unas perforaciones, correspondientes a los puntos y rayas del código Morse, en una cinta de papel. Consta de tres teclas que, mediante unos punzones, efectúan las perforaciones correspondientes, una a los puntos, otra a las rayas, y una central para el espacio en blanco y las perforaciones de arrastre. Evidentemente para efectuar la perforación y para conseguir el avance de la cinta se requiere un cierto esfuerzo, que no puede hacerse directamente con los dedos. En un principio se recurrió al empleo de unos pequeños mazos (Fig. 10) con los que el operador golpeaba sobre las teclas y, posteriormente, se hizo uso de aire comprimido para impulsar los punzones mediante unos émbolos. En este caso las teclas similares a las de un piano actuaban las válvulas que aplicaban el aire a los émbolos. En la colección de la Escuela se encuentran dos aparatos perforadores manuales, “perforadoras” era el término más utilizado, a los que se han incorporado dos pequeños martillos de fabricación actual.

El Transmisor del sistema Wheatstone rápido, un aparato de relojería, hace progresar la cinta a la velocidad adecuada a las condiciones de línea o cable. Su dispositivo eléctrico está colocado delante del aparato en una pequeña caja cuadrada cubierta con un cristal, y consiste en un inversor de corriente que se actúa mediante dos punzones que exploran las perforaciones de la cinta, y con un sistema compensador para igualar la acción de las corrientes de distinta duración, correspondientes al punto y a la raya, con el fin de aumentar la velocidad de transmisión.

El Receptor, es como un aparato Morse en cuanto al mecanismo de arrastre e impresión, pero en el que las señales eléctricas actúan sobre un sistema electromagnético Wheatstone. A velocidades de transmisión de 85 palabras por minuto, como la que se conseguía entre París y Marsella, sobre la cinta de recepción, el tamaño de las rayas era de 5 mm. y el de los puntos de 2,5 mm.

SISTEMA BAUDOT

El sistema más destacado fue el diseñado por un telegrafista francés, M. Baudot que combinó una máquina impresora con un sistema multiplexor, pero lo más importante es que utilizó un código de cinco unidades de igual longitud y, en 1877, fue adoptado por la administración francesa. En este sistema pueden diferenciarse tres aspectos: el código, los aparatos manipuladores e impresores y el multiplexor. El código utilizado es prácticamente el mismo de Murray, del telégrafo óptico inglés, reduciendo a cinco los seis elementos de aquél, ya que la adopción de dos combinaciones, una de cambio a cifras y otra de cambio de letras, permite dar dos significados a cada una de las combinaciones, por tanto, es suficiente con $32 = 2^5$. Este será también el código de teletipo.

El manipulador consta de cinco teclas sobre las que la presión de los dedos del operador construye la combinación correspondiente. En la colección de la Escuela existe uno de estos aparatos Fig. 11.

En el receptor una rueda de tipos es gobernada por la posición de las armaduras de cinco electroimanes. El elemento que, con terminología moderna, se llamaría multiplexor, cumple dos funciones: establece la secuencia de las polaridades (+) y (-), según que teclas están presionadas, y entrelaza las combinaciones de los cuatro aparatos. Consta de dos discos, uno en el extremo emisor y otro en el receptor, que giran sincronizadamente. Cada disco está dividido en cinco sectores, de los cuales cuatro más grandes corresponden a cada uno de los aparatos conectados a él, y el quinto más pequeño asegura el sincronismo.

Cada uno de los sectores tiene cinco coronas correspondientes a la teclas de cada manipulador y en el centro del disco gira un brazo, llamado distribuidor, con cinco escobillas que, en el extremo emisor, van recogiendo y enviando secuencial mente a la línea las polaridades correspondientes a cada tecla de cada uno de los cuatro manipuladores, en el emisor y en el extremo receptor van entregándolas a los electroimanes cuyas armaduras gobiernan las ruedas de tipos que imprimen las letras. Este procedimiento de multiplexión se adoptó en la década de 1.950, para los sistemas ARG MUX, primero con tecnología de relés y electrónica después y, posteriormente, con técnica digital ha tenido numerosas aplicaciones.



