



**ACTO DE CELEBRACIÓN DE LA
CONCESIÓN DE UN MILESTONE DEL
IEEE
AL TELEKINO DE
D. LEONARDO TORRES QUEVEDO**

**EARLY DEVELOPMENTS IN REMOTE-CONTROL, 1901
THE TELEKINE**

**E.T.S. DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS.
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
DIA 16 MARZO 2007. HORA 11,30**



ACTO DE CELEBRACIÓN DE LA CONCESIÓN DE UN MILESTONE DEL IEEE AL TELEKINO DE D. LEONARDO TORRES QUEVEDO

EARLY DEVELOPMENTS IN REMOTE-CONTROL, 1901 THE TELEKINE

PROGRAMA

MUSEO TORRES QUEVEDO (2º SÓTANO)

- DESCUBRIMIENTO DE LA PLACA CONMEMORATIVA DEL MILESTONE (MUSEO TORRES QUEVEDO. SÓTANO 2).

SALA VERDE DE LA ESCUELA

- APERTURA DEL ACTO por el Excmo. y Magfco. Sr. Rector de la UPM, D. Javier Uceda Antolín.
- INTERVENCIÓN del Profesor D. Antonio Pérez Yuste, EUIT Telecommunicación.
- PALABRAS de Don Leonardo Torres Quevedo, Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos (nieto del inventor).
- INTERVENCIÓN de D. Juan Antonio Santamera Sánchez, Director de la E.T.S.I. Caminos.
- INTERVENCIÓN del Dr. Lewis M. Terman, Presidente Electo del *Institute of Electrical and Electronic Engineers*, IEEE.
- CLAUSURA DEL ACTO por el Excmo. y Magfco. Rector Sr. D. Javier Uceda Antolín.
- COCKTAIL.

PROGRAM

TORRES QUEVEDO MUSEUM

- UNVEILING OF THE COMMEMORATIVE PLAQUE OF THE MILESTONE (TORRES QUEVEDO MUSEUM).

GREEN ROOM (FIRST FLOOR)

- WELCOME TALK by Javier Uceda Antolín, President of Politechnical University.
- KEYNOTE SPEECH by Professor Antonio Pérez Yuste, EUIT Telecommunication.
- SPECIAL GUEST SPEECH of Leonardo Torres Quevedo, Dr. Civil Engineering (grandson of the inventor).
- TALK by Juan Antonio Santamera, Director of Civil Engineering School.
- TALK by Dr. Lewis M. Terman, President-Elect of *Institute of Electrical and Electronic Engineers*, IEEE.
- CLOSING TALK by Javier Uceda Antolín, President of Politechnical University.
- COCKTAIL



Museo Torres Quevedo



**Leonardo Torres
Quevedo
(1852-1936)**

Biografía

D. Leonardo Torres Quevedo nació el 28 de Diciembre de 1852, festividad de los Santos Inocentes, en Santa Cruz de Iguña (Cantabria). La familia vivió la mayor parte del tiempo en Bilbao, donde el padre de Torres Quevedo trabajaba como ingeniero de ferrocarriles, aunque solían pasar grandes temporadas en la casa familiar de la madre, en los montes santanderinos. Torres Quevedo estudió el bachillerato en Bilbao y después se fue dos años a París para completar sus estudios. En 1870, a su padre le trasladaron a Madrid. El mismo año, Torres Quevedo ingresó en la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, acabando la Carrera en 1876 y graduándose con el número cuatro de su promoción.

Inició su carrera profesional trabajando en la misma Compañía de Ferrocarriles en la que había estado destinado su padre, pero muy pronto hizo un largo viaje por Europa para conocer de primera mano los avances científicos y técnicos del momento, en especial de los últimos desarrollos de la electricidad. Cuando volvió a España fijó su residencia en Bilbao, financiándose su propio trabajo y comenzando un régimen de estudio e investigación al que estuvo unido el resto de su vida. Se casó en 1885 y llegaría con el tiempo a tener ocho hijos.

En 1885 construyó un funicular en Molledo (Santander). En 1887 patentó un funicular de varios cables, sustentados por contrapesos independientes, de modo que la rotura de un cable no fuera peligrosa. Más tarde construyó en San Sebastián un funicular en el Monte Ulía en 1907, el primero abierto al público. Sin embargo, el funicular que más contribuyó a su fama fue el que construyó en 1916 en el río Niágara en Canadá (en un lugar conocido como "El Remolino").

En 1893 presentó en Madrid una Memoria sobre la forma de resolver ecuaciones algebraicas por medios mecánicos. A partir de entonces, Torres Quevedo construyó varias máquinas de calcular analógicas. En 1899 se trasladó a vivir a Madrid y se incorporó enseguida a la vida cultural de la capital. En 1902 publicó tanto en España como en Francia un proyecto innovador sobre globos dirigibles de estructura semirígida, para superar los defectos de los globos rígidos (tipo Zeppelin). En 1905, construyó un pequeño modelo con la ayuda del capitán Alfredo Kindelán en las instalaciones militares de Guadalajara. En 1909 preparó otra patente mejorada de dirigible y se la ofreció a la Compañía francesa Astra, que en 1911 comenzó su fabricación en serie, llegándose a ser muy utilizados por las tropas aliadas en la Primera Guerra Mundial.

