



El cable es clave

25 hitos de la humanidad en los que el cable ha sido decisivo

sumcab

Índice

Introducción: El cable, pieza clave para el progreso de la humanidad	05
1. Fricción y conducción: la conquista de la transmisión eléctrica	08
2. Impulsos eléctricos, cables, puntos y rayas: la invención del telégrafo y el código Morse	10
3. Novecientas leguas de cable submarino: la aventura del telégrafo transoceánico	12
4. Cables que hablan, caballos que no comen pepino y demandas judiciales: la invención del teléfono	14
5. Edison vs Westinghouse y Tesla: ¿continua o alterna? La guerra de las corrientes	16
6. Rayos invisibles que lo muestran todo y átomos llenos de energía: el descubrimiento de la radiactividad	18
7. La revolución del transporte urbano: el nacimiento del tranvía eléctrico	20
8. Catenarias y pantógrafos: la llegada de la electricidad al transporte ferroviario	22
9. El cable que transformó la actividad industrial: la producción en cadena	24
10. Revolución en la industria alimentaria: la refrigeración eléctrica	26
11. Big bands, música hawaiana y un cameo de Chuck Berry: el nacimiento de la guitarra eléctrica	28
12. Sputnik vs SCORE: el despegue de la carrera por la conquista del espacio	30
13. El cable que hizo posible el primer paseo espacial: la odisea de Alekséi Leónov a bordo de la Voskhod-2	32
14. Una red galáctica de ordenadores interconectados: el nacimiento de Internet	34
15. Medio siglo entre cables, tubos de vacío y microprocesadores: de los ordenadores electromecánicos al PC	36
16. Nacimiento y desarrollo de la energía fotovoltaica: del sol al hogar	38
17. El cable en la medicina: el primer trasplante de corazón	40
18. La exploración de Marte: el desafío total de la conquista del Planeta Rojo	42
19. Un cable de cuatro kilómetros para explorar el fondo marino: el descubrimiento del Titanic	44
20. El coche eléctrico, una historia de éxito prematuro en la evolución tecnológica	46
21. El nacimiento de Google, el proyecto universitario que ha conquistado el mundo	48
22. Medio siglo de telefonía móvil: la importancia del cable para hacer posible la comunicación inalámbrica	50
23. Centros de datos de IA: cables que sostienen el cerebro de las máquinas	52
24. Información y energía eléctrica submarinas: autopistas de cables que cruzan el fondo oceánico	54
25. Fascinación, inquietud y aplicaciones industriales: el origen de la robótica	56

sumcab

El presente dossier, titulado "El cable es clave. 25 hitos de la humanidad en los que el cable ha sido decisivo", es propiedad de SUMCAB SPECIALCABLE GROUP SL. Todos los textos incluidos en este documento han sido redactados por la Agencia Beat Content (www.agenciabeatcontent.com), por encargo de SUMCAB SPECIALCABLE GROUP SL., y las imágenes utilizadas provienen de bancos de imágenes libres de derechos.

El contenido de este documento está protegido por las leyes de propiedad intelectual. Queda estrictamente prohibida cualquier forma de copia, reproducción, distribución, comunicación pública, transformación o cualquier otro uso no autorizado de la totalidad o parte de los materiales contenidos en este dossier, sin el consentimiento expreso y por escrito de SUMCAB SPECIALCABLE GROUP SL.

El uso no autorizado de estos materiales puede constituir una infracción de los derechos de propiedad intelectual y dar lugar a responsabilidades legales.

Para más información o solicitudes de autorización, por favor, contacte con SUMCAB SPECIALCABLE GROUP SL.

www.sumcab.com

El cable, pieza clave para el progreso de la humanidad

¿Qué tienen en común la invención del teléfono, la irrupción del vehículo eléctrico o la conquista del espacio? Muy sencillo: ninguno de esos logros hubiera sido posible sin la mediación de un cable.

Coincidiendo con el 25 aniversario de SUMCAB – que celebramos en el curso 2024/2025 –, queríamos rendir homenaje a este elemento crucial en nuestras vidas. Y qué mejor manera de hacerlo que investigar y compartir una selección de 25 acontecimientos determinantes para el progreso de nuestra sociedad.

La palabra 'cable' proviene del latín *capulum* y significa 'cuerda'. El cable es ese vínculo que canaliza energías, establece nexos necesarios y posibilita, en definitiva, el funcionamiento de los grandes ingenios.

Este documento recopila algunos de esos logros: la red ARPAnet, que dio origen a Internet; el telégrafo transoceánico, que la reina Victoria inauguró solemnemente en 1858; la increíble exploración de Marte, y otros logros que nos hacen soñar con nuestra creatividad, como la mismísima guitarra eléctrica, sin la cual el último siglo hubiera sonado diferente. Por supuesto, no pretende ser una lista exhaustiva, sino una selección de acontecimientos históricos que nos fascinan o, simplemente, nos conmueven.

Hemos titulado esta selección con un juego de palabras: *'El cable es clave'*. Además de un divertimento, este título es también una reivindicación. No es casualidad que, en arquitectura, se llame 'clave' a la dovela central. Es la pieza que aporta equilibrio y estabilidad a toda una obra arquitectónica. Es una bonita metáfora que expresa gráficamente la importancia central del cable en cualquier proyecto, por complejo que sea.

En SUMCAB aportamos nuestro granito de arena al progreso impulsados por nuestro afán de mejora y espíritu disruptivo, las mismas motivaciones que han dado lugar a los grandes inventos de la humanidad desde el principio de los tiempos. En este contexto, el cable es una herramienta, y como tal debe estar al servicio de la inteligencia. Con este enfoque, empleamos el conocimiento, el *know how* y la visión estratégica para transformar el uso de los cables en soluciones eficientes e innovadoras. Como en cualquier otro aspecto de la vida, la elección de los recursos adecuados es clave. Pero, cuando se trata de conquistar nuevos hitos, seleccionar con precisión los medios necesarios es absolutamente crucial.

Espero que disfrutéis de estas 25 historias. Las hemos investigado y redactado con el mismo cariño y detalle con que afrontamos cada uno de nuestros proyectos.

Manu Romero
CEO de Sumcab

El cable es clave

25 hitos de la humanidad en los que el cable ha sido decisivo

01

Fricción y conducción: la conquista de la transmisión eléctrica

La humanidad lleva observando el fenómeno que conocemos como electricidad desde hace más de 2.500 años. Hacia el 600 antes de Cristo, Tales de Mileto fue el primero en documentar las cargas que se obtenían al frotar el ámbar con un trozo de piel o lana, capaces de atraer pequeños objetos e incluso de producir una chispa. El filósofo y matemático griego no pudo hallar el motivo, y pasaron más de dos milenios hasta que **William Gilbert acuñó el término electricidad (del griego elektrón, que significa ámbar)** para explicar las observaciones de su colega. Las investigaciones del científico y físico inglés marcaron las bases de la electrostática y el magnetismo.

Durante los siglos XVIII y XIX se sucedieron los descubrimientos relacionados con la electricidad que acabarían desembocando en sus aplicaciones prácticas. Fue otro científico inglés, Stephen Gray, el primero en transportarla a través de materiales conductores. Entre 1729 y 1736, realizó numerosos experimentos con los que consiguió electrificar objetos alejados hasta 270 metros entre sí. Mediante fricción, Gray cargaba con electricidad estática un tubo de vidrio y, al conectarlo a otro objeto con un alambre metálico, la carga se transmitía.



El científico comprobó que la transmisión no funcionaba con otros materiales, como la seda o la madera, ni si la línea hacía contacto con el suelo. Así, **descubrió dos propiedades fundamentales de la electricidad: que se puede conducir y aislar**, imprescindibles para desarrollar los cables que, un siglo después, harían realidad el «milagro» del telégrafo.

El físico holandés Pieter van Musschenbroek inventó en 1746 la conocida como botella de Leyden. Fue el primer condensador, un envase de vidrio que, al llenarlo de agua, almacenaba cargas eléctricas.

Estos descubrimientos ayudaron a Benjamin Franklin a realizar su famoso experimento de la cometa. Convencido de que las tormentas eran fenómenos eléctricos, se propuso demostrarlo volando una cometa de punta metálica. La ató a un hilo de seda con una llave en el extremo, mientras él la sujetaba con otro hilo. Cuando vio que las fibras de la seda se repelían entre sí, puso el nudillo junto a la llave y saltaron chispas. Con la electricidad ambiental, también cargó una botella de Leyden, y de ahí nació el pararrayos.

Estos pioneros de la ciencia habían descubierto cómo determinados materiales se podían cargar con electricidad estática y ser transmitida mediante conductores, pero para aprovechar todo el potencial de la energía eléctrica había que encontrar la forma de producirla y acumularla. Y esto es lo que consiguió el italiano Alessandro Volta, quien en 1800 inventó la pila voltaica. Consistía en una estructura de discos de plata y de zinc, colocados de forma alterna y separados por discos de cartón mojados en salmuera. Cuando los extremos superior e inferior de la pila se conectaban mediante un cable, producía un flujo de corriente eléctrica continua a voluntad.

En las décadas posteriores, hubo grandes avances en campos como la electroquímica, el electromagnetismo, la electrodinámica o la termoelectricidad, que aportaron los conocimientos necesarios para que, en 1833, el estadounidense Samuel Morse creara el telégrafo eléctrico, el que puede ser considerado primer invento práctico que aprovechaba la capacidad de transmisión de la energía eléctrica a grandes distancias mediante cables. Tres décadas después, el físico británico William Thomson (Lord Kelvin) inventó el cable flexible, un paso definitivo en la conquista de la electricidad.

02

Impulsos eléctricos, cables, puntos y rayas: la invención del telégrafo y el código Morse

Casi un siglo antes de que, con la invención del telégrafo eléctrico y el código que lo inmortalizó, Samuel Morse revolucionara el modo en que las personas se comunicaban, un grupo de doscientos monjes franceses protagonizaban la primera experiencia documentada del potencial de transmisión de mensajes mediante la electricidad. Ocurrió en 1746. El científico religioso Jean Antoine Nollet los situó en una circunferencia de una milla de longitud, conectados entre sí con alambres de hierro, a través de los cuales descargó una batería de botellas de Leyden. Todos recibieron el mismo mensaje de forma simultánea: una leve descarga eléctrica, con lo que el impulsor del experimento demostró el gran potencial transmisor del medio.

Durante las décadas siguientes, gracias a los avances en el campo de la electrostática, se desarrollaron algunos telégrafos, pero su uso no llegó a fructificar por lo aparatoso y poco práctico del sistema. Hasta que la pila de Volta no sustituyó a las botellas de Leyden, no se consiguió la fuente de electricidad de suministro continuo necesaria para que se produjera el salto definitivo en la experimentación.



En los años previos al invento de Morse, en Rusia y Alemania se desarrollaron, casi en paralelo, dos aventuras telegráficas que vale la pena reseñar. Por un lado, el científico y diplomático ruso Pavel Schilling creó en 1832 un telégrafo electromagnético que utilizaba como emisor un teclado y como receptor, galvanómetros de agujas suspendidas por hilos de seda. Schilling inventó un código que interpretaba las señales y puso en práctica el sistema de comunicación a distancia, que funcionaba con estaciones telegráficas unidas por un tendido de dos cables conductores. El zar Nicolás I compró el diseño, que llegó a funcionar incluso en transmisiones submarinas, aunque la muerte del inventor en 1837 llevó a la cancelación del proyecto.



Por otro lado, en Alemania, el matemático, astrónomo y físico Johann Carl Friedrich Gauss y el profesor Wilhelm Eduard Weber desarrollaron una teoría sobre el magnetismo terrestre que les permitió, en 1833, instalar una línea telegráfica aérea de 1.200 metros de longitud en la ciudad de Gotinga. Inventaron un alfabeto y lo codificaron en forma binaria para transmitir mensajes por impulsos de tensión positivos o negativos. Así, en 1835 se instaló la primera línea de telégrafo alemana junto al trazado del ferrocarril.

El empujón definitivo al telégrafo como el primer medio de comunicación a distancia y (casi) instantáneo lo propinó el pintor Samuel F. B. Morse. En 1832, en un viaje por Europa, conoció al científico Charles Thomas Jackson, quien lo puso al día de los descubrimientos sobre electricidad y magnetismo y de los experimentos realizados en los que se utilizaban cables de gran longitud con el objetivo de transmitir mensajes. Morse había perdido a su esposa tiempo antes sin poder despedirse de ella. La carta en la que le comunicaban su enfermedad tardó tanto en llegar al destino donde se encontraba que cuando regresó a casa ya había muerto.

Si el mensaje lo hubiera recibido por telégrafo, al menos la habría visto una última vez. Ese pensamiento pudo ser el que lo llevara a volcarse no solo en conseguir un telégrafo práctico, sino en desarrollar el código que permitiera, de una manera sencilla, descifrar los impulsos eléctricos que se recibían al otro lado del cable. En pocos meses de trabajo incansable, Morse creó su primer telégrafo, que patentó en 1837.

El gran avance que supuso respecto a los aparatos anteriores fue que permitía transmitir los pulsos eléctricos a través de un único cable. El receptor estaba equipado con un lápiz que, controlado electromagnéticamente, dibujaba trazos en una cinta de papel cuya longitud dependía de la duración del impulso eléctrico. Es decir, estos se traducían en puntos y rayas. Con la ayuda del ingeniero mecánico Alfred Vail, Morse creó el código que lleva su apellido, y lo fueron perfeccionando hasta que, el 24 de mayo de 1844, tuvo lugar la primera transmisión de un mensaje telegráfico, a 60 kilómetros de distancia, entre el Capitolio de Washington D.C. y el ferrocarril de B & O, ubicado en Baltimore: «*Wat hath God wrought?*» (¿Qué nos ha traído Dios?), decía, citando al *Antiguo Testamento*.

03

Novecientas leguas de cable submarino: la aventura del telégrafo transoceánico

«La reina está convencida de que el presidente compartirá con ella la ferviente esperanza de que el cable, que ahora ya conecta Gran Bretaña y Estados Unidos, constituirá un vínculo adicional entre las dos naciones, cuya amistad se basa en el interés común y en su recíproca estima». **El 16 de agosto de 1858, la Reina Victoria enviaba el primer telegrama transoceánico de la historia al presidente de los Estados Unidos**, James Buchanan, gracias a los casi 4.000 km de cable submarino instalados entre la bahía de Trinity, en Terranova, y la de Valentia Island, en Irlanda.

El mensaje tardó 17 horas y 40 minutos en llegar completo a su destinatario, dos minutos por letra. Una lentitud exasperante. Sin embargo, puesto en perspectiva histórica, fue todo un logro, teniendo en cuenta que, hasta entonces, la única forma de comunicarse entre orilla y orilla del Atlántico era por carta. Unos diez días de viaje en barco.

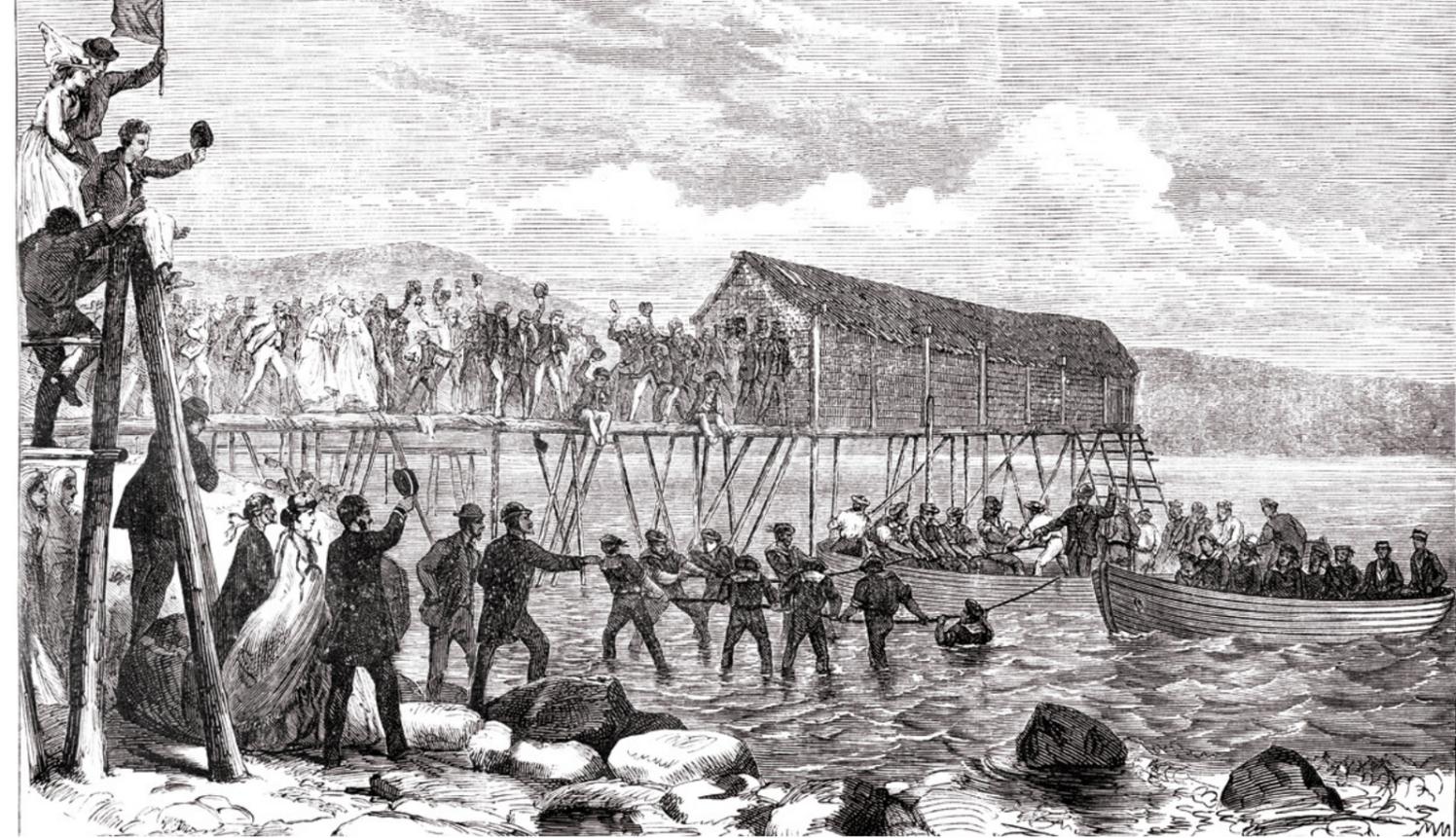
«Este es un triunfo más glorioso porque es mucho más útil para la humanidad de lo que un conquistador ha podido ganar en un campo de batalla. Que el cable transatlántico, bajo la bendición del cielo, demuestre ser un vínculo de paz y amistad perpetuas entre las naciones afines, y un instrumento destinado por la Divina Providencia para difundir la religión, la civilización, la libertad y la ley en todo el mundo».

La entusiasta respuesta de Buchanan fue el preludeo de las celebraciones que se vivieron en Nueva York. Ahora bien, a los impulsores del nuevo milagro de la ciencia tampoco les convencía la velocidad de transmisión, así que intentaron aumentarla aplicando voltajes más altos, lo que acabó deteriorando por completo los cables en unas pocas semanas.

Llegar hasta aquel momento fue toda una odisea. La telegrafía submarina llevaba ocho años de experimentos más o menos exitosos, que comenzaron en 1850 con la primera conexión entre Inglaterra y Francia a través del estrecho de Dover. En 1858 había una treintena de líneas sumergidas, la más larga de las cuales, de 574 km, se ubicaba en el lecho del Mar Negro.

El estadounidense Samuel Morse, inventor del código que revolucionaría los sistemas de comunicación, fue el primero en plantear la idea del telégrafo transatlántico. El empresario Cyrus West Field asumió el reto; fundó la Atlantic Telegraph Company y, con la implicación del gobierno británico, se puso manos a la obra.