Fig. 11

LOS CABLES SUBMARINOS TELEGRÁFICOS

Según algún autor, Schilling colocó un alambre aislado bajo las aguas del Neva en uno de los ensayos que hizo en San Petersburgo, entre 1832 y 1833. El primer ensayo importante se hizo, en Indostán en 1839, por el inglés O'Shaugnessy, que unió las dos orillas de Hoogly, río afluente del Ganges, por medio de un conductor aislado y sumergido, formado por cobre forrado de "cautchuc". En 1840, Wheatstone presentó, en la Cámara de los Comunes, un proyecto para unir Gran Bretaña con el continente y también Morse, en 1842, efectuó un ensayo, mediante el tendido, a través del puerto de Nueva York, de un hilo de hierro aislado con algodón recubierto de asfalto y "cautchuc" y, en 1843 propuso el establecimiento de un cable entre Europa y América. Pero todos los intentos tropezaron con el inconveniente de que la tecnología de la época no permitía una cubierta que reuniera unas características adecuadas de aislamiento eléctrico y de consistencia mecánica.

En 1843 se había presentado en Londres el material conocido como gutta percha, que los nativos obtenían de ciertos árboles en Malaya y, en 1845, se creó la Gutta Percha Company que monopolizó durante algún tiempo la fabricación de cables submarinos con este material como aislante. El primer pedido se recibió en 1848 para un cable de dos millas de longitud que, conectado a la línea telegráfica del ferrocarril, permitió comunicar con Londres desde el barco que le iba tendiendo a partir del puerto de Folkestone. Como consecuencia del éxito, el 28 de agosto de 1850, se constituyó por primera vez la comunicación entre ambas orillas del Canal de la Mancha, si bien sólo duró unas pocas horas. Por fin, en octubre de 1851, y bajo la dirección de Wheasthorne y Stephenson, Francia e Inglaterra quedaron comunicadas permanentemente.

Tras los espectaculares resultados socioeconómicos obtenidos por las líneas terrestres del telégrafo eléctrico, la aspiración máxima de los telegrafistas era el tendido de un cable entre Europa y América. Las dificultades a las que se enfrentaban eran de varios tipos, desde una cubierta protectora suficientemente aislante y robusta, hasta la capacidad de las pilas voltaicas para conseguir comunicar a grandes distancias, pasando por las características de los barcos de la época. Los navíos eran poco adecuados no sólo para el transporte del volumen y peso que suponía el cable, sino para soportar la tracción mecánica de éste en el tendido. En el Museo de la Escuela se conserva una muestra de varios tipos de los cables utilizados en 1884 para la conexión entre la Península y las Islas Canarias. (Fig. 12 y 13)

En este caso, el medio de enlace ha estado totalmente condicionado por exigencias mecánicas; éstas han sido las que han determinado la sección del conductor y la diferencia de potencial, que entre él y la tierra, podía soportar la cubierta. Como consecuencia, el valor de la intensidad de corriente, que será la que transporte la información, resulta muy pequeño y sólo puede accionar dispositivos de recepción muy sensibles y delicados. Para el servicio de los cables submarinos se utilizaban dos polaridades de corriente, positiva y negativa, una representaba la raya y la otra el punto, tanto una como otra tenían la misma duración, con lo que se podía transmitir a más velocidad. También esto permitía mantener el cable en un estado eléctrico medio, poco variable, y atenuar los efectos de la carga y descarga. Con objeto de preservar los cables de las consecuencias de un aumento anormal de intensidad, no se les aplicaba directamente la corriente de la batería y se intercalaba en muchos casos un condensador entre el cable y el generador.