En 1903 patentó un sistema de mando a distancia conocido por el nombre de "Telekino" y que se probó en 1906 en un pequeño barco en el puerto de Bilbao. En 1912 presentó "El robot ajedrecista", el primer ordenador que jugaba al ajedrez construido con relés eléctricos y que jugando con un rey y una torre, podía dar jaque mate a un jugador que disponía solamente de un rey. Un segundo tipo se construyó en 1920. Ese mismo año presentó en París su "Aritmómetro Electromecánico", una calculadora totalmente digital conectada a una máquina de escribir.

Fruto del trabajo de esos años, fue su nombramiento para dirigir el recién creado Laboratorio de Automática (1901). Este Laboratorio se dedicaba a la fabricación de instrumentos científicos específicos. Entre los equipos construidos en el Laboratorio, cabe mencionar el cinematógrafo de Gonzalo Brañas y el espectrógrafo de rayos X de Cabrera y Costa. Ese mismo año ingresó en la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, y llegaría a presidir la misma en 1910. En 1916 el rey Alfonso XIII le concedió la Medalla Echegaray. En 1920, ingresó en la Real Academia Española de la Lengua, ocupando el sillón de Benito Pérez Galdós, y le nombraron poco después miembro del Departamento de Mecánica de la Academia de Ciencias de París. En 1922, la Universidad de la Sorbona le nombró Doctor Honoris Causa, y en 1927, fue nombrado como uno de los doce miembros asociados de la Academia.

Torres Quevedo murió en Madrid, al principio de la guerra Civil Española el 18 de diciembre de 1936, diez días antes de cumplir los ochenta y cuatro años.



Museo Torres Quevedo



**Leonardo Torres
Quevedo
(1852-1936)**

Biography

D. Leonardo Torres Quevedo was born on 28 December 1852, on the Feast of the Holy Innocents, in Santa Cruz de Iguña (Cantabria), Spain. The family lived nearly always in Bilbao, where Torres's father worked as railway engineer, although they also spent long periods in his mother's family house located in mountains of Santander. In Bilbao he studied to enter in an advanced high school program and later spent two years in Paris in order to complete his studies. In 1870, his father was transferred, bringing his family to Madrid. The same year, Torres Quevedo began his higher studies in the Official School of the Civil Engineering. He completed his studies in 1876, obtaining the number four of his graduating class.

He began his career in the same train company for which his father had worked, but he immediately set out on a long trip round Europe in order to familiarize himself with the last scientific and technical advances of those days, especially in the budding electricity area. When he returned to Spain, he settled in Bilbao where he financed his own work and began a study and investigation lifestyle he never gave up. He married in 1885 and eventually had eight children.

In 1885 he constructed a funicular in Molledo (Santander). In 1887 he patented a funicular of multiple cables, tightened by counterbalances in a controllable and uniform way, so that the breakage of a wire were not dangerous. Later, in 1907, he constructed the Monte Ullía funicular, in San Sebastian, the first for public use. However, the funicular most contributing to his fame was the one he built in 1916 on the Niagara River in Canada (in the place known as "The Whirlpool").

In 1893 he presented in Madrid a memory concerning the solving of algebraic equations in a mechanical way. Since then, Torres Quevedo constructed several analogical calculating devices. In 1899 he moved to Madrid and became involved in the city's cultural life. In 1902 he published, in Spain and France, his dirigible airship innovating project. With semi-rigid frame, it surpassed the faults of the rigid structured aircrafts (of the Zeppelin kind). In 1905, thanks to the help of Captain A. Kindelan, he constructed a small dirigible model in military facilities of Guadalajara. In 1909 he registered another improved dirigible and offered it to the French company Astra, that in 1911 began the serial manufacturing. During the First World War it was widely used by the allied armies.

In 1903 he patented the remote control system named "Telekine" that was soon proved using a small boat in the port of Bilbao (1906). In 1912 he presented "Chessplayer Automaton", the first chess computer with electrical relays which, playing with a king and a rook, could checkmate a human opponent playing with only a king. A second one was built in 1920. That same year he presented his "Electromechanical Arithmometer", a truly digital calculator connected to a typewriter, in Paris.

As a consequence of the work he carried out during these years, the Laboratory of Applied Mechanics was created, and he was named director (1901). The Laboratory was specialized in the manufacture of scientific instruments. Among the works of the Laboratory, the cinematography of Gonzalo Brañas and the X-Ray spectrograph of Cabrera and Costa are notable. That same year, he entered the Royal Academy of Exact, Physical and Natural Sciences in Madrid, of which entity he was president in 1910. In 1916 King Alfonso XIII bestowed the Echegaray Medal upon him. In 1920, he joined the Royal Spanish Academy, in the seat that had been occupied by Benito Pérez Galdós, and became a member of the department of Mechanics of the Paris Academy of Science. In 1922 the Sorbonne named him an Honorary Doctor and, in 1927, he was named one of the twelve associated members of the Academy.

