

# TORRES QUEVEDO Y LA AUTOMÁTICA

Por GONZALO TORRES-QUEVEDO POLANCO,  
Ingeniero de Caminos.

*En el primer párrafo explica el autor la oportunidad del presente artículo, que ha de proporcionar al lector la satisfacción de evocar tiempos ya lejanos y recordar a nuestro sabio y eminente compañero D. Leonardo Torres Quevedo, por cuya memoria nos honramos con la publicación de este trabajo.*

Recientemente se ha celebrado en París un coloquio sobre "Las máquinas de calcular y el pensamiento humano", en el cual, especialmente invitado a ello, he presentado algunos aparatos de mi padre y he expuesto los principios fundamentales de sus trabajos científicos. Con este motivo se han publicado en la Prensa nacional y extranjera algunos artículos y reportajes muy buenos, que agradezco, y creo oportuno dar una explicación más detallada a los lectores de la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, comenzándola con un recuerdo a mi padre.

El peso de la edad y una enfermedad que sufría le habían disminuído las facultades creadoras en sus últimos años. Se sobrevivió, lo mismo que muchos hombres eminentes, y falleció en plena época roja, sin que llegara la noticia al conocimiento público más que casualmente y con retraso, y en los años que han seguido a aquellos terribles acontecimientos, puede decirse que, si bien se ha hecho perdurar su nombre, a causa de las numerosas inquietudes acuciadoras de cada momento, se ha ido dando al olvido, hasta hace pocas semanas, su persona y sus trabajos, por lo cual, al tratar de éstos, es obligado un apunte biográfico después de tantos años de silencio. Algunas veces, contra mi voluntad, habré de emplear el "yo"; seguramente el lector comprenderá que me es imposible evitarlo.

Dividiré el artículo en las cuatro partes siguientes: Apunte biográfico, principios fundamentales, reseña de aparatos y trabajos y coloquio de París.

## Apunte biográfico.

Leonardo Torres Quevedo nació el 28 de diciembre de 1852, en Santa Cruz de Iguña, pequeño pueblo de la provincia de Santander, en la misma casa de los Quevedo en la que había visto el día un ilustre marino, herido y fallecido en Santiago de Cuba, D. Francisco Bustamante Quevedo, primo hermano suyo. Su padre, D. Luis Torres Vildósola, natural de Bilbao, fué también Ingeniero de Caminos y se distinguió en su carrera; su madre era de Santa Cruz. Durante su niñez vivió en Bilbao y veraneaba en Santa Cruz, y hacia el año 1870 la familia se trasladó a Madrid, donde concluyó la carrera de Ingeniero de Caminos en 1876, con pleno derecho a entrar en el escalafón, pero nunca lo hizo, sino que después de haber desempeñado su profesión durante poco tiempo en algunos asuntos ferroviarios, su situación económica le permitió dedicarse a estudios y trabajos científicos, intercalados con algunos viajes al extranjero.

En el año 1885 se casó con Luz Polanco, que vivía también en el Valle de Iguña, por lo cual bien puede decirse que sus hijos tenemos allí nuestra patria chica.

En los años a los que no alcanzan mis primeros recuerdos, se ocupó principalmente de las máquinas de calcular y de los transbordadores aéreos, de los cuales hizo dos ensayos en aquel valle, que, aunque toscos, el segundo no dejó de tener importancia, pues



salvaba entre dos picos una luz de dos kilómetros, mucho mayor de la que tienen los que posteriormente se han abierto al público.

Su primera Memoria sobre las máquinas de calcular, del año 1893, fué presentada a la Real Academia de Ciencias de Madrid, y el informe de fecha 15 de enero de 1894, redactado por el eminente hombre de ciencia D. Eduardo Saavedra, contiene una disertación erudita sobre todos los trabajos realizados hasta aquella fecha acerca de las máquinas de calcular, señala con elogio los puntos de vista originales de mi padre, y propone que el Gobierno le ayude financieramente.

Poco después, en el año 1895, presentó a la Academia de Ciencias francesa y a la Asociación Francesa para el Progreso de las Ciencias, que celebraba aquel año un Congreso en Burdeos, Memorias sobre las máquinas de calcular, en las que aparecen ya la mayor parte de las ideas desarrolladas más tarde. En 1900 presentó a la Academia de Ciencias de París la Memoria titulada "Las máquinas de calcular", una de las dos fundamentales de sus trabajos científicos, sobre la cual he de volver más adelante, que fué informada muy favorablemente.

Los veinte o veinticinco años siguientes son los de su apogeo, en los que obtuvo sus triunfos más resonantes, prodigándose su actividad de un modo increíble: máquinas de calcular, telekino, transbordadores aéreos, globos dirigibles, automática, electromecánica, ajedrecista, diccionario tecnológico hispanoamericano, elevadas distinciones académicas... Serían precisas muchas páginas, que no caben en este apunte, para detallarlo. Mencionaré solamente que fué Presidente de la Real Aca-

demia de Ciencias, Académico de la Española, uno de los doce Académicos asociados de la de Ciencias de París; perteneció a la de Buenos Aires, a la Sociedad Científica de la República Argentina y a otras Asociaciones científicas nacionales y extranjeras; fué Doctor honoris causa de las Universidades de París y de Coimbra; le fueron concedidas la medalla Echeagaray, las grandes cruces españolas de Alfonso XII y de Carlos III y la de S. Tiago da Espada, de Portugal; el Gobierno francés le hizo Comendador de la Legión de Honor y fué nombrado Inspector honorario del Cuerpo de Ingenieros de Caminos.

También debo mencionar que desde los primeros años del siglo el Gobierno le concedió su ayuda, creándose sucesivamente, para desarrollar sus inventos, varios centros oficiales, que condensaré en el que tuvo el nombre preferido por mi padre: Laboratorio de Automática, cuya sede estuvo en el Palacio de la Industria y de las Artes, situado en los altos del antiguo Hipódromo. Muchas personas desfilaron por estos centros o laboratorios en diferentes empleos, en general, de auxiliares técnicos, unos ayudando a mi padre y otros desarrollando sus propios inventos, para lo que recibían las máximas facilidades. Yo fuí auxiliar técnico, salvo una intermitencia en la época roja, desde 1911 a 1939, y es fuerte la tentación de describir aquel ambiente y referirme con más detalle a mis antecesores y compañeros, pero debo resistirla; los menciono a continuación en grupo heterogéneo, que despertará el recuerdo de los que conocieron aquella casa, y es de interés general, pues algunos son personas ilustres, conocidas en toda España. Por orden cronológico aproximado de la iniciación de sus trabajos con mi padre, tal como lo recuerdo, son: D. Manuel Lorenzo Pardo, D. Antonio Peláez Campomanes, D. Enrique Vals, D. Alfredo Kindelán, D. José María Samaniego, D. Miguel Pérez Santano, D. Juan Costa, D. Bienvenido Oliver, D. Pedro Arriba, yo, D. Marcos López del Castillo, D. Mario Legórburu, D. Obdulio Sáez Abascal, D. José María Torroja, D. Salustiano Felipe Pérez, D. Antonio Adrados, D. Nicolás Franco, D. Francisco Díaz Iboleón y D. Esteban Terradas. Si hay alguna omisión, es involuntaria.

