

LEONARDO TORRES QUEVEDO (1852-1936): SU CONTRIBUCIÓN A LA HISTORIA DE LA AERONÁUTICA

Francisco A. González Redondo

Facultad de Educación. Universidad Complutense

1. Consideraciones introductorias torresquevedianas

Leonardo Torres Quevedo, el “más prodigioso inventor de su tiempo” en palabras de Maurice d’Ocagne, Presidente de la Sociedad Matemática Francesa, nació en 1852 en Santa Cruz de Iguña (Molledo, Cantabria). Tras estudiar el Bachillerato en Francia, ingresó en la Escuela de Ingenieros de Caminos, retirándose nada más acabar la carrera a su Valle de Iguña natal, “dedicado a pensar en sus cosas”, renunciando a entrar en el Cuerpo de Ingenieros. Fruto de este retiro es la mayor contribución a la Historia de la Ciencia y la Técnica universales de la que podemos presumir los españoles.

En 1887 Torres Quevedo patentó y presentó en los países más avanzados de Occidente un sistema de teleférico por cables múltiples de tensión constante que, concebido y ensayado en el entorno de su casa en Iguña, materializó por primera vez en el *transbordador* del Monte Ulía de San Sebastián en 1907 (primer teleférico de la historia). Con él dio vida a la era de este sistema de transporte aéreo que nos es contemporánea, caracterizada porque los coeficientes de seguridad permiten utilizarlos para el transporte de personas. Construidos modelos de otros sistemas a partir de 1908 en diferentes lugares del mundo, en 1916 se inauguró el segundo transbordador torresquevediano, el “Spanish Aerocar”, que hoy continúa surcando los cielos de Canadá y los Estados Unidos sobrevolando el Río Niágara dos kilómetros aguas abajo de las cataratas, sin haber tenido ningún accidente en sus más de 90 años de funcionamiento.

D. Leonardo es también conocido en el mundo culto como pionero de la Informática: por las *máquinas algébricas* que concibió entre 1893 y 1901; por sus autómatas electromecánicos de demostración, especialmente los *ajedrecistas* (1912 y 1920), primera manifestación efectiva de “inteligencia artificial” en una máquina; por su tratado teórico *Ensayos sobre Automática* (1914), probablemente la obra más importante en la historia de la Ciencia española; y, muy especialmente, por concebir el primer ordenador en sentido actual de la historia, el *aritmómetro electromecánico* (1920). En suma, un conjunto de creaciones teóricas y realizaciones prácticas con las que se adelantó en varias décadas a los científicos más importantes en la Historia universal de la Informática.

Análogamente, en el momento presente no debe caber ninguna duda acerca de que con el *telekino* (realmente su primer autómata electromecánico, patentado ya en 1902) puede considerársele el inventor del mando a distancia, en este caso mediante ondas hertzianas. Y así lo ha reconocido en 2007 el *Institute of Electrical and Electronic Engineers* de los Estados Unidos, popularmente conocido como “el IE³”, concediendo al *telekino* de Torres Quevedo, un *Milestone*, un “hito” en la historia de la Técnica, situando a D. Leonardo en el ámbito de la Electricidad junto a los Marconi, Faraday, Ampére, ...

Pero en sus biografías suele destacarse, a veces casi taquigráficamente, que inventó también un sistema de dirigible tal que, efectuadas algunas pruebas en España, fue desarrollado en Francia tras serle comprada la patente por la afamada Casa “Astra”, habiendo

demostrado durante la I Guerra Mundial sus cualidades en la lucha antisubmarina y como escolta de convoyes.

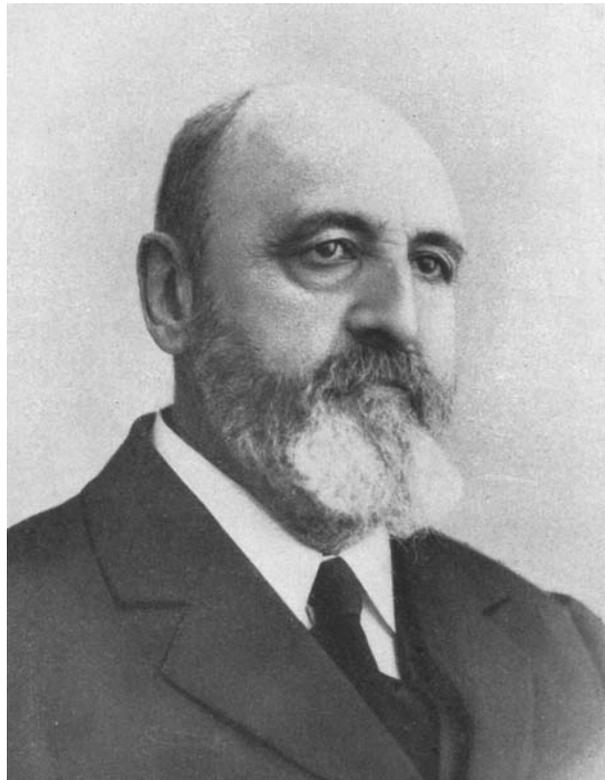


Figura 1. Leonardo Torres Quevedo (1852-1936).

Dentro de estas *XI Jornadas de estudios históricos aeronáuticos* sobre “Figuras de la Aeronáutica española”, me ha correspondido el estudio detallado -pero, lógicamente, muy sintético- de esta contribución del inventor español a la Aeronáutica mundial. En su conjunto, y desde el punto de vista de las concepciones originales presentadas sucesivamente, se desarrolló durante el período que va desde 1901 hasta 1919; pero sus manifestaciones prácticas perduraron muchos años más. De todo ello voy a tratar de resumir: 1) las diferentes novedades científico-técnicas que introduce Torres Quevedo; 2) el panorama aeronáutico internacional en el momento de presentarse cada una de las aportaciones de nuestro ilustre ingeniero¹; 3) el contexto español en el que se reciben; y 4) la extraordinaria proyección internacional de nuestro sabio insigne. Un mundo multifacético en el que confluyen Ciencia, Tecnología y Sociedad, y que estudiaremos desde una perspectiva no usual, la de la institución torresquevediana singular, *en y desde* la que se desarrolló esta parte tan importante de la ingente y multifacético obra de D. Leonardo: el *Centro de Ensayos de Aeronáutica*.

Como adelanto de conclusiones puede avanzarse que, de nuevo, Torres Quevedo será un adelantado de su tiempo a nivel mundial en otro ámbito desde el que nunca se ha hecho esta valoración. El ingeniero aeronáutico de mayor talla internacional, de la primera década del siglo XX, dedicado al único campo efectivo para resolver el problema de la navegación aérea de su momento histórico, el de los aerostatos dirigibles. Autor de unas concepciones científico-técnicas que le permitirán seguir constituyendo “presente” durante la segunda década de un siglo en el que los avances tecnológicos fueron vertiginosos. Con una

¹ Entre los tratados clásicos, casi enciclopédicos, sobre Historia de los dirigibles, que pueden consultarse destaca: Beauvois, H. (1973) *Dirigeables*. Edita, Lausanne.

proyección que alcanzará a ver hasta los meses previos a su fallecimiento en 1936. Y, lo que es más importante, con una “actualidad” que llega hasta el momento presente, donde las diferentes soluciones que adelantó en 1902 para resolver el problema de la navegación aérea pueden constatar, con mayor o menor detalle, en la práctica totalidad de los dirigibles no rígidos construidos a lo largo del siglo XX y comienzos del XXI. En suma, más de 100 años de vigencia de una obra -en este caso aeronáutica- excepcional.