El elemento principal del proyecto era, por supuesto, el cable. **Estaba compuesto por siete alambres de cobre, recubiertos con tres capas de gutapercha** —aislante de látex rígido natural que se obtiene de la savia



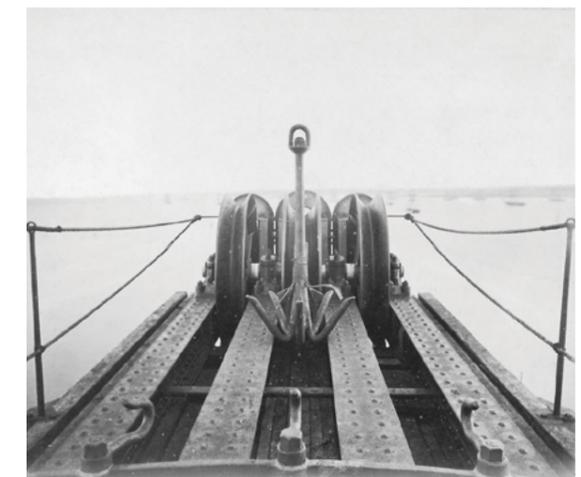
que producen los árboles del género *Palaquium*— **y blindado con una espiral de hilos de acero**. Se diseñó para que aguantara una inmersión de hasta seis millas de profundidad y para que, con un diámetro de solo 1,75 centímetros, fuera lo bastante flexible para maniobrar con él a lo largo de los miles de kilómetros que separaban las costas americana y europea.

El primer intento fue en agosto de 1857. El gobierno británico cedió a la Atlantic Telegraph Company dos barcos de guerra reconvertidos que, partiendo desde costas opuestas, irían desenrollando cable hasta encontrarse a medio camino. Al poco de comenzar, el cable se rompió a poco más de 3 km de profundidad y el proyecto se abandonó hasta el año siguiente. En junio de 1858, lo volvieron a intentar sin éxito; el cable se rompía una y otra vez.

En esta ocasión, a la tercera sí fue la vencida. Tras cientos de kilómetros de cable perdido en los intentos previos, el 17 de julio las tripulaciones partieron de nuevo y doce días después el empalme del cable se completó en el centro. Ya solo faltaba conectarlo a la red terrestre para hacer posible la comunicación del 16 de agosto entre los mandatarios estadounidense y británica.

El 20 de octubre, después de haber transmitido 732 telegramas transatlánticos, el cable dejó de funcionar.

Fue un drama de tal calibre que pasarían ocho años hasta el siguiente intento. Cyrus Field persistió en su aventura empresarial, que, en 1864 reunió el capital necesario para fabricar un cable mejorado, más resistente, cuyo peso casi doblaba al anterior, y equipar un barco con los medios adecuados para desplegarlo a lo largo del Atlántico.



El 28 de julio de 1866, un telegrama transoceánico anunciaba el tratado de paz entre Prusia y Austria, y lo hacía ochenta veces más rápido que en 1858, a una velocidad de ocho palabras por minuto. El ingenio humano acababa de romper una nueva frontera.

04

Cables que hablan, caballos que no comen pepino y demandas judiciales: la invención del teléfono

Durante décadas, se consideró que «Mr. Watson, venga aquí, quiero verlo» fue la primera frase pronunciada a través del teléfono. Salió de los labios del profesor escocés Alexander Graham Bell en marzo de 1876. La realidad, sin embargo, es que el físico alemán Johann Philipp Reis se le adelantó 15 años con una frase bastante menos convencional: «El caballo no come ensalada de pepino». También él fue el primero en utilizar el término teléfono para nombrar el aparato capaz de convertir sonidos en impulsos eléctricos que, a través de un cable de cobre, volvían a transformarse en sonidos al llegar al terminal receptor. Sin embargo, su invento fue calificado de auténtica locura, tan extravagante como aquella primera frase, y no prosperó.

De todas formas, ni Reis ni Bell fueron los inventores legítimos del teléfono, aunque el escocés, que lo patentó solo unos días antes de su primera demostración pública, ostentara el honor durante 143 años. En 2002, el Congreso de Estados Unidos reconoció el mérito al italiano afincado en Nueva York Antonio Meucci, quien logró la primera comunicación exitosa mediante lo que él llamó teletrófono nada menos que en 1854.

En 1835, el ingeniero mecánico e industrial florentino había emigrado a La Habana con su esposa Ester y trabajó en el Gran Teatro Tacón. Allí instaló un prototelfono de lata que comunicaba el escenario con los techos del edificio, y fue en Cuba donde se empezó a interesar por los avances relacionados con la electricidad. La pareja se mudó a Nueva York en 1850. La mujer, aquejada de artritis reumatoide, pasaba la mayor parte del tiempo en la cama mientras su marido trabajaba en la planta baja. Para comunicarse con ella, Meucci creó un aparato que, gracias a un hierro magnetizado, era capaz de transportar las ondas sonoras a través de un cable.

En 1860 hizo una demostración pública en la que su artilugio transmitió la voz de una cantante y, a partir de ahí, todo fueron obstáculos. La falta de recursos económicos le impidió registrar la patente de lo que se conoció como el «telégrafo parlante», y tuvo que conformarse con los trámites preliminares, que incluían la presentación de la documentación necesaria.

Tras una serie de maniobras sospechosas, y ante las dificultades para reunir el dinero que costaba la patente definitiva, Meucci reclamó la devolución de los

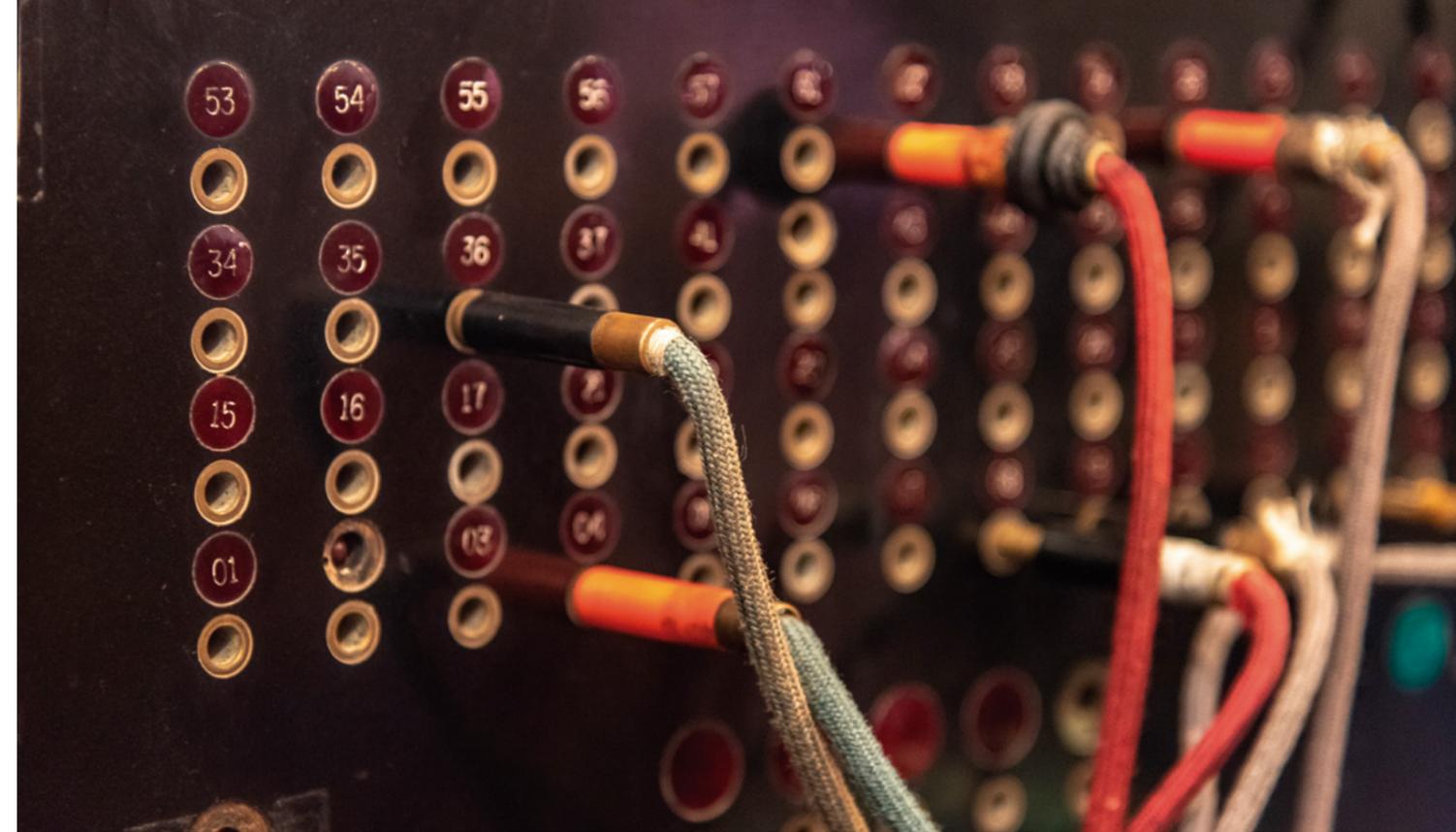
documentos que había presentado, pero, oh, sorpresa, se habían extraviado, y poco tiempo después Graham Bell patentó su teléfono. Cuando se enteró, el italiano inició una batalla legal contra un rival mucho más poderoso, que no dudó en sobornar a empleados de la Oficina de Patentes e incluso al abogado de su demandante. Los diversos procesos judiciales abiertos llegaron a fallar contra Bell, pero, recurso tras recurso, Meucci murió en 1889 sin que hubiera una sentencia definitiva.

Graham Bell y su Bell Telephone Company fueron asiduos visitantes de los tribunales: tuvieron que hacer frente a más de 600 demandas, no solo las de Meucci, sino también, por ejemplo, las del inventor Elisha Gray, quien registró en la Oficina de Patentes su versión del teléfono solo unas horas después que el escocés y lo acusó de plagio.

Plagios, sobornos y demandas aparte, la cuestión es que el teléfono de Bell demostró su utilidad, y diez años después de que su ayudante Watson (no confundir con el de Sherlock Holmes) acudiera a aquella primera llamada a través del cable telefónico, más de 150.000 hogares estadounidenses habían instalado el aparato que permitía mantener conversaciones a distancia.

¿Cómo funcionaba? El sistema no variaba mucho del utilizado en la telefonía fija moderna: emisor, cable transmisor de cobre y receptor. Los dos terminales contaban con un diafragma metálico flexible y un imán con forma de herradura en el interior de una bobina. Cuando las ondas sonoras chocaban con el diafragma, producían una vibración en el campo magnético del imán, que generaba una corriente eléctrica en la bobina. El cable metálico la transmitía hacia el aparato receptor, en el que la variación del campo magnético producía los movimientos del diafragma que reproducían el sonido original.

Posteriormente, se introdujeron otras innovaciones que mejoraron la calidad del sistema, como el cable de par trenzado (invención de Graham Bell), que anulaba las interferencias de fuentes externas y la diafonía de los cables adyacentes, y el micrófono de carbón (que inventó Emile Berliner).



05

Edison vs Westinghouse y Tesla: ¿continua o alterna? La guerra de las corrientes

A finales de la década de 1880, las calles de Nueva York eran una maraña de cables aéreos —eléctricos, telefónicos y telegráficos— en aumento y deterioro continuo. Ante la laxitud normativa, las compañías instaladoras no invertían demasiado en seguridad, de forma que el aislamiento de las líneas eléctricas ofrecía la misma protección que «un trapo cubierto de melaza», dijo un electricista de la época, un figurante en esta historia que se centra en la conocida como «guerra de las corrientes».

Vamos con los personajes principales. El primero, Thomas Alva Edison. En aquella época, el dentista Alfred Southwick dedicaba sus ratos libres a electrocutar perros callejeros con el objetivo de idear un método letal que sustituyera a la horca en las ejecuciones de los reos condenados a muerte. Para ello, pretendía equipar una silla de dentista con un mecanismo que aplicara a su ocupante la carga eléctrica necesaria para matarlo. El Estado de Nueva York fue el primero en interesarse y, **cuando le preguntaron a Edison cuál sería la mejor manera de ejecutar a los condenados, el famoso inventor de la bombilla incandescente respondió: «contratarlos como montadores de las compañías de iluminación eléctrica».**

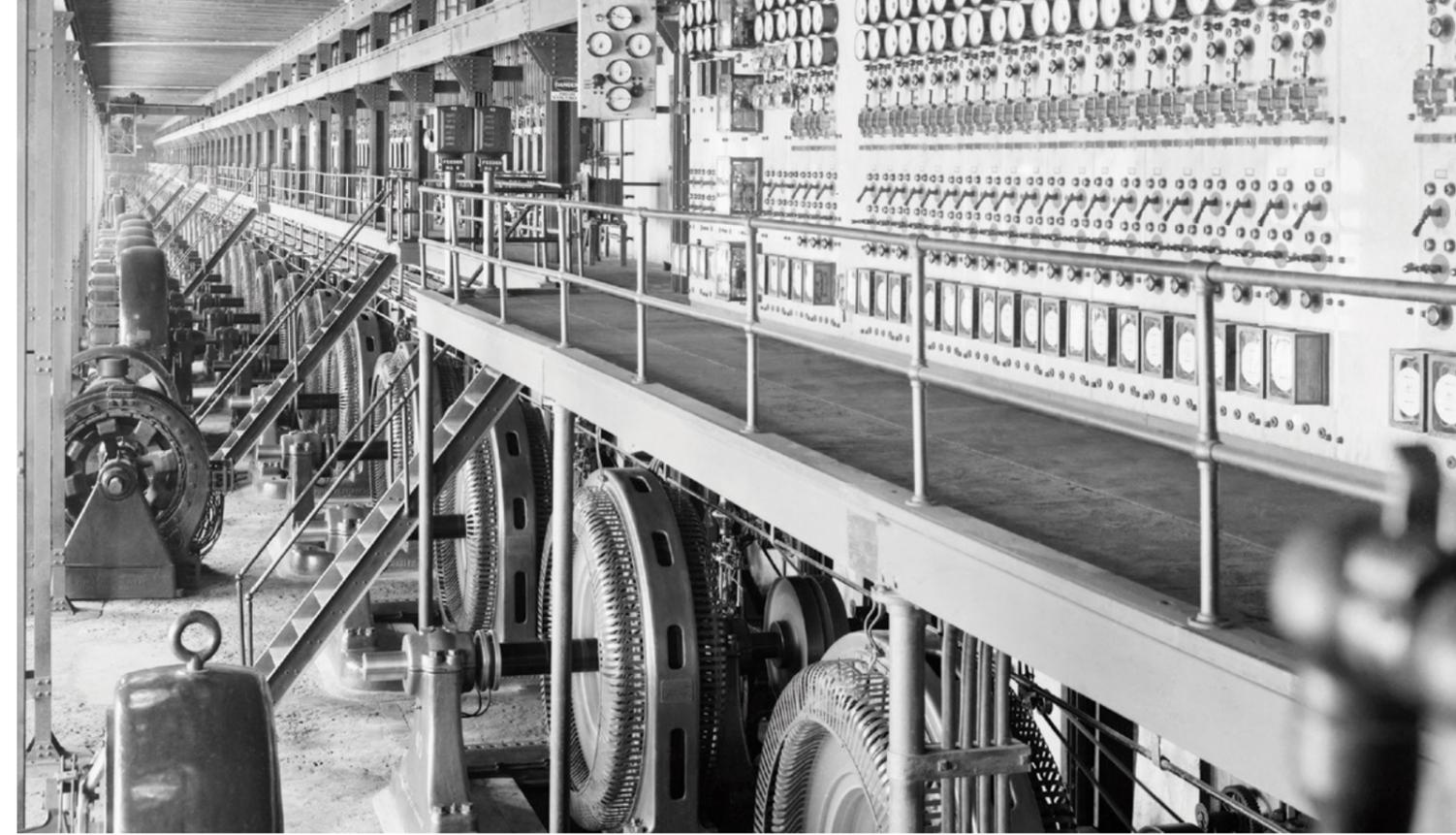
La cuestión es que una mañana de octubre de 1889, casi un año antes del primer uso de la silla eléctrica, un instalador de la Western Union, John Feeks, al agarrarse a uno de los numerosos cables aéreos de Manhattan

mientras trabajaba en el mantenimiento de lo que se suponía eran líneas de bajo voltaje de telégrafo, sufrió una descarga eléctrica que lo mantuvo chisporroteando y humeante durante casi una hora.

En la metrópolis ya había habido accidentes similares, pero no a la vista de miles de transeúntes. El pánico se apoderó de los neoyorquinos y la prensa no perdió la oportunidad de vender periódicos alimentándolo. **El dedo acusatorio se dirigió al sistema de distribución de la electricidad mediante corriente alterna (CA)**, justo el que comercializaba el gran rival de Edison y segundo protagonista de esta historia: George Westinghouse, quien tuvo que dedicar mucho tiempo y recursos a contrarrestar las campañas difamatorias que Edison, entre otros, se encargó de azuzar.

¿Por qué el «mago de Menlo Park» tenía tanto interés en atacar a Westinghouse? Manióbró, por ejemplo, para conseguir que la silla eléctrica utilizara la CA, y lo consiguió. Incluso llegó a proponer *Westinghousización* como término para definir la electrocución de los presos.

La de William Kemmler, el primer condenado a la silla eléctrica, en agosto de 1890, marcó el punto álgido de la guerra de las corrientes. De hecho, George Westinghouse financió su apelación para evitar un procedimiento que, según relató un reportero presente, fue «mucho peor que un ahorcamiento». Los técnicos calcularon mal el voltaje necesario



para matar al condenado y tuvieron que repetirlo. «Lo hubieran hecho mejor usando un hacha», resumió Westinghouse.

Hasta ahora hemos obviado un hecho muy significativo para comprender esta historia: Alva Edison y su compañía General Electric se las prometían muy felices cuando, en los primeros años de la década de 1880, su sistema de distribución de electricidad por corriente continua (CC) empezaba a proporcionar iluminación a las ciudades estadounidenses. **Edison fue el responsable de la primera central de producción eléctrica comercial de la historia**, que, inaugurada en 1882, cubría una superficie de 330 hectáreas en Manhattan.

El problema es que no resultaba un sistema eficiente para transportar la electricidad a grandes distancias y estaba limitado a voltajes bajos para que lo resistieran los filamentos de carbono de las lámparas incandescentes. El sistema funcionaba con el mismo nivel de voltaje en toda la red, desde la planta generadora hasta la bombilla, y requería pesados cables de cobre que sufrían grandes pérdidas de energía por disipación a medida que se alejaban de la fuente.

En 1886, la Westinghouse Electric entró en escena. Su ventaja competitiva, la que le permitiría recuperar rápidamente el terreno ganado por la General Electric de Edison, era el cerebro privilegiado del ingeniero e inventor serbio Nikola Tesla. Westinghouse, un neófito

en la ciencia eléctrica, tuvo el olfato y la audacia de apostar por la corriente alterna tras informarse sobre los avances que se llevaban a cabo en Europa. **Un equipo de científicos húngaros había desarrollado un transformador que permitía transmitir corriente de alto voltaje a grandes distancias**, minimizando así las pérdidas de calor, y, mediante un transformador reductor, el voltaje se adaptaba a las necesidades del uso en destino.

El empresario adquirió las patentes para Estados Unidos y, al fichar a Tesla —quien había salido rebotado de la compañía de Edison—, se benefició de sus investigaciones con los sistemas polifásicos, que hacían posible transmitir la corriente alterna a larga distancia de forma segura. Westinghouse le compró la patente del motor asíncrono o de inducción, elemento clave para construir un sistema de CA totalmente integrado.

Ni siquiera un genio como Edison podía vencer la guerra valiéndose de la ciencia. Pronto se dio cuenta de que el futuro de la electricidad comercial pasaba por la corriente alterna, de modo que se agarró a la alarma social como única forma de retrasar lo inevitable. Sin embargo, la adjudicación a Westinghouse Electric del contrato para electrificar la Feria Mundial de Chicago en 1893 y el de construcción de la planta hidroeléctrica en la Cataratas del Niágara certificaron su derrota en la guerra de las corrientes. Pocos años después, Edison abandonó el negocio de la electricidad.

06

Rayos invisibles que lo muestran todo y átomos llenos de energía: el descubrimiento de la radiactividad

Las modernas máquinas de rayos X, imprescindibles para el diagnóstico de múltiples problemas de salud, necesitan cables de alta tensión para funcionar. Las centrales nucleares suministran a la red de distribución electricidad que producen a partir de la fisión nuclear. Para ello, requieren cables flexibles de alta seguridad, resistentes al fuego y a la radiación.

Se trata de tecnologías fundamentales en nuestro día a día, tan consolidadas que no reparamos en los largos años que los pioneros en la investigación de la radiactividad dedicaron a descubrir y dar explicación a sus propiedades.

