

Hasta ahora no se ha adoptado la telegrafía neumática más que en los grandes centros de población, en ciudades como Londres, París, Berlín y Viena. Tan sólo se la usa para la distribución de despachos ó cartas en una red de corta extensión, entre estaciones distantes, por ejemplo, dos kilómetros. El motivo que impide valerse de este sistema de transporte á mayores distancias, como de una ciudad á otra, no consiste solamente en la escasez de tráfico postal, sino principalmente en las leyes de variación de los gases comprimidos en tubos, según su longitud y diámetro. Estando la velocidad en razón inversa de la raíz cuadrada de las longitudes de los tubos de igual sección, admitamos que las cajas circulen por un tubo de 1,000 metros con una velocidad de 20 metros por segundo, á la presión de una atmósfera; en un tubo de 10 kilómetros dicha velocidad no será más que de unos 6 metros, y en otro de 20 kilómetros no pasará de 4<sup>m</sup>,50.

Con objeto de remediar este inconveniente, los ingenieros franceses Crespín y La-pergue han ideado un sistema especial, que consiste en establecer *relevadores* en la línea de mayor longitud. En este sistema, además de la canalización por cuyo interior circularían las cajas de despachos, habría dos comunicaciones laterales secundarias con los depósitos de vacío y de presión destinados á alimentar los relevadores situados en el trayecto en sitios convenientes. Estos relevadores deberían distar 5 kilómetros uno de otro para producir el vacío en la línea, y tan sólo un kilómetro para producir la presión. Un mecanismo funcionaría automáticamente en cada relevador, al paso de cada caja, cerrando la sección recorrida, haciendo en ella el vacío, é introduciendo por el contrario aire en la sección en que la caja acabase de penetrar, y suministrando por último la presión necesaria para hacerla recorrer la sección siguiente.

## II

## RELOJES NEUMÁTICOS

La idea de distribuir con uniformidad la hora en todos los barrios de una ciudad no es nueva. Para ello debía apelarse, como en efecto se apeló desde luego, á la electricidad, á las corrientes que se propagan, interrumpen ó restablecen, por decirlo así, instantáneamente, por los diferentes puntos de una línea de hilos conductores. Los sistemas inventados con tal objeto son muchos. En el tomo del MUNDO FÍSICO que ha de tratar de la *Electricidad* describiremos los más importantes y las aplicaciones que de ellos se han hecho con buen resultado y en varias épocas en París, Lyon, Marsella, Bruselas, Gante, Leipzig, etc.

El sistema más sencillo de transmisión de la hora consiste en enlazar telegráficamente un reloj tipo, que marca el tiempo con toda la precisión posible, con las esferas de los relojes de barrio, y en transmitir mecánicamente el movimiento periódico del primero al mecanismo de los otros; entonces se da á estos últimos el nombre de *contadores electro-cronométricos*. Pero si, en vez de la electricidad y de la fuerza viva de las corrientes, se emplea otro motor, el aire comprimido por ejemplo, para distribuir la hora del reloj tipo, tendremos los *relojes neumáticos*.

Hace algunos años que funciona en Viena un sistema de esta última clase distribuyendo la hora entre la Bolsa, el palacio imperial, la administración de correos, la de telégrafos y las escuelas. En la sala de máquinas de la sección austro-húngara de la Exposición universal de 1878, estuvo expuesto un modelo de los aparatos de este siste-

ma, cuyos inventores son los ingenieros austriacos Popp y Resch. Ultimamente, á principios del año 1880, la *Sociedad de relojes neumáticos* ha instalado en París una red distribuidora de la hora en varios puntos de las plazas y bulevares, y también á domicilio.

La descripción de los relojes neumáticos admite la misma subdivisión que la de la estación atmosférica; primeramente tenemos el aire comprimido, luego los aparatos de la estación ó fábrica central, que en este caso son, además de las máquinas de compresión, el reloj normal ó director y el mecanismo de distribución, y por último, los relojes secundarios ó receptores y las cañerías que ponen en comunicación al primero con los segundos.