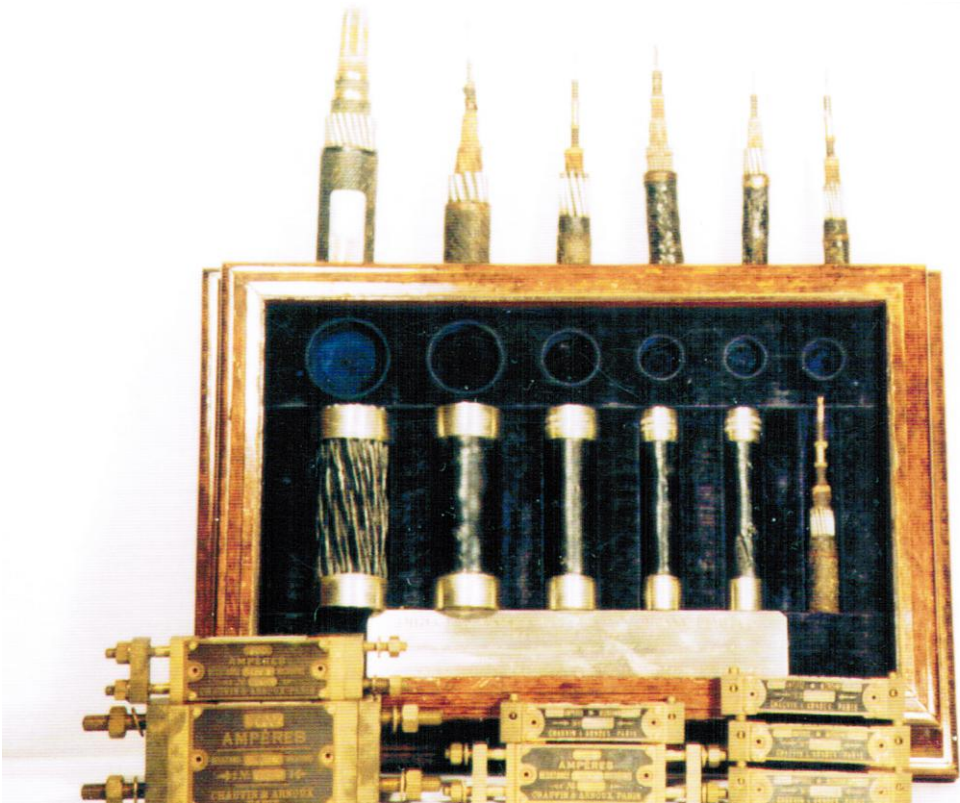


Fig. 12

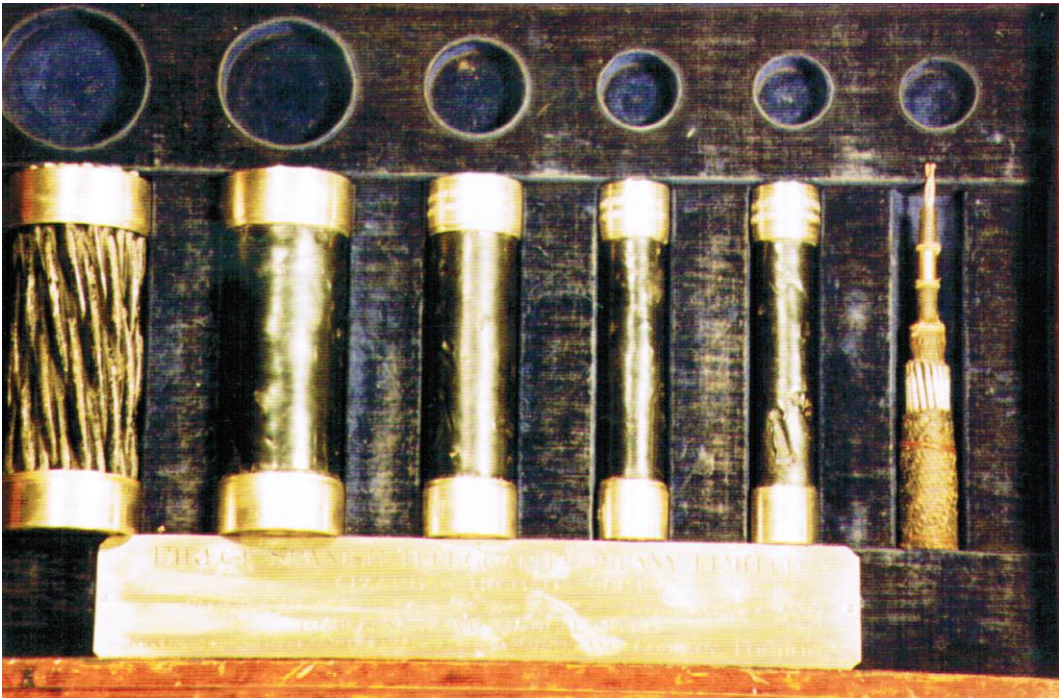


Fig. 13

El primer dispositivo de recepción fue el galvanómetro de espejo, en el que el sistema móvil estaba constituido por una aguja imantada con un pequeño espejo adosado, de no más de 50 miligramos de peso; la aguja estaba sometida al campo producido en una bobina por la corriente del cable, oponiéndose a la acción magnética terrestre. Dados los pequeños valores de corriente, el movimiento del conjunto aguja-espejo era prácticamente imperceptible por lo que se hacía incidir sobre el espejo un rayo de luz que se reflejaba sobre una pantalla a suficiente distancia para que el pequeño ángulo de giro produjera una separación horizontal apreciable.

En este sistema, podemos decir, que se recibía a “ojo” en vez de a “oído” como en la radio, pero igual que en este caso no quedaba registro de la información. Para conseguir esto se