Tuvo en España excelentes, numerosos y fraternales amigos, de los que debería ocuparme, de ser ésta una biografía más extensa; don José Echeagaray, ya una gloria nacional cuando mi padre empezaba a dar a conocer sus trabajos, le ayudó con todo el peso de su autoridad, siendo correspondido con sentimientos de admiración y afecto. Entre los de otras naciones, destacan sus dos grandes amigos franceses Maurice d'Ocagne y Gabriel Koenigs. El primero, creador de la Nomografía y Director de l'"Ecole des Ponts et Chaussées", con quien le unió una amistad de más de cuarenta años, escribió numerosos artículos sobre sus trabajos, en uno



←Torres Quevedo dando explicaciones al Príncipe de Asturias en el taller del Laboratorio de Automática.

de los cuales, publicado en *Le Figaro* de 25 de mayo de 1930, califica a mi padre como "el más prodigioso inventor de nuestro tiempo". Koenigs era profesor de la Sorbona, donde dirigía un laboratorio, en el que se construyeron algunos de sus aparatos

También cultivó amistades fuera del terreno científico, y en este aspecto es de notar que durante muchos años concurrió todas las semanas a una reducida tertulia de tendencia literaria.

Aparte de su inteligencia, eran cualidades suyas relevantes la bondad, la modestia, la tenacidad para el trabajo, el respeto máximo a la dignidad personal y a la independencia de criterio de todos, incluso sus hijos y subordinados, y un afán generoso de ayudar en sus trabajos a cuantos inventores presentaban soluciones viables, y de hacer resaltar sus méritos.

En una ocasión en que le fué ofrecida la cartera del Ministerio de Fomento, rehusó, según dijo, por no tener condiciones para ello, lo que produjo sorpresa y dió lugar a comentarios públicos

En familia se olvidaba de sus elevadas especulaciones, era un conversador bondadoso y afable y con frecuencia tomaba parte, con animación y alegría extraordinarias, en sencillos entretenimientos y bromas.

Solía decir, y algunas personas lo achacaban erróneamente a falsa modestia, que sabía pocas matemáticas. Sin embargo, después de terminada la carrera, había aumentado sus conocimientos, llegando a dominar aquellas ramas de esta ciencia, a las que dedicó su atención, sin proponerse entrar a fondo en todas sus teorías, innecesarias para sus trabajos, y a esto se refería. No por eso son menos admirables sus fundamentos teóricos y principios filosóficos acerca de las máquinas de calcular y de la automática; pero su sincera modestia producía con frecuencia estupefacción en sus oyentes y no me resisto a referir un episodio que lo refleja. Un día que había hecho la afirmación que antecede en una reunión familiar, a la que asistían dos muchachas muy jóvenes, una de ellas dijo a la otra en voz baja: "¿Has oído a tío Leonardo, que no sabe matemáticas? ¿Qué sabe entonces?" Y su amiga, andaluza, la contestó sin vacilar: "Debe cé que ce ha diztraído."

Además de la profundidad de inteligencia y de los vuelos de su imaginación, cualidades universalmente reconocidas, poseía una gran claridad de pensamiento, de la que soy testigo de excepción, pues desde niño me explicó algunas nociones de Cosmografía y de Mecánica, y siendo ya hombre, se complacía con frecuencia en comunicarme sus ideas y proyectos, haciéndome un honor innmerecido. Algunas personas seguramente se le han imaginado escribiendo páginas llenas de fórmulas abstrusas, pero lo cierto es que, si escribió a veces fórmulas, como es natural, la claridad de su entendimiento le llevaba más bien a resolver los problemas intuitivamente y a buscar de-

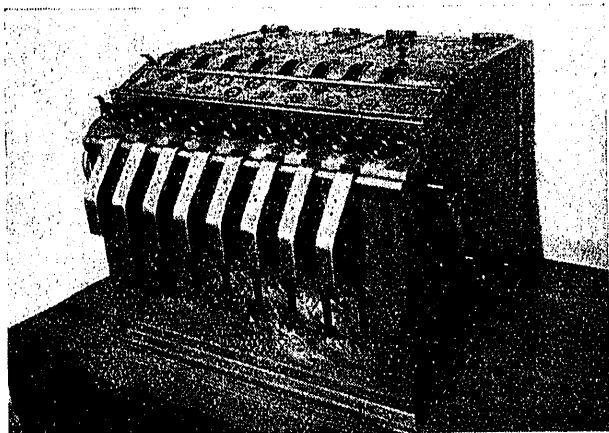
mostraciones matemáticas o mecánicas en un terreno análogo a lo que, en relación con la Geometría descriptiva, suele llamarse "ver en el espacio". Esta visión clara de las cosas no se refería solamente a asuntos técnicos, sino a otros muchos, y de un modo concreto, hace treinta o cuarenta años le he oído expresar juicios acerca de problemas de interés mundial, que van teniendo confirmación y que ya hace tiempo son de conocimiento corriente, pero se lo oí a él mucho antes que a nadie. Y si se equivocaba alguna vez, lo reconocía con la mayor naturalidad.

Al estallar el Glorioso Movimiento Nacional estaba en Madrid, y su enfermedad, de carácter progresivo, hacía temer un próximo desenlace. En el barrio en que vivía caían al principio más proyectiles de artillería que en el mío, lo que dió lugar a que se refugiase en mi casa con mi madre y hermanas en noviembre de 1936, y poco después se agravó y falleció en la madrugada del 18 de diciembre de aquel año. A pesar de las dificultades de aquellos momentos, se le administraron los Santos Sacramentos, y en el momento de recibir el de la Extremaunción, dos o tres horas antes de fallecer y otro tanto después de haber cesado de hablar, pronunció las siguientes palabras, que fueron las últimas de su vida: "Memento homo quia pulvis es et in pulverem reverteris."

A su entierro asistió un puñado de amigos y parientes, que demostraron su valor al hacer esta obra de caridad, y también los empleados y obreros del laboratorio, que siempre le fueron fieles. A todos, mi agradecimiento.

Don Pedro González Quijano publicó un artículo necrológico y biográfico a principios del año 1937, en la *Revista Matemática Hispano-Americana*, y dió una preciosa conferencia en el Instituto Francés el 13 de mayo de 1941. D'Ocagne dió dos conferencias en París y una tercera en la Sociedad Científica de Bruselas, el 5 de mayo de 1938, publicada en la *Revue des Questions Scientifiques* del mismo año, y antes había publicado un artículo en el *Larousse Mensuel Illustré*, de junio de 1937, del que traduzco las últimas líneas para terminar esta parte del artículo:

"Faltaría un rasgo esencial en este rápido bosquejo de la atractiva figura del sabio Ingeniero español, si no se añadiera que a su alta capacidad intelectual se unían las más hermosas cualidades morales: bondad ingénita, perfecta rectitud de carácter, igualdad inalterable de humor, fiel adhesión a sus amigos, conmovedora sencillez, indefectible modestia... Por esto, no menos que la profunda admiración debida a sus méritos excepcionales, inspiraba desde el principio, de un modo natural, una irresistible simpatía, que se convertía rápidamente en todos los que tenían la suerte de mantener con él relaciones continuadas, en una viva amistad."



Máquina de resolver ecuaciones algébricas.

### Principios fundamentales.

Cabe dividir los trabajos de mi padre en dos grupos: los de carácter científico y los que pertenecen al dominio de la Ingeniería. Los más importantes del primer grupo son los relativos a las máquinas de calcular y a la Automática, y del segundo, sus tipos de globo dirigible y de transbordador aéreo. A continuación trataré de los principios fundamentales del primer grupo, y en la reseña general de la parte que sigue, al referirme a cada invento o trabajo, explicaré sucintamente su fundamento.