«Hay pocas personas a las que les guste sentarse durante dos horas para hacerse una foto que solo muestre sus huesos y los anillos de los dedos», concluía el artículo que la revista *The Electrician* publicaba el 10 de enero de 1896 para informar sobre el descubrimiento de los rayos X por parte del científico alemán Wilhem Conrad Röntgen.

Los llamó así porque su naturaleza resultaba una incógnita. El 8 de noviembre de 1895, mientras experimentaba con los rayos catódicos —como numerosos científicos de la época— en su laboratorio de la Universidad de Würzburg, observó que un material situado

fuera del tubo de vacío donde realizaba el experimento producía una fluorescencia, incluso sin haber una fuente de luz cercana. Cubrió el recipiente de vidrio donde realizaba las descargas eléctricas y dejó la habitación a oscuras y, sin embargo, la fluorescencia permanecía. De ello dedujo que existía un tipo de rayos capaz de atravesar materiales opacos, y dedicó las semanas siguientes a investigarlos. «Si la gente supiera en lo que estoy trabajando, pensaría que me he vuelto loco», le dijo a su esposa, Anna Bertha Ludwig, cuya mano protagonizó la primera radiografía de la historia.

Como en todos los avances relacionados con la electricidad, el cable, desde su posición modesta, jugó un papel fundamental en aquellos experimentos que abrieron la puerta al descubrimiento de la radiactividad. Röntgen necesitaba un generador de energía, y utilizó una bobina de Ruhmkorff, que proporciona tensiones muy elevadas a partir de una fuente de corriente continua. El aparato está compuesto por dos bobinados. El primario lo forman unas decenas de vueltas de hilo de cobre de un milímetro de diámetro, mientras que el secundario comprende una cantidad mucho mayor de vueltas de un hilo muy fino. Ambos bobinados se enrollan en torno a un núcleo magnético de hilos de hierro dulce reunidos en haces.



«Cuando se deja pasar la descarga eléctrica a través de un tubo de vacío, cubierto con una camisa ceñida de cartón negro y fino, y en la habitación totalmente a oscuras se deja una placa de papel previamente recubierta de una capa de cianuro de bario y platino, esta se ilumina cada vez que se produce una descarga», relató ante la Sociedad de Física y Medicina de Würzburg.

Poco después, el profesor envió la radiografía de un brazo fracturado a la revista *British Medical Journal*, que la publicó en febrero de 1896. El hito tuvo repercusión en todo el mundo, fue decisivo para que, en 1901, Röntgen ganara el primer Premio Nobel de Física y marcó el inicio de las aplicaciones médicas de los rayos X. Casi dos décadas después, Marie Curie creó las unidades móviles de radiografía con las que, junto a su hija Irène, apoyaba a los cirujanos que atendían a los soldados franceses heridos en la Primera Guerra Mundial.

La genial científica polaca fue la primera en utilizar el término radiactividad, en 1898, aunque fue el físico francés Antoine Henri Becquerel el primero en demostrar esa propiedad característica de algunas sustancias. Alentado por el descubrimiento de los rayos X, empezó a experimentar con diferentes materiales fosforescentes, pues sospechaba que la extraña luz provenía de la capacidad de absorber y almacenar energía para emitirla en forma de radiación.

Maria Salomea Skłodowska, con la ayuda de su marido, el físico Pierre Curie, tomó como referencia las investigaciones de Becquerel con el uranio para descubrir nuevos elementos radiactivos. En sus experimentos, medía las corrientes eléctricas generadas en el aire ionizado que producían las radiaciones de las diferentes sustancias, y lanzó la hipótesis de que la radiación no era producto de la interacción entre las moléculas sino que surgía de los átomos de forma natural.

Tras comprobar la teoría con el uranio, el matrimonio siguió trabajando con otros minerales. En julio de 1898, descubrieron el polonio y, en diciembre del mismo año, el radio, que dio nombre a la radiactividad. Aunque hubo muchas reticencias por el hecho de ser mujer, la Real Academia de las Ciencias de Suecia concedió el Nobel de Física en 1903 a Marie Curie, junto a su marido y a Henri Becquerel.

Marie Curie murió en 1934 a causa de la leucemia que le provocó la exposición prolongada a la radiactividad. Aquel mismo año, Irène Curie y su marido, Frédéric Joliot, descubrieron la radiactividad artificial o inducida gracias a sus investigaciones en el campo de la física nuclear. En 1935, el matrimonio obtuvo el Premio Nobel de Química.

07

La revolución del transporte urbano: el nacimiento del tranvía eléctrico

«Nuestro ferrocarril eléctrico es un espectáculo. Está funcionando incluso mejor de lo que esperábamos. Cada día mil personas son transportadas a cambio de una donación de 20 pfennige para caridad. El tren lleva a 20 o 25 personas y circula a una velocidad similar a la de un tranvía tirado por caballos. ¡Esto es algo que realmente podemos desarrollar!».

El 2 de junio de 1879, Werner von Siemens le describió por carta a su hermano Carl el éxito en la Exposición Comercial de Berlín de la invención que revolucionaría el transporte urbano de viajeros: el tranvía eléctrico. Los primeros tranvías circulaban desde hacía más de setenta años mediante tracción animal y, más adelante, gracias a un motor de vapor, de modo que, **cuando el público berlinés contempló el «milagro» de la máquina que se movía sola, quedó fascinado.**

Sin embargo, para su inventor aquello no era más que una prueba. La energía que alimentaba el motor de la pequeña locomotora llegaba a través de los raíles metálicos, pero en su mente inquieta imaginaba un medio de transporte impulsado por una red aérea de cables.

Siemens dedicó la mayor parte de su vida a idear ingenios con aplicación práctica, que realmente impactaran en el día a día de las personas. Muy pronto en su carrera científica descubrió el enorme potencial de la electricidad.

Fue, entre otras cosas, el inventor de la dinamo, el artilugio capaz de transformar la energía mecánica en electricidad y generar un fluido constante y con la suficiente potencia para mover, por ejemplo, un tranvía.

Para desarrollar sus experimentos, un científico necesita un espacio propio, con los equipos y el material adecuado: un garaje, un laboratorio universitario, un taller, un cobertizo... Werner von Siemens lo encontró en la cárcel, donde ingresó por ejercer de padrino en un duelo. Allí se las ingenió para montar un laboratorio clandestino, y cuando llegó el indulto **solicitó alargar su estancia entre rejas para poder completar la investigación en la que trabajaba sobre galvanoplastia.** La sorprendente petición no le fue concedida y quedó libre.

Pocos años después fundó junto a su amigo Johann Georg Halske la compañía que lleva su nombre, que se expandió rápidamente gracias al negocio de la telegrafía. Siemens no paraba de imaginar aplicaciones prácticas para la electricidad y pronto se puso a trabajar en un medio de transporte que, gracias a los cables, aliviara a las ciudades de los molestos humos que generaban las máquinas de vapor y de la sobresaturación de vehículos tirados por caballos.

El primero en poner en marcha un ferrocarril electrificado fue el ingeniero ucraniano Fyodor Apollonovich Pirotsky,



en 1876. Se trataba de un prototipo instalado en una pequeña ciudad cercana a San Petersburgo. Una vagoneta equipada con un motor de corriente continua se desplazaba por un tramo de raíles de unos cuatro kilómetros. Tres años después, Siemens añadió al concepto un tercer rail electrificado, que alimentaba el circuito, y causó sensación en la exposición de Berlín. **En 1881, el primer tranvía comercial circulaba por la capital alemana.** En los primeros tres meses, la línea de 2,5 km transportó a 12.000 pasajeros.

El sueño del pionero alemán era alimentar el tranvía a través de una red de cables aéreos instalada en el centro de la ciudad, pero se encontró con la oposición de los propietarios de viviendas y del ayuntamiento berlinés, de manera que tuvo que llevar su invención a las afueras.

Aquel primer tranvía eléctrico lo componían tres vagones con 16 asientos cada uno. Iban equipados con un motor de corriente continua con una potencia de 10 hp, que obtenía la energía de los raíles. **La electricidad llegaba a través de cables de acero, y la producía una máquina de vapor en una planta situada junto a la estación.**

Uno de los principales motivos por los que tenía sentido proporcionar la corriente de 180 voltios a través de cables aéreos era la seguridad. Pisar a la vez los dos raíles electrificados suponía una considerable descarga, que

electrocuto a varios caballos al cruzar las vías. Además, la línea de tranvía también sufrió las gamberradas de los jóvenes que descubrieron que dejar caer un alambre sobre los raíles provocaba un cortocircuito.

El rápido éxito del nuevo medio de transporte logró vencer las reticencias iniciales, así que, tras la inauguración en 1883 en Mödling (cerca de Viena) del primer tranvía electrificado mediante cables aéreos, la línea berlinesa le siguió pocos meses después.

Las primeras estructuras estaban formadas por un único hilo de contacto y una pértiga metálica que, equipada con un sistema de muelles, conocido como trole, obtenía la electricidad por fregamiento. Ese cable solitario y la inestabilidad de la pértiga limitaban mucho la velocidad, de forma que, para desarrollar todo el potencial del sistema, los ingenieros de Siemens investigaban configuraciones más sólidas.

Fue Walter Reichel quien, en 1889, hizo el avance definitivo al inventar el pantógrafo, el sistema de captación de electricidad más habitual hoy en día en el transporte ferroviario. Su geometría mantiene el frotador en contacto constante con el cable de la catenaria, con lo que el flujo de energía no sufre variaciones y permite desarrollar velocidades más elevadas.

08

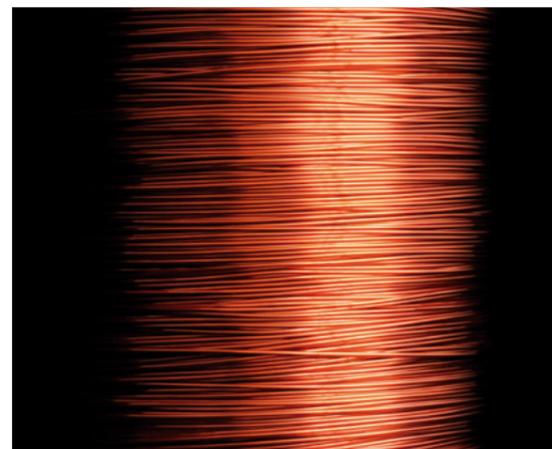
Catenarias y pantógrafos: la llegada de la electricidad al transporte ferroviario

«La locomotora eléctrica se compone de una verdadera fábrica, montada sobre dos plataformas de cuatro ejes; esta fábrica, establecida sobre un largo chasis, comprende detrás la caldera, después una máquina de vapor principal, dos dinamos generatrices, una excitatriz y un motor especial, aparatos de maniobra resguardados por una caja de palastro, cuya parte anterior está afilada en forma de proa, para disminuir los efectos de la resistencia del aire. Todo este conjunto contribuye a dar a la máquina la apariencia de navío».

El 25 de octubre de 1897, la *Revista ilustrada de banca, ferrocarriles, industria y seguros* se hacía eco de los avances que suponía para la electrificación ferroviaria la nueva locomotora puesta en servicio en la línea París-Mantes. Su inventor, Jean-Jacques Heilmann, la había bautizado como «cohete eléctrico». Alcanzaba unos 100 km/h y, aunque estuvo en servicio varios años, sus prestaciones no tardarían en ser mejoradas por otros diseños, de manera que acabó siendo retirada de la circulación.

Las investigaciones de Siemens en el campo de la electromecánica habían dado como resultado la electrificación del tranvía. El paisaje de las ciudades

europas y norteamericanas se transformaba a medida que la red de cables aéreos conquistaba las calles. El tranvía eléctrico había demostrado su eficacia como medio de transporte urbano, pero no era eficiente para recorrer distancias largas ni transportar mercancías, así que los ingenieros, convencidos de las posibilidades casi ilimitadas que ofrecía la electricidad, trabajaban en el desarrollo de nuevas máquinas que, alimentadas mediante cables, fueran capaces de mejorar las prestaciones de las locomotoras de vapor.



De todas formas, la llegada al ferrocarril de las catenarias con cables metálicos (de cobre, aluminio y acero, principalmente) para distribuir la electricidad y los pantógrafos como sistema de toma de corriente no supuso la eliminación inmediata de las locomotoras alimentadas por calderas de vapor. Convivieron durante muchos años, incluso proliferaron las máquinas híbridas y, a medida que se fueron electrificando las líneas, el viejo sistema de tracción fue quedando en desuso.

El principal escollo para la implantación decidida del ferrocarril eléctrico era el coste económico de las infraestructuras. A finales del siglo XIX la generación y distribución de la electricidad no eran procesos sencillos ni baratos. Para mover el peso de los trenes a la velocidad necesaria para que resultara un medio de transporte interurbano atractivo se requerían instalaciones costosas. Había que cablear miles de kilómetros de vías y dotarlas de centrales generadoras que garantizaran el suministro de forma fluida y segura.

La electrificación de líneas ferroviarias comenzó por los túneles, con el objetivo de evitar los efectos nocivos del

humo de las locomotoras de vapor. En 1895, el Howard Street Tunnel, que recorría 2.3 km bajo el casco urbano de Baltimore, fue el primero de una línea con trenes pesados en ser equipado con la infraestructura necesaria para la tracción eléctrica: estación generadora y sistema de distribución a través de un tercer riel elevado. La mayor parte del recorrido los vagones eran arrastrados por una máquina de vapor, pero en la estación anterior al túnel se les acoplaba una locomotora eléctrica, y se desacoplaba en la posterior.

En aquellos primeros años, la electrificación se reveló también como una gran aliada en las líneas ferroviarias de montaña, donde las grandes pendientes y los túneles largos eran muy habituales. Así, a finales de 1905, la compañía BBC decidió electrificar el túnel de 20 km bajo los Alpes, entre la localidad suiza de Brig y la italiana de Iselle. Era una línea de vía única, alimentada por dos estaciones eléctricas especiales situadas en cada boca del túnel.

Desde entonces, la tecnología para el suministro eléctrico en el transporte ferroviario no ha dejado de avanzar, hasta llegar a las modernas catenarias que posibilitan el funcionamiento de los trenes de alta velocidad.

09

El cable que transformó la actividad industrial: la producción en cadena

«Un gigantesco motor de gas, que a su vez impulsa una dinamo igualmente enorme, genera una potente corriente eléctrica que se distribuye mediante cables por toda la planta, a los motores que impulsan la maquinaria de cada departamento y a los miles de luces incandescentes y de arco». En 1912, el folleto *Ford Factory Facts* relataba las maravillas de la fábrica Highland Park en Detroit, donde poco tiempo después se demostraría el éxito de la producción en cadena.

El motor medía 17,7 metros de largo y 7,6 de ancho. La gran dinamo generaba una corriente de 240 voltios que se distribuía a través de pesados cables de cobre a

todos los rincones de la planta. Henry Ford confiaba en el potencial de la energía eléctrica para convertirse en el factor de transformación definitivo en la industria, y por eso construyó la primera gran factoría moderna, en la que todo estaba pensado para funcionar con electricidad y dispuesto de forma que la innovación fuera un elemento de aplicación continua.

En 1919, funcionaban nueve motores como el descrito, que satisfacían las enormes exigencias de energía para alimentar a las líneas de montaje donde se ensamblaban los populares automóviles Ford y toda la maquinaria asociada. Con la puesta en marcha en 1926 de una central



generadora externa, ubicada a 16 km, y la instalación del tendido eléctrico necesario, las grandes máquinas de vapor quedaron obsoletas y dejaron de funcionar.

El desarrollo del motor de corriente alterna y los avances en el transporte de la electricidad mediante cables más eficientes y seguros fueron decisivos para la producción en masa de bienes de consumo desde los primeros años del siglo XX. Henry Ford no fue pionero en su aplicación. Se fijó en los cambios que propiciaba la nueva fuente de energía y perfeccionó los beneficios que aportaba a la producción industrial a base de prueba y error.

Ni siquiera fue el primero en llevar a la práctica la producción en cadena en la fabricación de automóviles. En 1901, Olds Motor Works comercializó en Detroit el primer coche de bajo coste gracias a la fabricación en serie ideada por el fundador de la compañía, Ransom Eli Olds. Sin embargo, a Ford hay que reconocerle el mérito de la optimización del sistema gracias al aprovechamiento del motor eléctrico.

«La industria moderna no podía llevarse a cabo con la correa y el eje de línea por una serie de razones. El motor ha permitido disponer la maquinaria en el orden del trabajo, y solo esto ha duplicado probablemente la eficiencia de la industria, ya que ha eliminado una enorme cantidad de manipulación y arrastre inútiles», relataba en el libro *Edison como lo conozco*, publicado en 1930.

En octubre de 1913, la fábrica de la Ford Motor Company en Detroit puso en marcha la primera línea móvil de ensamblaje. 140 ensambladores estaban dispuestos a lo largo de la estructura de 45,7 metros, por la que se movían los chasis de los coches Ford T para que cada operario realizara la labor asignada sin tener que desplazarse. Los chasis iban sobre plataformas rodantes acopladas a unos carriles paralelos a la línea de montaje.

Los ingenieros de Ford fueron mejorando el proceso progresivamente. En diciembre de 1913, la línea había doblado su longitud y se habían añadido 37 ensambladores en varias estaciones de trabajo. En mayo de 1914, ya había tres líneas de montaje paralelas, en cada una de las cuales se realizaban 45 operaciones diferentes, que producían más de 1.200 chasis por turno de ocho horas.

El gran éxito de la producción en cadena se mide en la optimización del trabajo y en la gran reducción del tiempo que se invertía en la fabricación de cada vehículo. Con el sistema de ensamblaje estático, se necesitaban 12 horas y media, mientras que la implantación de la moderna línea de montaje redujo el tiempo a 93 minutos.

La apuesta de Henry Ford marcó el inicio de la industria moderna, y la producción en cadena sigue siendo el modelo utilizado en la actualidad en la fabricación de múltiples bienes de consumo y, específicamente, en la industria automotriz.



10

Un salto decisivo para la conservación de los alimentos: el refrigerador eléctrico

«Un refrigerador eléctrico más sencillo y diferente. La creación de General Electric». Así presentaba en 1911 la compañía fundada, entre otros, por el genial Thomas Alva Edison, el electrodoméstico que cambiaría para siempre la forma de conservar y consumir alimentos. Aquel primer folleto publicitario continuaba: «Ha reducido la refrigeración eléctrica a un punto de sencillez que la hace casi tan fácil de operar como un ventilador eléctrico, y casi igual de portátil. Lo puede colocar en cualquier sitio. Basta con enchufarlo a una toma eléctrica y ya funciona. El Refrigerador General Electric es inusualmente silencioso, y está siempre limpio porque la circulación de aire a través de los serpentines evita la acumulación de polvo».

En aquella época, los alimentos se mantenían refrigerados gracias a la caja de hielo, un pequeño armario de madera con un compartimento aislado donde se introducía el bloque de hielo, y que incorporaba un sistema de drenaje del agua resultante de la descongelación. La humanidad llevaba milenios ideando sistemas para conservar los alimentos mediante el frío, pero el gran salto ocurrió en el siglo XIX, cuando diversos experimentos científicos descubrieron las propiedades refrigerantes que, manipulados de la forma adecuada, presentaban algunos gases.

El salto definitivo llegaría de la mano de la electricidad. Las redes de cables capaces de transportar la energía de manera segura a los hogares eran la condición necesaria para que empezaran a popularizarse los

electrodomésticos. Bastaba con enchufar a la toma eléctrica el sencillo hilo de cobre convenientemente aislado que serpenteaba desde la parte trasera del innovador aparato.

Ahora bien, a las modernas neveras eléctricas las acompañaban, al menos, dos inconvenientes: el precio y la inseguridad. El lanzamiento de General Electric costaba 1.000 dólares, lo que equivalía al salario medio anual de la mayoría de estadounidenses. Comparado con los menos de 11 dólares al año que gastaban en hielo, no parecía suponer una alternativa a considerar. «La probabilidad de que la máquina de refrigeración doméstica suplantase el uso de hielo en el refrigerador familiar es... para nada inminente», concluía *Ice and Refrigeration*, publicación especializada en la industria del hielo, tras una encuesta realizada poco tiempo después.

El otro problema era la posibilidad de que los gases refrigerantes mataran a la feliz familia a la que la suficiencia económica no iba a salvarla de sus efectos venenosos. Los innovadores aparatos solían estropearse, lo que podía provocar la pérdida de gases, con el consiguiente riesgo para los habitantes de la casa. De hecho, la inestabilidad de los gases refrigerantes había causado numerosos accidentes a lo largo de las décadas previas en la experimentación del enfriamiento por medios mecánicos.