desarrolló el aparato sifón, en el que la función del espejo la realizaba un tubito capilar de 0,35 mm. de diámetro, montado sobre una laminita de aluminio, que tomaba la tinta de un pequeño depósito y la dejaba caer sobre la cinta de papel, por efecto sifón, de forma que el único rozamiento que se le ofrecía era el de la tinta del depósito. (Fig. 14)

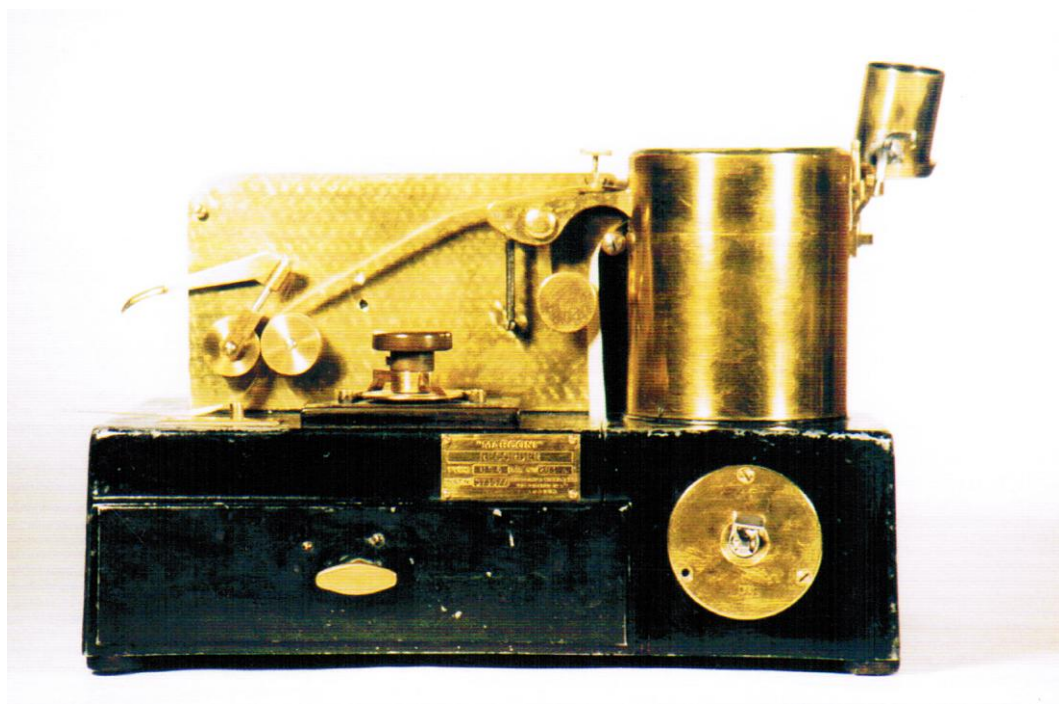
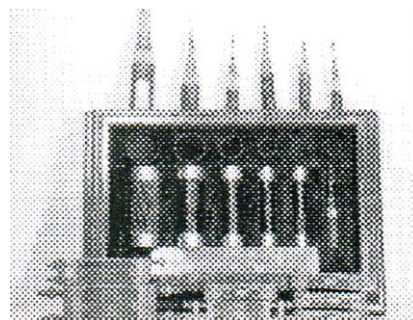


Fig. 14

Uno de los modelos más perfeccionados de sifones fue el Muirhead, especialmente adaptado para el trabajo automático. Tanto la perforadora como el transmisor automático, se diferenciaban poco de los empleados en el Wheasthone rápido. El sifón receptor se accionaba por motores eléctricos de velocidad regulable. Cuando los cables eran de mucha longitud, se intercalaba un relé para reforzar los débiles impulsos de la corriente de línea, en lugar de recibir la corriente directamente en el sifón.