Entre sus muchos artículos y Memorias, hay dos verdaderamente fundamentales, que contienen lo esencial de su obra científica: una de ellas, ya mencionada, "Las máquinas de calcular", de 1900, y la otra, publicada en la revista de la Academia de Ciencias de Madrid en enero de 1914, y en la *Revue Générale des Sciences Pures et Appliquées*, de 15 de noviembre de 1915, lleva por título "La Automática. Su definición. extensión teórica de sus aplicaciones". Las dos son avances geniales en sus respectivos campos y me ocuparé sucesivamente de ambas.

Acerca de la primera, una ponencia de la Academia de Ciencias de París, formada por los eminentes matemáticos Marcel Deprez, Henri Poincaré y Paul Appell, emitió un dictamen muy favorable, cuya conclusión era:

"En resumen, el Sr. Torres ha dado una solución teórica general y completa del problema de la construcción de las relaciones algébricas y trascendentes por medio de máquinas; además, ha construido, efectivamente, máquinas de manejo cómodo, para la resolución de ciertos tipos de ecuaciones algébricas que se presentan frecuentemente en las aplicaciones.

"La Comisión pide a la Academia que ordene la inserción de la Memoria del Sr. Torres en la colección de los sabios extranjeros."

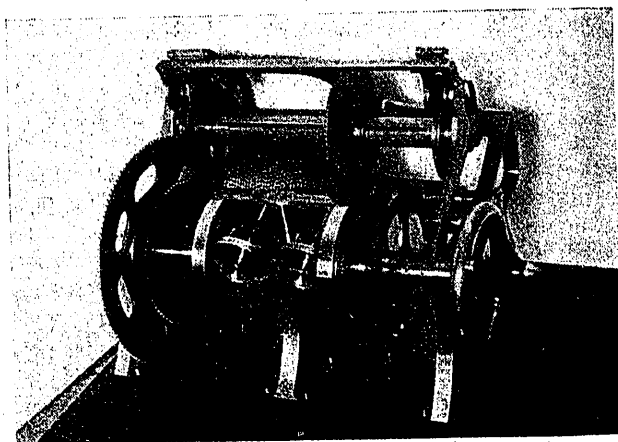
Así se acordó en la sesión del 2 de abril de 1900

y se publicó la Memoria con el número 9 del tomo XXXII de aquella colección.

Todo su contenido, lo mismo que sus estudios anteriores, se refieren a la clase de máquinas que hoy día han sido llamadas "analógicas", galicismo o extranjerismo que empleo para facilitar la exposición de lo que sigue, y porque figura en varios tratados; se aplica esa denominación a aquellas máquinas de cálculo que operan sobre la cantidad continua, como por ejemplo la regla logarítmica, en la cual no se pasa bruscamente de una unidad a la siguiente, sino gradualmente; con buena vista se puede intentar obtener la aproximación que se desee. Todas las máquinas en que ocurre esto pertenecen a la clase indicada, en contraposición a las aritméticas, que pasan bruscamente de una unidad a otra, como los aritmómetros corrientes, y lo mismo ocurre con las grandes máquinas electrónicas, que pertenecen también a esta última clase.

Describe en la Memoria mecanismos sencillos que, en teoría, permiten ejecutar mecánicamente las cuatro operaciones aritméticas, la construcción de funciones de una y de varias variables y la de  $y' = \frac{dy}{dx}$ .

Establece símbolos para representar cada uno de estos mecanismos y el modo de unirlos entre sí, y por la combinación de ellos llega a representar simbólicamente la construcción mecánica de cualquier función o sistema de funciones, por complicados que sean. Anteriormente se habían estudiado máquinas analógicas, y también con posterioridad, pero mi padre fué el primero que enfocó y resolvió el problema de un modo completo, estableciendo principios generales que permiten, siempre en teoría y prácticamente en varios casos, construir mecánicamente, por procedimientos cinemáticos, cualquier relación algébrica o trascendente, incluyendo las funciones imaginarias y diferenciales, y no creo que esta generalización ha sido superada hasta la fecha. Algunos aparatos, contruidos como aplicaciones de esta teoría,



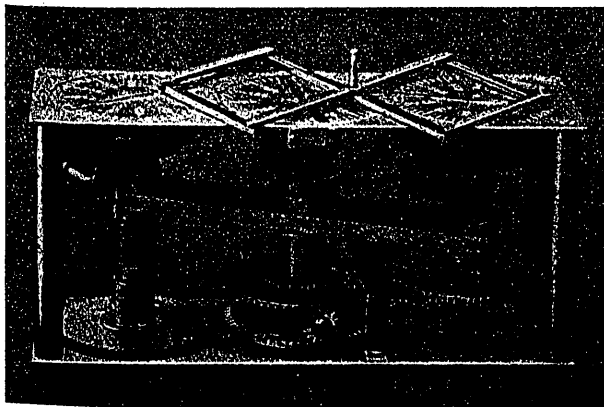
Husillo sin fin.

son ingeniosísimos, han causado admiración y merecido grandes elogios, pero a mi juicio ocupa el primer lugar la creación de la teoría general, lo más espectacular de la cual, la resolución de ecuaciones, es solamente una faceta.

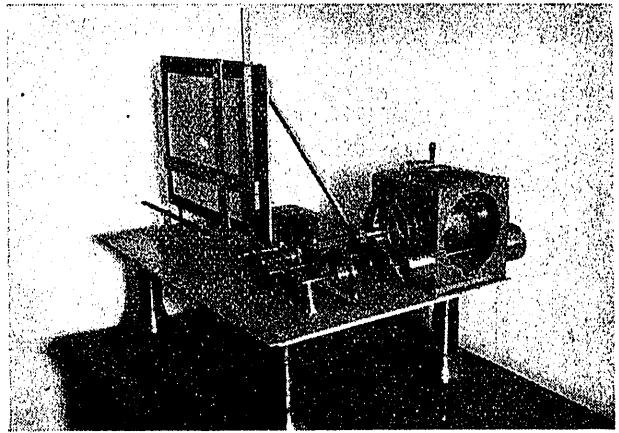
La observación que sigue puede tener interés en la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, por referirse a problemas técnicos. Dentro del sistema y procedimientos de mi padre, se pueden construir mecánicamente, lo mismo que las relaciones algebraicas o trascendentes, otras funciones no expresadas analíticamente por medio de los símbolos matemáticos usuales, sino obtenidas empíricamente o impuestas arbitrariamente. Me explicaré con un ejemplo: supongamos que en un cálculo complicado de resistencia de estructuras interviene un coeficiente de elasticidad, no constante, cuya ley de variación, en función del esfuerzo unitario, se conoce perfectamente por experimentos, pero que no se ha conseguido representarla satisfactoriamente con una fórmula matemática; si se construyera una máquina para resolver dichos cálculos, no sería necesario hacer intervenir en ella ninguna de las funciones analíticas aproximadas, sino que se podría emplear la propia ley obtenida empíricamente, con sus irregularidades, si las tuviera.

La Memoria, de 20 páginas y cinco láminas con figuras, está cuidadosamente escrita en estilo sencillo y preciso, que permite leerla sin excesivo esfuerzo, a pesar de su densidad, pues la materia que contiene permitiría escribir un tratado mucho más extenso. Se divide en dos partes: en la primera, teórica, se consideran aparatos que en realidad, dice la Memoria, son puras abstracciones, construídos con materiales infinitamente duros, sin rozamiento, etc. En la segunda parte se dan soluciones prácticas y, en este sentido, se preconiza el empleo de escalas logarítmicas en tambores que, por indicación de Saavedra, llamó mi padre aritmóforos; y de mecanismos sin fin.