Otros inconvenientes menos letales eran las habituales fluctuaciones en el suministro eléctrico, que dificultaban el funcionamiento continuo del frigorífico, necesario para garantizar la seguridad alimentaria. Incluso Albert Einstein trabajó en el diseño de un refrigerador más seguro, y en los años posteriores a aquellos albores de la refrigeración eléctrica se hicieron avances importantes (y necesarios) en el uso de gases más estables y menos tóxicos.

En 1914, la inventora Florence R. Layman patentó e inició la comercialización de un refrigerador eléctrico que reaprovechaba el agua residual de la descongelación. Gracias a la energía eléctrica, circulaba por conductos instalados en las estanterías de la nevera y, de esta manera, mantenía la temperatura adecuada para la conservación de los alimentos. Con el único apoyo de su marido, la emprendedora de New Jersey consiguió vender cientos de sus modernos refrigeradores eléctricos asistiendo a ferias comerciales por todo el país y diseñando sus propias campañas de marketing.

En la misma época, el miembro fundador de la Sociedad Estadounidense de Ingenieros de Refrigeración, Frederick William Wolf Jr., presentó el DOMELRE (*Domestic Electric Refrigerator*), una unidad que, equipada con un dispositivo de enfriamiento eléctrico, sustituía al bloque de hielo que utilizaban las extendidas *ice box*. «Con un precio popular y listo para funcionar, 'DOMELRE' puede colocarse en cualquier refrigerador. Usted enciende el interruptor y

'DOMELRE' hace el resto», destacaba el anuncio de su lanzamiento en 1914. Disponía de termostato para el control automático de la temperatura, de condensador que enfriaba por aire en vez de agua, e incluía una bandeja de congelación para cubitos de hielo.

Aunque se trataba de innovaciones muy destacadas, el reclamo del precio no debía ser demasiado atractivo al principio, pues el refrigerador costaba 900 dólares (equivalente a unos 25.000 actuales). En 1916, la Packard Motor Car Company compró los derechos del invento y comercializó en Detroit una versión evolucionada, bautizada como ISKO, por 275 dólares (casi 7.000 actuales).



De todas formas, la ciencia avanza rápido, y en cuanto los fabricantes encontraron maneras de reducir los costes de producción también lo hicieron los precios de venta, así que en 1935 la mitad de los hogares estadounidenses disponían de nevera eléctrica.

11

Big bands, música hawaiana y un cameo de Chuck Berry: el nacimiento de la guitarra eléctrica

«¡Chuck! ¡Chuck! Habla Marvin. Tu primo, Marvin Berry. ¿Recuerdas ese sonido que estabas buscando? Bien, escucha esto». Con la mano vendada, Marvin no puede tocar la guitarra en el baile del instituto Hill Valley, y le cede el puesto en su banda, los Starlighters, al joven Marty McFly. Es una de las escenas estrella de la película *Regreso al futuro*, en la que Michael J. Fox deja perpleja a su audiencia cuando el solo de *Johnny B. Goode* se le va de las manos, resbalando por el escenario, con el cable que conecta su Gibson ES-345 al amplificador saltando y enredándose al ritmo de sus cabriolas. «Supongo que no estáis preparados para esto, pero les encantará a vuestros hijos», se justifica al final de la actuación.

Chuck sí que lo estaba. El considerado padre del *rock'n'roll* participó en la película en el papel de su instrumental primo Marvin, a quien se le ilumina la bombilla al presenciar el show y corre al teléfono. Berry lanzó *Johnny B. Goode* en 1958, pero en 1955 ya había alcanzado el éxito con *Maybellene*. Cinco años antes, Fats Domino había grabado *The Fat Man*, con lo que la discusión sobre la paternidad del rock sigue abierta. De todas formas, determinarla no es el objeto de este artículo. Aquí tratamos sobre el origen de la guitarra eléctrica.

Sin duda, el nacimiento y popularización del estilo que no solo revolucionaría el panorama musical sino también la sociedad contemporánea fue decisivo para la evolución del instrumento más vibrante, que para entonces ya acumulaba más de dos décadas de existencia.

El elemento que convierte la guitarra tradicional en eléctrica es la pastilla, uno o más imanes insertados en una bobina y enrollados con un cable conductor que transforma las vibraciones de las cuerdas en energía eléctrica y la hace fluir hacia el amplificador al que está conectada, donde se transforma en ondas sonoras. La pastilla electromagnética y el amplificador son imprescindibles, pero serían del todo inútiles sin un componente tan modesto como trascendental: el cable. Bueno, los cables, porque se necesitan el que une la guitarra al amplificador y el que enchufa este a la toma de corriente.

En octubre de 1928, la revista *The Music Trades* publicaba el primer anuncio comercial de una guitarra eléctrica, incluida en el catálogo de los *Stromberg Electro Instruments*, junto a una mandolina y un banjo. «Este amplificador de tono funciona eléctricamente mediante

corriente alterna o continua. Consta de dos unidades principales: una unidad captadora electromagnética y una unidad amplificadora. La pastilla electromagnética está integrada dentro del instrumento y está unida a su caja armónica. La unidad está conectada con el amplificador, que produce el tono y el volumen requeridos por el instrumento», detallaba el texto.

Sin embargo, si bien fueron los primeros en comercializarse, los instrumentos Stromberg no eran pioneros. Cuatro décadas antes, hubo un visionario que imaginó el potencial de una guitarra cuyo sonido fuera amplificado gracias al electromagnetismo y, de hecho, la patentó en 1890. George Breed dejó el ejército de Estados Unidos con la idea de cambiar las armas por la música, y diseñó un instrumento acústico que utilizaba la electricidad para hacer vibrar las cuerdas. Como la vibración era continua, se podía tocar con una sola mano, presionando las cuerdas sobre los trastes. El inventor se encontró con dos problemas: su guitarra pesaba nueve kilos y, para tocarla, los músicos debían cambiar la manera en que estaban acostumbrados a hacerlo con la guitarra tradicional. Así que no prosperó.

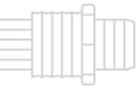
La Stromberg tampoco obtuvo mucho éxito, pero abrió la puerta al despegue de la guitarra eléctrica como instrumento protagonista. Hasta entonces, las seis cuerdas

cumplían un papel muy secundario en las populares *big bands*, pero, con la electrificación, los primeros solistas virtuosos, como Eddie Lang y Les Paul (una de las Gibson más populares lleva su nombre), pasaron al primer plano.

El éxito comercial de la guitarra eléctrica se gestó en 1931 gracias a la popularización de la música hawaiana en Estados Unidos. George Beauchamp era un intérprete entusiasta del estilo, en el que la guitarra era el instrumento melódico principal. Sin embargo, ante grandes audiencias, su sonido quedaba ahogado por el resto de instrumentos, así que Beauchamp apostó por abandonar la naturaleza acústica de la guitarra en favor de la capacidad de la tecnología electrónica para amplificar el volumen. Colocó un electroimán junto a las cuerdas de acero, cuya vibración era captada y enviada al amplificador. **Así nació la Rickenbacker Electro A-22, conocida como «Frying Pan», sartén, por su forma y su constitución metálica.**

Un año después, la misma compañía (que todavía hoy fabrica instrumentos musicales) lanzó la primera guitarra eléctrica con diseño de guitarra tradicional española, que pasó a la historia como «Guitarra Brewer», pues Gage Brewer, afamado músico de Kansas, fue el primero en adoptarla. En la actualidad, cualquiera que disponga de 350.000 dólares puede comprarla.





12

Sputnik vs SCORE: el despegue de la carrera por la conquista del espacio

Transmisores de radio, sistema de suministro de energía formado por tres baterías de plata y zinc, interruptor remoto, ventilador del sistema térmico, control del interruptor térmico, interruptor barométrico... Son los principales componentes internos del Sputnik-1, el primer satélite artificial que orbitó la Tierra, conectados unos con otros mediante cables resistentes a las condiciones hostiles de la exosfera. Los pioneros de la carrera aeroespacial carecían de industria que les suministrara componentes especializados, de manera que aquellos primeros cables se fabricaron expreso.

El 4 de octubre de 1957, la Unión Soviética lanzaba el primero de los cuatro satélites Sputnik (compañero de viaje en ruso) que formaban parte del programa diseñado como contribución al Año Geofísico Internacional (1957-1958) de las Naciones Unidas. Se trataba de un artilugio muy sencillo, una esfera de aluminio pulido de 58 cm de diámetro y 83,6 Kg de masa, compuesta por dos hemisferios de dos milímetros de espesor, convenientemente sellados. Cada mitad estaba equipada con dos antenas de entre 2,4 y 3,9 metros de longitud, lo que configuraba la icónica fisonomía del satélite cuyo lanzamiento significó la primera ventaja para la Unión Soviética en la carrera espacial.

Tras el montaje final, el Sputnik se rellenó de nitrógeno, con el fin de que alcanzara una presión interna de 1,3 atmósferas. El suministro de energía desde las baterías al transmisor de radio y al sistema de control térmico se activarían mediante un interruptor remoto cuando el sensor detectara la separación del vehículo lanzador y el satélite.

La misión original que debía desembocar en la puesta en órbita del primer satélite artificial era mucho más ambiciosa, pero la recompensa de adjudicarse el primer tanto en la competición espacial con Estados Unidos llevó a una solución más pragmática. Así, el equipo integrado en el Sputnik-1 emitía unos sencillos pitidos de radio que fueron seguidos con atención en todo el mundo. Durante las tres semanas que permaneció en funcionamiento (el tiempo que duraron las baterías), recogió información sobre la densidad de las capas altas de la atmósfera y la propagación de las ondas de radio en la ionosfera; además, enviaba a la Tierra datos de temperatura interna y de la superficie de la sonda.

El 4 de enero de 1958, el Sputnik se incineró en su reentrada en la atmósfera, tras haber recorrido unos 70 millones de kilómetros en 1.440 órbitas.

Estados Unidos había perdido en la competición de velocidad con la URSS, así que planteó otro desafío: colocar en órbita el primer satélite de comunicaciones. Debía tener la capacidad de grabar señales de radio y transmitir las posteriormente por orden de alguna de las cuatro estaciones terrestres que seguían la misión, o bien retransmitirlas de forma directa a medida que se recibían.

El satélite SCORE (*Signal Communication by Orbiting Relay*, Comunicación de señales mediante relé orbital) del ejército estadounidense era una evolución del misil Atlas, con unas dimensiones de 21,9 metros de largo por 3,05 de diámetro. **El objetivo principal de la misión era poner en órbita el objeto más grande hasta la fecha y demostrar la viabilidad de un sistema de comunicaciones por satélite.**

Con una masa de 45 Kg, el equipo de comunicaciones iba integrado en el morro del cohete. Lo formaban dos sistemas redundantes, cada uno formado por un transmisor de tubo de vacío, un receptor transistorizado, una grabadora con capacidad para cuatro minutos y baterías de plata y zinc de 56 W. Cada elemento del equipo funcionaba gracias a sistemas de cables especializados y adaptados a las condiciones extremas del espacio.

El satélite disponía de cuatro antenas, dos para emisión y dos para recepción, y de una baliza de seguimiento. Los

cables conectaban las antenas con los repetidores y el equipo de transmisión, lo que aseguraba la transferencia ininterrumpida de información.

Además de transmitir las señales de comunicación, el cableado interno del SCORE canalizaba la energía eléctrica desde las baterías a cada uno de los subsistemas integrados. Estaba diseñado para ser ligero, duradero y capaz de soportar las radiaciones solares y las temperaturas extremas. Supuso una innovación decisiva para el desarrollo de los sistemas de comunicación por satélite modernos.

El lanzamiento se produjo el 18 de diciembre de 1958 desde Cabo Cañaveral. El SCORE orbitó a una altura máxima de 1.484 km, hasta el 21 de enero de 1959, cuando volvió a entrar en la atmósfera. Las baterías funcionaron durante doce días, tiempo en el que el satélite completó ocho horas de operaciones de comunicación; entre ellas, la emisión de un mensaje de Navidad del presidente norteamericano, Dwight D. Eisenhower:

«Gracias a las maravillas de los avances científicos, mi voz está llegando hasta vosotros desde un satélite que viaja por el espacio exterior. Mi mensaje es sencillo: a través de este medio único os hago llegar, a vosotros y a toda la humanidad, el deseo de paz de América para toda la Tierra y de buena voluntad para todos los hombres».



13

El cable que hizo posible el primer paseo espacial: la odisea de Alekséi Leónov a bordo de la Voskhod-2

El 18 de marzo de 1965, un cable evitó que el primer paseo espacial de un astronauta acabara en tragedia. La denominación «cordón umbilical» no podía ser más acertada, teniendo en cuenta que se trataba de lo único que mantenía unido a Alekséi Leónov con la nave Voskhod-2 durante los veinte minutos que permaneció en el exterior.

El cable medía 5,4 metros y, conectado a la esclusa de aire de la nave, estaba diseñado para soportar condiciones tan hostiles como la radiación, el vacío y las temperaturas extremas. Su función más evidente era evitar que el cosmonauta viajara a la deriva en el espacio, pero también transportaba la energía que alimentaba los sistemas de soporte vital (oxígeno y control térmico) y contenía el hilo telefónico que le permitía permanecer en contacto con el comandante, Pavel Belyayev, y con el control terrestre de la misión. Además, le ayudaría a controlar los movimientos en un entorno carente de gravedad, a 500 Km de la Tierra, lo que resultó vital para el devenir de la aventura.

La Unión Soviética había tomado la delantera en la carrera espacial respecto a Estados Unidos. En octubre de 1957 colocó en órbita el Sputnik, primer satélite artificial. Un mes después, le siguió el primero con una pasajera, la perra Laika. En abril de 1961, Yuri Gagarin fue el primer humano en completar la órbita de la Tierra a bordo de la cápsula Vostok, mientras que Valentina Tereshkova fue la

primera mujer astronauta: en junio de 1963, completó 48 órbitas alrededor del planeta a bordo de la Vostok 6.

Menos de dos años después, Alekséi Leónov amplió la lista de primeras veces, pero no lo tuvo nada fácil.

Las dimensiones reducidas de la Voskhod-2 no dejaban espacio más que para dos tripulantes con una libertad de movimientos muy escasa. Para permitir la salida de Leónov al exterior, a la cabina se le agregó una esclusa inflable donde llevar a cabo la transición entre la zona acondicionada para la habitabilidad y la hostilidad del universo. Aparte de eso, la nave no contaba con ninguna disposición para que la tripulación escapara en caso de emergencia.

En un artículo escrito para *El Correo de la UNESCO*, Alekséi Leónov relataba su experiencia: «Dos minutos después de haber sido la nave espacial puesta en órbita, empezamos a preparar mi salida al espacio (...). Desprendí la correa que me sujetaba a mi asiento y entré flotando en la esclusa de aire (...). De repente, se abrió la puerta exterior de la esclusa. Un haz ennegecedor de luz solar invadió la pequeña cámara (...). Avancé hacia la salida y saqué un poco la cabeza. Estábamos encima del Mediterráneo (...). Frente a Simferopol, Belyayev me dio la orden de salir. En mi impaciencia por hacerlo, tomé demasiado impulso y salí de la nave como un corcho que arrancaran de una botella».



El texto continúa con la descripción de los movimientos que, agarrado al cable driza, al cordón umbilical que lo mantenía conectado con la posibilidad de volver a la nave y a la Tierra, fue realizando antes de que, a los diez minutos, el comandante le ordenara regresar. «Mientras flotaba en el espacio, me mantuve en contacto telefónico permanente con Pavel Belyayev y con tierra. Me comuniqué, entre otros, con Yuri Gagarin, que estaba de guardia en el puesto de mando del cosmodromo. También oí a Radio Moscú anunciar la salida de nuestra nave espacial».

El relato concluye con un retorno complejo pero seguro a la nave y un aterrizaje razonablemente plácido. «Al pesarnos después del vuelo, cada uno de nosotros había perdido medio kilo, pero no lo atribuimos al viaje espacial (...). Tuvimos un vuelo normal en todos los sentidos».

«¡Guau, la Tierra es redonda!», fueron sus primeras palabras al asomar la cabeza fuera de la nave, como recoge la grabación de aquel primer paseo espacial, un vídeo de poco más de doce minutos, en el que faltan, por tanto, los ocho en los que hubo problemas.

Al cumplir los 80 años, Leónov concedió una entrevista a la BBC en la que reveló detalles muy diferentes a su primera versión. Cuando el comandante le ordenó que regresara a la nave, «mi traje estaba completamente deformado, se me habían salido las manos de los guantes, las botas se salieron de mis pies». A causa de la falta de presión atmosférica, el traje se había inflado como un globo. «No podía em-

pujarme hace atrás con el cable y, en ese estado, no podría entrar por la escotilla», de apenas 1,2 metros de diámetro. Debía hacer algo de forma urgente, y lo que se le ocurrió fue, sin avisar al centro de control, purgar el aire de su traje a través de una válvula, a pesar del riesgo de quedarse sin oxígeno o de sufrir un colapso por la descompresión.

«Comencé a sentir un hormigueo en mis piernas y manos. Estaba entrando en una fase peligrosa y sabía que podía ser fatal», explicó el astronauta. La operación le permitió agarrarse al cable e impulsarse hacia la escotilla, por la que entró de cabeza, en lugar de introducir los pies primero, como habían ensayado. Ello le obligó a dar la vuelta en un espacio muy estrecho para asegurarse de que todo el cordón umbilical había entrado y poder cerrar la escotilla. El esfuerzo físico en unas condiciones tan desfavorables le pasaron factura. «Normalmente no sudo mucho, pero ese día perdí seis kilos».

La aventura no acabó ahí, pues a la hora de reingresar en la atmósfera terrestre el sistema automático de la nave falló, y tuvieron que realizar la maniobra de descenso de forma manual, algo que, obviamente, nadie había llevado a cabo antes. La pericia y la sangre fría de los astronautas consiguió salvar la situación, aunque aterrizaron a miles de kilómetros del punto establecido, en Siberia, donde la temperatura no superaba los -25° C. Afortunadamente, una estación de Alemania Oriental captó las señales de socorro que habían emitido y al día siguiente los rescataron.

14

Una red galáctica de ordenadores interconectados: el nacimiento de Internet

La información que intercambiamos en Internet, los contenidos que visitamos, las aplicaciones que descargamos circulan por los cables de fibra óptica a velocidades que escapan a la comprensión de la mayoría de usuarios. Todo lo que se expone en la red está a nuestro alcance, con una pulsación, de manera casi instantánea. La evolución de las infraestructuras de conexión ha sido vertiginosa desde que, con el cambio de siglo, llegó la banda ancha a través de cable coaxial y, poco después, la línea de abonado digital asimétrica, la popular ADSL, ya arrinconada por la fibra óptica.

Sin embargo, hasta hace poco más de dos décadas, la conexión a Internet se producía por el mismo cable del teléfono, lo que, entre otras cosas, significaba que cuando un ordenador ocupaba la línea no podían hacerse llamadas, y viceversa. Pero vayamos al principio, treinta años antes.

El 3 de julio de 1969, la Universidad de California en Los Ángeles (UCLA) anunciaba la puesta en marcha de ARPANET, el precedente de Internet. En su trabajo como director del programa de investigación informática en la Advanced Research Projects Agency (ARPA), el profesor Joseph Carl Robnett Licklider había imaginado siete años antes una «red galáctica» de ordenadores interconectados, a través de los cuales cualquier persona, desde cualquier sitio, podría acceder rápidamente a datos y programas compartidos.

«Como saben, nuestras redes de computadoras todavía están en una etapa incipiente, pero a medida que evolucionen y se tornen más sofisticadas, probablemente veremos cómo se multiplican los ‘servicios informáticos’ que, al igual que los servicios actuales de electricidad y telefonía, llegarán a los hogares y las oficinas de todo el país», señalaba el comunicado de prensa de UCLA, recogiendo la predicción del profesor Leonard Kleinrock, quien el 29 de octubre de 1969 participó en el envío del primer mensaje desde el ordenador instalado en la universidad californiana hasta el que se hallaba en el Instituto de Investigaciones de Stanford (SRI).

El programador Charley Kline, en UCLA, inició sesión en el host del SRI, mientras se mantenía en contacto telefónico con su colega Bill Duval de Stanford. «Irónicamente, ¡estábamos usando una red telefónica para lanzar una nueva tecnología de intercambio de paquetes que acabaría con ella!», reflexionaba Kleinrock.