2. La Aeronáutica mundial en los albores del siglo XX

Al finalizar el siglo XIX la navegación aérea sigue siendo un problema internacional por resolver, uno de los grandes problemas con los que se enfrentan los ingenieros e inventores de todas esas naciones desarrolladas que a lo largo del siglo han colonizado por tierra y por mar la práctica totalidad del mundo. El panorama se puede resumir en las tres consideraciones siguientes:

- A. No existe la Aviación, con un desarrollo insignificante (de hecho, el primer ‘vuelo’ de los hermanos Wright -realmente, algunos saltos de varios metros a ras de suelo- no tendrá lugar hasta finales de 1903), aunque se piensa que en ella estará un futuro que aún no se vislumbra (y que no se hará realidad hasta los últimos años de la I Guerra Mundial).
- B. En casi todas las naciones avanzadas (incluso en España) sí existe la Aerostación militar (globos cautivos y libres), como rama establecida en los ejércitos, junto con algunos científicos que investigan en este ámbito y diferentes deportistas que realizan arriesgadas ascensiones.
- C. En el mundo aeronáutico se piensa que la solución inmediata del problema sólo puede estar en los globos dirigibles. El presente y el futuro a corto plazo son los dirigibles.

Para 1900, de entre la sorprendente cantidad de variopintos artefactos voladores que han ido presentando diferentes ingenieros, aeronautas o -simplemente- aventureros, existen esencialmente dos sistemas de los que, con propiedad, pueden considerarse globos dirigibles y que serán los que realmente existan hasta nuestros días:

1. Los *flexibles*, de los que los más conocidos entonces (y recordados hoy) son los modelos del millonario y deportista brasileño establecido en Francia, Alberto Santos Dumont. Constan de una cubierta impermeable que se hincha de gas y mantiene su forma por la presión interior, que puede regularse mediante cámaras de compensación y válvulas automáticas. Se pueden plegar y transportar, pero tienen el grave inconveniente de que la suspensión de la barquilla tiende a doblar el globo por el centro. Aunque fueron probados entonces con éxitos parciales, no parecían la solución al problema si antes no se realizaban sólidos estudios científicos y técnicos ausentes hasta entonces y que Dumont no estaba en condiciones de emprender.
2. Los *rígidos*, según el modelo del aristócrata Conde Ferdinand von Zeppelin. Tienen una estructura interior rígida (de madera o metal) con varios compartimentos que contienen globos impermeables para el gas, y una cubierta -normalmente- de tela -o de metal (aluminio, duraluminio)- sostenida interiormente por el armazón. Presentan los

inconvenientes de la imposibilidad de plegar el globo una vez deshinchado, de la mayor resistencia a la marcha por el gran volumen de lo suspendido en el exterior, y las oscilaciones transversales que experimentan. Son más estables (de forma y, presumiblemente, en vuelo), aunque quebradizos, con una única unidad probada sin éxito ninguno pero que, quizá con el tiempo, nuevas investigaciones y ensayos, y grandes cantidades de dinero, pudieran resolver el problema.

En 1901 la solución parece que estaría en un sistema *semirrígido*, tal como el ideado en Francia por el ingeniero Julliot para los hermanos Lebaudy (empresarios de la industria azucarera aficionados a la Aerostación), que pretende aunar las ventajas de los dos sistemas aminorando sus inconvenientes: el “Le Jaune”, de quilla rígida en la parte inferior de la envuelta (sin estructura interior), de la que cuelga la barquilla. Lo materializará el constructor Edouard Surcouf dos años después. A este ámbito intermedio pertenecerán tres de los cuatro sistemas de dirigibles patentados por nuestro ilustre ingeniero entre 1902 y 1919, precisamente aquéllos que no llegarán a fabricarse.

3. Torres Quevedo y el problema de la navegación aérea

Torres Quevedo empieza a ocuparse de los diferentes aspectos implicados en la solución del problema de la navegación aérea con el comienzo del siglo, entrando en contacto con el mencionado Surcouf -como muy tarde- en abril de 1901. Un año después, el 5 de mayo de 1902, se concretan los sólidos estudios científico-técnicos emprendidos por nuestro protagonista cuando solicita privilegio de invención en Francia por “Perfectionnements aux aérostats dirigeables”². En ella D. Leonardo centra su preocupación en el problema de la *estabilidad* cuando el resto de los estudiosos aún seguían preocupados prioritariamente por el de la *propulsión*. Presentó unas primeras Memorias, con principios teóricos generales de la Aeronáutica y concepciones prácticas, a las Academias de Ciencias de Madrid (informada por Echegaray³) y de París (informada por Appell⁴), en las que indica las causas de inestabilidad consecuentes con las posiciones y cantidades de las fuerzas presentes: peso, empuje ascensional, propulsión y resistencia del aire, que pueden originar momentos (pares de fuerzas) con tendencia a inclinar el globo y/o la barquilla, efectos que son tanto mayores cuanto mayor sea la velocidad⁵.

Su aportación ingenieril -gran novedad- consistió en introducir el -en otros casos- armazón -la *viga*- en el interior del globo (así la barquilla puede ser pequeña y estar próxima al globo). Para mantener el equilibrio logra la estabilidad de forma y, sobre todo, en vuelo, mediante unos pares de tirantes en forma de triángulo isósceles con vértices en los extremos inferior y superior de la viga. La estructura interior está constituida por un conjunto de barras que hacen que unos triángulos sean rígidos y que otros sean flexibles que adquieren rigidez

² Concedida, con el nº 320.901, el 23 de diciembre de 1902. El 10 de julio de ese año también había solicitado un “Certificado de Adición” a la patente principal que se concedería el 30 de marzo de 1903.

³ Echegaray, J. (1902) *Navegación aérea*. [Informe de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales acerca de la Memoria sobre la estabilidad de los globos presentada por Don Leonardo Torres]. Establecimiento tipográfico de los Hijos de J. A. García, Madrid.

⁴ Appell, P. (1902) “Mémoire ‘Sur un avant projet de ballon dirigeable à quille interieur’” [Presentado por Leonardo Torres Quevedo en la sesión del 26 de mayo de 1902], en *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, CXXXV, 141-146.

⁵ Las patentes, los informes y un denso estudio introductorio se recogen (en versión bilingüe francés/español) en González de Posada, F. y González Redondo, F. A. (eds.) (2001): *Leonardo Torres Quevedo y los globos dirigibles*. Madrid: INTEMAC.

con la presión interior del gas, permaneciendo unidos por medio de tirantes. En la parte inferior del globo, unida a la viga interior, se proyecta un dispositivo rígido -la quilla- para sostenimiento de la barquilla.

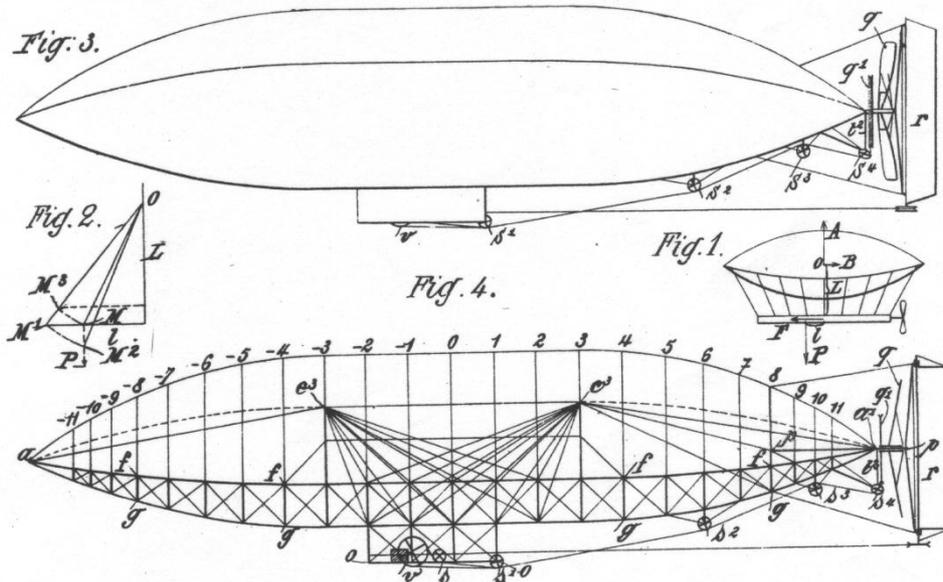


Figura 2. Esquemas de la patente "Perfeccionamiento de los aerostatos dirigibles", 1902.