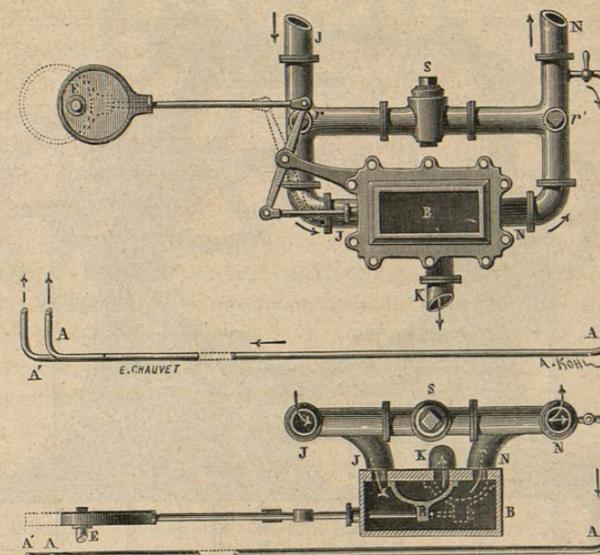


Fig. 228.—Distribuidor del aire comprimido para la transmisión de la hora

Describamos sucesivamente estas diferentes partes del sistema.

Una máquina de vapor pone en movimiento las bombas de aire ó de compresión; no creemos necesario describirlas, por cuanto son bombas de doble efecto, que comprimen y almacenan el aire en grandes cilindros ó depósitos llamados *depósitos de alta presión*, porque la presión es de muchas atmósferas, con objeto de irlo suministrando para el consumo necesario, aun cuando la presión adoptada para el envío del aire á la cañería no exceda de siete décimos de atmósfera. Desde estos primeros recipientes pasa el fluido á un *depósito distribuidor*. Allí, gracias á un aparato regulador especial, constituido por una columna de mercurio que á cada momento debe equilibrar la fuerza elástica del aire interior, las pérdidas de presión que proceden del consumo se reparan á cada minuto y por lo tanto la presión es siempre constante en el depósito distribuidor.

La máquina de vapor, las bombas de compresión, los depósitos de alta presión, el depósito distribuidor, toda esta parte del sistema está instalada en el taller central, cerca del reloj tipo ó distribuidor.

El movimiento de este reloj se compone de dos movimientos distintos: el primero, que no hay lugar á describir aquí, y que se ve en parte á la izquierda de la figura 229,

consiste en las ruedas comunes de los reguladores de péndulo; el segundo, enlazado con el primero, produce por intermedio de una excéntrica, y precisamente al principio de cada minuto señalado por la aguja de un pequeño cuadrante superior, un efecto de dislocación que hace que se abra la caja de distribución. En este momento, el aire comprimido llega del depósito distribuidor por el tubo J (fig. 228), pasa á la caja B y va á parar á las cañerías NN. Una parte del gas comprimido pasa al tubo AAA', de allí á los cilindros C (fig. 229), y levanta los émbolos de modo que comunica su movimiento,

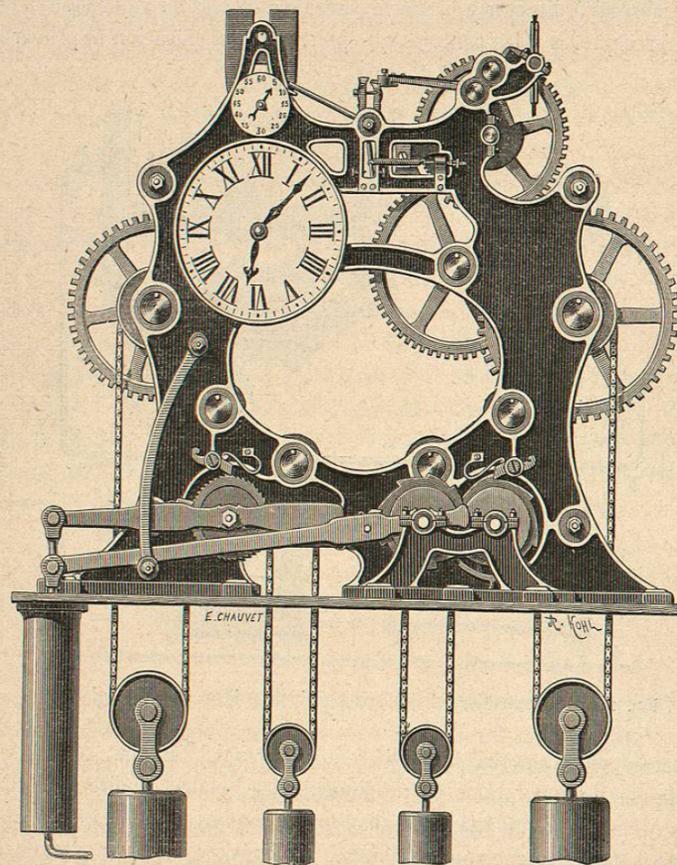


Fig. 229.—Distribución de la hora por medio del aire comprimido. Reloj tipo de la fábrica central