Torres Quevedo died in Madrid, in the heat of the Spanish Civil War on 18 December 1936, ten days before of his eighty-fourth birthday.



Museo Torres Quevedo



El Telekino

El nombre Telekino fue elegido por Torres Quevedo como una combinación de las palabras griegas: "tele" y "kino" que significan respectivamente "a distancia" y "movimiento", por lo que ambas palabras juntas significan "movimiento a distancia", que era lo que Torres Quevedo quería conseguir. En 1903, D. Leonardo Torres Quevedo presentó el telekino a la Academia de Ciencias de París, haciendo una breve demostración experimental (*Comptes Rendus de l'Academie des Sciences*, 3 agosto de 1903). Ese mismo año obtuvo las patentes del telekino en Francia, España, Gran Bretaña y Estados Unidos (patente nº 327.218, 1º de Diciembre de 1903 y 12 de Febrero de 1904).

El Telekino tiene tres partes diferenciadas: un receptor de radio, un conmutador rotativo multi-posición y, finalmente, dos servomotores que se pueden utilizar para mover un sistema mecánico. La señal de radio se recoge con una antena y se transforma en impulsos eléctricos por medio de un cohesor. Cada impulso acciona un electroimán que cierra sus contactos haciendo que el conmutador rotativo gire un paso hacia delante. Esta operación se repite automáticamente tantas veces como impulsos tenga la señal transmitida. Cuando el conmutador rotativo llega a su posición final, la batería suministra corriente al servomotor que fue elegido. Entonces, el servomotor se pone en movimiento, haciendo que se produzca una acción predefinida de antemano. Torres Quevedo se dio cuenta que para conseguir un número finito pero no limitado juego de acciones basado en un sistema binario como era el sistema telegráfico (con dos estados conexión-desconexión), era necesario crear un número limitado de palabras código mediante una secuencia de estados binarios. Se sabe que con dos estados binarios se pueden lograr cuatro palabras código diferentes. El problema en esa época, era la imposibilidad de tener un mecanismo de sincronización que fuera capaz de detectar el final de un símbolo o carácter y el comienzo del siguiente. En esta situación, el único modo de resolver esta dificultad era usando un método de sincronización asíncrona, basado en el estado de la señal telegráfica. La propuesta final de Torres Quevedo fue utilizar un código basado en el número de impulsos transmitidos; de este modo, a un impulso le corresponde la acción número 1, a dos impulsos la acción número 2, a tres impulsos la acción número 3, etcétera.

La primera función del Telekino fue la de controlar dirigibles aerostáticos sin peligro de perder vidas humanas. Constituyó el primer aparato de radio control que se inventó en el mundo y fue el pionero en el campo del control remoto. En 1905, en presencia del rey Alfonso XIII, D. Leonardo Torres Quevedo realizó una demostración en Bilbao (ría del Nervión) dirigiendo un barco desde tierra. El barco tenía dos servomotores: uno actuaba sobre la hélice y el otro sobre el timón. Más tarde intentó aplicar el telekino a torpedos y submarinos.

The Telekine

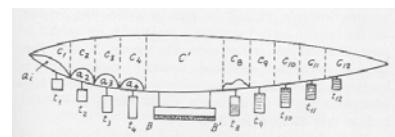
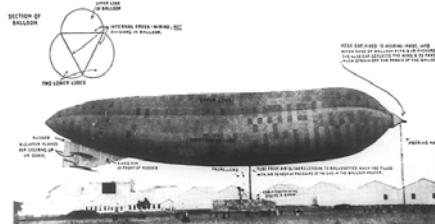
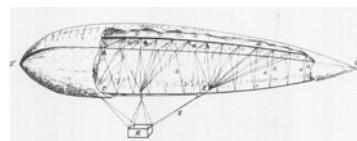
Torres Quevedo chose the name "Telekine" as a combination of two Greek words: "tele" which means "at distance" and "kine" which means "movement", resulting both together "movement at distance", which was what Torres Quevedo wanted to obtain. In 1903, Torres Quevedo presented the Telekine at the Paris Academy of Science, together with a brief, and experimental demonstration (*Comptes Rendus de l'Academie des Sciences*, 3 August of 1903). In the same year, he obtained a patent in France, Spain, Great Britain, and the United States (Patent nº 327,218, December 1st, 1903, and February 12th, 1904).