La resonancia internacional de la novedad que se presenta es considerable: el Informe de la Academia de Ciencias de París se reproduce antes de que acabe el año 1902 en *L'Aerophile* (Francia) y se publica en *Aeronautics* (Reino Unido) traducido al inglés. El mundo aeronáutico europeo está expectante. Puede afirmarse, sin temor a equivocarnos, que se convierte -en esos años- en el ingeniero y científico aeronáutico más importante del momento. Los constructores franceses -sobre todo- se ofrecen a fabricar y ensayar sus modelos, mientras nuestro insigne inventor espera.

En julio de 1902 el Consejo de Ministros en pleno hace suyo los informes de las Academias que presenta el Ministro de la Gobernación y los traslada al Ministerio de la Guerra (dirigido por el General Weyler). Entre octubre y noviembre de ese año los aerosteros militares españoles, a quienes se solicita su opinión, se desentienden del proyecto, volviendo el tema a la esfera civil. Lo más fácil para D. Leonardo hubiera sido aceptar los ofrecimientos de una muy receptiva Francia, pero las autoridades le garantizan al comenzar 1903⁶ que se le proporcionarán los recursos necesarios para construir y ensayar su sistema en España.

4. La primera industria aeronáutica civil española: el Centro de ensayos de Aeronáutica

Por Real Orden del Ministerio de Fomento, de 4 de enero de 1904, se crea el *Centro de Ensayos de Aeronáutica* (dependiente de la Dirección General de Obras Públicas) y un Laboratorio anejo, para la realización de los ensayos de los aparatos de navegación aérea y para dirigir la maniobra de motores a distancia, inventados por Torres Quevedo, bajo cuya

⁶ *La Biblioteca*, 21 de enero de 1903, año 1, nº 4, pág. 1, transcribiendo lo aparecido en la *Gaceta de Madrid* del 14 de enero en un Real Decreto del Ministerio de Agricultura, Industria y Comercio.

dirección inmediata se pone, toda vez que para ello se había incluido en el presupuesto de gastos del Ministerio de Fomento para 1904 la cantidad de doscientas mil pesetas.

Y todo ello: 1) en una España inmersa en las consecuencias de la crisis del 98... de la que, como estos hechos que aquí tratamos corroboran, algunos pretenden sacarla; 2) desde un Ministerio -el de Fomento- para el que, en aquellos años, el tema resultaba ‘extraño’; 3) con una fe ciega en un ingeniero español heterodoxo que había renunciado a incorporarse al Cuerpo y vivía y trabajaba ‘dedicado a sus cosas’. En suma, nace un ‘objeto historiable’. La dimensión historiable de este objeto, las razones de su historiabilidad, se irán explicitando a lo largo de la exposición.

En enero de 1904, recién creado el *Centro*, Torres Quevedo, ya ha desarrollado notablemente su proyecto de 1902. El 27 de enero presenta una nota⁷ a la Academia de Ciencias de Madrid, “Globos atirantados”, en la que vislumbra la posibilidad de eliminar todos los elementos rígidos de la estructura interior (viga) y la quilla, y, por primera vez, se introduce lo que será la gran aportación de Torres Quevedo a la Aeronáutica mundial: la concepción de un sistema que proporciona *autorrigidez* a los dirigibles.

El mundo de la Aerostación dirigida, que había tenido como referencia hasta los primeros años del siglo al Coronel Charles Renard, se rinde ante los estudios sobre estabilidad de Torres Quevedo, que demuestran las numerosas (y peligrosas) equivocaciones en los cálculos y diseños de Renard, asumiendo desde 1905 los del español en detrimento de los del francés.

En marzo de 1905 entra a trabajar como segundo Auxiliar Técnico del *Centro* (radicado en el Frontón “Beti-Jai” de Madrid), el joven Capitán de Ingenieros y aerostero militar Alfredo Kindelán Duany. Llega el material (telas, etc.) encargado a Surcouf y se construyen modelos pequeños como ensayo. En septiembre se inicia la construcción de la viga armada del globo real, con la ejecución, en el *Centro*, de Kindelán bajo la dirección -desde la distancia- de Torres Quevedo, dedicado sobre todo (con la colaboración del primer Auxiliar Técnico del *Centro*, el también Ingeniero militar -de Telégrafos- Antonio Peláez-Campomanes y García de Miguel) al desarrollo de su otra gran invención de estos años, el *telekino*, aparato de mando a distancia concebido para gobernar desde tierra las maniobras de los dirigibles sin arriesgar vidas humanas.

En Febrero de 1906, durante una densa visita de Kindelán, se encargan en París los motores (a Levavasseur) y las hélices (a Voisin). Mientras se espera que lleguen estos elementos se cosen las telas y se ultima la viga. Finalmente, a principios de junio se termina de unir la envuelta a la viga funicular y se infla el globo de 640 m³ en el Parque del Real Aero-Club en Madrid.

Realizadas las pruebas de estabilidad de forma en el inflado de junio, el 11 de julio se solicita la patente por “Un nuevo sistema de globos fusiformes deformables”, sistema que, ahora sí (cuando termine de ensayarse), reunirá las ventajas de los sistemas precedentes y eliminará sus desventajas: el dirigible es flexible, desinflable, transportable y rígido por la presión interior (estable). Torres Quevedo había encontrado el camino para la solución real del problema de la navegación aérea... mediante globos dirigibles *autorrigidos*.

Ensayado con éxito el inflado del globo (todavía, en esos momentos, solamente globo), los Ministerios de Guerra y de Fomento autorizan el traslado del *Centro de Ensayos de Aeronáutica* al Parque Aerostático Militar de Guadalajara. En agosto -ya en esta localidad alcarreña- se construye un barracón de tela para alojar el material y se prueban los motores. En septiembre se realizan nuevas pruebas de inflado del globo y comienza la construcción de la barquilla. Completar los elementos aún necesarios llevaría varios meses más.

⁷ Torres Quevedo, L. (1904) “Globos atirantados”. Memoria manuscrita presentada el 27 de enero de 1904 a la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales “a efectos de prioridad”.

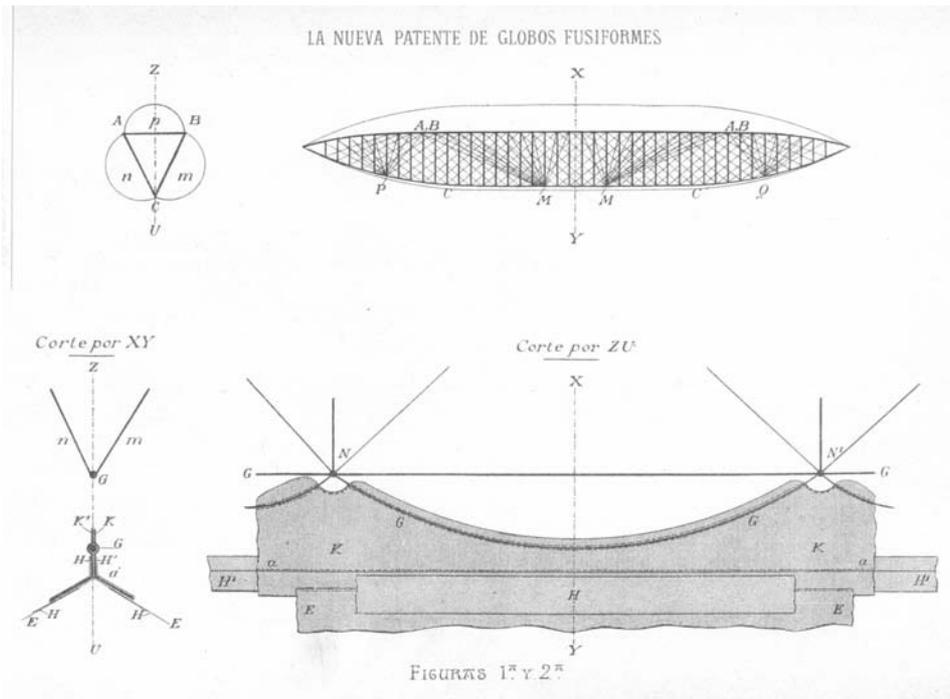


Figura 3. Esquemas de la patente “Un nuevo sistema de Globos fusiformes”, 1906.