Este relé consistía en un galvanómetro en el que la bobina de cuadro, accionaba un pequeño alambre de platino cuyo borde rozaba con un cilindro constituido por tres partes aisladas unas de otras. La del centro se denominaba zona neutral y las de los lados se unían a los polos positivo y negativo de una pila. En reposo el filamento rozaba con la zona neutral, pero tan pronto como la bobina oscilaba, el filamento rozaba con la parte derecha o izquierda y recibía corrientes locales que accionaban el sifón o cualquier otro aparato.

TELETIPOS

En algún libro de texto de telegrafía, de principios de los años veinte, existe un capítulo titulado “Aparatos teleinscriptores y telautógrafos”, que se definen como *“los aparatos, fundados en diversos principios, que tienen de común el modo de funcionar. Están formados por un transmisor, con un teclado análogo al de una máquina de escribir, que acciona a distancia un receptor impresor, donde se reciben los telegramas impresos en caracteres ordinarios, sobre una cinta de papel. Se les atribuye la ventaja de que su manipulación no necesita aprendizaje para un mecanógrafo y no es necesaria la presencia del operador en el aparato receptor”*.

En estos primeros e incipientes teletipos, la velocidad era muy baja, del orden de 100 a 125 letras por minuto; es decir, menos de 20 palabras, prácticamente la tercera parte que la de los aparatos telegráficos convencionales. En un principio se utilizaron en aquellas aplicaciones, que ya aparecían de comunicaciones telegráficas privadas, tales como entre casas comerciales de la misma localidad, las agencias de noticias, etc., donde no importaba el rendimiento del aparato.

En América se utilizaba el Teletipo Morkrum y en Europa el Teleinscriptor Siemens Et Halske. Este último se describía en los textos citados con referencias a los aparatos convencionales, tales como que *“es un aparato cuyo fundamento recuerda al del sistema Breguet, pero empleando corrientes alternativamente positivas y negativas; el manipulador está formado de un modo análogo al de una máquina de escribir, pero en el que las letras están en orden alfabético: cada letra mueve una palanca, cuyo extremo levanta un bástago, que se encuentra en una caja, análoga a la caja de lengüetas del aparato Hugues”*.

Este teleinscriptor se alimentaba a partir de una batería, con el punto medio a tierra, y 12 voltios en cada polo, con la que, además, se actúa un pequeño motor eléctrico, que acciona el aparato. Realmente el motor se emplea para remontar, por medio de un piñón que engrana con una rueda, un resorte encerrado en un cilindro solidario con la rueda. Un ánclora de escape, actuada por dos electroimanes que reciben las corrientes de línea, provoca la distensión de este resorte, que da lugar al giro de la rueda de tipos.

En los años anteriores a la II Guerra Mundial, se van implantando los Teletipos o Teleimpresores en las redes telegráficas. Las marcas Creed, Lorenz, Siemens, Teletype, etc., desarrollan modelos con impresión de cinta como la que utilizaban los aparatos Baudot y Hugues. La operación de recepción de los telegramas incluía el uso de un “gomero” o recipiente de bronce que contenía goma arábiga líquida, que se aplicaba a la cinta impresa por medio de una rueda giratoria. Una vez engomada la cinta se pegaba, cortándola manualmente, para formar los renglones del texto, sobre el modelo de telegrama, generalmente de color azul, que se plegaba y cerraba, quedando en la parte exterior el nombre y dirección del destinatario.