The Telekine has three different parts: a wireless telegraph receiver, a multi-position switch unit and, finally, two servomotors that can be used to drive a mechanical system. The signal transmitted by electromagnetic waves, is received by the antenna and is transformed into electric pulses thanks to a coherer. Each pulse drives an electromagnet, which closes its secondary circuit causing the multi-position switch unit to go one step forward. This operation is repeated automatically as many times as the number of signal impulses. When the multi-position switch reaches its final position, the battery supplies current to the chosen servomotor terminal. Then, the servomotor is put in motion causing a known and previously defined action. Torres Quevedo guessed that in order to achieve a finite but not limited set of actions based on a binary system as the telegraph was, (with only two states, on and off), creating a limited number of codewords using a sequence of binary states, as long as needed, was necessary. In this way, for instance, with a sequence of two binary states. It is known that we can achieve up to four different codewords. The problem, at that time, was the impossibility of having a synchronisation mechanism able to detect the end of one character and the beginning of the next. In this situation, the only way to solve this difficulty was using an asynchronous synchronisation method based on the change in the telegraph signal state. The final proposal was as simple as using a code based on the number of pulses consecutively sent; so, the action, let's say number one, corresponded to one pulse, to two pulses corresponded the action number 2, to three pulses the action number 3 and so on.

First function of Telekine was to control aerostatics balloons without risking human lives. It represented the world's first radio control apparatus and was a pioneer in the remote control field. In 1905, at the presence of the King Alfonso XIII and a great crowd, Torres Quevedo successfully demonstrated the invention in the port of Bilbao, guiding a boat from the shore. The boat was equipped with two servomotors: one acted on the propeller and the other on its rudder. Later, he would try to apply the Telekine to torpedoes and submarines.



Museo Torres Quevedo



Dirigibles

Durante la vida de Torres Quevedo se desarrolló una nueva y revolucionaria tecnología. Se construían dirigibles aerostáticos de estructura semi-rígida por parte de Santos-Dumont y rígidas a cargo de Von Zeppelin. Rápidamente empiezan a surgir en la cabeza de Torres Quevedo ideas para mejorar los dirigibles semi-rígidos. Muchas de estas ideas se convierten en cálculos que recogería en la memoria del anteproyecto de dirigible que presentó en 1902 a las Academias de Ciencias de Madrid y París. Dicha memoria obtuvo unas respuestas alentadoras tanto por parte española a cargo del Sr. Echegaray (también ingeniero de caminos), como por parte de la francesa a cargo del Sr. Appell.

Este éxito en sus estudios sobre la inestabilidad de los globos flexibles, los estudios sobre el gradiente de presiones que se daban en ellos y las teorías para solucionarlas le valieron el apoyo del gobierno y se comenzó la construcción de su primer dirigible tras la elaboración de un nuevo proyecto con la colaboración del entonces capitán de ingenieros el Sr. Kindelán en 1905. Este *dirigible Torres Quevedo* tuvo unas importantes innovaciones técnicas. Para conferirle una rigidez relativa al cuerpo flexible del globo se había introducido una viga formada por varillas dentro del globo, a su vez esta viga iba separando los distintos compartimentos del gas hidrógeno con una serie de membranas. Además se habían diseñado una serie de bolsas de aire para llenarlas (aumentando el peso) y poder así estabilizar el dirigible, esta captación o expulsión de aire se hacía gracias a una serie de "fuelle". Otro gran avance fue que Torres Quevedo consiguió hacer un estudio de sus dirigibles de forma que en función del peso que llevaba calculaba la velocidad que podía desarrollar para alcanzar la distancia del recorrido.

Con estas bases se construyó el primer dirigible con sistema "Torres Quevedo" y empezó a surcar los cielos del Parque Aerostático Militar de Guadalajara en 1906 con notable éxito. Ese mismo año Torres Quevedo se trasladó a París para solicitar a la casa constructora ASTRA algunos elementos para las modificaciones en el globo. Estos cambios tardaron más de lo esperado. En octubre se infló el globo en París para probar las novedades y se produjo un accidente en uno de los vuelos con algunos de sus colaboradores dentro (Samaniego, Cormier...), por esto y por la llegada del invierno, volvió a Madrid. Entonces la Sociedad Astra se interesó por la explotación de sus dirigibles en todo el mundo a excepción de España. Se llegó a un acuerdo, fruto del cual en 1911 se construyó el primer *dirigible Astra-Torres*, que se caracterizó por una gran velocidad (82 km/h). Este era de sección trilobulada y tenía 47,7m de largo. En 1914 se construyó el Astra XV, también con sistema Torres-Quevedo, y ya de dimensiones homólogas a los Zeppelin Alemanes (82 m).

Más tarde durante un discurso en Bilbao con motivo de un congreso científico, D. Leonardo anunció su idea de construir un dirigible para hacer largos viajes transoceánicos, para ello se debía repartir la carga de combustible a lo largo de todo el globo. Además eran necesarias una serie de bolsas que se iban llenando a medida que los depósitos se vaciaban para estabilizar el globo a medida que se consumía combustible. Este aerostato, llamado *dirigible Hispania*, fue importantísimo como proyecto, pero no pudo llevarse a cabo debido a la falta de medios económicos.