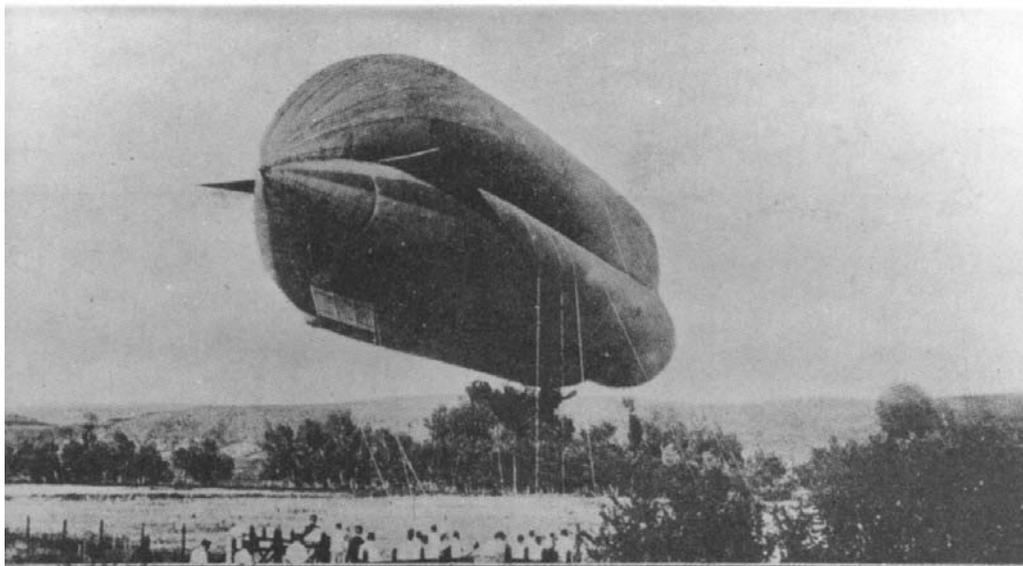


Figura 4. Pruebas del “Torres Quevedo n° 2” en Guadalajara, 1908.

En julio de 1907 ya existe el dirigible (globo, barquilla, motores, timones, etc.) y se planea la realización de las primeras pruebas pilotadas. Pero, lamentablemente, tras procederse al inflado de la unidad en septiembre de ese año, no pueden estudiarse ni la estabilidad (de forma) ni su estabilidad y dirigibilidad (en vuelo por los posibles pilotos o desde tierra con el “telekino”), por detectarse pérdidas de gas a través de la envolvente (presumiblemente por vulcanización del caucho), por lo que se suspende el ensayo. La única solución posible sería cambiar la envuelta por otra más impermeable conservando la misma

viga funicular, lo que exige un aumento del volumen a 960 m³ para conseguir mayor capacidad ascensional. En todo caso, demasiados retrasos.

Finalizada la construcción de la nueva envuelta y su unión a la viga de elementos no rígidos, durante el mes de junio de 1908 se realizan pruebas del dirigible con el motor en marcha y viajeros en la barquilla (Kindelán, Vives y el propio Torres Quevedo, además de otros aerosteros militares de Guadalajara), pero sin soltar las cuerdas de maniobra (dadas las exiguas dimensiones del campo de vuelo del Polígono) en las que se comprueba, sin ningún género de dudas, la estabilidad del aerostato.

5. El Centro de ensayos de Aeronáutica de Guadalajara a París

Aunque desde 1902 han pasado seis años (demasiado tiempo para que siga constituyendo actualidad cualquier innovación tecnológica usual), la creación de Torres Quevedo continuaba siendo una novedad de extraordinaria relevancia internacional, por lo que el éxito parecía alcanzado. En España las pruebas públicas, en presencia de Alfonso XIII, se preparan para septiembre. En el extranjero se reciben los ensayos con suma expectación, ante el panorama no demasiado esperanzador que constituye el presente internacional entonces⁸:

1. En Francia siguen construyéndose los “Lebaudy” semirrígidos para el Ejército, mientras Surcouf desarrolla unidades flexibles, probablemente los mejores dirigibles del momento, para el mecenas aeronáutico Henry Deutsch de la Meurthe.
2. En el Reino Unido el “Nulli Secundus II” del Ejército, que había supuesto cuantiosas inversiones, aunque realiza unos vuelos vistosos por las campañas soleadas de Inglaterra durante el verano de 1908, constituye un fracaso total en el momento en que las condiciones climatológicas dejan de ser las ideales.
3. En Alemania los enormes y tan esperados “Zeppelines” se accidentan en sus primeros vuelos durante las maniobras de despegue o recogida en el hangar, arruinando en diferentes ocasiones al Conde, que queda a merced de las donaciones, colectas y loterías que se organizan para financiar su “patriótica” tarea.
4. En Estados Unidos, incipiente potencia industrial (que ya había utilizado globos cautivos contra España en la Guerra de Cuba) la más reciente creación en 1908, el “Baldwin”, no aportaba ninguna novedad, y también fracasará estrellándose la primera vez que navegó con algo de viento en contra.
5. En Italia los semirrígidos de Forliani, que tendrán cierta difusión pocos años más tarde, no han hecho aún su aparición efectiva.
6. Complementariamente, la Aviación sigue sin existir. Los toscos aeroplanos que se fabrican y ensayan a duras penas consiguen realizar vuelos de alguna entidad.

⁸ Ver, en el volumen de 1908 de *L'Aerophile*, los artículos: “Le dirigeable de Marçay-Kluitjmans” (p. 15), “Le Ville de Paris a la frontiere” (pp. 21-22), “Le nouvel autoballon militaire française” (pp. 45-54), “Le Nulli Secundus II. Dirigeable militaire anglais” (p. 371), “Le Tour du Monde aérien. Le dirigeable Baldwin” (p. 371), “Le dirigeable Torres Quevedo” (pp. 371-372), “Les premieres exploits du Clement-Bayard” (pp. 441-450), etc.

Sin embargo, a lo largo de los meses de julio y agosto de 1908 se produce el desencuentro de D. Leonardo con los aerosteros militares: la Real Orden que daba el nombre del ingeniero inventor, “Torres Quevedo”, al nuevo dirigible le resulta inaceptable al que había sido ingeniero constructor, Alfredo Kindelán, quien dimite de su puesto en el *Centro de Ensayos de Aeronáutica*. En septiembre Torres Quevedo se ve forzado a abandonar el Parque de Guadalajara en el que el nada conciliador Pedro Vives Vich seguía siendo Jefe del Servicio de Aerostación Militar. Meses más tarde, desde Fomento se le promete que se le facilitará un terreno en La Moncloa (Madrid) para ubicar el material del *Centro* y reemprender las pruebas con nuevo personal, y desde el Congreso de los Diputados se aprueban nuevas dotaciones presupuestarias con que hacer frente a las contingencias.