Paso ahora a ocuparme de la segunda Memoria,



Construcción mecánica de la ecuación  $x'' - p \cdot x + q = 0$ .



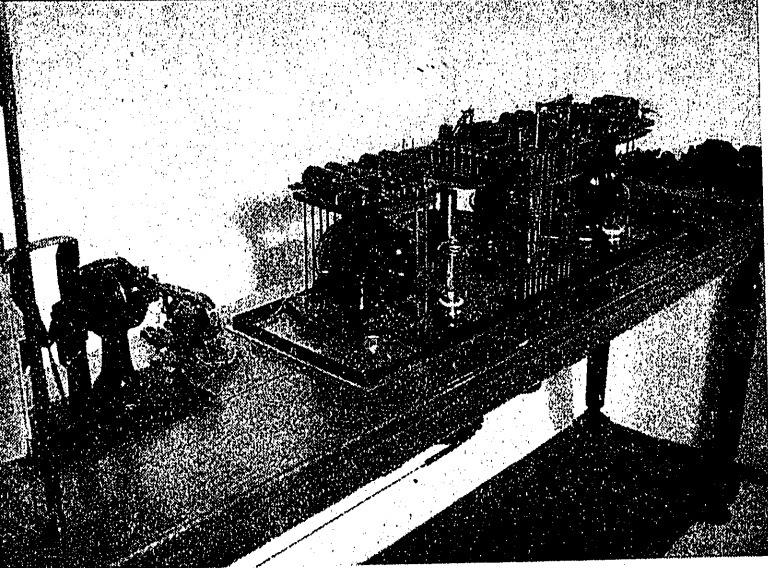
Máquina de integrar ecuaciones diferenciales.

de 1914, sobre la Automática. Desearía hacer resaltar hasta qué punto se anticipó mi padre en aquel ensayo a la novísima ciencia, bautizada hace cuatro años con el nombre de Cibernética (de *cibernetes*, timonel), que consta de dos ramas: el automatismo mecánico y el estudio del sistema nervioso en su relación con las reacciones y fenómenos biológicos, especialmente en el hombre, y trata de establecer las analogías entre ambas ramas y ensamblarlas en lo posible, ensamblaje actualmente en estado embrionario. Mi padre no se ocupó de la parte de Fisiología, aunque se refirió a "los sentidos", "los miembros", "la energía" y "el discernimiento" de los autómatas mecánicos, expresándolo con esas mismas palabras, la relación que implican con un ser vivo tiene un sentido literario o filosófico, es más remota que la que ahora pretenden establecer los cibernéticos. Pero en lo que se refiere a la rama mecánica de la Cibernética, es la misma "Automática" definida y establecida por mi padre hace treinta y siete años.

La define como una sección que deberá agregarse a la teoría de las máquinas, "que examinará los procedimientos que pueden aplicarse a la construcción de autómatas dotados de una vida de relación más o menos complicada".

Estudia las condiciones que deben reunir los autómatas, que han de reaccionar teniendo en cuenta las impresiones que reciban y también las recibidas anteriormente, es decir, deben tener memoria y también discernimiento. Una apariencia de discernimiento, claro es, que confundida a veces con un discernimiento verdadero, ha hecho negar a algunas personas, entre ellas a Descartes, en su discurso sobre el método, la posibilidad de tales autómatas. Mi padre refuta la objeción de aquel gran filósofo con la consideración de que no es preciso que el autómata razonese... "en este caso, como en todos los otros, sería su constructor quien pensara por él de antemano".

Demuestra que, desde un punto de vista puramente teórico, "siempre es posible construir un autómata



Telekinó.

cuyos actos, todos, dependan de ciertas circunstancias más o menos numerosas, obedeciendo a reglas que se pueden imponer arbitrariamente en el momento de la construcción”.

Su concepción de cómo, en teoría, se puede conseguir esto, con el sistema electromecánico, que estima el más conveniente entre los muchos posibles, a base de combinaciones de conmutadores, cuya posición depende de las circunstancias exteriores, apreciadas por los “sentidos” del autómeta, es perfectamente clara y, en principio, se ajustan a la misma, en gran parte a lo menos, muchos aparatos modernos. Basta echar una ojeada a los esquemas de las tortugas de Mr. Grey Walter y del homeostato de Mr. R. Ashby (*L'Science et l'Ve*, de febrero de 1951 y de octubre de 1950), para ver las semejanzas que tienen con las figuras 1.<sup>a</sup> y 2.<sup>a</sup> de la Memoria de mi padre. Recientemente han progresado enormemente las posibilidades de la Automática con la Electrónica y otros adelantos técnicos, y se han hecho estudios profundos a base de altas matemáticas, pero puede decirse que son tan de actualidad como hace siete lustros las ideas básicas de mi padre.

Las grandes máquinas calculadoras modernas tienen un lugar muy destacado en la Cibernética, y lo mismo ocurre en el ensayo de mi padre, en el cual, si bien se sentaban los principios generales como aplicables a cualquier tipo de autómeta, se elegía como objeto preferente de aplicación las máquinas aritméticas automáticas, no para hacer una sola operación, sino que habían de calcular automáticamente los valores de una función para series de valores de sus diferentes variables. Estos aparatos fueron llamados máquinas analíticas por Babbage, gran sabio inglés, que fué el primero en imaginarlas, y cuyos trabajos, de la primera mitad del siglo pasado, quedaron sin concluir por haberle sorprendido antes la muerte. Es curiosa la concordancia del comentario de mi padre, que había estudiado aquellos trabajos, con el que fi-

gura acerca de los mismos en el tratado de Hartree *Calculating instruments and machines*, de 1949, concordancia que se extiende a otros puntos.

Mi padre tampoco llegó a construir máquinas analíticas útiles, pero sí de demostración. En la memoria incluye el esquema completo de una máquina capaz de calcular automáticamente la fórmula  $\alpha = a x (y - z)^2$ , para series de valores de  $x, y, z$ . Los elementos de estas máquinas son muy semejantes a los de las modernas: aparatos inscriptores (o memoria de la máquina), operadores, coordinadores, comparadores, etc., lo que es fácil de comprobar cotejando el ensayo de mi padre con los tratados modernos.

Aunque no he podido detallar bastante, espero que lo expuesto será suficiente para hacer ver la importancia de los trabajos de mi padre en estas materias.

### Reseña de aparatos y trabajos.

Se refiere esta reseña sólo a los principales, que agruparé como sigue: a) Relacionados con la Memoria de 1900, “Las máquinas de calcular”. b) Relacionados con el ensayo de Automática de 1914. c) Varios.

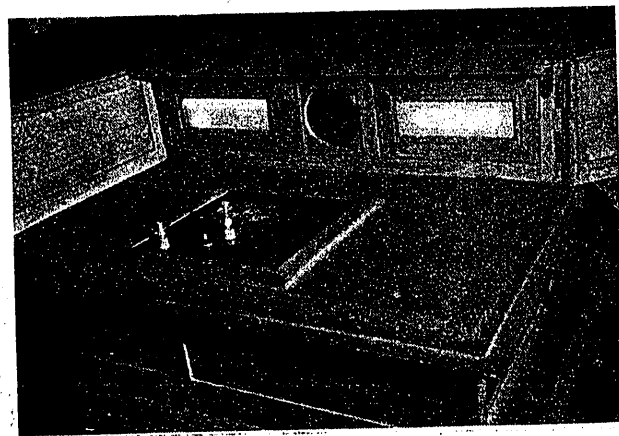
La mayoría de los aparatos importantes se conservan en la Escuela de Ingenieros de Caminos.