El concepto de Internet, ARPANET entonces, se sustentaba en la tecnología que había hecho posible la invención del teléfono. La información entre ordenadores debía propagarse por los mismos cables que transportaban los impulsos eléctricos en que se transformaba la voz. En 1965, el investigador del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) Lawrence G. Roberts consiguió que por primera vez dos ordenadores «hablasen» entre sí. La

comunicación se produjo entre California y Massachusetts a través de una línea telefónica conmutada de baja velocidad. El experimento constató la viabilidad del trabajo en red, pero también que el sistema telefónico de conmutación de circuitos era inadecuado.



En aquella época, Leonard Kleinrock desarrollaba su teoría de conmutación de paquetes. La idea era que los ordenadores compartiesen paquetes con dos tipos de información: los datos y la información de control, que especificaba la ruta a seguir a lo largo de la red hasta el receptor del paquete.

Así, se llegó a aquel día de finales de octubre de 1969. Según explicaba el profesor en un artículo que la Corporación de Internet para la Asignación de Nombres y Números (ICANN) publicó con motivo del 50 aniversario del primer mensaje dentro de la red ARPANET, el procedimiento consistía en escribir «log» en el ordenador de UCLA y que el situado en Stanford completara el comando con «in». Con cada pulsación, Kline preguntaba por teléfono a su colega Duval si la letra había llegado; y así pasó con las dos primeras, «lo», pero al transmitir la «g» el sistema colapsó.

El origen de Internet, pues, se encuentra en un experimento semifallido; lo bastante exitoso, sin embargo, como para que en los siguientes años las comunicaciones online avanzaran rápidamente.

La ARPANET original contaba con cuatro centros conectados. Además de los citados UCLA y SRI, la Universidad de California en Santa Bárbara y la Universidad de Utah. En 1971, ya eran 23. Para entonces, ya se había completado el protocolo inicial de comunicación de la red (Network Control Protocol, NCP), lo que permitía a los usuarios comenzar a desarrollar aplicaciones. En 1972, tuvo lugar la primera demostración pública del sistema, y el programador Ray Tomlinson envió el primer correo electrónico de la historia. Un año después Internet se internacionalizaba con la incorporación a la red de computadoras ubicadas en Noruega y Reino Unido.



15

Medio siglo entre cables, tubos de vacío y microprocesadores: de los ordenadores electromecánicos al PC

Con el título «El ordenador electrónico destella las respuestas, puede acelerar la ingeniería», el 15 de febrero de 1946 *The New York Times* publicaba en primera página un reportaje sobre el ENIAC, *Electronic Numerical Integrator and Computer*, considerado el primer ordenador electrónico programable de la historia. Fue un encargo del ejército de Estados Unidos a la Universidad de Pensilvania para calcular tablas balísticas, aunque los ingenieros encargados del proyecto, John Presper Eckert y John Williams Mauchly, vieron que tenía potencial para resolver otros problemas matemáticos.

«La máquina está siendo usada en un problema de física nuclear. El ENIAC no tiene una sola parte mecánica móvil. Nada dentro de sus 18.000 tubos de vacío y varias millas de cableado se mueve excepto los elementos más diminutos de la materia: los electrones. Hay, sin embargo, dispositivos mecánicos asociados que traducen o 'interpretan' el lenguaje matemático del hombre a los términos comprendidos por el ENIAC y viceversa», relataba el periódico.

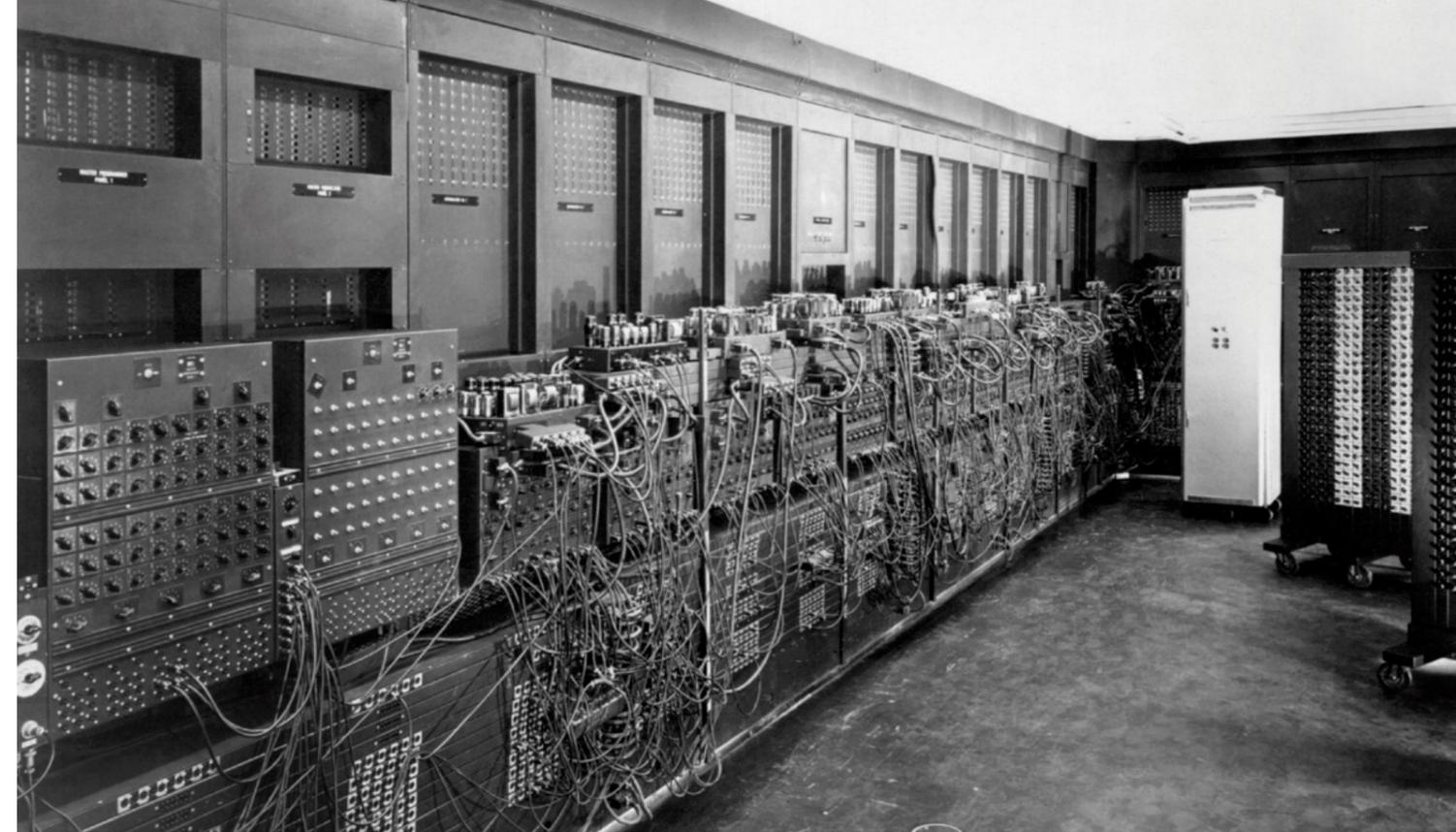
La computadora pesaba 27 toneladas y ocupaba una sala de 167 m², en la que la actividad de tal cantidad de válvulas electrónicas elevaba la temperatura hasta los 50 °C. Era capaz de realizar casi 5.000 sumas y 300 multiplicaciones por segundo, toda una proeza para la época. Los elementos que lo componían estaban

conectados de forma manual por miles de cables de bajo voltaje, que configuraban una compleja telaraña que requería un mantenimiento constante.

Un año antes, IBM había puesto en marcha en la Universidad de Harvard el ordenador electromecánico Mark I, que empleaba señales electromagnéticas para mover las partes mecánicas. Recibía en tarjetas microperforadas las instrucciones sobre las operaciones matemáticas que debía realizar, que resolvía en unos tres segundos. Pesaba unas cinco toneladas, medía 15,5 metros de largo y 2,4 de alto, y estaba compuesto por 750.000 piezas y más de 800 km de cable de cobre.

Sin embargo, el primer ordenador electromecánico, el Z1, ya funcionaba en Alemania en 1938. Lo había creado el ingeniero Konrad Zuse en el apartamento de sus padres. Era una calculadora binaria, con unas 20.000 piezas mecánicas que se accionaban eléctricamente, y leía instrucciones de una película de celuloide perforada. «Solo» pesaba una tonelada.

Las primeras tres décadas de desarrollo de la tecnología informática estuvieron acotadas a instituciones y grandes empresas. Las computadoras eran enormes, y sus precios, prohibitivos. Los tubos de vacío consumían tanta energía que los cables que los conectaban debían soportar niveles de corriente y resistencias eléctricas



muy elevadas. El enorme calor generado causaba muchos problemas de fiabilidad, con lo que uno de los principales retos durante los siguientes años fue conseguir sistemas de cableado más seguros.

La progresiva sustitución de los tubos de vacío por transistores, que requerían menos energía y generaban menos calor, permitió introducir cables de menor calibre para manejar las señales eléctricas de baja potencia entre los transistores. Además, el uso de la fibra de vidrio y nuevos materiales aislantes más eficientes mejoró el rendimiento y la fiabilidad de los sistemas.

El desarrollo del microprocesador, a comienzos de la década de 1970, marcó el punto de inflexión necesario para la fabricación de los ordenadores comerciales de uso doméstico. El diseño del cableado interno cambió drásticamente, pues los microprocesadores integraban múltiples funciones que ya no necesitaban cables separados. Así, se redujo significativamente la cantidad de conexiones entre componentes.

En 1971, el ingeniero informático John Blankerbaker puso a la venta el primer ordenador personal de la historia, el Kenbak-1, que había desarrollado (cómo no) en el garaje de su casa en California. «Pensé en el Kenbak como en una introducción asequible al estudio de la programación informática», explicaba su creador, y con ese objetivo lo presentaba en las escuelas.

La aventura duró un par de años, en los que Blankerbaker logró vender medio centenar de unidades. El hecho de que no tuviera pantalla, ni teclado, y que no incorporara los novedosos microprocesadores, seguro que influyó en el poco éxito comercial.

1977 fue el año en el que definitivamente despegó la industria de los ordenadores personales: el Apple II, el TRS-80 de Radio Shack y el Commodore PET 2001 abrieron el camino, pero el verdadero boom llegaría en 1981 con el lanzamiento del primer *Personal Computer* (PC). IBM se dio cuenta del gran potencial del nuevo mercado y puso a cargo del proyecto al ingeniero William C. Lowe, con una larga trayectoria en la compañía. El secreto del éxito fue la arquitectura abierta del ordenador. Al utilizar hardware y software no propietarios, permitía usar componentes de cualquier fabricante e, igualmente, que otros fabricantes desarrollaran sus propios PC.

La estrategia aceleró el proceso de fabricación, y el 12 de agosto de 1981 IBM ponía a la venta, a un precio de 1.565 dólares, el PC 5150, equipado con teclado, pantalla monocroma, disquetera, el microprocesador 8088 de Intel y el sistema operativo 86-DOS de la prometedora compañía Microsoft. En solo un año, el ordenador de IBM superó los mil millones de dólares en ingresos, pero el verdadero triunfo fue convertirse en el estándar de la industria.

16

Nacimiento y desarrollo de la energía fotovoltaica: del sol al hogar

«Una nueva batería aprovecha la inmensa energía del sol» titulaba *The New York Times* el 26 de abril de 1954. «Una batería solar, la primera de su tipo, que convierte en electricidad cantidades útiles de la radiación solar de forma directa y eficaz, ha sido construida por los laboratorios Bell Telephone. El nuevo dispositivo es un aparato de aspecto simple hecho de tiras de silicio, un ingrediente principal de la arena común. Puede marcar el comienzo de una nueva era que conduzca a la realización de uno de los sueños más preciados de la humanidad: el aprovechamiento de la energía casi ilimitada del sol para los usos de la civilización».

El día anterior, la compañía había presentado a la prensa la invención desarrollada por los científicos Calvin Fuller, Gerald Pearson y Daryl Chapin, capaz de llevar a la práctica el potencial teórico del transistor de silicio. Como suele pasar, fue un descubrimiento accidental. Enriquecido con galio, el silicio, un pobre conductor de electricidad, se transformaba en un excelente conductor cargado positivamente. Al bañarlo con litio caliente, quedaba cargado negativamente, y en la zona donde se encontraban ambas cargas se desarrollaba un campo eléctrico permanente: el corazón del transistor y la célula solar, donde tiene lugar toda la actividad electrónica.

El silicio preparado de esta manera se activa con una pequeña cantidad de energía exterior, y eso es lo que consiguió Pearson con la luz de una lámpara. Conectó mediante cables la placa de silicio a un amperímetro que, para sorpresa del científico, registró una corriente eléctrica significativa.



La investigación en el campo de la fotoelectricidad acumulaba por entonces varias décadas de experimentos, poco exitosos a nivel práctico, pero inspiradores para las siguientes generaciones de científicos. En 1883, Charles Fritts fabricó un panel solar de selenio, revestido con pan de oro, que, al recibir la energía de la luz, generaba una corriente continua con una eficiencia inferior

al 2%. Siemens adquirió aquella maravilla «de la mayor importancia científica», pero no supo cómo desentrañar el misterio de su funcionamiento.

En 1905, Albert Einstein demostró que la luz contiene paquetes de energía, los fotones, cuya cantidad depende de la longitud de onda: cuanto más corta, más potencia. El descubrimiento, que le valió el Premio Nobel en 1921, resultó decisivo para las investigaciones posteriores.

Con un 4% de eficiencia, la batería solar de Bell Telephone no mejoraba en mucho el rendimiento que Fritts había logrado setenta años antes, pero sí marcaba un punto de inflexión, puesto que la industria empezó a verle un aprovechamiento comercial a la energía solar. Muy lejos aún de las aplicaciones domésticas de gran alcance, la fotoelectricidad encontró un importante aliado en otro campo de investigación que iniciaba su despegue: la carrera espacial.

En 1957, Herman Leslie Hoffman dobló la eficiencia de la célula fotovoltaica, y al año siguiente el Vanguard 1 de la NASA fue el primer satélite en incorporar la nueva tecnología de alimentación energética. Su eficacia quedó demostrada por el hecho de que le permitió enviar por radio la información sobre su temperatura, mientras orbitaba alrededor de la Tierra, durante seis años.

A partir de aquel éxito, el desarrollo de la industria fotovoltaica en el sector aeroespacial se aceleró, lo que propició el desarrollo de paneles más eficientes. En 1970, el científico soviético Zhorés Alférov creó la primera célula solar con arseniuro de galio, que lograba un 20% de eficiencia.

El principal obstáculo para el uso doméstico y en aplicaciones industriales a gran escala de la energía solar era el precio de la infraestructura necesaria. Esta brecha se fue superando a medida que la investigación científica conseguía mejorar el rendimiento de las placas y abaratar los costes de producción. En los años 70 se desarrollaron pequeñas células para alimentación de calculadoras y en los 80 los primeros paneles para instalar en los tejados de granjas y áreas rurales de difícil acceso para la red eléctrica tradicional.

Hoy en día, la energía solar fotovoltaica está plenamente desarrollada para el suministro eléctrico de los hogares. Y como en toda aplicación eléctrica, la clave para que la energía del sol acabe transformándose en una bombilla encendida o un electrodoméstico en funcionamiento pasa por el cable. En el caso de las instalaciones fotovoltaicas, se requieren cables flexibles de gran resistencia a las temperaturas extremas, al fuego, al agua, a los rayos UV y a los productos químicos, entre otros.



17

El cable en la medicina: el primer trasplante de corazón

El 3 de diciembre de 1967, el Hospital Groote Schuur de Ciudad del Cabo fue el escenario del primer trasplante de corazón de humano a humano, todo un hito en la historia de la medicina. Su responsable fue el cirujano sudafricano Christiaan Barnard, quien colocó en el pecho de Louis Washkansky, paciente de 53 años con una grave insuficiencia coronaria, el corazón de la joven de 25 años Denise Darvall, víctima de un accidente de tráfico.

«El cuerpo de Denise estaba en un quirófano a unos metros del quirófano donde yacía Washkansky. Un cirujano le abrió el pecho mediante una incisión en la línea media, cortó algunas costillas y dejó expuesto el corazón con sus vasos sanguíneos adheridos», relataba unos días después, en un extenso reportaje, la revista *TIME*. La portada la protagonizaba una ilustración del rostro del doctor Barnard junto a un corazón.

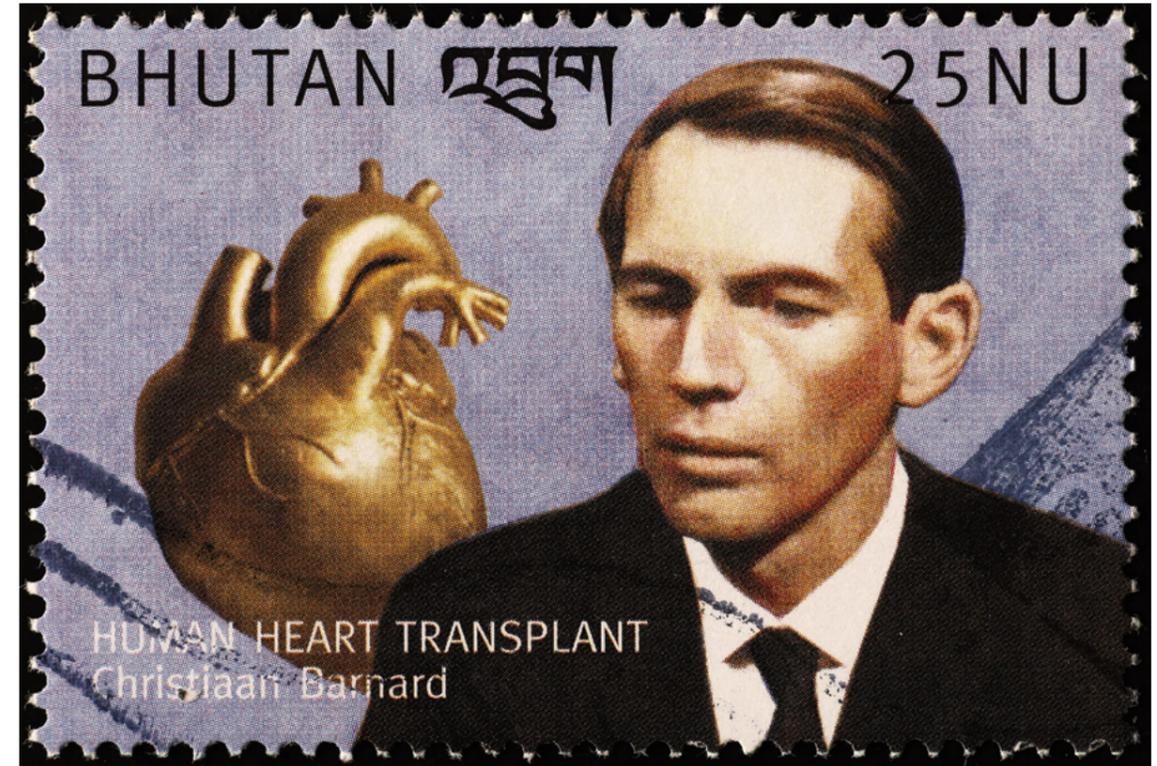
El artículo describía con detalle el procedimiento quirúrgico. «Cerca del arco de la aorta insertó un catéter de plástico, que estaba conectado a una máquina de circulación extracorpórea. Otro catéter, conectado de manera similar, entró en la aurícula derecha. En este punto, todo el cuerpo estaba perfundido con sangre oxigenada. Luego, los cirujanos pinzaron la aorta más allá del catéter y pinzaron la arteria pulmonar y las venas cavas, aislando así el corazón del resto del cuerpo, que a partir de entonces no recibió circulación».

En el caso del receptor del órgano, «los vasos sanguíneos principales se sujetaron de la misma manera que los de Denise, pero en este caso la máquina de circulación extracorpórea tenía un propósito exactamente opuesto: hacer circular sangre oxigenada por todo el cuerpo de Washkansky, excepto por el que estaba a punto de ser un corazón descartado».

Tras cuatro horas de operación, «Barnard dio un paso atrás y ordenó que se colocaran electrodos a cada lado del corazón y se aplicara la corriente (25 vatios por segundo). El corazón dio un vuelco y comenzó a latir rápidamente. **El corazón del Dr. Barnard también dio un vuelco. A través de su máscara, exclamó de manera poco profesional pero perdonable: «¡Cristo, va a funcionar!». Funcionó.**

Lo hizo, al menos, durante 18 días. Pese a que el postoperatorio evolucionó de manera satisfactoria y que el organismo del paciente pareció aceptar el trasplante y se recuperó bien, a las dos semanas su salud empeoró y acabó muriendo a causa de una neumonía.