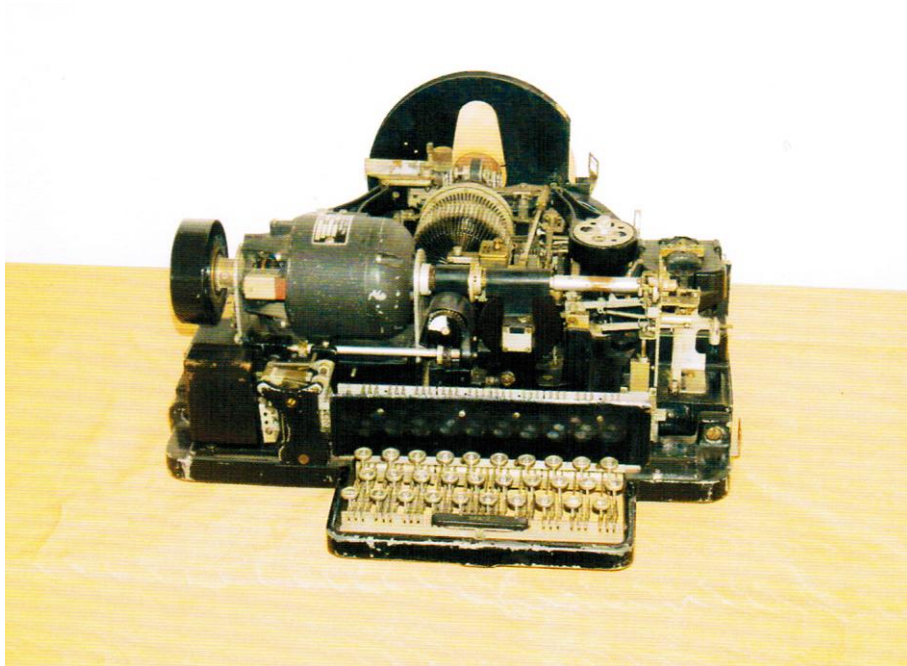


Fig. 15

La II Guerra Mundial, que se ha considerado alguna vez como la guerra de la radio, puede que también lo fuera del teletipo, si bien efectivamente aplicado a la radio, ya que en esos años se desarrollaban los sistemas de modulación FSK, que permiten transmisiones en Onda Corta muy fiables. Al terminar la guerra ocurre, una vez más, que se dispone de una tecnología y experiencia que será aprovechada para las comunicaciones civiles y comerciales. Además esta vez se dispone también de grandes cantidades de teletipos excedentes del ejército, que se comercializan a precios muy bajos y que dan lugar a una gran difusión del uso de estos aparatos de comunicación.

A esta difusión contribuyó, también, el hecho de que se lograra la impresión en formato de página en lugar de cinta. Para ello fue necesario normalizar un nuevo código que dispusiera de combinaciones atribuidas a las funciones de cambio de renglón y retroceso del carro. En un principio, se adoptó un carro como el de las máquinas de escribir, de la época, en sustitución de la cinta, lo que creaba ciertos inconvenientes, como el paso de la banda de papel continuo, desde el portarrollos fijo al carro en movimiento y, sobre todo, el desgarrar en el papel, que solía producirse al cortar una página mientras se imprimía la siguiente, caso habitual en las posiciones de recepción de circuitos de tráfico de telegramas. No tardó mucho en modificarse el procedimiento dejando fijo el rodillo de progresión de papel y haciendo que se desplace el carro de tipos, para escribir los renglones sobre el papel.

Durante la década de los cincuenta se produjo un espectacular incremento en las exigencias de comunicaciones, no sólo de telegramas, sino de circuitos permanentes para diversos usuarios, como las agencias de prensa, los servicios meteorológicos, etc. Y, por otra parte surgían nuevas modalidades como las de “broadcast” o difusión generalizada, también para noticias e informaciones especializadas. Esta situación fue la que anunciaba ya la necesidad de desarrollos tecnológicos que superasen las posibilidades existentes, como serían los cables coaxiales, las microondas y los satélites. Pero mientras tanto fue el teletipo a través de líneas y, sobre todo, de la radio en Onda Corta el que permitió satisfacer la mayoría de las necesidades.

El Museo de la Escuela dispone de varios de estos aparatos como un Creed modelo 7B (Fig. 15), de cinta; un Siemens modelo 68 (Fig. 16), denominado coloquialmente “pulga”, por su reducido tamaño, también de cinta; un teletipo Olivetti con una perforadora, un teletipo Teletype (Fig. 17), para posición de abonado Telex y un francés Sagen, de la última generación de teletipos, ya electrónicos.



Fig. 16



Fig. 17