por un sistema de palancas y engranajes, á las pesas motoras del aparato de relojería; por consiguiente, éste se levanta automáticamente cada minuto.

Una de las tres aberturas de la caja de distribución, la de la izquierda, pone constantemente la caja B en comunicación con el aire de presión constante del depósito distribuidor; la de la derecha se pone al principio de cada minuto, y durante 15 ó 20 segundos, en comunicación con la misma caja, enviando el aire comprimido á la red (la caja de distribución ocupa entonces la posición R de la figura); pero toma en seguida la posición marcada con una línea de puntos, y en este caso la comunicación cesa, al paso que por la abertura del medio, en K, la red comunica con la atmósfera.

Así pues, cada minuto, ó hablando con más propiedad, al sexagésimo segundo de cada minuto marcado por el reloj tipo, pasa el aire comprimido á toda la red; al termi-

nar un número de segundos que depende de la longitud de esta red y que se determina prácticamente, el aire comprimido se escapa al aire libre, y en el mismo trayecto la presión atmosférica sustituye á la del depósito distribuidor.

Antes de separarnos del taller central, del reloj tipo y del mecanismo distribuidor, añadiremos que en la previsión de averías posibles y de ciertas reparaciones que pueden hacerse indispensables en los órganos de varios aparatos, éstos tienen siempre otros de repuesto, preparados para reemplazar á los que amenazan pararse. Por esto un motor de gas, que no necesita tiempo alguno para tener la suficiente presión, puede sustituir á todo momento á la máquina de vapor que hace funcionar las bombas de compresión.

Por lo que hace al aparato distribuidor, vese que lleva sobre él un conducto suplementario  $r S r'$ , merced al cual y á las llaves de dos y tres conductos  $r, S, r'$ , se puede abrir ó cerrar la comunicación con el depósito distribuidor por una parte, y con la red por otra. En caso de que faltara el reloj tipo y aun el reloj de reserva, el empleado, siempre presente, podría suplir la acción del reloj y de la caja de distribución, moviendo á cada minuto la llave S.

Así pues, todo parece previsto de suerte que el servicio no sufra interrupción alguna, salvo el caso de avería grave y de fuerza mayor, y todas estas condiciones son indispensables para el buen éxito de una empresa de semejante naturaleza.

Réstanos decir cómo actúa el aire comprimido en los relojes ó cuadrantes distribuidos en la red, ya en la vía pública, ó ya en las casas ó establecimientos particulares. En la figura 231, que representa la vista exterior de un reloj receptor de los bulevares, no se ve nada del mecanismo de dicha transmisión. Este mecanismo es muy sencillo, como se comprenderá examinando las figuras 230 y 232.

Del taller central parten tubos de hierro ó de plomo, de un diámetro que varía entre 27 y 30 milímetros, que irradian por debajo de tierra hacia todos los puntos que se han de servir, habiendo ramales enlazados con la línea general delante de un punto en que hay instalado un reloj receptor; un tubo de caucho conduce el fluido motor hasta este reloj, penetrando en él por el cilindro Y y por su base inferior en el interior del fuelle S. La llegada del aire comprimido dilata este fuelle y hace subir el vástago T. Al elevarse este vástago levanta la palanca L articulada en A, y por consiguiente el apéndice  $r$ , el cual hace que recorra una división la rueda dentada R, en cuyo eje está fijo el minuterio. Siendo 60 el número de dientes de dicha rueda, la saeta adelanta una división, es decir, un minuto. Por medio de otra rueda se comunica el movimiento al horario.