Hasta el descubrimiento del efecto inmunosupresor de la ciclosporina, en 1972, y su aprobación en 1983 como medicamento para uso humano, el rechazo por parte del organismo receptor fue el gran problema con el que se encontró la medicina de trasplantes. En cuanto a los escollos técnicos, la complejidad de una operación a



corazón abierto pasaba por la necesidad de mantener la circulación de la sangre sin que, mientras durara la intervención, pasara por el órgano que la bombea.

Para que Barnard pudiera llevar a cabo su proeza quirúrgica, ese problema debía estar solucionado previamente, así que es de justicia reconocer la aportación decisiva que el cirujano John Gibbon y su esposa Mary Hopkinson hicieron a la medicina gracias al desarrollo de la máquina corazón-pulmón, también conocida como máquina de circulación extracorpórea. Por primera vez, el 6 de mayo de 1953, el artilugio suplió con éxito la función de ambos órganos durante casi media hora en una operación a corazón abierto que tuvo lugar en el Hospital de la Universidad Thomas Jefferson, en Filadelfia.

Una vez más, el cable cumplía un papel básico en un avance tecnológico primordial para la humanidad. Gibbon consiguió el apoyo del gigante de la electrónica IBM, lo que le permitió construir una máquina corazón-pulmón lo bastante grande y eficiente para reproducir el sistema circulatorio fuera del cuerpo.

La máquina consta de una bomba, que hace la función del corazón, y de un oxigenador, que sustituye a los pulmones. Conectada a la corriente eléctrica, desvía la sangre pobre en oxígeno a un depósito, desde donde la transfiere al

oxigenador. Allí, después de que haya cargado de oxígeno, la bomba devuelve la sangre al sistema arterial para que reanude la circulación por todo el cuerpo. Tras la intervención quirúrgica, el corazón se reinicia y la máquina se retira, pues, si todo ha salido bien, el corazón y los pulmones del paciente habrán recuperado sus funciones.

Para realizar su función, requiere diversos sistemas de cables especializados:

- De monitorización, que conectan los sensores de la máquina con los monitores que controlan las constantes vitales del paciente.
- De alimentación y control, que alimentan las bombas que impulsan la sangre en el circuito extracorpóreo y conectan el sistema con los módulos de control, donde los operadores ajustan parámetros críticos como los flujos de sangre y oxígeno.
- Cables que conectan con las bombas centrífugas, esenciales para mantener el flujo sanguíneo adecuado durante la cirugía, pues sustituyen la función del corazón.
- De seguridad, que incluyen los sistemas de emergencia para alertar sobre cualquier incidencia durante la operación.

18

La exploración de Marte: el desafío total de la conquista del Planeta Rojo

Cuando *The Magazine of Fantasy & Science Fiction* publicó, en abril de 1966, el cuento *Podemos recordarlo por usted al por mayor* (*We Can Remember It For You Wholesale*), de Philip K. Dick, hacía casi un año que la sonda Mariner 4 de la NASA había enviado las primeras fotos de la superficie de Marte, tomadas a casi 10.000 kilómetros de distancia. El protagonista del relato, Douglas Quail, desea visitar el Planeta Rojo y, como no puede permitírselo, recurre a la empresa Rekall, que ofrece recuerdos implantados. Años después, la obra del maestro de la ciencia ficción serviría de argumento para la película *Desafío total* (*Total Recall*), en la que Arnold Schwarzenegger interpreta a Quail.

Estrenada en 1990, es recordada por los impactantes efectos especiales del momento y escenas como la del protagonista con los ojos hinchados y la cara deformándose al quedar expuesto a la liviana y tóxica atmósfera marciana. Marte ha sido fuente de inspiración continua para escritores y cineastas, pero también para la ciencia. La atracción que la difusa promesa de existencia de vida ha ejercido sobre los humanos propició la puesta en marcha de expediciones de exploración prácticamente desde el comienzo de la era aeroespacial.

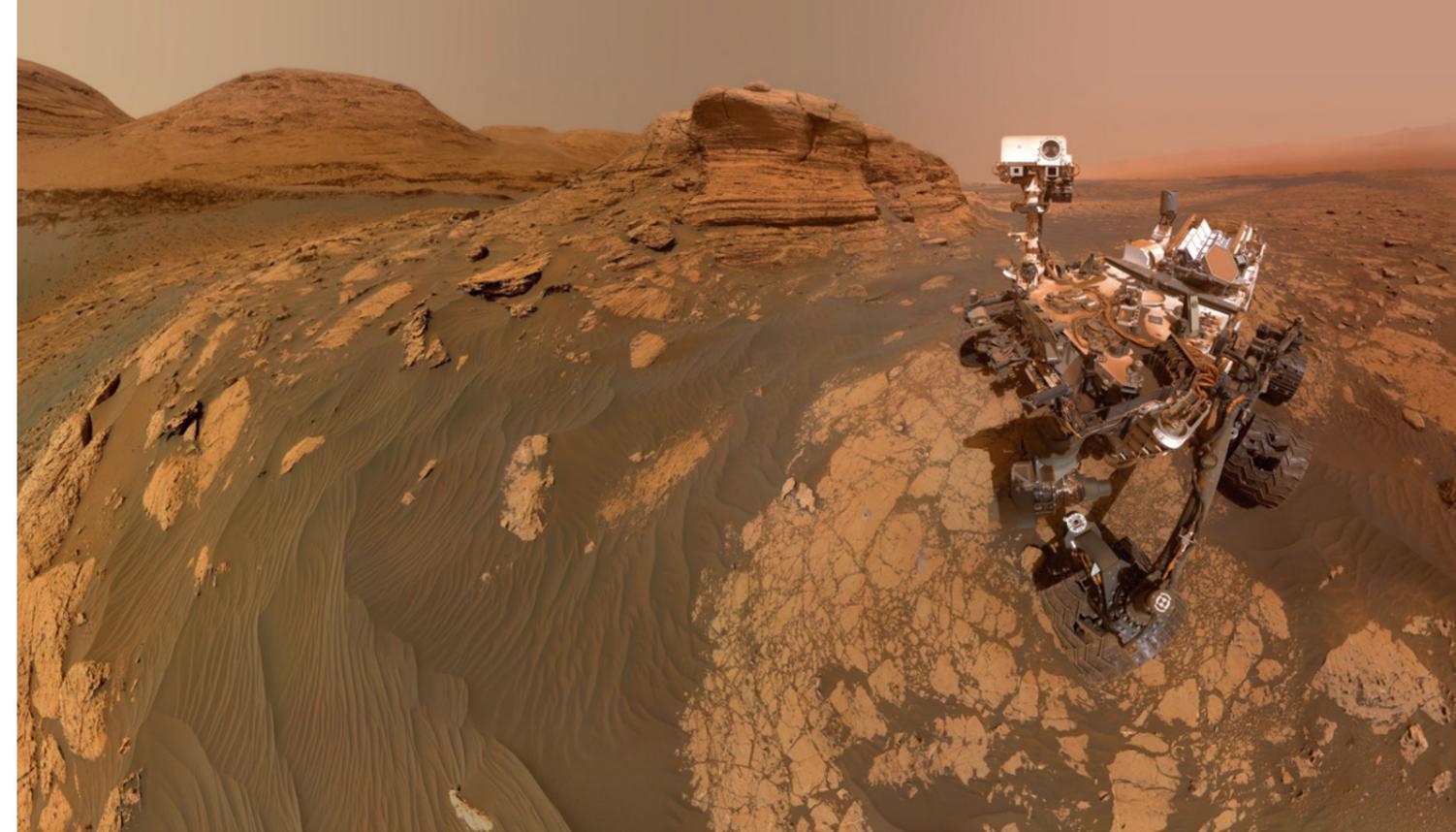
En octubre de 1960, la Unión Soviética lanzó las primeras sondas en dirección al planeta vecino: la Mars 1960A y la Mars 1960B, que no consiguieron salir de la órbita

terrestre. En los años siguientes hubo varios fracasos más, hasta aquellas primeras 22 fotos que, en julio de 1965, envió la Mariner 4. Del medio centenar de misiones planeadas, solo un tercio han logrado el objetivo de orbitar o aterrizar en Marte.

En 1971, la Mars 2 de la URSS y la Mariner 9 de la NASA fueron las primeras naves que entraron en la órbita marciana y, en diciembre de ese mismo año, el módulo de aterrizaje de la Mars 3 fue el primer objeto terrícola en alcanzar la superficie y transmitir datos... durante veinte segundos.

En *Desafío total*, los humanos han conquistado Marte, aunque las condiciones ambientales incompatibles con la vida los mantienen recluidos en colonias artificiales. Cuando se estrenó la película, las únicas fotografías detalladas de la superficie del planeta seguían siendo las enviadas por los módulos de aterrizaje de las naves Viking 1 y 2, catorce años antes, y aún pasarían otros siete hasta la célebre misión del Mars Pathfinder y el pequeño rover Sojourner.

En el libro *On Mars: Exploration of the Red Planet 1958-1978* (1984, The NASA History Series), Edward Clinton Ezell y Linda Neuman Ezell explican que «el proyecto Viking fue iniciado por la NASA en el invierno de 1968 para realizar una investigación científica de los



fenómenos biológicos, físicos y otros relacionados de la atmósfera y la superficie de Marte. El deseo de explorar en busca de posibles formas de vida en el Planeta Rojo fue uno de los primeros objetivos de los científicos que pasaron a formar parte del programa de ciencia espacial de Estados Unidos, y las raíces de Viking se remontan a principios de la década de 1960».

Las Viking despegaron hacia Marte entre el 20 de julio y el 9 de septiembre de 1975. El módulo de aterrizaje de la Viking 1 tomó tierra el 20 de julio de 1976 y el de su nave hermana lo hizo el 3 de septiembre. Mientras que los módulos orbitales mapearon el planeta por completo hasta agosto de 1980, los de la superficie transmitieron hasta noviembre de 1982 cientos de imágenes, tomaron muestras del suelo marciano y las analizaron para estudiar su composición y buscar signos de vida, estudiaron la composición de la atmósfera y la meteorología, y desplegaron sismógrafos.

Se trataba de vehículos complejos, mucho más que los satélites puestos en la órbita terrestre. La energía para su funcionamiento en Marte la proporcionaban los paneles solares integrados, disponían de transmisores de radio, antenas parabólicas, cámaras fotográficas, grabadoras para almacenar los datos obtenidos, además de múltiples sensores y todos los aparatos tecnológicos necesarios para recopilar la información científica tanto en el desplazamiento orbital como en la superficie.

Una vez más, un elemento básico para el éxito en la exploración espacial que, sin embargo, no acaparó titulares, es el cable. Hoy en día, los conectores y el cableado con las exigentes cualidades requeridas para soportar las duras condiciones del espacio son componentes estándar en la industria, pero en los años 60 y 70 del siglo pasado cada pieza de la nave era una excepcionalidad.

Los cables de las Viking estaban fabricados con materiales especiales, resistentes a las condiciones extremas del viaje galáctico y de la superficie marciana. Funcionaban a temperaturas de hasta -120 °C sin degradarse. Se utilizaron aislantes avanzados, como el teflón y otros polímeros especiales, que prevenían cortocircuitos y aseguraban la transmisión de las señales eléctricas a pesar de la radiación del espacio y las partículas de polvo marciano.

Los cables se recubrieron con malla metálica para mitigar los efectos de la radiación electromagnética y garantizar la correcta transmisión de los equipos científicos instalados en los módulos de aterrizaje. Además, debían ser lo bastante robustos para soportar las vibraciones y fuerzas mecánicas tanto del despegue como de la entrada en la atmósfera de Marte, a la vez que flexibles y ligeros, sin perder durabilidad.

19

Un cable de cuatro kilómetros para explorar el fondo marino: el descubrimiento del Titanic

El 2 de septiembre de 1985, la expedición liderada por el oceanógrafo Robert Ballard, de la *Woods Hole Oceanographic Institution* (WHOI) de Massachusetts, descubrió los restos del Titanic, hundido en el Atlántico norte, a unos 600 km de la costa canadiense y a 3.800 metros de profundidad. Como en los días previos, el robot submarino Argo se sumergió en el agua desde el buque de investigación Knorr. Se trataba de una herramienta innovadora, fabricada en buena parte con componentes disponibles en el mercado, pero software y sistemas de cables especialmente desarrollados para llevar a cabo la exploración del fondo oceánico.

«Nos pusimos a ello temprano esta mañana», recogía *The New York Times* el 3 de septiembre, citando al doctor Ballard, quien relataba la reacción del equipo tras recibir las imágenes del Argo. «Fue como una explosión; allí estaba, encima del Titanic. Nuestra reacción inicial fue de emoción, y luego de bajada al ser conscientes de que habíamos encontrado el barco donde murieron 1.500 personas». Tras haber dedicado años a la búsqueda, el científico afirmaba que «el Titanic es algo más que un naufragio, es un verdadero desastre».

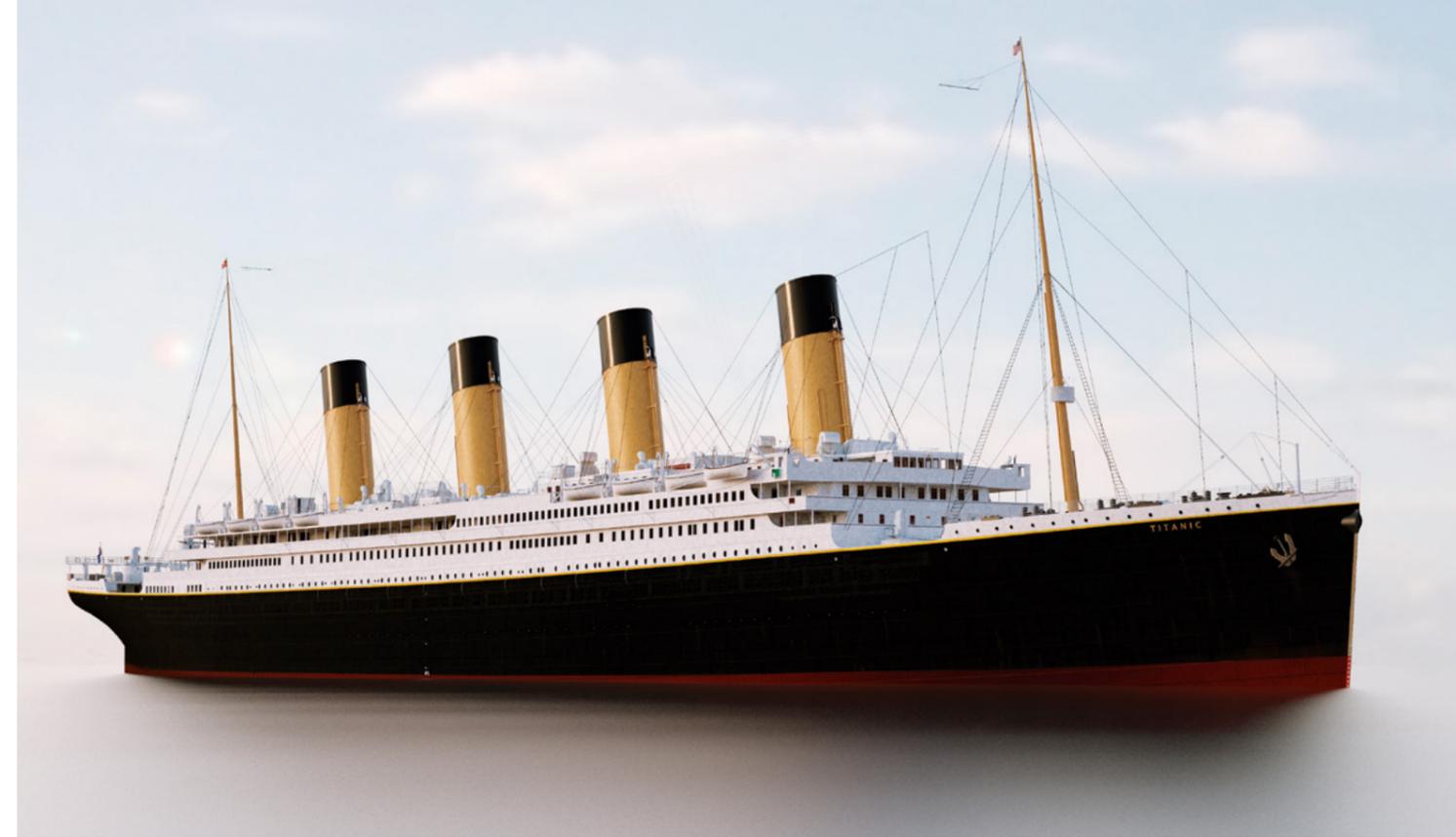
Lo que no se contó entonces es que el hallazgo del transatlántico más famoso de la historia estuvo cerca de no producirse y, en todo caso, fue la parte secundaria de una misión militar secreta. En junio de 2008, *National Geographic*

publicaba la revelación del propio Ballard: «La Armada nunca esperó que encontrase el Titanic, por eso cuando ocurrió se pusieron muy nerviosos por la publicidad».

En 1982, el oceanógrafo, también oficial de inteligencia, solicitó financiación a la institución militar estadounidense para desarrollar la tecnología que necesitaba para explorar el fondo marino, y recibió una respuesta positiva... siempre y cuando esa tecnología se utilizara primero para investigar los restos de dos submarinos nucleares hundidos también en el Atlántico norte, el U.S.S. Thresher y el U.S.S. Scorpion, en la década de 1960. Los militares sospechaban que la Unión Soviética había tenido algo que ver en los naufragios, pero la exploración descartó la hipótesis.

Ballard aceptó el trato, aun sabiendo que existía la posibilidad de que no sobrara tiempo para buscar al Titanic. El caso es que el robot submarino hizo bien su trabajo y le dejó doce días de margen. Le sobraron cuatro, y la emoción internacional por el hallazgo se impuso a posibles suspicacias en cuanto a la naturaleza de la misión.

Remolcado mediante un cable desde la superficie, el Argo podía operar hasta a 6.000 metros de profundidad. Iba equipado con cámaras, luces estroboscópicas e iluminación incandescente para iluminar el fondo oceánico. El cable no solo lo mantenía unido al buque



de investigación, sino que transmitía en tiempo real las imágenes que tomaba del fondo oceánico, le suministraba la electricidad necesaria para su funcionamiento y permitía controlar su desplazamiento de forma remota.

El descubrimiento del Titanic dio inicio a una nueva disciplina oceanográfica: la exploración de sus restos. Así, en 1986, la *Woods Hole Oceanographic Institution* llevó a cabo la primera inmersión tripulada, a bordo del vehículo de sumersión profunda Alvin. Lo ocupaban dos científicos y el piloto, que tardaban casi dos horas en llegar al fondo marino y otras dos en emerger. El vehículo, que podía flotar, maniobrar en una topografía accidentada o descansar en el fondo, contaba con cuatro cámaras de vídeo, luces especiales y dos brazos robóticos hidráulicos para manipular el equipo de experimentación.

El único vehículo utilizado en las dos primeras misiones fue el ANGUS (Estudio Geológico Subacuático con Navegación Acústica), que fue el primer sistema de búsqueda y reconocimiento no tripulado desarrollado por la WHOI. Mantenía contacto visual continuo con el fondo marino y disponía de varias cámaras de foto y vídeo de alta calidad. Además, iba equipado con un sónar que transmitía al barco ubicado en la superficie la distancia que lo separaba del fondo. De este modo, el operador soltaba el cable de arrastre de media pulgada al que iba unida la sonda o lo enrollaba en función de las necesidades.

En la exploración de 1986 también se utilizó un pequeño vehículo operado remotamente bautizado como Jason Junior, un prototipo que formaría parte del sistema Argo/Jason. Aquella fue su primera misión, durante la cual estuvo conectado al Alvin mediante un cable de fibra óptica de 91,5 metros, a través del cual un tripulante del submarino lo dirigía. Gracias a su uso, los científicos pudieron explorar partes del Titanic por donde el Alvin no cabía y obtuvieron imágenes asombrosas.