Balloons

During Leonardo Torres Quevedo's life, a new and revolutionary technology was being developed. The "steerables" or air ships were under construction by Santos-Dumont (semi-rigid steerables) or by Von Zeppelin (rigid steerables). Torres Quevedo was very interested in creating a semi-rigid air ship with some new ideas. Such ideas were the basis of the report he wrote in 1902. Submitted to the Science Academies of Madrid and Paris, both of them replied Torres Quevedo congratulating him for his studies and encouraging him to continue with his investigations. Mr. Echegaray (also civil engineer) and the French mathematician Paul Emile Appell wrote the mentioned letters.

The success with his studies about instabilities in flexible balloons, the pressure gradient and the theories he exposed to solve these problems provided him governmental support to build his first steerable. In the final project, military engineer Captain Kindelán cooperated with him. It began in 1905. This air ship called "dirigible Torres Quevedo" involved a lot of technical innovations. In order to increase stiffness, a beam built with sticks was embedded into the flexible balloon. The beam also used membranes to separate the different hydrogen compartments. He also designed a system of air bags or bellows to allow discharge or take in air to increase the weight of the steerable, thus making so as stable. Another important innovation of Torres Quevedo was a study in depth of his air craft: once you know its weight, you are able to carry out the calculation of the speed the steerable can develop in order to achieve the required distance.

The first "Torres Quevedo" flew in the Military air base of Guadalajara (at the east of Madrid), in 1906, with an incredible success. That year Leonardo Torres Quevedo traveled to France looking for some elements provided by ASTRA industries, in order to introduce some changes in the airship. But such changes were delayed some months. Finally to demonstrate the innovations, the balloon blew up in Paris, but an accident took place with people on board and some members of his team were injured (Samaniego, Cormier...). Torres Quevedo returned to Madrid before winter. Astra was very interested in the patent and they agreed the exploitation of this system worldwide, excluding Spain. The first Astra-Torres was finished in 1911 with 47.7 meters length and a tri-lobed section. His main characteristic was an incredible speed (82 km/h). In 1914 another steerable with Torres Quevedo's system was built, the Astra XV. This airship had a similar size to the German Zeppelin (rigid), approx. 82 meters.

Later, in a scientific congress held in Bilbao (north of Spain), Torres Quevedo said he was preparing a steerable design for long trips between America and Europe. That design involved the spreading of the fuel charge all over the balloon's length. Moreover, some air bags would be necessary, filling with air while the fuel was being expended in order to stabilize the airship. This airship called "dirigible Hispania" (Steerable Hispania) meant a revolutionary project, but never was built because of lack of resources.



Museo Torres Quevedo



Transbordadores

La experimentación de D. Leonardo Torres Quevedo con los transbordadores empezó desde época muy temprana, mientras residía en su ciudad natal Molledo, donde construyó en el año 1887 su primer transbordador que cubría una distancia de 40 metros. Este transbordador tenía unos 200 metros y un asiento hecho con troncos, y su única impulsión eran dos vacas. Este experimento fue la base para la solicitud de la primera patente, que llevó a cabo ese mismo año: un teleférico aéreo con múltiples cables con el que consiguió un nivel de seguridad aceptable para el transporte de pasajeros y no solo de mercancías.

Más tarde construyó el transbordador sobre el río León, éste tuvo una gran repercusión por su elevada velocidad que le proporcionaba ya un motor, aunque continuaba usándose únicamente para el transporte de mercancías y no de personas. En 1890 presentó su transbordador en Suiza que mostraba un gran interés debido a la complicada morfología del terreno, y que ya había comenzado a usar transbordadores para el transporte al por mayor de mercancías, pero el proyecto de Torres Quevedo fue desecharido, y criticado por la prensa suiza.

En 1907 Torres Quevedo construyó el primer teleférico destinado al transporte de pasajeros en el monte Ulía de San Sebastián. Los problemas de seguridad fueron resueltos por un ingenioso sistema de soporte múltiple de los cables. El diseño final resultó muy robusto y perfectamente preparado para poder resistir ante la ruptura de alguno de los cables. La ejecución de la obra la llevó a cabo la Sociedad de Estudios y Proyectos de Ingeniería de Bilbao, que había construido con éxito transbordadores en Chamonix, Río de Janeiro...

Pero no cabe duda de que el transbordador español con más fama es el *transbordador de las cataratas del Niágara* en Canadá. Este atravesaba una distancia de 580 metros para salvar los remolinos de la garganta del Niágara en el lado canadiense. Su construcción se llevó a cabo entre 1914 y 1916 y fue un proyecto español desde el principio hasta el final, diseñado por un español y construido por una empresa española. Una placa de bronce resalta este hecho a la entrada de la estación del teleférico: *Spanish aerial ferry of Niágara. Leonardo Quevedo Torres (1852-1936)* (*Ferry aéreo español sobre el Niágara. Leonardo Torres Quevedo (1852-1936)*). Las pruebas para la inauguración se llevaron a cabo el 15 de febrero de 1916 y la inauguración oficial fue el día 8 de agosto de 1916. Al día siguiente se abrió al público. El transbordador cuyas pequeñas modificaciones lo han permitido funcionar hasta nuestros días, no ha sufrido accidentes importantes y constituye una gran atracción turística.