Sin embargo, en enero de 1909 se produce un nuevo incidente: una explosión en la fábrica de “La Oxídrica” de Zaragoza (únicos proveedores de hidrógeno en España) impediría cualquier ensayo hasta el verano. A pesar de ello, el 20 de febrero de 1909 solicita un certificado de adición a la patente de 1906 (“Un nuevo sistema de Globos fusiformes”), por “Mejoras introducidas en la patente principal”, certificado que se expide con fecha 13 de mayo de 1909, mientras en marzo de ese año entra a trabajar como Auxiliar Técnico del *Centro* (radicado en un local en la calle Manuel Silvela nº 1, de Madrid), el joven Capitán de Ingenieros, aerostero deportista y automovilista José María Samaniego Gonzalo. En todo caso, siendo imposible realizar ensayos en España, en abril comienza el traslado del *Centro* y todo su material a un hangar alquilado en Sartrouville (París) a la casa Astra (nueva Sociedad Aeronáutica integrada en el conglomerado empresarial del magnate Henry Deutsch de la Meurthe) que dirigía el viejo conocido del inventor iguñés, Edouard Surcouf, concedor de las ideas de D. Leonardo desde 1901.

En octubre de 1909 se infló de hidrógeno el globo “Torres Quevedo nº 2” (cuya experimentación inicial había tenido lugar en Guadalajara) con ligeras modificaciones, para efectuar un vuelo por los alrededores de París pilotado por Georges Cormier (no se autorizó a Samaniego a dirigir el vuelo). A pesar de unos señalados contratiempos -entre ellos, la aeronave quedó prendida en unos hilos telegráficos sobre una vía férrea de tráfico intenso- que restaron brillantez a la prueba, quedaron manifiestas las ventajas del sistema torresquevediano. La prestigiosa casa Astra, la más reputada empresa de construcciones aeronáuticas en el ámbito de los dirigibles (y donde comenzaron a construirse los dirigibles de otras empresas como “Lebaudy” o “Clement-Bayard”, además de los del propio Surcouf), solicitó al ingeniero español que le cediese la exclusiva para la explotación de las patentes del globo.⁹

Previo autorización de 31 de diciembre de 1909 del Ministerio de Fomento (Dirección General de Obras Públicas), del que dependía administrativamente el *Centro de Ensayos de Aeronáutica*, el 12 de febrero de 1910 se firmó el contrato con la sociedad Astra “con la condición de dejar libre la explotación en España de dicho sistema”, cláusula *patriótica* que, desgraciadamente, no se utilizó. Habían transcurrido ocho años desde la primera patente y las ideas de Torres Quevedo seguían siendo la actualidad más relevante... aún *non nata*.

De hecho la vida ingenieril y científica del *Centro de Ensayos de Aeronáutica* residirá en París entre 1909 y 1912; allí quedará José M^a Samaniego, Auxiliar técnico del Centro; y allí se desplazará D. Leonardo con frecuencia para seguir la construcción de sus dirigibles... además de a seguir presentando otras creaciones, como su primer “ajedrecista”.

⁹ Influencia capital en esta decisión de la casa Astra tuvo el relato y análisis de estas pruebas del Coronel Espitallier en *La Technique Aeronautique*. Existe traducción en *Revista de Obras Públicas* nº 1808, 233-237.

Mientras estas cosas sucedían en París, los mismos ingenieros militares españoles que cometieron el despropósito de despreciar el dirigible de Torres Quevedo en 1908, decidieron en 1909 la compra, por parte del Estado español, de la que será la última de las unidades que la Sociedad Astra de Deutsh de la Meurthe construirá tras desestimar su anticuado sistema e ir sustituyéndolo por el del inventor español: el “España” de la Aerostación militar, que podía haber resultado -a pesar de todo- un dirigible aceptable (como las unidades francesas del mismo sistema que lo precedieron, “Ville de Paris”, “Conte”, etc.), constituirá un sonado fracaso durante las accidentadas pruebas en Francia, y desde su recepción en Guadalajara en mayo de 1910¹⁰.



Figura 5. Ensayos del “Astra-Torres nº 1” en Issy-les-Moulineaux, 1911.

En febrero de 1911 comenzaron en Issy-les-Moulineaux -afueras de París, al sudoeste- las series de exitosas pruebas del “Astra Torres nº 1”, de 1600 m³ de capacidad¹¹, primer dirigible del sistema Torres Quevedo construido en Francia por la casa Astra, toda una apuesta por la invención torresquevediana. Los resultados fueron espectaculares: era más rápido, estable y maniobrable que todos los sistemas precedentes, por lo que se vislumbra un futuro de fecundas aplicaciones. El *Centro de Ensayos de Aeronáutica*, por fin (en París), había resuelto el problema de la navegación aérea. El sistema ideado diez años antes por Torres Quevedo demostraba ser el mejor medio de locomoción aérea del mundo en 1911, cuando aún seguían sin existir los aviones y los primeros -y muy primitivos- aeroplanos seguían encadenando accidentes. A título personal, Torres Quevedo lograba un impresionante éxito y se consagraba como el mejor ingeniero aeronáutico del mundo al comenzar la segunda década del siglo XX.

¹⁰ Ver, en el volumen de 1909 de *L'Aerophile*, los artículos: “La mission d'études espagnole sur les dirigeables” (p. 138) “Le dirigeable Espana” (p. 146); y en el volumen de 1910: “Les sorties nocturnes de L'Espana” (p. 110), y “L'Espana” (p. 230).

¹¹ El primer estudio detallado sobre el sistema de Torres Quevedo fue el de Peltier, H. (1911) “Les Nouveaux Dirigeables. La Vedette militaire Astra-Torres”, en *L'Aerophile* (1 de mayo), 208-211. En castellano suele citarse el de Samaniego, J. M^a. (1911) “Los dirigibles del sistema Torres Quevedo”, en *España Automóvil*, nº 9 (15 de mayo), 88-92, nº 12 (30 de junio), 133-134, y nº 13 (15 de julio), 146-148.

6. Explotación comercial y nuevas manifestaciones del genio torresquevediano

Cuando las pruebas del “Astra-Torres nº 1” iban a comenzar en París, el 2 de febrero de 1911 solicita nuestro insigne ingeniero en Bélgica privilegio de invención por “Moyens de campement pour Ballons dirigeables”¹². En síntesis, la nueva creación consistía en un poste de amarre con plataforma superior pivotante diseñado especialmente para anclar al aire libre los dirigibles de su sistema, puesto que en las intersecciones longitudinales de los lóbulos se emplazaban -respectivamente- tres cables que terminaban confluyendo en la punta de proa por la que se ataba el dirigible, distribuyendo las tensiones a lo largo de todo él. Además el aerostato podía girar alrededor del eje del poste por la acción del viento presentando siempre la menor resistencia. El éxito del nuevo invento será total y, problemas de prioridad aparte (que los hubo), se convertirá en el sistema de amarre usual para los dirigibles de todos los tipos, incluidos los “Zeppelines” de los años treinta.

Unos meses más tarde, en la primavera de 1911, comienza las gestiones para la construcción y ensayo (que no patentará) de un “cobertizo giratorio” para dirigibles que: 1) como en el caso de las aeronaves torresquevedianas construidas, estaría formado por elementos flexibles y adquiriría su forma -y su rigidez- al inyectarle aire a presión (en este caso no haría falta hidrógeno); y 2) es giratorio con la mera acción del viento, facilitando la entrada de las aeronaves, que siempre quedarían orientadas (conjuntamente con el cobertizo) en la dirección conveniente, eliminando así una parte apreciable de las posibilidades de accidente.