En la figura 232 se ve una pieza  $t$  situada sobre la palanca, un poco á la izquierda del vástago del fuelle, cuya pieza tiene por objeto impedir que el apéndice  $r$  deje girar á la rueda más de un diente en el caso en que la oleada de aire comprimido fuese demasiado fuerte. Otro apéndice  $r'$  impide que la rueda vuelva sobre sí misma cuando se ha efectuado el movimiento de avance.

El reloj normal está en comunicación eléctrica con el Observatorio; por lo tanto debe marchar con toda la precisión apetecible, y distribuir la hora con tanta exactitud como él la recibe. Pero ¿con qué precisión?

Para responder á esta pregunta, hay que observar ante todo que los relojes recep-

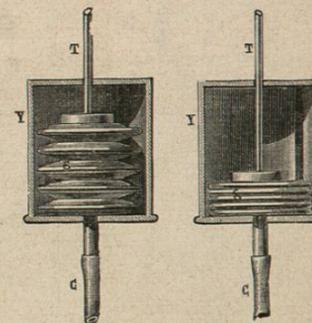


Fig. 230.—Acción del aire comprimido

tores no pueden marcar más que minutos, y no segundos y mucho menos fracciones de segundo. Si, valiéndose de un mecanismo más complicado, se intentara resolver el problema por lo que respecta á los segundos, es indudable que no se conseguiría: el gas comprimido no circularía con la regularidad necesaria por tubos de cierta longitud. Lo importante y lo que es suficiente en la práctica es que los relojes receptores estén arreglados al minuto con respecto á un reloj exacto, y que no adelanten ni atrasen.

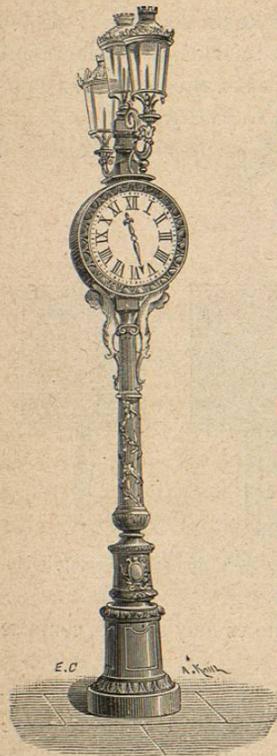


Fig. 231.—Vista exterior de un reloj receptor de los bulevares

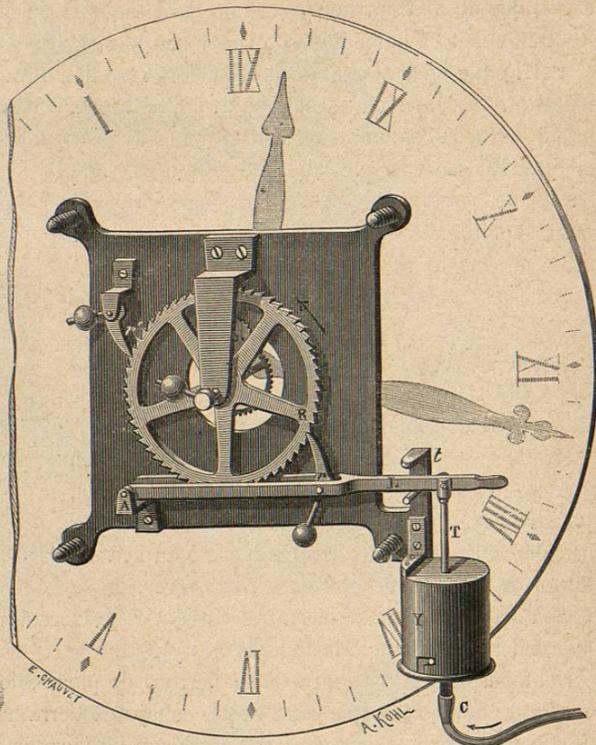


Fig. 232.—Mecanismo del reloj receptor

También se puede plantear de otro modo la cuestión de la precisión de los relojes neumáticos. Suponiendo que la canalización se extienda á 1, 2 ó 3 kilómetros alrededor del taller central, ¿todos los relojes receptores andarán simultáneamente? ¿Marcarán el mismo minuto? Seguramente que no. Si el aire comprimido circulara con una velocidad de 20 metros por segundo, necesitaría 50 segundos para transmitir su presión á 1 kilómetro, y 100, 150 segundos á 2 y 3 kilómetros. Así es que puede haber uno, dos ó tres minutos de diferencia entre las horas de diferentes cuadrantes y la del Observatorio.