En 1987 tuvo lugar la primera expedición que recuperó objetos del trasatlántico, pero lo que marcó la diferencia en la popularización masiva del Titanic fue la película de James Cameron. Gran aficionado al buceo, el descubrimiento de los restos del buque atizó su imaginación. «El Titanic era el Monte Everest de los naufragios y, como buceador, quería hacerlo bien. Cuando me enteré de que otros chicos se habían sumergido para hacer una película IMAX, dije: «Rodaré una película de Hollywood para pagar una expedición y haré lo mismo. Me encantó esa primera experiencia y quería más», explicó en una entrevista en la cadena de televisión CNN.

En 1995 organizó la primera expedición, durante la cual filmó secuencias que luego incluiría en la famosa película (estrenada en 1997). Desde entonces, Cameron se ha convertido en uno de los principales expertos del mundo en el naufragio del Titanic.

20

El coche eléctrico: una historia de éxito prematuro en la evolución tecnológica

«El interés entusiasta recientemente mostrado por las compañías eléctricas por promover la causa de los vehículos eléctricos de pasajeros asegura un uso aún mayor de estas máquinas. En el pasado a veces era complicado cargarlos a menos que estuvieran guardados en un garaje donde a los propietarios se les ofreciera el servicio, pero esto ha cambiado. Ahora es posible para el propietario de un coche eléctrico instalar su propia planta de carga, y las compañías eléctricas están ansiosas por conectar sus cables a estas plantas individuales».

El texto citado forma parte de una crónica de *The New York Times* sobre la Muestra Nacional del Automóvil celebrada en el Madison Square Garden. ¿En qué fecha? A nadie le sorprendería si la hubieran publicado en 2011, pero el caso es que, con el título *Los vehículos eléctricos atraen la atención*, apareció nada menos que un siglo antes, en enero de 1911. Y es que a **inicios del siglo XX los coches eléctricos eran mucho más populares que los de gasolina, especialmente entre las mujeres.**

«En los primeros años de la motorización, los pequeños eléctricos eran casi el único tipo de coche a motor que una mujer podía manejar fácilmente, pues los primeros coches de gasolina requerían más fuerza para arrancar de la que la mayoría de mujeres posee», relataba el artículo del diario neoyorquino. «Otra gran ventaja era

su funcionamiento silencioso, comparado con el de los coches de gasolina, y este solo hecho era responsable de su uso generalizado entre las mujeres».

De esta manera, el texto hacía un recorrido por más de una década de evolución en la automoción impulsada mediante electricidad. «Los diseñadores de vehículos eléctricos de pasajeros han hecho grandes avances en los últimos años», afirmaba. «Estas máquinas han retenido toda su popularidad inicial y han crecido de forma constante. Son muy prácticos para su uso en la ciudad, y buena parte de los más conocidos y prominentes fabricantes de coches de gasolina en este país usan eléctricos para desplazarse entre sus casas y sus oficinas», concluía.

En la década de 1830, inventores ubicados en puntos tan alejados del planeta como Hungría, Escocia y Estados Unidos consiguieron mover vehículos alimentados con baterías eléctricas.

Aquellos pioneros se encontraban con la limitación de la autonomía, cosa que cambió con el desarrollo de las baterías recargables, hasta que, en la Exposición Internacional de la Electricidad de París, en 1881, el ingeniero francés Gustave Trouvé presentaba un triciclo impulsado por un motor eléctrico. **En 1888, el empresario alemán Andreas Flocken lanzaba el primer coche eléctrico comercial, el Flocken Elektrowagen.**



Con el cambio de siglo, la flota de taxis eléctricos de Nueva York representaba un tercio del total de vehículos que circulaban por la ciudad. Tanto los coches con motor de combustión como los eléctricos estaban fuera del alcance de la mayoría de personas, pero los segundos no expulsaban humo, eran silenciosos y mucho más sencillos de arrancar. Además, hacia 1910 el problema de la carga disminuyó, pues ya había instalaciones domésticas y aumentó el número de talleres de reparación que ofrecían el servicio durante la noche.

La distribución de la electricidad desde la batería al motor se hacía a través de cables de bajo voltaje. Estaban recubiertos con aislamiento básico de goma o algodón impregnado en barniz o resina para protegerlos de la abrasión y la humedad. No era una protección muy sofisticada, de modo que solían desgastarse con facilidad y el sistema era propenso a los cortocircuitos.

En aquellos años, confluyeron varios hechos que acabarían relegando a la automoción eléctrica: la fabricación en cadena del modelo T de Ford, el primer coche de gasolina al alcance de las clases medias (en 1912 costaba 650 dólares); la invención del arranque eléctrico, que evitaba el uso de la manivela para poner en marcha los vehículos de gasolina; la construcción de una mejor red de carreteras que conectaba las ciudades y, paralelamente, la explotación de los pozos de petróleo descubiertos en Texas, lo que abarató considerablemente el precio del combustible.

Además, los cables utilizados en el sistema de carga de las baterías eran bastante rudimentarios, por lo que la capacidad de almacenamiento de energía era muy limitada. El hecho de que no soportaran las corrientes necesarias para que los coches desarrollaran altas velocidades y pudieran recorrer largas distancias supuso otro hándicap importante en la comparación con los nuevos vehículos de gasolina.

La automoción eléctrica moderna con atractivo comercial surge a inicios del siglo XXI. El Toyota Prius, primer coche híbrido producido en masa, dio el salto de Japón al resto del mundo en torno al año 2000. Poco tiempo después nació Tesla Motors en California, y rápidamente se posicionó como la principal marca en el diseño y fabricación de vehículos eléctricos.

La viabilidad comercial de estos modelos animó a otras grandes marcas a lanzar sus propios coches eléctricos. La creciente preocupación de la sociedad por el cambio climático ha llevado a los gobiernos a promover el impulso de la movilidad sostenible, que, en el caso de la automoción, incluye la dotación de electrolinerías en la red viaria y la instalación de puntos de recarga en las ciudades. Esto, unido al desarrollo de una tecnología más eficiente, ha convertido al coche eléctrico en una alternativa al de gasolina cada vez más competitiva.

21

El nacimiento de Google: el proyecto universitario que ha conquistado el mundo

Google es una compañía gigantesca, con más de treinta centros logísticos en todo el mundo que procesan y almacenan una cantidad ingente de información. El servicio Google Cloud mantiene en contacto sus diferentes infraestructuras a través de más de 3,2 millones de kilómetros de cable de fibra óptica, terrestre y submarina.

Google utiliza tecnologías avanzadas de fibra óptica para transportar enormes cantidades de datos con baja latencia, lo que proporciona de forma casi instantánea la información que los usuarios requieren, además de mantener conectados sus centros de datos y las redes de entrega de contenido o Content Delivery Networks (CDNs). La tecnología Wavelength-Divisions Multiplexing (WDM) permite a la compañía aumentar la capacidad y eficiencia de su sistema de cableado, de modo que múltiples señales de datos viajan simultáneamente por un solo cable de fibra óptica.

Para conocer el origen del gigante de Internet, viajamos a la primavera de 1999. El periodista alemán Karsten Lemm visitaba la «sede mundial de Google» en Menlo Park, una pequeña ciudad californiana donde los estudiantes de doctorado en Stanford Larry Page y Sergey Brin aspiraban a que su incipiente *startup* tecnológica, que habían fundado unos meses antes, llegara un día a competir con los buscadores de Internet que dominaban la escena: Excite, AltaVista y Yahoo.

El cartel estaba escrito a mano junto a la entrada del apartamento. «Dentro había un puñado de programadores, sentados en la cocina, con sus PC montados sobre la tostadora y el microondas», describía Lemm. «El garaje, símbolo perenne del espíritu empresarial de Silicon Valley, estaba repleto de bicicletas de montaña, chucherías y cajas de ordenadores vacías». Y montones de cables, por supuesto.

Aquella visita desembocó en una amplia entrevista para la revista *Start* en la que Larry Page decía: «Los motores de búsqueda juegan un papel realmente importante en la vida de las personas, determinando qué información podemos ver. Tú quieres confiar en la gente que está haciendo eso por ti. Para nosotros dos, ha sido una razón poderosa por la que pusimos en marcha la compañía. Es decir, creemos que podemos hacer un mejor trabajo, y esa es una cosa importante que hacer para el mundo».

Hoy en día, **Google acapara más del 70% de las búsquedas mundiales online, en torno a los mil millones diarias, y obtiene unos ingresos anuales superiores a los 328.000 millones de dólares**, pero comenzó siendo el proyecto de dos universitarios.

Page se había graduado como ingeniero informático en la Universidad de Michigan, mientras que Brin había cursado Informática y Matemáticas en Maryland. En Stan-

ford, el primero se enroló en un programa de doctorado en Informática, y el segundo se matriculó en Ciencias de la computación con una beca de posgrado de la *National Science Foundation*.

Page exploró las propiedades matemáticas de Internet. En concreto, cómo las páginas web podían vincularse a cualquier página determinada, y estudió la naturaleza y el número de hiperenlaces y la información valiosa que proporcionaban. Brin se unió al proyecto y, trabajando desde sus dormitorios, desarrollaron la teoría de que Internet se basaba en la premisa de la cita; es decir, un enlace equivalía a una cita. Así, se propusieron idear un método con el que contar y calificar cada hiperenlace, para medir la relevancia de cada página.

El resultado fue un rastreador web, al que bautizaron BackRub, con el que explorar e indexar los aproximadamente diez millones de documentos que en 1995 existían en Internet. Para establecer la relevancia de cada uno, crearon PageRank, una aplicación matemática que, a grandes rasgos, indica la probabilidad de que un internauta llegue a una web determinada navegando a través de los hiperenlaces de la red.

Para comprobar la funcionalidad del proyecto, pusieron en marcha el motor de búsqueda, al principio solo para los usuarios de la web de la universidad. En agosto de 1996, BackRub se abrió a cualquier usuario de Internet, y poco después sus creadores decidieron rebautizar el proyecto. Lo llamaron **Google, una derivada del término matemático googol, que describe un número 1 seguido por 100 ceros**.

El 4 de septiembre de 1998, Larry Page y Sergey Brin conformaron la sociedad con sede en el garaje de Menlo Park, gracias al millón de dólares recaudado entre pequeños inversores, familiares y amigos. Luego vino la entrevista para *Start*. «Queremos estar a la par con Yahoo, o Amazon, AOL. (...) No hay duda, queremos ser el número uno en cuota de mercado en términos de búsqueda. Y creo que lo podemos conseguir en no mucho tiempo», afirmaba Brin.

Ese mismo año, 1999, Google recibía 25 millones de dólares en capital de riesgo. Entonces, ya procesaba 500.000 búsquedas diarias, que cinco años después alcanzarían los 200 millones.



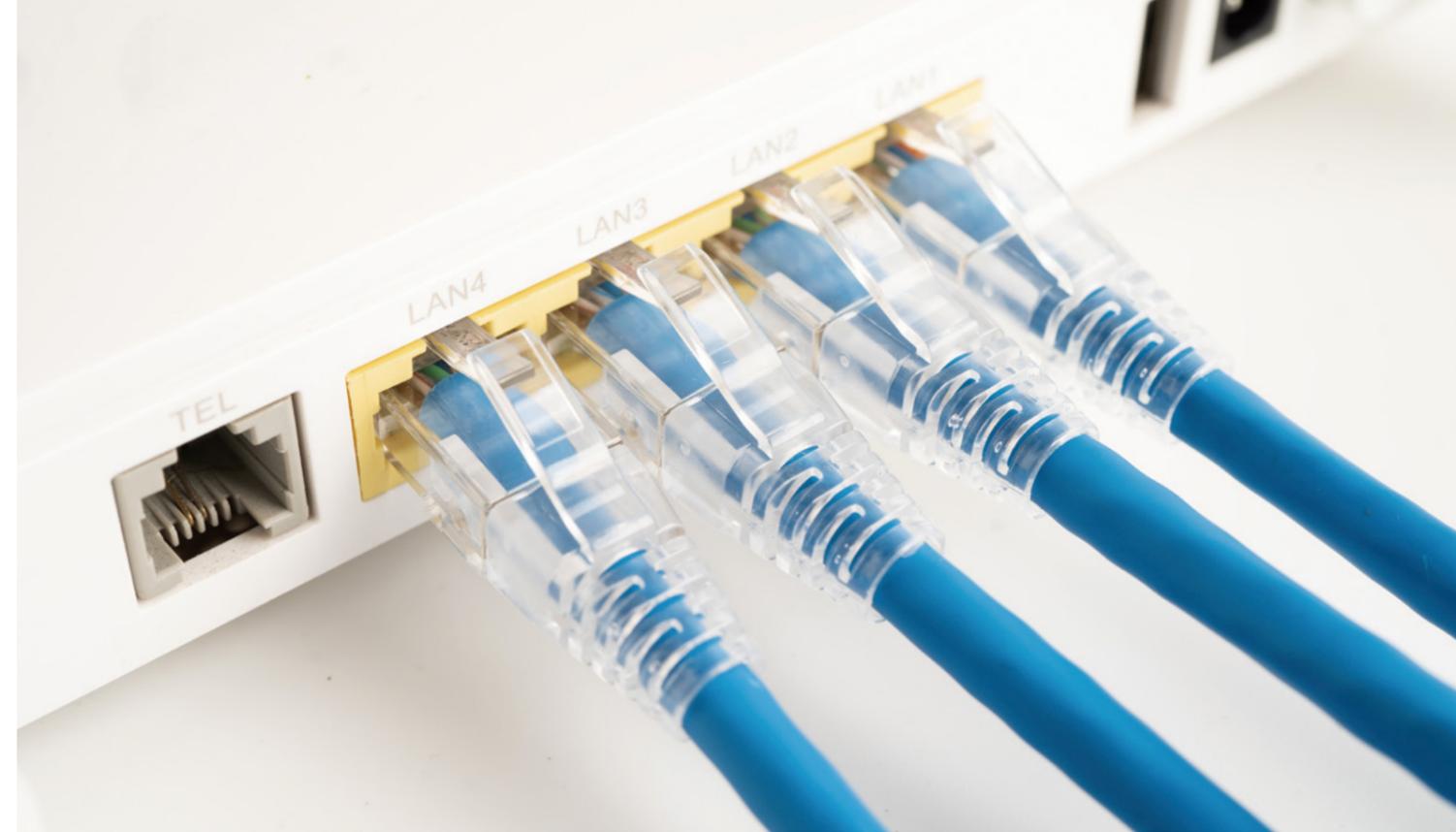
22

Medio siglo de telefonía móvil: la importancia del cable para hacer posible la comunicación inalámbrica

«Señor Spock, transpórtanme a bordo». A finales de los años 60 del siglo XX, la serie Star Trek triunfaba en televisión, con la tripulación de la USS Enterprise viajando de galaxia en galaxia y valiéndose de increíbles ingenios tecnológicos para superar con éxito todo tipo de aventuras. Como el intercomunicador con el que el capitán Kirk pedía al señor Spock que lo teletransportaran a la nave. Aquel artilugio sirvió de inspiración al ingeniero de Motorola Martin Cooper para ponerse a desarrollar el primer teléfono móvil de la historia, el DynaTAC 8000X.

En realidad, el aparatoso prototipo presentado en sociedad en abril de 1973 poco se parecía al pequeño y manejable intercomunicador, pero su función era la misma: permitir la comunicación a distancia sin necesidad de cables. En aquel momento, el mercado de las telecomunicaciones en Estados Unidos lo dominaba AT&T, en cuyo seno los laboratorios Bell trabajaban sobre todo en el desarrollo de la telefonía portátil integrada en automóviles.

El equipo de Cooper en Motorola, en cambio, siguió una línea de investigación que proporcionaría libertad total de movimientos a los usuarios del teléfono. Para cuestionar la posición de dominio de AT&T debían conseguir una innovación que no solo entusiasmara a la gente, sino que también convenciera a la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) de la viabilidad comercial de la telefonía móvil.



Así, el 3 de abril de 1973, el ingeniero se plantó en la Sexta Avenida de Nueva York junto a un periodista de una emisora de radio local, sacó su teléfono de 33 cm de longitud (con la antena extendida) y 1,1 kg de peso, consultó en la agenda que llevaba en el bolsillo el número de Joel Engel, su rival en los laboratorios Bell, y lo llamó. «Sorprendentemente contestó. Le dije: 'Hola, Joe. Soy Marty Cooper. Te llamo desde un teléfono celular, pero un teléfono celular real, personal, portátil, de mano', explicaba (a sus 94 años) en una entrevista reciente con motivo de la conmemoración del 50 aniversario de su invención.

La batería del DynaTAC 8000x ofrecía una autonomía de 35 minutos, y recargarla por completo requería nada menos que diez horas. Aunque aquella primera llamada marcó el inicio de la telefonía móvil, el lanzamiento comercial del primer aparato plenamente funcional no se produjo hasta casi once años después. Fue el 13 de marzo de 1984, con el prohibitivo precio de 3.995 dólares (unos 9.500 actuales). La buena noticia para los mandatarios y altos ejecutivos que podían permitírselo es que Motorola había conseguido reducir el peso del «ladrillo» a 800 gramos.

Un año después del lanzamiento, en torno a 300.000 personas habían comprado un DynaTAC 8000X, que iba acompañado de su correspondiente cargador. El teléfono se dejaba descansar sobre la plataforma de carga, que

a través del cable se enchufaba a la red eléctrica... y a esperar diez horas.

Igual que los celulares, los cargadores han evolucionado a lo largo de los últimos cuarenta años. Aunque la comunicación inalámbrica ha superado de largo al teléfono tradicional, el cable continúa siendo imprescindible para el funcionamiento de los terminales móviles, pues hay que recargar las baterías.

Nokia lanzó en noviembre de 1992 su modelo 1011, el primer aparato que operaba en el sistema global para comunicaciones móviles GSM. Medía 19,5 cm, pesaba 475 gramos, contaba con una pantalla LCD monocromática y tenía autonomía para 90 minutos de charla o doce horas en modo *standby*. En poco tiempo, se vendieron millones de unidades, que iban acompañadas con un cargador de cable y enchufe, sin plataforma de carga.

La principal pega de aquellos cargadores es que integraban el cable y el enchufe y no eran compatibles con otros modelos de teléfono, cosa que empezó a cambiar con la introducción de los cables USB, que permitían separar el enchufe y cargar el terminal conectándolo a un ordenador, por ejemplo. Hoy en día, los cargadores estándar solucionan más de una papeleta y, si no, existen los cables adaptadores para diferentes conectores.

23

Centros de datos de IA: cables que sostienen el cerebro de las máquinas

Cuando Steven Spielberg estrenó en 2001 la película *A.I. Inteligencia Artificial*, probablemente no imaginaba que dos décadas después cualquiera con un teléfono móvil podría utilizar una aplicación de software para, por ejemplo, doblar las interpretaciones de los actores a cualquier idioma, o sustituir sus caras por las de otras personas.

Apenas hemos empezado a descubrir de lo que son capaces las aplicaciones que exploran su potencial. Hacen cosas que muy poco tiempo atrás eran inimaginables, así que no podemos imaginar qué lograrán en cinco años, o incluso en unos meses. Lo que sí sabemos es que en la era de la virtualidad, del almacenamiento en la nube y la comunicación instantánea, las infraestructuras físicas que sustentan el entramado son más necesarias que nunca; el papel del cable es cada vez más protagonista.

«Los humanos son adictos a la tecnología», concluye el CEO de la compañía tecnológica DataBank, Raul Martynek, en un reportaje de la revista *Fortune* titulado «La revolución de los centros de datos de IA está ocurriendo justo en tu patio trasero». DataBank está construyendo un gigantesco centro de datos cerca de Nueva York que ocupará 61.000 metros cuadrados y consumirá 45 megavatios de energía para alimentar cinco

enormes salas repletas de chips de computadora. Es solo una de las más de mil megainstalaciones de este tipo que ya funcionan en todo el mundo.



«Si implementas más tecnología, necesitas más cables de fibra, más antenas de telefonía móvil y más centros de datos», señala Martynek. La demanda creciente de aplicaciones de IA, desde acceder a imágenes en nuestros teléfonos, a hacer scroll en las redes sociales o pedirle cosas a ChatGPT, es la responsable directa de que cada vez sean necesarias más infraestructuras físicas. Las señales que las antenas telefónicas y los routers Wi-Fi envían constantemente requieren cables de fibra óptica que, bajo tierra, acceden a los centros de datos y a los servidores



remotos para recopilar la información almacenada y mantener Internet en funcionamiento.

El origen de los centros de datos hay que buscarlo en la década de 1940, cuando se pusieron en marcha los primeros ordenadores electromecánicos, de un tamaño inmenso. Aquellas instalaciones tenían muy poco que ver con las actuales, más allá del hecho que albergaban ingenios tecnológicos para el almacenamiento y procesamiento de información.