Pero no terminaba ahí el desarrollo de las potencialidades del ingenio aeronáutico de Torres Quevedo. Con fecha 30 de julio de 1913 presenta la Memoria Descriptiva “Un nuevo tipo de buque denominado ‘buque campamento’” en solicitud de patente de invención, que se concede con fecha 12 de diciembre de 1913. En síntesis, un porta-dirigibles “Astra-Torres”, con poste de amarre y bodega para alojar hasta dos unidades infladas, cilindros de hidrógeno, etc. Se trata de un diseño en el que se basó (aunque sorprendentemente en ningún lugar se hace constar el débito) la Armada española para construir diez años más tarde el que sería primer porta-aeronaves español, el primer “Dédalo”.

A principios de 1914 (recién publicada su ‘obra histórica’, los “Ensayos sobre Automática”), como consecuencia de sus meditaciones sobre el desarrollo de los dirigibles hasta la fecha, solicita el 2 de marzo de nueva patente de invención por “Globos fusiformes deformables”, que se expide el 27 de mayo de 1914, y “se refiere a un nuevo tipo de dirigibles, que presenta todas las ventajas de los rígidos y evita ó aminora sus principales inconvenientes”. Realmente, supone un nuevo sistema (que no llegará a construirse) de dirigible semirrígido de volumen variable destinado a países (como México) que necesitaban modelos para unas condiciones de temperatura y presión muy particulares.

Pero, sobre todo, en esos años comienza la etapa de explotación comercial de la invención. Así, en mayo de 1911, el magnate del petróleo Henry Deutsch de la Meurthe encargaba el “Astra-Torres nº 2”, de 3.400 m³, a modo de “yate privado” y para su utilización en su empresa de viajeros entre Francia y Suiza, la *Compagnie Générale Transaérienne*. Y, poco tiempo después, en 1912, la casa Astra recibía el encargo del Almirantazgo inglés del “Astra-Torres XIV”, de 8000 m³ de capacidad, mientras comenzaban a proyectar para el Ejército francés el “Astra-Torres XV” (rebautizado después “Pilatre de Rozier”), de 23.000 m³, con dimensiones análogas a los “Zeppelin” alemanes del momento y diseñado para alcanzar velocidades próximas a los 100 Km/h.

¹² Un año más tarde (el 1 de febrero de 1912) solicita la misma patente en Francia (concedida el 3 de abril) y en Inglaterra (el 2 de febrero) por “Improvements in Mooring Arrangements for Airships” (concedida el 13 de junio).

La entrega del “Astra-Torres XIV” (el “HMA no. 3” para la Royal Navy Air Service) en el verano de 1913 supuso, precisamente, la consagración internacional del sistema, al batir esta unidad el record mundial de velocidad de un dirigible con 83,2 km/h registrados durante los ensayos de recepción, velocidad que llegó a ser de 124 km/h con el viento soplando a favor. Los encargos continuaron sucediéndose, y, a los pocos meses, la RNAS recibiría el “Astra-Torres XVII” (“HMA no. 8”), de 11.327 m³, y el “Astra-Torres XIX” (“HMA no. 10”), de 3960 m³.

En este marco de éxito y reconocimiento internacional se produce en nuestro país un hecho singular: el Rey Alfonso XIII decide realizar un vuelo en el “España” de la Aerostación Militar para intranquilidad de unos aerosteros demasiado acostumbrados a los accidentes de la unidad. Tras volver indemnes del vuelo, no tardarán en dar de baja del servicio al dirigible antes de que al Monarca se le vuelva a ocurrir emprender otra aventura semejante. Entre tanto, a petición de informe realizada desde el Ministerio de Fomento, Vives informaba negativamente -de nuevo- la adquisición de un “Astra Torres” para que D. Leonardo pudiera continuar en España las pruebas del *Centro de Ensayos de Aeronáutica*... mientras el propio Vives gestionaba con la casa Astra la compra de otro dirigible “Astra-Torres” para el Ministerio de la Guerra que sustituyera al “España”.

En Francia, donde se estaban invirtiendo enormes cantidades de dinero en la investigación aeronáutica, sobre todo con vistas a disponer de la anhelada (y, entonces, aún primitiva) Aviación, los “Lebaudy” semirrígidos ya hacía tiempo que habían dejado de constituir la “actualidad”, mientras el panorama de los clásicos “Clement-Bayard” y “Zodiac”, muy perfeccionados, se veía completado con los que la propia Armada francesa comenzará a fabricar, los “Chalais Meudon”, que recibirán el nombre del establecimiento militar donde se fabricaban.

En esos años, en la Alemania prebélica se estaba dando un empuje extraordinario a los “Zeppelin” (también a los “Siemens-Schukert” rígidos), cada vez de mayor tamaño y más perfeccionados, que supondrían, si no un arma de guerra efectiva, sí un elemento propagandístico impresionante del poderío militar germánico. En todo caso este desarrollo apartaba -en cierta manera- a los “Parseval” alemanes, análogos a los flexibles franceses y menos susceptibles de accidentes que los rígidos.

Por otro lado, en el Reino Unido, tras adquirir y probar dirigibles tipo “Lebaudy” (el “Morning Post”) “Clement-Bayard”, “Parseval”, “Astra-Torres” y “Forliani” (además de fabricar y ensayar flexibles como los “Willows” o los “Baby”), y mientras se empeñaban en gastar millones de libras financiando los fracasados ensayos de la empresa Vickers con dirigibles rígidos (basados en los “Zeppelin” alemanes de la época), terminarán optando por los dirigibles *autorrígidos* del sistema Torres Quevedo.

7. La proyección internacional de los dirigibles de Torres Quevedo

Al desencadenarse la Gran Guerra, los dos únicos “Astra-Torres” del Ejército francés disponibles fueron utilizados en el frente terrestre. Pero en ese destino eran extremadamente vulnerables, además de resultar poco efectivos. De hecho, “L’Alsace” fue derribado en octubre de 1915 y “Pilatre de Rozier II” en enero de 1917. Francia se había quedado sin dirigibles del sistema “Torres Quevedo”, y lo mismo le había sucedido a Bélgica con “La Flandre”, unidad de 14.700 m³ adquirida en 1916.

De hecho, fue la Marina del Reino Unido la que más claramente vio la utilidad de los dirigibles en la guerra antisubmarina para garantizar la escolta de los convoyes de navíos imprescindibles para su aprovisionamiento, tareas que los aeroplanos de la época aún no

estaban capacitados para realizar. Aprovechando la constitución de la empresa Airships Ltd, filial inglesa de Astra, y la experiencia adquirida con los Astra-Torres, comenzaron a fabricar sus propios dirigibles trilobulados “autorrígidos”, los “Coastal” de 4.810 m³. En total se construirían ¡34 unidades!, de las cuales 4 serían vendidas a la Rusia zarista en julio de 1916 (aunque Torres Quevedo no recibiría ni un solo penique por ellos, al haber caducado la patente inglesa una años antes por no haberse satisfecho las correspondientes anualidades).

A lo largo de 1917 desarrollarían las primeras 9 unidades de un nuevo modelo de dirigibles con más del doble de capacidad, los “North Sea” de 10.190 m³, completados con otros 9 dirigibles en 1918, de los cuales uno sería vendido a los USA en noviembre de ese año, el “NS-13”. Entre ambas series, se fabricaron 10 nuevos “Coastal” mejorados, los “Coastal Star” de 5950 m³, unos y otros dedicados a tareas de vigilancia y lucha antisubmarina en el Mar del Norte y el Canal de la Mancha.

Frente a este impresionante panorama de construcción y uso de dirigibles torresquevedianos, a la Marina francesa la guerra le pilló a contrapié. Así, antes de encargar a la casa Astra nuevas unidades del sistema “Torres Quevedo” (y ello una vez que nuestro inventor redujo sus derechos a 1,5 francos por m³), tuvieron que comprar uno de los “Coastal” de Airships Ltd., en concreto, el “C-4” que, rebautizado como “AT-0”, se convertiría en el punto de partida de los nuevos “Astra-Torres”.