Cableways

Torres-Quevedo's experimentation in cableways area and cable cars began very early, while he lived in the village where he was born, Molledo. There, in 1887, he built the first cableway to span a depression of some 40 meters. The cableway was approximately 200 meters long and pulled by a pair of cows, with a log seat. This experiment was the basis for the request for his first patent, which he requested the same year: an aerial cable car with multiple cables, thus obtaining a level of safety suitable for the transport of people, not only cargo.

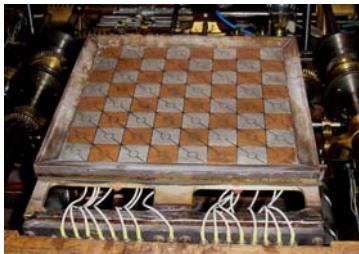
Later, he constructed the cableway of the León River, of greater speed and equipped with a motor, though it continued to be used solely for material transport, not for people. In 1890 he presented his cableway in Switzerland, a country very interested in that type of transport due to its geography and that had already started to use cable cars for bulk transport, but Torres-Quevedo's project was dismissed, allowing certain ironic commentary from the Swiss press.

In 1907, Torres-Quevedo constructed the first cableway for public transportation of people, in Monte Ulía in San Sebastián. The problem of safety was solved by means of an ingenious system of multiple support cables. The resulting design was very strong and perfectly resisted the rupture of any of the support cables. The Society of Engineering Studies and Works of Bilbao was responsible for the execution of the project. They had already constructed successfully other cableways in Chamonix, Rio de Janeiro, and elsewhere.

But without a doubt, the most famous device in this activity area is the Spanish Aerocar in Niagara Falls in Canada, though, from a scientific point of view, it was not the most important. The 580 meters long cableway is an aerial cable car that spans the whirlpool in the Niagara Gorge on the Canadian side, constructed between 1914 and 1916. It is a Spanish project from beginning to end: designed by a Spaniard, constructed by a Spanish Company with Spanish capital (The Niagara Spanish Aerocar Co. Limited); a bronze plaque, located on a monolith at the entrance of the station recalls this fact: *Spanish aerial ferry of the Niagara. Leonardo Quevedo Torres (1852-1936)*. It was inaugurated for a trial period on 15 February 1916 and was officially inaugurated on 8 August 1916, opening to the public the following day. The cableway, with small modifications, continues to run until today, with no accidents worth mentioning, representing a worldwide tourist attraction.

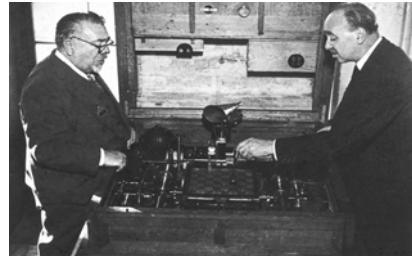


Museo Torres Quevedo



Gonzalo Torres Quevedo, hijo de D. Leonardo, mostrando el ajedrecista a Norbert Wiener (1951)

Son's Torres Quevedo, D. Gonzalo, showing the Chess Automaton to Norbert Wiener (1951)



Ajedrecista

El Científico español D. Leonardo Torres Quevedo construyó a principios del siglo XX varias máquinas calculadoras electromecánicas que jugaban al ajedrez. El "primer ajedrecista" lo construyó en 1912 y se le considera la primera computadora de ajedrez. La máquina jugaba automáticamente el final de una partida entre un rey y una torre (blancos) contra otro rey (negro) que es controlado por un contrincante humano y podía alcanzar jaque mate desde cualquier posición inicial en pocos movimientos. Las reglas impuestas por Torres Quevedo en la construcción de esta máquina fueron deducidas partiendo de los principios sobre sistemas de conmutación, que él mismo enunció en su célebre Memoria sobre Automática.

En líneas generales, el movimiento de las piezas blancas es función del movimiento del rey negro. Las 64 casillas del tablero de ajedrez (8 filas x 8 columnas) están formadas por tres piezas metálicas, separadas por un material aislante; la parte central es circular (conectada al terminal positivo) y las laterales son triangulares, conectadas respectivamente a un conductor eléctrico horizontal y a otro vertical. El rey negro tiene en su base una malla de plata que pone en contacto la parte central de la casilla con las triangulares, lo que cierra dos circuitos eléctricos que mueven sendas correderas, una horizontal y otra vertical, hasta que alcanzan dos posiciones que definen la del rey en el tablero.

Análogamente, las posiciones del rey y la torre blancas quedan definidas por cuatro correderas, dos para el primero y otras dos para la segunda. Cuando el rey negro se mueve una posición, las correderas correspondientes se mueven y mediante contactos adecuados se cierran los circuitos que, a su vez, actúan sobre las piezas blancas situándolas en las casillas oportunas de acuerdo con la estrategia del juego. Las piezas blancas llevan unas bolas de acero disimuladas, que son movidas por electroimanes móviles situados debajo del tablero y activados convenientemente para cada posición del rey negro.