El artículo, anteriormente citado, del Sr. González Quijano, contiene una relación bastante detallada de aparatos y publicaciones.

#### a) RELACIONADOS CON LA MEMORIA DE 1900, “LAS MÁQUINAS DE CALCULAR”.

*Máquina de resolver ecuaciones algébricas y husillo sin fin.* — Su invención se remonta a los años 1893-1895. Se debió comenzar a construir hacia el año 1910 y terminarse hacia 1920. La máquina calcula el valor

$$\alpha = \frac{A_1 x^{n_1} + A_2 x^{n_2} + A_3 x^{n_3} + A_4 x^{n_4} + A_5 x^{n_5}}{A_6 x^{n_6} + A_7 x^{n_7} + A_8 x^{n_8}}$$



Ajedrecista con la tapa puesta.

para valores de  $x$  y de los coeficientes que pueden variar, prácticamente, de 0 a  $\infty$ ; cada vez que el valor de la fracción es 1, el correspondiente de  $x$  es una raíz real de la ecuación

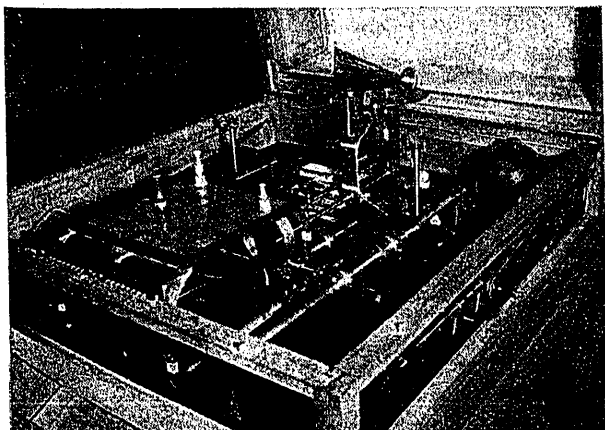
$$A_1 x^{n_1} + A_2 x^{n_2} + A_3 x^{n_3} + A_4 x^{n_4} + A_5 x^{n_5} - A_6 x^{n_6} - A_7 x^{n_7} - A_8 x^{n_8} = 0.$$

Si se trata una ecuación con menos términos, se pueden suprimir prácticamente los que se quiera, haciendo sus coeficientes sumamente pequeños. Los exponentes, que son intercambiables, pueden ser cualquiera, enteros o fraccionarios, pero teniendo en cuenta los rozamientos de los engranajes, el mayor que se ha hecho es 10.

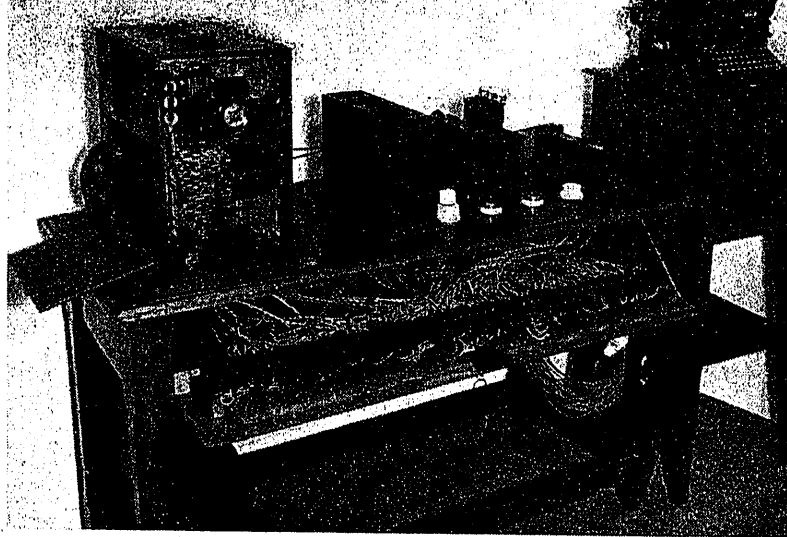
Las escalas son logarítmicas, lo que hace muy fácil, con engranajes, elevar  $x$  a cualquier potencia, mediante una relación constante de velocidades, igual al exponente, y también multiplicar estas potencias por los coeficientes, sumando los ángulos girados por la escala de  $x^n$  y de  $A_n$ , mediante un engranaje epicicloidal, pero es más difícil hacer la suma de los monomios, y mi padre lo resolvió mediante el husillo sin fin, que es la construcción mecánica de la función  $y = \log(10^x + 1)$ , base de los logaritmos aditivos de Gauss. Este mecanismo ha causado admiración a cuantos lo conocen. La máquina tiene seis husillos, uno para cada signo +, los cuatro del numerador y los dos del denominador.

Antes que esta máquina fueron construidas dos, con arreglo a los mismos principios, para ecuaciones trinomias, y algún modelo de ensayo de un husillo sin fin, elemental.

*Máquina que realiza mecánicamente la ecuación  $x^2 - px + q = 0$ , con coeficientes y raíces imaginarios.*— Es una máquina pequeña, construida antes de 1900, que establece entre cuatro puntos que se pueden mover en un plano y representan los valores de las cantidades imaginarias  $p, q, x_1$  y  $x_2$ , llamando



Ajedrecista con la tapa levantada.



Aritmómetro electromecánico.

$x_1$  y  $x_2$  a las dos raíces, los enlaces mecánicos correspondientes a las ecuaciones siguientes:

$$\begin{aligned} x_1 + x_2 &= p, \\ x_1 \times x_2 &= q, \end{aligned}$$

con lo cual la ecuación de segundo grado queda resuelta para todos los valores de  $p$  y de  $q$ . Esta máquina es muy importante teóricamente, pues por la adición de otras semejantes, y teniendo en cuenta que en las ecuaciones algebraicas de cualquier grado los coeficientes son funciones simétricas de las raíces (sumas, productos, o sumas de productos), se podrían llegar a construir funciones imaginarias y resolver, por lo tanto, ecuaciones de cualquier grado con coeficientes y raíces imaginarias, pudiéndose observar el movimiento de las últimas en el plano imaginario si se sujetan en posición fija algunos coeficientes y se mueven otros, de los cuales las raíces serán funciones; en el modelo construido se realiza la permutación de las dos raíces al hacer describir a un coeficiente un contorno cerrado que envuelva a uno de los dos puntos críticos.

No es un mecanismo sin fin, por lo cual los límites de los coeficientes y variables son reducidos. También estudió mi padre la posibilidad de aplicar mecanismos sin fin a funciones imaginarias, encontrando ciertas dificultades por la irreversibilidad mecánica de los husillos sin fin en determinadas posiciones, lo que se podría intentar resolver actualmente con los amplificadores de momento, pero no puedo extenderme sobre este tema, muy complicado.

La Bell Telephone Company ha resuelto modernamente, con un aparato llamado isógrafo, este problema, que en teoría y con aparatos de demostración estaba resuelto por mi padre desde fin del siglo pasado.

Las dos máquinas que anteceden están descritas con detalle en un artículo publicado en la *Revue de Mécanique*, de septiembre-octubre de 1901.