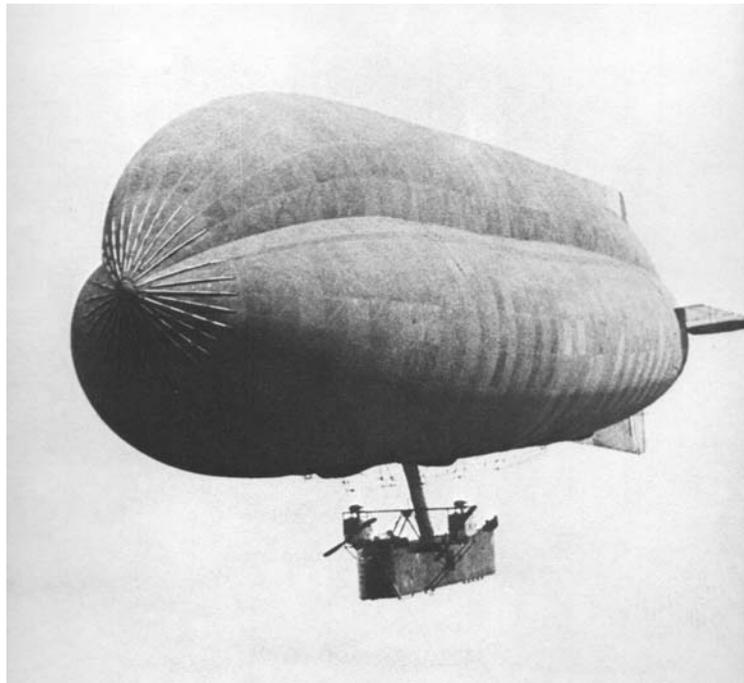


Figura 6. Dirigible francés “Astra-Torres” durante la I Guerra Mundial.

Ahora sí, a principios de 1917 se entregarían los “AT-1” a “AT-4” de 6.500 m³; tras el verano los “AT-5” a “AT-9” de 7.600 m³; y, a lo largo de 1918, los “AT-10” a “AT-17” de 8.300 m³. Todos ellos se utilizaron para la vigilancia continuada de costas y el seguimiento de los submarinos alemanes en el Golfo de Vizcaya, el Canal de la Mancha y el Mar Mediterráneo (desde bases en Marsella, pero también en Túnez y Argelia).

Con la entrada de los Estados Unidos en la I Guerra Mundial en 1917, sus pilotos de dirigibles se entrenaron en Inglaterra con el “NS-7” y en Francia con el “AT-1”. De hecho, la Armada francesa les transferiría, el 1 de marzo de 1918, el “AT-1” y el “AT-13”, a la vez que la U.S. Navy encargaba a la casa Astra los nuevos “AT-18” y “AT-19” de 10.700 m³, que

serían entregados una vez terminado el conflicto y utilizados para el desarrollo del programa aeronáutico norteamericano del período entre-guerras. Por otro lado, en 1922 sería la Marina Imperial Japonesa la que comprase la última unidad fabricada por Astra, el “AT-20”, también de 10.700 m³, en el marco de una expansión por el Pacífico que les llevará, precisamente, a la II Guerra Mundial contra los USA.¹³

Terminada la I Guerra Mundial, la aplicación de los dirigibles se reduciría al uso turístico (faceta impensable en los primeros años de reconstrucción europea) y, sobre todo, al transporte de viajeros y mercancías (correo especialmente) a distancias todavía inaccesibles a los aeroplanos¹⁴. En suma, a los viajes transoceánicos... para los cuales ninguno de los tipos de dirigibles flexibles parecía adecuarse. En este marco, Torres Quevedo retoma sus investigaciones aeronáuticas (abandonadas desde 1914 a favor de los estudios sobre Automática), dedicándose ilusionado a proyectar un nuevo sistema semirrígido (el también *non nato* “Hispania”) para la línea transoceánica propuesta por Emilio Herrera, entre España y Argentina (o los USA).

El proyecto español no se concretará con el “Hispania” ni con las evoluciones de éste planteadas por Herrera. En general, mientras la aviación alcanza desarrollos impresionantes y Alemania retoma la fabricación de “Zeppelines” para ellos mismos y para los países vencedores (como compensación de guerra) en el Reino Unido, Francia y los USA se suceden las tragedias con los accidentes de sus dirigibles rígidos (respectivamente, “R 101”, “Dixmude” y “Akron”). Aún así, en Estados Unidos se dedicarán muchos recursos a la Aerostación dirigida hasta la II Guerra Mundial, y en Alemania se lograrán importantes éxitos con los vuelos transoceánicos del “Graff Zeppelin” y del “Hindenburg”.



Figura 7. Dirigible trilobulado francés “V 11” de la casa Zodiac, 1936.

¹³ Un panorama de los dirigibles utilizados por las diferentes Armadas es el que proporciona *The Aeroplane* (1919): “Airships of the World. I. British non-rigid Airships” (pp. 667-671); “Airships of the World. II. British Rigid Airships” (pp. 672-672D); “Airships of the World. III. French Airships” (pp. 750-752); “Airships of the World. IV. German Airships” (pp. 754-756); “Airships of the World. V. Italian Airships” (pp. 756-760); “Airships of the World. VI. United States Airships”, pp. 762-763.

¹⁴ Puede verse, por ejemplo, *The Aeroplane* (1919): “On the Harmsworth Press and the R.A.F. Vote” (pp. 653-654); “On Airships” (p. 655); “The Abandonment of Airships” (p. 656).

Transcurrida una década desde la venta del último “Astra-Torres”, y en un contexto internacional dominado por los grandes modelos rígidos, otra casa francesa, ahora la Société Zodiac (más conocida después por sus lanchas neumáticas) retomaría la construcción de dirigibles del sistema “Torres Quevedo”. Comenzó en 1930 con la Vedette “V-10” de 1.100 m³, pequeño dirigible bilobulado; continuó en 1931 con dos modelos semirrígidos también bilobulados, los Eclairieurs “E-8” y “E-9” de 10.170 m³; y culminó en 1935 con dos unidades con envolvente trilobulada “autorrígida” idéntica a la de los “Astra-Torres”, los “V-11”, de 3.400 m³ y “V-12”, de 4.100 m³, vendidas a la Armada francesa diez años después de que ésta retirara del servicio los modelos construidos por la casa Astra.

Con ellos se cierra el impresionante panorama de la proyección mundial, en vida de Torres Quevedo, de esa parte tan singular de su magna obra del insigne ingeniero español, la aeronáutica, comenzada en 1901, con la que “conquistó el aire” adelantándose a su tiempo, y que constituyó “actualidad” durante más de treinta años, los primeros treinta años de un siglo, como el XX, de espectaculares avances tecnológicos.

8. Consideraciones finales: vigencia actual de la obra aeronáutica de Torres Quevedo

Tras el desastre del “Hindenburg” en Lakehurst (EE.UU.) el 6 de mayo de 1937, solamente los norteamericanos continuaron fabricando grandes flotas de dirigibles antes durante y después de la II Guerra Mundial. El programa ya no estaría basado en gigantescos modelos de estructura interior metálica elevados con hidrógeno, sino en dirigibles no rígidos (“blimps”) que conservan la forma mediante: 1) sobrepresión del gas inerte helio que llena la envuelta; y 2) una “viga” interior formada por cortinas y tirantes que aporta *estabilidad* y permite la suspensión de la barquilla.

Todos los dirigibles no rígidos construidos desde los años 20 hasta el presente constituyen, en suma, una evolución simplificada del sistema *autorrígido* patentado por Torres Quevedo en 1906. La estructura interior que determinaba la forma polilobulada sí siguió utilizándose en globos cautivos y libres a lo largo de todo el siglo XX. Y, por otro lado, si el “poste” patentado en 1911 ha sido desde entonces el amarre estándar para todos los dirigibles, la estructura *autorrígida* trilobulada fue retomada en Francia en 1978 para fabricar el catamarán meteorológico teledirigido “Dinosaure”.