Cuando se produce una situación de jaqué, un disco fonográfico pronuncia la frase "jaque al rey". Cuando se llega al jaque mate, también suena el disco, pero además aparece un rótulo luminoso que indica "mate". En estas condiciones, un electroimán quita la tensión aplicada al tablero con lo que la partida no puede continuar. El automata ha ganado.

Aunque la función del ajedrecista se limitaba a los finales de las partidas de ajedrez, Torres Quevedo probó que el adelanto en automática era posible, en un momento en que la información sobre la "inteligencia artificial" era muy limitada. En el momento de su invención Torres Quevedo era el Presidente de la Academia de Ciencias de Madrid.

En 1922, Torres Quevedo construyó el segundo ajedrecista que fue presentado en París, su programación no difería mucho de la original.

Torres Quevedo fue influenciado directamente por el trabajo del matemático inglés Charles Babbage (1791-1871) y su máquina analítica.

Chess Automaton

At the beginning of nineteenth century, Spanish scientist Leonardo Torres Quevedo constructed several relay-activated electromechanical calculating machines that "played" chess. The mechanical device, or "automaton," that Torres Quevedo built in 1912, which he named "El Ajedrecista," is often called the first true chess computer. The machine played automatically a king and a rook endgame (white) against another king (black), played by a human opponent, and was able to achieve checkmate from any initial position in a few moves.

Rules imposed by Torres Quevedo in the construction of this machine were deduced from principles on commutation systems, enunciated by himself in his famous Report on Automatics.

Roughly speaking, the movement of white pieces depends on the movement of the black king. Each of the 64 squares of the chess board (8 rows x 8 columns) are formed by three metallic pieces separated each other by an insulating material; the central piece is circular and is connected to the positive terminal whereas the side pieces are triangular and are respectively connected to two conductors, one horizontal and one vertical. The black king has a silver mesh-base that connects the central piece of the square to the triangular ones, thus closing two electrical circuits that move two respective sliding bars, one horizontal and one vertical, until they reach two positions that determine the black king position on the chess board.

Similarly, positions of the white king and rook are defined by four sliding bars, two for each of the pieces. When the black king moves into a position, the corresponding sliding bars move and close, by means of suitable contacts, the electrical circuits which act in turn on the white pieces making them move according to the game strategy. The white pieces have a steel ball in their base and are driven by electromagnets, which are placed under the table and suitably activated for each black king position.

When a check situation occurs, a phonographic disc pronounces the sentence "check to the king". When checkmate occurs, the disc pronounces the corresponding sentence and a warning light indicating mate is turned on. In these cases, an electromagnet removes the tension from the board, thus ending the game. The automaton won.

Although the chess automaton function was limited to particular chess endgames, Torres Quevedo proved that further advances in computer technology were possible at a time when the information about "artificial intelligence" was very limited. At the time of this invention Torres Quevedo was President of the Academy of Sciences of Madrid, Spain.

In early 1922, Torres Quevedo constructed the second chess automaton, that was presented in Paris. There were not important changes in programming between this and the second one.

Torres Quevedo was directly influenced by the work of the English mathematician Charles Babbage (1791-1871) and his analytical engine.



Museo Torres Quevedo



Figura 1



Figura 2



Figura 3



Figura 4

Máquinas Algebraicas

Largo tiempo estuvo Leonardo Torres Quevedo estudiando las máquinas de calcular, que era un campo de investigación en el que habían trabajado otros científicos. Torres Quevedo presentó a la Academia de Ciencias de Madrid su “*Memoria sobre máquinas algébricas*” para raíces de polinomios en 1893.

Una máquina importante que Torres Quevedo construyó servía para resolver ecuaciones algebraicas (Figura 1) y calcula el valor de la fracción

$\alpha = (A_1 x^a + A_2 x^b + A_3 x^c + A_4 x^d + A_5 x^e) / (A_6 x^f + A_7 x^g + A_8 x^h)$ para los distintos valores de x y de los diversos coeficientes. Si los números se expresan en escala logarítmica, cada vez que el valor de la fracción es 1, el correspondiente de x es una raíz real de la ecuación

$$A_1 x^a + A_2 x^b + A_3 x^c + A_4 x^d + A_5 x^e - A_6 x^f - A_7 x^g - A_8 x^h = 0$$