*Máquina para integrar ecuaciones diferenciales de primer orden.* — Se construye mecánicamente la relación  $y' = \frac{dy}{dx}$ , mediante una esfera sobre la que se apoyan, con cierta presión, tres ruletas en los tres vértices de un triángulo trirectángulo; dos de ellas, cuyos giros son las variables  $x$  e  $y$ , y cuyos ejes no cambian de posición, y una tercera que puede girar manteniéndose siempre normal a la superficie de la esfera, y la dirección de cuyo eje determina el valor de  $\frac{dy}{dx}$ . No debe establecerse ninguna relación entre la esfera de este aparato y la del integrador de J. Thomson; es cosa completamente diferente, y creo que la idea de este aparato es, en su totalidad, original de mi padre.

La máquina está preparada de modo que se puede unir a un mecanismo que establezca entre  $\frac{dy}{dx}$ ,  $x$  e  $y$  el enlace mecánico correspondiente a la ecuación diferencial, y haciéndola marchar, un lápiz traza las diferentes soluciones particulares.

#### b) RELACIONADOS CON EL ENSAYO DE AUTOMÁTICA DE 1914.

*Telekino.* — Es anterior a dicho ensayo y precursor del mismo; mi padre empezó a ocuparse de este aparato el año 1901 ó 1902, para poder hacer pruebas del globo dirigible sin arriesgar vidas humanas. Su objeto es gobernar a distancia un barco, globo, etc. Su principio consiste en que cada señal de ondas hertzianas hace avanzar un paso una rueda que lleva un conmutador; según el número de señales, el conmutador activa un circuito distinto y se efectúa la maniobra correspondiente. Pero esto no basta, y el conjunto es una máquina demasiado complicada para explicarla aquí. Aunque no llegó a ensayarse en un globo, se hicieron pruebas, en triciclos o botes, los años 1903 a 1906, estas últimas con pleno éxito, en Bilbao, ante el Rey y una gran multitud. Es la primera máquina de esta clase que ha funcionado en el mundo. Sus mecanismos son electromecánicos.

*Ajedrecistas.* — Se construyeron dos: el primero, hacia 1912, y el segundo, hacia 1920. Ambos dan el mate, muy sencillo, de rey y torre contra rey; pero el segundo es más rápido y de mejor aspecto. Su objeto es ofrecer una demostración de las posibilidades de la Automática, y para ello, la máquina tiene las siguientes reacciones, que suelen llamar la atención:

Cuando la torre da jaque lo avisa, con un disco de fonógrafo, diciendo "jaque al rey".

Si su adversario hace una jugada incorrecta, lo avisa con un letrero luminoso, y lo mismo si sigue haciendo faltas; pero a la tercera "se ofende" y no continúa el juego; es preciso comenzar otra partida.

Al dar mate lo avisa con otro letrero luminoso.

Si se aprieta un botón, se produce un trastorno en el "cerebro" de la máquina, que hace unas cuantas jugadas ineficaces, se detiene un momento a reflexionar y recobra ella sola la memoria.

Hay una cierta jugada en la que se ha dejado a la máquina la libertad de elegir entre dos alternativas.

Es también una máquina electromecánica. Obedece a reglas fijas y la jugada que ejecuta depende de la posición relativa de las tres piezas, las dos propias y la de su adversario. Para que la máquina conozca la posición de esta última, cada casilla está dividida en tres trozos metálicos, y al colocar el rey negro sobre una cualquiera, establece determinados contactos eléctricos; en cuanto a las piezas de la máquina, se mueven solas porque llevan unas bolas de acero ocultas que son atraídas por electroimanes móviles situados debajo del tablero.

El sistema que emplea para dar mate es seguro, pero no el más rápido; para conseguir esto hubiera sido necesario aumentar la complicación de los mecanismos.

*Máquina analítica.* — Expuso en París, en el año 1914, una pequeña máquina analítica de demostración, que calculaba la fórmula  $\alpha = (p \times q) - B$  con números muy pequeños. Se inscribía una serie de valores de  $p$ ,  $q$  y  $B$  y la máquina calculaba e inscribía la serie de valores de  $\alpha$ .

*Aritmómetro electromecánico.* — Es un aparato de demostración. En una máquina de escribir se anotan los datos de la operación aritmética que se desea; ésta transmite eléctricamente las indicaciones a la máquina propiamente dicha, que hace el cálculo y comunica, a su vez, con la máquina de escribir, la cual anota a continuación de los datos el signo = y el resultado. La máquina compara el resto con el divisor, en cada fase de la división, y evita el pasarse en la cifra del cociente y tener que dar marcha atrás, como lo hacen, generalmente, los aritmómetros.

El totalizador admite números de cinco cifras.

En el año 1920 fué expuesto en París.

Se llegaron a construir, casi por completo, otro aritmómetro electromecánico y uno mecánico, con mejoras con relación a éste.

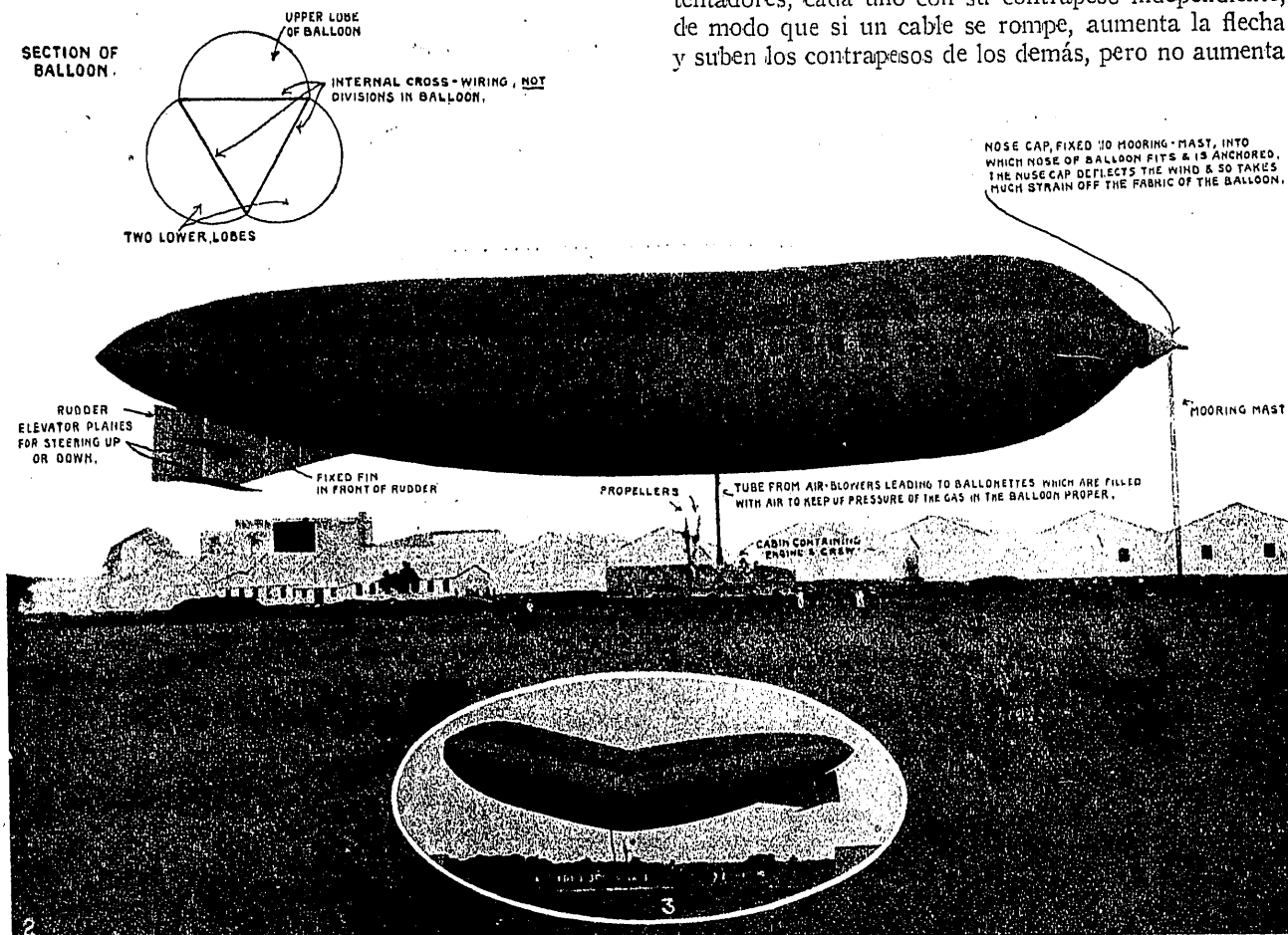
*Balanza automática.* — Se trata de determinados mecanismos aplicados a una balanza de precisión, que ejecutan automáticamente los tanteos necesarios y permiten determinar, sin intervención humana, el peso de un objeto.