En el tránsito del siglo XX al XXI la compañía alemana Zeppelin NT comenzó a desarrollar dirigibles con la gran innovación torresquevediana de 1902: la viga-quilla interior de sección triangular (ahora en fibra de carbono y aluminio e invertida con respecto a la diseñada por D. Leonardo) que proporciona *estabilidad* de forma y permite suspender la barquilla. Aunque quizá sean el “Skycat” (de Advanced Technologies Group) y el P-791 (de Lockheed Martin), aún no desarrollados completamente, los que hereden un mayor número de las innovaciones introducidas por Leonardo Torres Quevedo y que lo convierten en una de las figuras más importantes de la historia mundial de la Aerostación.

Referencias bibliográficas

Dávila Álvarez, P., González Redondo, M. y Redondo Alvarado, M^a. D. (2002) “Torres Quevedo, 1914: proyecto de dirigible semirrígido de volumen variable para relaciones atmosféricas variables de presión, densidad y temperatura”, en F. González de Posada, F. A. González Redondo *et al.* (eds.): *Actas del II Simposio “Ciencia y Técnica en España*

- de 1898 a 1945: Cabrera, Cajal, Torres Quevedo*”, págs. 335-343. Amigos de la Cultura Científica, Madrid.
- García Santesmases, J. (1980): *Obra e inventos de Torres Quevedo*. Madrid: Instituto de España.
- González de Posada, F. (1990): “Leonardo Torres Quevedo”. *Investigación y Ciencia* nº 166, 80-87.
- González de Posada, F. (1992): *Leonardo Torres Quevedo*. Madrid: Fundación Banco Exterior.
- González de Posada, F. y González Redondo, F. A. (1999): “En torno a los primeros contactos documentados de Torres Quevedo sobre Aerostación (1901-1902)”, en F. González de Posada y F. A. González Redondo (eds.): *Actas del III Simposio “Leonardo Torres Quevedo: su vida, su tiempo, su obra”*, pp. 125-132. Madrid: Amigos de la Cultura Científica.
- González de Posada, F. y González Redondo, F. A. (eds.) (2002): *Leonardo Torres Quevedo y los globos dirigibles*. Edición bilingüe castellano/francés. Madrid: INTEMAC.
- González de Posada, F., González Redondo, F. A. y Redondo Alvarado, M^a D. (2002): “Leonardo Torres Quevedo y los globos dirigibles”. En *Revista de Obras Públicas* nº 3.423, 55-66.
- González de Posada, F., González Redondo, F. A. y Redondo Alvarado, M^a D. (2004): “Los dirigibles de Torres Quevedo en el Centenario de los primeros y fundamentales trabajos”, en F. González de Posada, F. A. González Redondo *et al.* (eds.): *Actas del IV Simposio “Leonardo Torres Quevedo: su vida, su obra, su tiempo”*, págs. 229-249. Amigos de la Cultura Científica, Madrid.
- González de Posada, F., González Redondo, F. A. *et al.* (2007): *Leonardo Torres Quevedo y la conquista del aire*. Madrid: Amigos de la Cultura Científica.
- González Redondo, F. A. y Redondo Alvarado, M^a D. (1999), “Una primera aproximación a las relaciones entre Torres Quevedo y la Aerostación Naval Española”, en F. González de Posada y F. A. González Redondo (eds.): *Actas del III Simposio “Leonardo Torres Quevedo: su vida, su obra, su tiempo”*, págs. 137-141. Amigos de la Cultura Científica, Madrid.
- González Redondo, F. A. y González de Posada, F. (2001): “Leonardo Torres Quevedo y el ‘problema de la navegación aérea’, 1901-1913. El Centro de Ensayos de Aeronáutica”, en F. González de Posada, F. A. González Redondo *et al.* (eds.): *Actas del I Simposio “Ciencia y Técnica en España de 1898 a 1945: Cabrera, Cajal, Torres Quevedo”*, págs. 301-321. Amigos de la Cultura Científica, Madrid.
- González Redondo, F. A. y Redondo Alvarado, M^a D. (2001), “En torno a Airships Ltd. Los dirigibles del sistema ‘Torres Quevedo’ en la Aeronáutica británica, 1913-1919”, en F. González de Posada, F. A. González Redondo *et al.* (eds.): *Actas del I Simposio “Ciencia y Técnica en España de 1898 a 1945: Cabrera, Cajal, Torres Quevedo”*, págs. 331-358. Amigos de la Cultura Científica, Madrid.
- González Redondo, F. A. y González de Posada, F. (2002) “Torres Quevedo, Vives y Kindelán: encuentro y desencuentro de los pioneros de la Aeronáutica española, 1905-1908”, en F. González de Posada, F. A. González Redondo *et al.* (eds.): *Actas del II*

Simposio “Ciencia y Técnica en España de 1898 a 1945: Cabrera, Cajal, Torres Quevedo”, págs. 309-334 Madrid, Amigos de la Cultura Científica.

González Redondo, F. A. (2003): “El Centro de Ensayos de Aeronáutica: Ciencia, Técnica y Sociedad”. En F. González de Posada (ed.): *Leonardo Torres Quevedo. Conmemoración del sesquicentenario de su nacimiento*, pp. 111-133. Madrid: Sociedad Estatal de Conmemoraciones Culturales.

González Redondo, F. A., Redondo Alvarado, M^a D. y González Redondo, A. (2004): “La controversia científica entre Leonardo Torres Quevedo y Charles Renard en torno a la estabilidad de los dirigibles”, en F. González de Posada, F. A. González Redondo *et al.* (eds.): *Actas del III Simposio “Ciencia y Técnica en España de 1898 a 1945: Cabrera, Cajal, Torres Quevedo”*. , pp. 193-209. Madrid: Amigos de la Cultura Científica.

González Redondo, F. A. y Redondo Alvarado, M^a D. (2004), “Los dirigibles polilobulados de la Sociéte Zodiac (Anciens Établissements Mallet). En torno a Torres Quevedo”, en F. González de Posada, F. A. González Redondo *et al.* (eds.): *Actas del III Simposio “Ciencia y Técnica en España de 1898 a 1945: Cabrera, Cajal, Torres Quevedo”*, pp. 211-227. Amigos de la Cultura Científica, Madrid.

González Redondo, F. A. y González de Posada, F. (2003): “Ciencia aeronáutica y Milicia. Leonardo Torres Quevedo y el Servicio de Aerostación Militar, 1902-1908”, en *Llull. Revista de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas*.

González Redondo, F. A. (2007): “Leonardo Torres Quevedo: la conquista del aire”. *Historia de Iberia Vieja* n° 29, 76-80.

González Redondo, F. A. y González de Posada, F. (2007): “Torres Quevedo y la Aeronáutica Militar española, 1908-1914”, en F. González de Posada, F. A. González Redondo *et al.* (eds.): *Actas del V Simposio “Ciencia y Técnica en España de 1898 a 1945: Cabrera, Cajal, Torres Quevedo”*. Madrid: Amigos de la Cultura Científica.

Redondo Alvarado, M^a D. (1988): “Leonardo Torres Quevedo en la Revista de Obras Públicas”. *Revista de Obras Públicas*, CXXXV, 51-60.

Redondo Alvarado, M^a D. (1993): “Los dirigibles de Torres Quevedo: de Guadalajara a Japón”. En F. González de Posada *et al.* (eds.): *Actas del II Simposio “Leonardo Torres Quevedo: su vida, su tiempo, su obra”*, pp. 321-328. Madrid: Amigos de la Cultura Científica.

Rodríguez Alcalde, L. (1974) *Biografía de Don Leonardo Torres Quevedo*. Santander: Institución Cultural de Cantabria, C.S.I.C.