Un centro de datos de IA es un ecosistema muy complejo, diseñado para adaptarse a las intensas demandas computacionales de las cargas de trabajo que recibe, y que necesita una gran cantidad de elementos: espacio, energía, sistemas de refrigeración y conexiones de puertos de datos y de alimentación.

Como el ritmo de la demanda de prestaciones de IA aumenta continuamente, los centros de datos cuentan con *clústeres* de GPU (unidades de procesamiento gráfico); es decir, grupos de ordenadores conectados entre sí para ofrecer la potencia de procesamiento acelerada que

requieren tareas como el procesamiento de imágenes y vídeos o el entrenamiento de redes neuronales para el aprendizaje automático de los equipos.

Así, las características principales en cuanto a equipamiento físico de este tipo de instalaciones incluyen:

- Despliegues de alta densidad que soporten requisitos de energía de hasta 50 kW por rack.
- Soluciones innovadoras de refrigeración. Las cargas de trabajo de la IA generan tanto calor que son necesarias grandes cantidades de agua para refrigerar los equipos.
- Infraestructura de red de cableado sólida que atienda con solvencia las exigencias de trabajo de los *clústeres* de GPU.

El desarrollo de la IA es un campo tan vasto y con tanto por descubrir, que las características de las infraestructuras necesarias para hacerlo posible también están en evolución constante. Cómo serán los centros de datos en una década, nadie lo sabe. Lo que sí nos atrevemos a pronosticar es que el cable continuará siendo imprescindible.

24

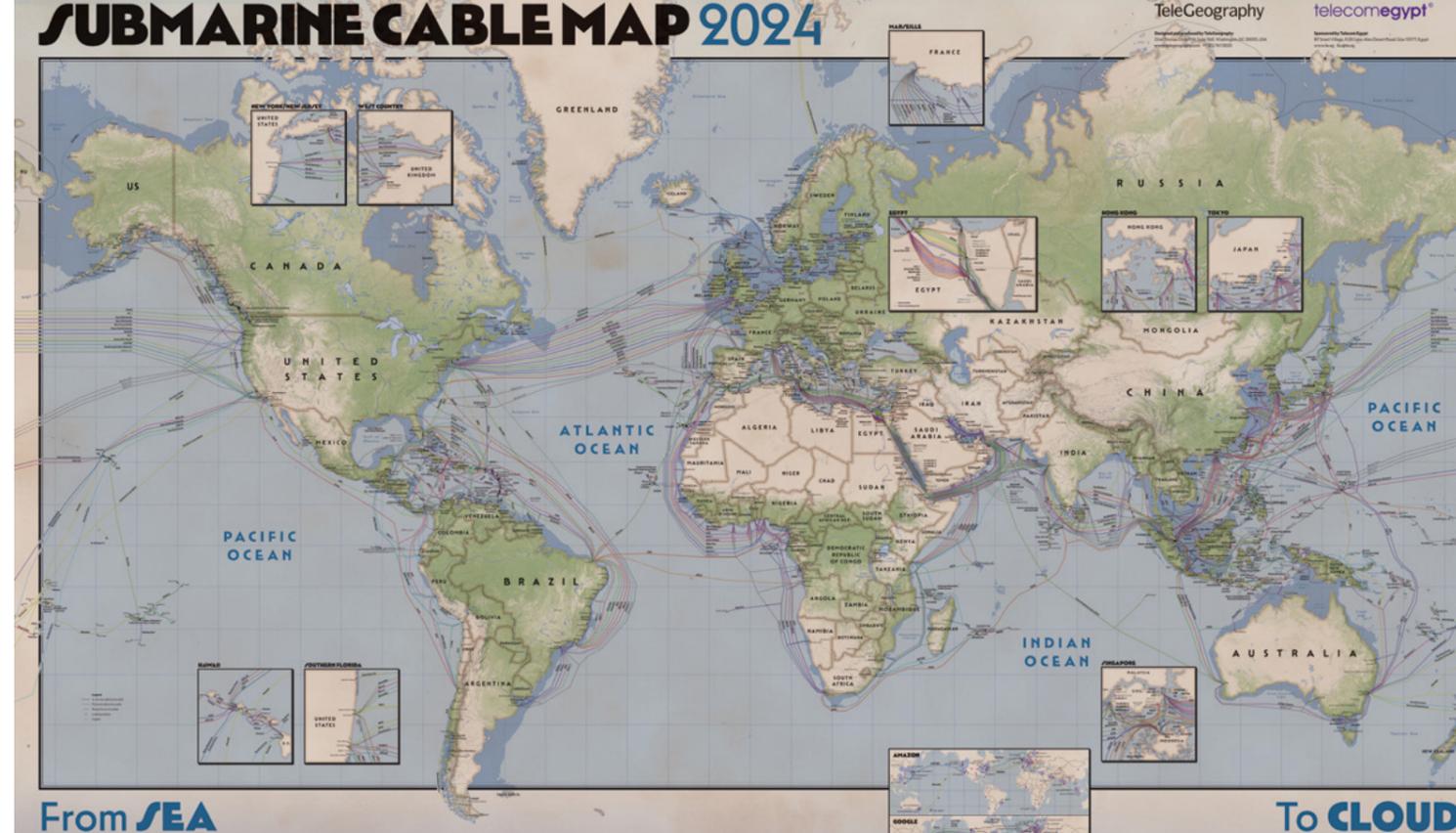
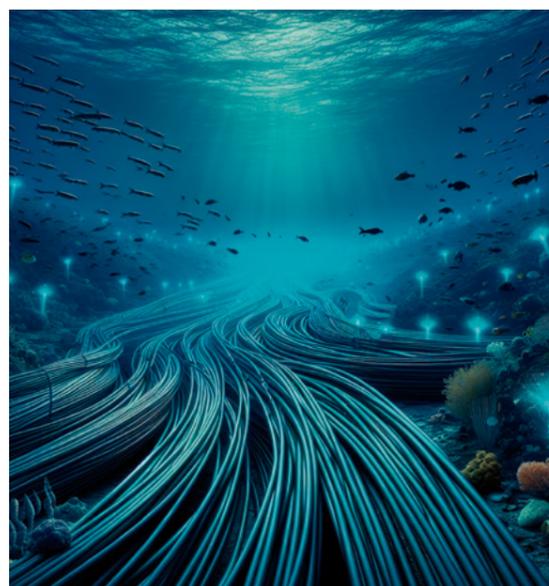
Información y energía eléctrica submarinas: autopistas de cables que cruzan el fondo oceánico

El mapa de cables submarinos que actualiza cada año Telegeography registra en su edición de 2024 un total de 559 y 1.636 puntos de aterrizaje, que cubren más de 1,4 millones de kilómetros de recorrido. Ha llovido mucho desde aquel primer cable telegráfico que, en 1850, conectó las costas de Inglaterra y Francia a través del estrecho de Dover, pero, 174 años después, la forma de desplegar el tendido en el lecho marino continúa siendo muy parecida: se necesita un barco que lo sumerja desde la superficie.

Aquellos primeros cables transportaban la señal telegráfica a una velocidad exasperante para los estándares actuales. Por ejemplo, el cable Firmina con el que Google ha conectado la costa atlántica americana, entre Estados Unidos y Argentina, tiene una capacidad de 240 terabits por segundo.

Hoy en día los cables de telecomunicaciones copan la mayor parte de las autopistas submarinas, pero también los hay que transportan energía. Es el caso del Viking Link, que distribuye electricidad entre Reino Unido y Dinamarca a lo largo de 765 km, lo que lo convierte en el cable para el transporte de energía entre países más largo del mundo. El récord durará poco, lo que tarde en entrar en funcionamiento el Australia-Asia Power Link, que, con 4.200 km de longitud, conectará Australia con Indonesia y Singapur. En cualquier caso, queda lejos de los 13.500 km que recorre el Firmina.

La demanda creciente de servicios de telecomunicaciones en todo el mundo, especialmente el consumo de Internet, está provocando un auge en los proyectos de cables submarinos como el de Google, que desde abril recorre la costa este americana. Telegeography prevé que su mapa de 2025 mostrará un incremento de más de 300.000 km en la red, provocado, sobre todo, por las necesidades de más ancho de banda de las compañías que dominan el mercado de los servicios online.



Los cables submarinos modernos poco tienen que ver con los frágiles hilos de cobre recubiertos de gutapercha que se plantaron en el fondo del océano durante la segunda mitad del siglo XIX. El uso de la fibra óptica en los tendidos submarinos a partir de 1980 y la sustitución de la gutapercha y el caucho por el polietileno como aislante abrieron un enorme abanico de posibilidades para las telecomunicaciones, no solo por la mejora en las prestaciones técnicas, sino también por la maniobrabilidad que aportaban su mayor flexibilidad y la sustancial reducción de peso: de 15 toneladas por km a apenas 200 kg.

La mejora en el diseño y las características físicas de los cables ha supuesto un gran avance en la logística necesaria para su instalación. De todas formas, se trata de una operación tan especializada y compleja que solo hay en torno a 60 buques cableros en servicio en todo el mundo.

Son barcos de gran potencia, preparados para transportar y tender cientos de toneladas de cable, o bien recuperarlo en el caso de que sea necesaria una reparación. El cable se fija a tierra y el barco lo va desenrollando y colocando en las zanjas que, previamente, abre en el fondo marino. Aunque la técnica no ha variado mucho a lo largo de la historia, los avances tecnológicos han permitido construir buques cableros con capacidades inimaginables décadas atrás.

El más avanzado de todos es el Leonardo da Vinci, con 171 metros de eslora, que entró en servicio hace tres años. Gracias a sus dos plataformas giratorias de 7.000 y 10.000 toneladas, es capaz de tender cables hasta a 3.000 metros de profundidad. En su fabricación, se utilizaron 9.000 toneladas de acero y más de 600 km de cables eléctricos. Entre sus logros operativos, se encuentra la colocación del sistema Viking Link y, próximamente, la instalación, por primera vez en la historia, de un cable eléctrico HVDC a más de 2.000 metros de profundidad. Este cable se utiliza en la transmisión a larga distancia de electricidad procedente de energía renovable. El proyecto contempla un tendido de más de 1.500 km que facilitará el intercambio de energía entre las islas italianas de Cerdeña y Sicilia y la región de Campania.

Las prestaciones del Leonardo da Vinci serán superadas próximamente por otro buque cablero, el Fleeming Jenkin, que será el doble de grande para poder cubrir mayores distancias e instalar cables de última generación a más profundidad y de un modo más eficiente. Su primera intervención, prevista para 2027, será la conexión entre Egipto y Europa para la exportación de energía renovable o hidrógeno verde a lo largo de 1.000 km por el fondo del Mediterráneo.

25

Fascinación, inquietud y aplicaciones industriales: el origen de la robótica

«La firma Bethel produce un robot para acelerar la automatización de fábricas», titulaba el 23 de febrero de 1961 *The Bridgeport Post*, periódico de la ciudad ubicada en el Estado de Connecticut. La compañía había presentado el Unimate, el primer robot industrial de la historia, programable y operado digitalmente, que había inventado siete años antes George Devol. Pesaba 1.225 kg y su aspecto no era muy diferente del de los brazos robóticos que en la actualidad son tan comunes en las fábricas.

Según relata el artículo, el presidente de Bethel, Joseph Engelberger, «hizo una distinción entre el robot de ciencia ficción que tiene inteligencia independiente y este “manipulador” que, según dijo, es solo una “extensión de un ser humano”». Explicó que la máquina podía recordar hasta 200 comandos secuenciales en su tambor de memoria magnética, y que debía ser guiada para aprender antes de ser capaz de actuar por sí misma a la velocidad normal de una persona.

«El robot está diseñado para acelerar la producción de fábrica y ahorrar costes al asumir tareas repetitivas que ahora realizan hombres», añadió. Efectivamente, ese mismo año, General Motors compró el Unimate por 25.000 dólares y lo instaló en su planta de ensamblaje de vehículos de New Jersey, lo que dio inicio a la era de la robótica industrial. La red de cables que circulaba por el interior del artificio le permitía girar y rotar, así como articular las

juntas rotacionales del extremo del brazo para sostener herramientas, manipular piezas y soldar, funciones muy parecidas a las que cumplen los robots modernos.

Aquello supuso la primera aplicación productiva de la robótica, una ciencia en ciernes a mediados del siglo XX, pero que desde muchos siglos atrás había alimentado la imaginación de los humanos. En la mitología griega, el antiguo Egipto o la China ancestral, los autómatas, en diversas configuraciones y diseños, eran habituales. Cientos de años antes de Cristo, en China fabricaban ingenios capaces de proponer brindis en los banquetes, tocar instrumentos musicales o hacer sonar gongs y campanas. Impulsados por mecanismos hidráulicos, en Egipto los autómatas participaban en ceremonias religiosas y obras de teatro de títeres.

El ingeniero árabe Al Jazarí publicó en el siglo XII tratados sobre hidráulica, instrucciones para la construcción de autómatas humanoides y *El libro del conocimiento de dispositivos mecánicos ingeniosos*, que, posteriormente, sirvieron de base para los relojes mecánicos de torres y campanarios. También Leonardo da Vinci diseñó un caballero mecánico con armadura, cuyo mecanismo le permitía ponerse en guardia, mover los brazos, la cabeza y la mandíbula.

Obviamente, ninguno de estos protorrobots integraba cables ni era capaz de aprender. Carecían de la autonomía y la po-

sibilidad de adquirir conciencia de sí mismos, que es lo que nos fascina e inquieta a partes iguales. La palabra robot con el uso que le damos hoy en día la inventó el dramaturgo checo Karel Capek, quien en su obra de 1920 *Los robots universales de Rossum* presentaba a unos personajes artificiales que trabajaban felizmente para los humanos (aunque —ojo, spoiler— al final se rebelaban contra ellos y los extinguían). Robota en checo significa «trabajo penoso».

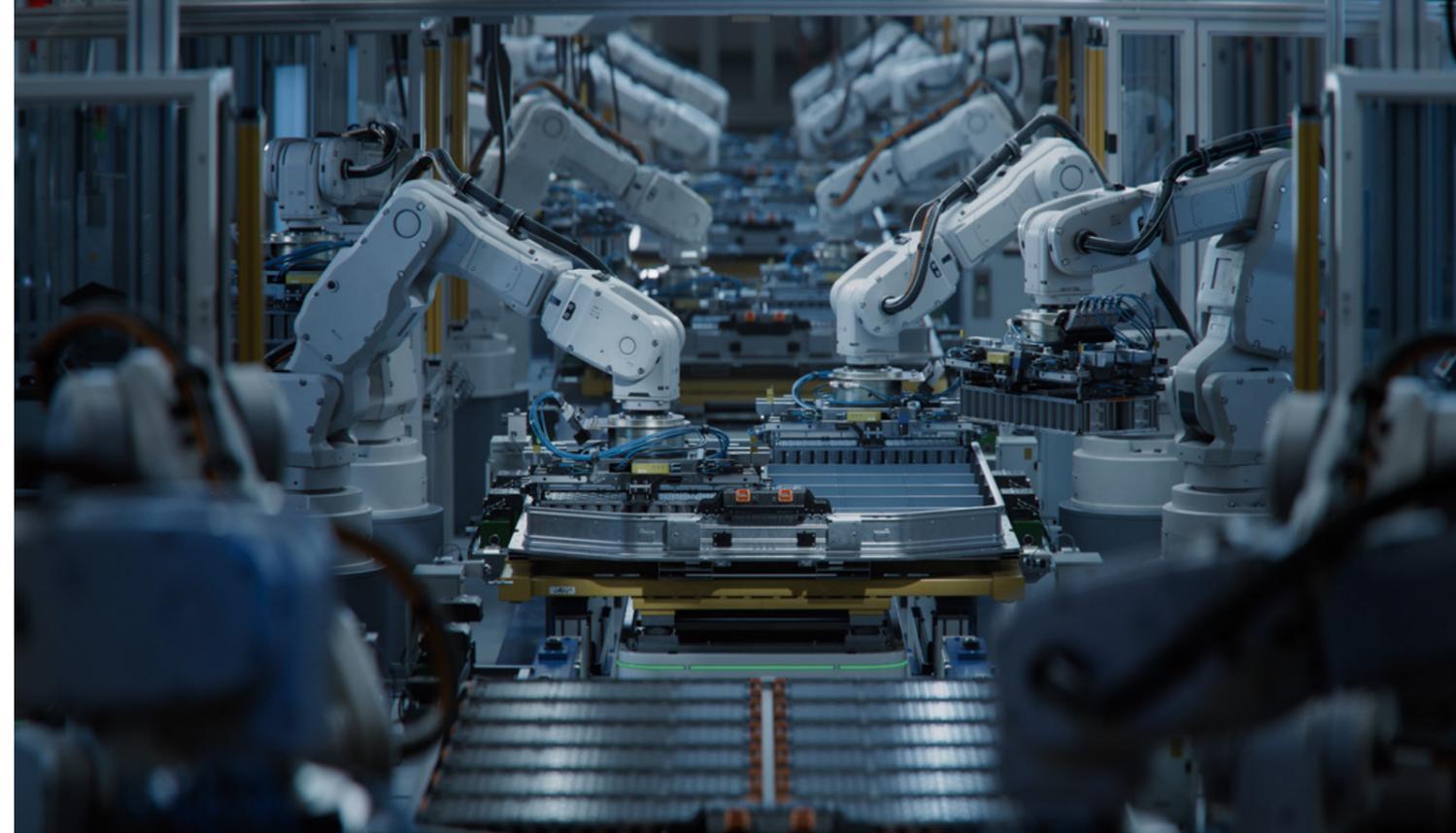
La amenaza del robot para la humanidad ha sido una constante en la ficción. El primer robot de aspecto humanoide que se convirtió en un fenómeno internacional fue María, el personaje que Fritz Lang creó para su película *Metrópolis* (1927). Unos años después, el maestro de la literatura de ciencia ficción Isaac Asimov estableció las tres leyes de la robótica, que posteriormente adoptaron tantas otras obras de ficción. Las presentó en su relato *Círculo vicioso*, de 1942:

- Primera ley: un robot no hará daño a un ser humano, ni por inacción permitirá que un ser humano sufra daño.
- Segunda ley: un robot debe cumplir las órdenes dadas por los seres humanos, a excepción de aquellas que entren en conflicto con la primera ley.
- Tercera ley: un robot debe proteger su propia existencia en la medida en que esta protección no entre en conflicto con la primera o con la segunda ley.

No es extraño, pues, que cuando Joseph Engelberger presentó el Unimate ante la prensa puntualizara que nada tenía que ver con el estándar de robot que la ciencia ficción había instalado en el imaginario colectivo. Desde entonces, la investigación en robótica ha dado lugar a numerosas aplicaciones en disciplinas muy diversas: automatización industrial, industria aeroespacial, medicina, automoción e incluso la limpieza de los hogares (el popular robot aspirador Roomba salió al mercado en 2002).

En paralelo al desarrollo tecnológico de los robots, se ha producido el de los cables que hacen posible que cada vez realicen tareas más complejas y con mayor precisión. Se trata de componentes muy flexibles, con una enorme capacidad de torsión para evitar que se deformen, y una exigencia de durabilidad muy superior a la de cualquier otra industria. Además, deben ofrecer la máxima eficiencia en su rendimiento y soportar todo tipo de condiciones ambientales.

Los robots son capaces de hacer cada vez cosas más extraordinarias. Quizá llegue el día en que, como en *Blade Runner*, sean casi indistinguibles de los humanos, pero lo que difícilmente podrán hacer sus creadores es prescindir de los cables que, de un modo u otro, repliquen los mecanismos naturales que recorren el interior de los cuerpos humanos.



sumcab

«Señor Spock, transpórtanme a bordo»
«¡Guau, la Tierra es redonda!» «¿Recuerdas ese
sonido que estabas buscando? Bien, escucha
esto.» [...] «este es un triunfo más glorioso
porque es mucho más útil para la humanidad»
[...] [..«Nuestro ferrocarril eléctrico es un
espectáculo» «Si la gente supiera en lo que
estoy trabajando, pensaría que me he vuelto
loco» «¡Cristo, va a funcionar!»

sumcab

Pol. Ind. Pla de Llerona,
C/ Gran Bretanya 29
08520 Les Franqueses del Vallès
Barcelona - España

+34 93 462 70 57
sumcab@sumcab.com
www.sumcab.com