*Jugadores autómatas.* — Juegan con 28 bolas o canicas un juego sencillo, en el que gana el que retira la última. Se pueden establecer, a voluntad, las conexiones, de modo que: los dos adversarios saben jugar y gana el que sale; uno sabe y el otro no, juega al azar y probablemente pierde; ninguno de los dos sabe y ganan o pierden por azar; ninguno sabe, pero ambos aprenden en el curso del juego, los dos con igual rapidez o uno más de prisa que otro.

*Sintetizador de movimiento.* — Es un aparato de demostración, que también ha sido llamado trasladador de movimiento, pues hace que un punto ejecute con relación a un sistema de ejes móviles un movimiento relativo igual al movimiento absoluto de otro punto con relación a ejes fijos en el espacio. Los movimientos del aparato se ejecutan en un plano, en el que el sistema de eje móviles puede tener simultáneamente movimientos de traslación y de rotación.

rado a un mástil, invención de la que también mi padre había obtenido la patente.

*Transbordadores aéreos.* — Aparte de los primeros ensayos, se abrieron dos al público: uno, en el Monte Ulía, en San Sebastián (que luego se ha desmontado), y otro, sobre el río Niágara, en 1916. El primero tenía 280 m. de luz y el segundo 550 m. El fundamento consiste en emplear varios cables sustentadores, cada uno con su contrapeso independiente, de modo que si un cable se rompe, aumenta la flecha y suben los contrapesos de los demás, pero no aumenta



Globo dirigible.

c) INVENTOS Y TRABAJOS VARIOS.

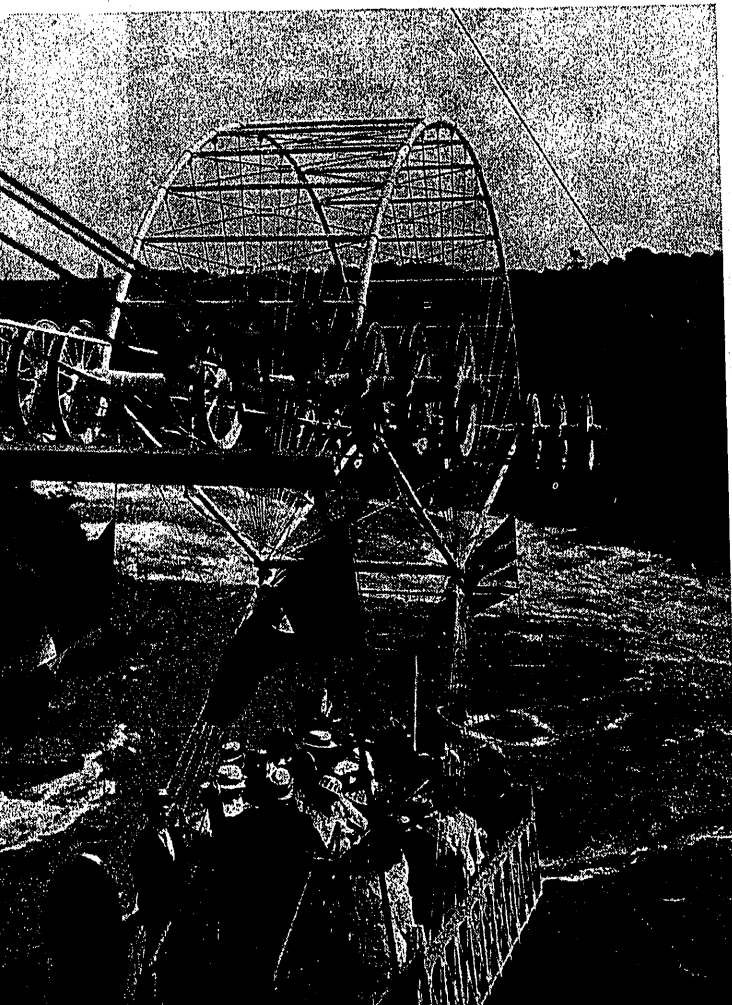
*Globo dirigible.* — Tuvo las primeras ideas hacia 1901 y llegó al máximo éxito de 1910 a 1916. El fundamento consiste en emplear una armadura formada por cuerdas y elementos flexibles, que adquiere rigidez con la pequeña presión interior del gas; se consiguen las ventajas de una armadura rígida, evitando su fragilidad y sus otros inconvenientes. Los ejércitos francés e inglés emplearon varios globos de este tipo en la guerra de 1914. En la fotografía, tomada de un periódico inglés de 1913, se ve el globo ama-

su tensión ni, por consiguiente, su probabilidad de romperse.

*Embarcación de dos flotadores.* — Estos se unen rigidamente con una plataforma superior que proporciona mucho más espacio del que es posible obtener en el interior de cascos pequeños. Se hicieron pruebas en Bilbao en 1918. Parece que en determinados casos podría llegarse a soluciones útiles, y la idea se repite con cierta periodicidad; la *Revista Industrial y Fabril*, de agosto de 1949, da la noticia y publica la fotografía de una embarcación de este tipo, empleada en la última guerra por los Estados Unidos.

*Diccionario Tecnológico Hispano-Americano.* — En el Congreso Científico de 1910, en Buenos Aires, donde había permanecido algún tiempo después del regreso de la misión española, de la que formó parte, propuso, unido al Ingeniero argentino D. Santiago Barabino, que se constituyera una Junta internacional hispano-americana de tecnología científica, y dedicó a este tema su discurso de ingreso en la Academia Española, en 1920; la idea fué bien acogida, y en el año 1926 se celebró en aquella Academia un acto en presencia del Rey, con motivo de la publicación del primer cuaderno del diccionario; posteriormente se han publicado más cuadernos.

*Sobre un sistema de notaciones y símbolos, destinados a facilitar la descripción de las máquinas.* — Publicó este trabajo en la *Revista de la Academia de Ciencias*, de abril de 1906. Es, siguiendo la tendencia predominante de su modo de pensar, un intento de sistematización y generalización en la descripción de mecanismos. No fué recogida la idea entonces, pero, según determinadas referencias, parece ser que el mismo problema ha vuelto a ser objeto recientemente de la atención de personas que se ocupan de estos asuntos.