Por consiguiente, los relojes neumáticos no podrán suplir la transmisión de la hora por la electricidad que en el interior de una ciudad la puede marcar con una exactitud de una pequeña fracción de segundo. Mas para los usos sociales no se requiere tan absoluta precisión. La regularidad, la constancia, la uniformidad de la hora con uno ó dos minutos de diferencia, y sobre todo la baratura que resulta de la sencillez de los aparatos, son las cualidades que dan verdadera importancia á esta nueva aplicación del aire comprimido.

## CAPITULO VII

### LOS GLOBOS.—LA NAVEGACIÓN AÉREA

#### I

#### APLICACIÓN DEL PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES Á LA ASCENSIÓN VERTICAL DE LOS CUERPOS EN LA ATMÓSFERA

Todo cuerpo sumergido en un fluido pierde una parte de su peso igual al del fluido desalojado. Este principio, cuyo descubrimiento se remonta á Arquímedes, como es sabido, se puede aplicar á los gases lo propio que á los líquidos, y he aquí por qué muchos cuerpos leves, como el humo, los vapores, las nubes, etc., se elevan y quedan suspendidos en el aire en vez de precipitarse á la superficie del suelo, como se precipitarían en un planeta que careciese de envoltura gaseosa ó atmósfera.

Para que tenga efecto esta ascensión, basta que la ligereza específica del cuerpo sea menor que la de la porción de aire en el cual está sumergido. El aire pesa  $1^{\text{kg}},29$  á la superficie del suelo á 0 grados de temperatura y con una presión de  $0^{\text{m}},79$ , es decir, que el peso de un metro cúbico de aire es entonces de  $1^{\text{kg}},29$ . En las mismas circunstancias físicas, un metro cúbico de gas hidrógeno tiene una densidad quince veces menor: sólo pesa  $0^{\text{kg}},09$ . Supongamos este volumen de gas encerrado en una envoltura impermeable;

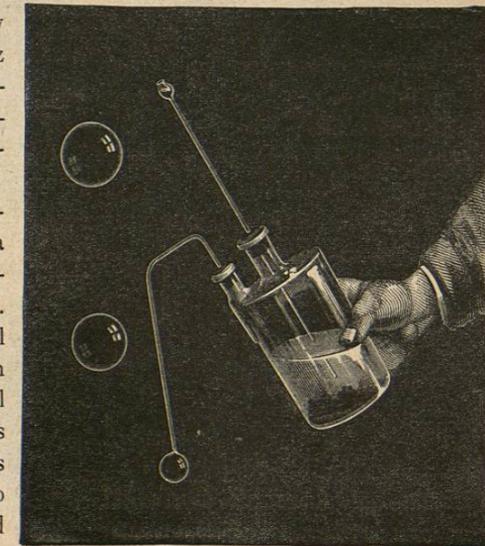


Fig. 233.—Ascensión de las burbujas de jabón henchidas de gas hidrógeno

la pérdida de peso que experimentará en el aire será  $1^{\text{kg}},29$ , y como el peso del gas no pasa de  $0^{\text{kg}},09$ , será levantado en sentido vertical con una fuerza igual á la diferencia de estos pesos, esto es, de  $1^{\text{kg}},19$ . Una parte de este empuje ó *fuerza ascensional* se empleará en equilibrar el peso de la envoltura sólida y el resto servirá para elevar el conjunto á cierta altura en la atmósfera. Como las capas de ésta tienen una densidad que disminuye con la altura, la fuerza ascensional irá disminuyendo progresivamente hasta que resulte nula. Al llegar á este punto, el globo cesará de elevarse, y si continúa moviéndose será por efecto de las corrientes aéreas que pueda haber en la región de la atmósfera á que ha llegado.

Esta es, en resumen, la teoría de la aerostación, comprendida y aplicada por primera vez con éxito, en 1783, por José Montgolfier. Verdad es que mucho tiempo antes la idea de elevarse y sostenerse en el aire había sugerido numerosos proyectos más ó