La máquina consta de un “*aritmóforo*” para pasar los números a escala logarítmica, unos trenes exponenciales y un “*husillo sin fin*”. El aritmóforo está formado por dos discos, uno principal V cuya graduación es logarítmica y otro auxiliar V' dividido en partes iguales y que se mueve accionado por el primero, y cada vez que éste da una vuelta completa, adelanta una división. El disco V tiene escala logarítmica de 10 a 100 y el disco V' tiene 16 divisiones positivas y 16 negativas, por lo que mediante el conjunto de ambos discos se pueden inscribir los números comprendidos entre 10^{-16} y 10^{16} . El tren exponencial consta de dos ruedas que giran en torno a sendos ejes y que están conectadas entre sí mediante una combinación de engranajes, de tal forma que la relación de sus velocidades es igual al exponente de la variable x . Los dos mecanismos anteriores eran análogos a los de otras máquinas, sin embargo, el *husillo sin fin* (Figura 2) fue una invención propia y completamente revolucionaria y estableció la siguiente relación entre los desplazamientos de dos ruedas, r y q :

$$r_d = \log (10^q + 1)$$

Si se considera por ejemplo, una suma de dos términos

$$u = A_m x^m \quad y \quad v = A_p x^p$$

se trata de ligar mecánicamente dos aritmóforos en que están representadas estas variables u y v con otro en que se halle inscrito $u+v$, y así se tiene

$$\log (u+v) = \log v (u/v+1) = \log v + \log (u/v+1)$$

por consiguiente, todo el problema reside en la mecanización de $\log (u/v + 1)$, pero esto es fácil si se tiene en cuenta que, si $\log(u/v)=V$; $10^V=u/v$, y podemos poner aquella expresión de este modo

$$V' = \log (u/v + 1) = \log (10^V + 1)$$

que relaciona las variables $V=\log (u/v)$ y V' . Si se tiene un aritmóforo que representa u/v , es decir, cuyos desplazamientos angulares sean los valores de V y se puede ligar con otro aritmóforo que dé V' , se tendrá resuelto el problema. El *husillo sin fin* que hace esta operación tiene una forma de botella de cuello alargado (Figura 2). La máquina de la Figura 1 tiene seis husillos, uno para cada signo +, los cuatro del numerador y los dos del denominador.

Torres Quevedo también ideó otras máquinas analógicas como “el aritmómetro” (Figura 3) y “el Integrador de esfera de cobre” (Figura 4).

Algebraic Machines

Leonardo Torres Quevedo was studying analogue calculating machines for a long time. This was a field of investigation in which other scientists had already worked. In 1893, he presented the report “*Memoria sobre máquinas algébricas*” (On Algebraic Machines) at the Royal Academy of Sciences of Madrid. Torres Quevedo made an important machine to solve algebraic equations (Figure 1). Said machine calculates the value:

$\alpha = (A_1 x^a + A_2 x^b + A_3 x^c + A_4 x^d + A_5 x^e) / (A_6 x^f + A_7 x^g + A_8 x^h)$ for different values of x and of the diverse coefficients. If the numbers are expressed in logarithmic scale, the value of x that makes the previous quotient be equal to 1 is a root of the following equation:

$A_1 x^a + A_2 x^b + A_3 x^c + A_4 x^d + A_5 x^e - A_6 x^f - A_7 x^g - A_8 x^h = 0$
The machine consists of an “*aritmoforo*” for transforming the numbers into logarithmic scale, an “*exponential train*” and an “*endless spindle*”. The aritmoforo is formed by two discs, the principal V , its scale being logarithmic, and the auxiliary V' , divided into equal parts and driven by the former. When the principal disc makes a complete turn, the auxiliary advances one position. Disc V is scored on a logarithmic scale from 10 to 100 whereas disc V' is scored on a scale from -16 to +16. Thus, by means of both discs, all numbers between 10^{-16} and 10^{16} can be inscribed. The exponential train consists of two wheels turning around two respective axis, connected each other through a series of gears combined in such a way that the relation between their speeds equals the exponent of x . Both aforementioned mechanisms were analogous to those of other machines, however, the endless spindle (Figure 2) was an own and completely revolutionary invention and established the following relation between the positions of two wheels, r and q :

$$r_d = \log (10q + 1)$$

Consider, for example, a sum of two terms:

$$u = A_m x^m \quad y \quad v = A_p x^p$$

It then consists of mechanically joining two aritmoforos in which variables u and v are represented, with other in which $u+v$ is inscribed, thus resulting:

$$\log (u+v) = \log v (u/v+1) = \log v + \log (u/v+1)$$

Consequently, the heart of the problem lies in the mechanization of $\log (u/v+1)$. This is an easy task if we consider the following change of variable: $\log (u/v)=V$; so $10^V=u/v$. Then we can write:

$$V' = \log (u/v + 1) = \log (10^V + 1)$$

that relates variables V and V' . Given an aritmoforo representing u/v , that is to say, its angular displacement is equal to V , the problem can be solved by joining it to another aritmoforo whose angular displacement is equal to V' . The *endless spindle* that makes this operation has the shape of a long-neck bottle (Figure 2). The machine of Figure 1 is made up of six endless spindles, one for each sign +, four in the numerator and two in the denominator.

Torres Quevedo also devised other algebraic machines such as “*The Arithrometer*” (Figure 3) and “*The Sphere Integrator*” (Figure 4).



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
C/ Profesor Aranguren s/n. Ciudad Universitaria. 28040 MADRID. ESPAÑA.