## Coloquio de París.

Este coloquio internacional sobre "Las máquinas de calcular y el pensamiento humano" tuvo lugar los días 8 al 13 de enero último, organizado por el "Instituto Blaise Pascal", entidad científica filial del C. N. R. S. (Centre National de la Recherche Scientifique), dirigida por M. Dupouy. M. J. Perès fué Presidente del Comité de organización, en la que tomó parte muy destacada M. L. Couffignal, con quien me había puesto en contacto, hace cerca de un año, D. Pedro Puig Adam, Ingeniero Industrial, distinguido matemático y académico electo de la Academia de Ciencias, y al poco tiempo recibí una invitación para presentar en el coloquio algunos aparatos de mi padre. Después de obtener de la Superioridad la necesaria autorización y toda clase de facilidades, que he agradecido mucho, concediéndoseme además la representación de la Escuela de Ingenieros de Caminos, acepté el ofrecimiento.

M. Couffignal me explicó los motivos, muy halagadores, que le hacían desear la presentación de los aparatos en el coloquio: en estos últimos años se han hecho rápidos y prodigiosos adelantos en Automática, y existe una tendencia a suponer que todas las ideas, hoy tan en boga, acaban de nacer y que antes nadie había pensado en ellas, y M. Couffignal, perfectamente enterado de los trabajos de mi padre y de lo que representan en los albores de la Automática, deseaba demostrarlo prácticamente. Es un noble acto de justicia, que agradezco muy sinceramente.

Decidí llevar el segundo ajedrecista, el telekino, el husillo sin fin y el aparato sintetizador o trasladador de movimientos, en la puesta a punto de los cuales y en cuidar de ellos en París me ha ayudado eficazmente D. Marcos López del Castillo, que trabajó muchos años con mi padre y conoce perfectamente aquellos aparatos.

El número de asistentes al coloquio fué aproximadamente de 250, pertenecientes a muchas nacionalidades, de los cuales presentamos trabajos 25 a 30; los expositores fuimos sólo tres; los sabios neurólogos ingleses Mr. Grey Walter, con sus tortugas mecánicas, que se dirigen automáticamente hacia la luz, si no es muy fuerte, y cuando se descargan sus baterías (tienen hambre, dice él), vencen su repugnancia a la luz fuerte, pues allí se cargan de nuevo, y tienen otras varias reacciones, y Mr. Ashby, con el homeostato, cerebro artificial que mantiene determinadas variables fisiológicas dentro de límites necesarios, dependientes de las circunstancias exteriores, y yo, con los aparatos de mi padre. También M. Couffignal exhibió y explicó en un local próximo la máquina aritmética-electrónica inventada por él y que construye el Instituto Blaise Pascal; dicha máquina trabaja en el sistema binario, o sea que la base de la numeración es 2 en vez de 10, y en ella se ensayan, además, varias innovaciones y mejoras. La adopción

del sistema binario, propugnada por el autor de esta máquina hace años, está siendo adoptada para las grandes máquinas electrónicas.

La representación española fué nutrida. Asistieron los señores Rodríguez Bachiller y Fernández Bollo, el Sr. Puig Adam, que presentó dos temas que despertaron gran interés y fueron objeto de comentarios elogiosos: "Transformadas de Laplace, de funciones dadas empíricamente" y "Los servomecanismos con feed-back múltiple y las fracciones continuas", y los señores González del Valle y Lorente de Nó, este último en representación de una entidad científica de los Estados Unidos, que presentaron también interesantes trabajos acerca, respectivamente, de "El tripolo. Su empleo para la resolución instantánea de algunos problemas trigonométricos" y "Un examen de conjunto de los principios de organización y funcionamiento del sistema nervioso".

Los títulos de mis dos temas habían sido redactados por el Comité de Organización; el primero era "Los trabajos de automatismo de la escuela española", y en el segundo, "Presentación de los aparatos de Leonardo Torres Quevedo", se enumeraban los presentados.

Fueron muchos y notables los temas expuestos por otros miembros del coloquio, entre los cuales, por no alargar, me referiré solamente al ya mencionado de M. Couffignal y a otro del mismo, "Algunas analogías nuevas entre estructuras de máquinas de calcular y estructuras cerebrales", y los de Mr. Aiken, acerca de las grandes máquinas electrónicas "Mark II, Mark III y Mark IV".

En el discurso de apertura, M. Perès realizó con palabras de elogio la figura de mi padre, y durante toda mi estancia en París he sentido, y creo que puedo expresar lo mismo con referencia a toda la representación española, el calor de una acogida cordial, no solamente por parte del Instituto y de personalidades científicas francesas, sino de otras muchas, de diversas nacionalidades, entre las cuales he tenido el gusto de conocer a Mr. Grey Walter y a Mr. Wiener; éste, a quien suele llamarse el padre de la Cibernética, me dijo que en los Estados Unidos están tratando de hacer una máquina que juegue una partida completa de ajedrez, acerca de lo cual he escrito un comentario en el segundo de mis temas, que posiblemente tome como base para otro artículo.

M. M. Ragey y Loiseau, Director del "Conservatoire National des Arts et Metiers" y conservador de los Museos de aquella magnífica instalación, me invitaron a presentar y explicar en ella los aparatos. el ajedrecista especialmente, un día de la semana siguiente al coloquio; en el acto, que honraron con su presencia un representante del Embajador de España en

París y otras personalidades, M. Ragey hizo una presentación muy elogiosa para mi padre, y ocurrió el episodio, de espectacularidad periodística, de la partida jugada por el gran campeón de ajedrez Tartakover que, claro, es, no fué ni podía ser empeñada: en el mate de rey y torre contra rey no puede haber lucha.

Para terminar el artículo, creo conveniente hacer algunas observaciones a una idea que he podido recoger, más que en el coloquio mismo, en cierto ambiente que le rodeaba. Las frases que tanto se han prologado, por lo sugestivas, de "cerebros electrónicos", "máquinas que piensan" y otras semejantes, han dado lugar a que, en el ambiente a que me he referido, se dé importancia a una diferenciación que, por no ajustarse a la realidad, es trivial en el fondo; consiste en dividir los autómatas en dos clases: los que están sujetos al determinismo y los que, aparentemente, disfrutan de libre albedrío. La realidad, sin entrar en disquisiciones metafísicas, es que los autómatas, que son sistemas materiales, carecen en absoluto de libre albedrío, y lo único que puede ocurrir es que el constructor ignore en determinadas circunstancias cuál será su reacción, bien porque lo haya preparado así voluntariamente, como en una de las jugadas del ajedrecista, que depende de la postura en que quede una rueda, que puede pararse indistintamente en dos posiciones, bien contra su voluntad, por no haberse expresado de un modo explícito las reglas impuestas mecánicamente al autómata, o bien porque la reacción de éste dependa de causas insignificantes y no previstas. Pero si todas las circunstancias son exactamente iguales, lo será también la conducta del autómata.

La apariencia de libre albedrío en los autómatas es lícita y sugestiva para atraer la atención hacia estos problemas, pero no existe, en realidad, en ningún caso.

Si se llegase un día a hacer algo --- no lo llamo aparato ni sé cómo llamarlo --- que pareciera verdaderamente que tenía vida y libre albedrío, se suscitarían hondos problemas, en los que no he de entrar, pero esto ni se ha hecho ni nadie sabe hacerlo, y hemos de atenernos a la frase precitada: "... sería su constructor quien pensara por él de antemano", que escribió mi padre en 1914 y que encuentro en la página 70 del tratado de Hartree, también mencionado, de 1949. Porque dicha frase define la verdadera posición en el punto de que ahora me ocupo, y porque prueba cómo se anticipó mi padre a ciertas ideas, la traduzco en mal castellano, literalmente, para que pueda apreciarse la identidad de ambas: "Todo el pensar ha de ser hecho de antemano por el proyectista..."