



El enlace geodésico de las Islas Baleares con el continente (1867-1885)

MARIO RUIZ MORALES

RESUMEN

Con el transcurso del tiempo, se fue cuestionando la excelencia del enlace balear patrocinado por el Bureau des Longitudes, hasta el extremo de que al ser analizado con espíritu crítico se evidenció la conveniencia de optimizarlo. Tres fueron algunas de las características susceptibles de mejora: incluir a la isla de Menorca en la red triangular, controlar su escala con una base geodésica situada cerca del extremo austral del arco y fortalecer el enlace propiamente dicho introduciendo en el proyecto cuadriláteros en los que se observasen sus dos diagonales. Ese fue precisamente el planteamiento seguido por Carlos Ibáñez e Ibáñez de Ibero, en cuanto decidió involucrarse en el proyecto geodésico de las Islas Baleares uno de los cometidos más relevantes que abordó tras ser nombrado Jefe del Distrito Geodésico y Catastral de Levante. Tal fue su interés por el enlace, que el 11 de octubre de 1864, hizo su propuesta y el 22 de febrero de 1865 dieron comienzo los trabajos.

Palabras clave:

Enlace geodésico, Islas Baleares, Vértices geodésicos, Ibáñez de Ibero, Geodesia

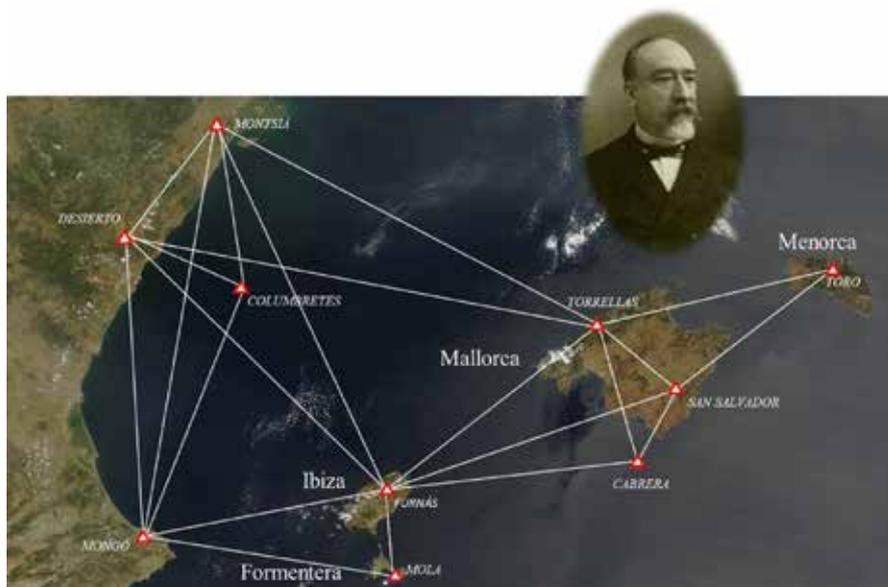
ABSTRACT

Over time, the excellence of the Balearic link sponsored by the Bureau des Longitudes was questioned to such an extent that when it was critically analysed, it became clear that it should be optimised. There were three features that could be improved: including the island of Menorca in the triangular network, controlling its scale with a geodesic base located near the southern end of the arc, and strengthening the link itself by introducing quadrilaterals in the project in which its two diagonals could be observed. This was precisely the approach followed by Carlos Ibáñez e Ibáñez de Ibero, when he decided to become involved in the geodetic project of the Balearic Islands, one of the most important tasks he undertook after being appointed Head of the Geodetic and Cadastral District of Levante. Such was his interest in the link that on 11th October 1864 he made his proposal and on 22nd February 1865 work began.

Keywords:

Enlace geodésico, Islas Baleares, Vértices geodésicos, Ibáñez de Ibero, Geodesia

DOI: <https://doi.org/10.59192/mapping.396>



de reemprender los trabajos que se habían suspendido en España y le hicieron llegar a Laplace³ la propuesta correspondiente; éste la aceptó de inmediato, brindándoles su apoyo y consiguiendo, a través del *Bureau des Longitudes*, que el gobierno librase los fondos necesarios para continuar con tan relevante proyecto.

A primeros del mes de septiembre de 1806, emprendieron el viaje a España desde París, junto al representante español⁴ José Rodríguez González, el cual se encontraba en Francia ampliando sus conocimientos matemáticos. El propio Biot detallaba años después esa partida⁵, poniendo de manifiesto la amistad que alcanzaron con los dos españoles: «*Le gouvernement espagnol nous adjoignit deux commissaires, MM. Chaix et Rodriguez; le premier, astronome déjà connu par plusieurs travaux utiles; le second, plus jeune, venu d'Espagne en France par le seul désir d'étudier l'Astronomie et les hautes Mathématiques, à l'Observatoire et au Collège de France, s'était depuis longtemps acquis notre estime et notre amitié.*

Prolegómenos

La creación del Sistema Métrico Decimal y la consiguiente superación de la mayoría de las unidades antropométricas de medida, en los países que lo adoptaron, fueron dos acontecimientos científicos relevantes y auspiciados por la revolución francesa. De entre todas las nuevas magnitudes propuestas destacó el metro, como unidad lineal por excelencia, identificado en un principio como la diezmillonésima parte del cuadrante del meridiano terrestre¹, convirtiéndose así en el nexo entre dos disciplinas tan interesantes como la Geodesia y la Metrología. Se entiende así que, al pretender fijar mejor la exactitud de tan novedoso patrón, se decidiera prolongar el meridiano del Observatorio de París, en los dos sentidos, hasta alcanzar Dunkerque y Barcelona.

Los encargados de llevar a cabo esa prolongación fueron los astrónomos y geodestas franceses Jean Baptiste Delambre y Pierre François Méchain. La operación, calificada en su tiempo como «la plus grande de ce genre», fue culminada con éxito; aunque la repentina muerte del segundo², en Castellón de la Plana, frustró su intención de haberla prolongado hasta las Islas Baleares para alcanzar así el paralelo de 45°. Al enterarse el hijo, Secretario entonces del Observatorio de París, renunció a su puesto. Fue entonces cuando Siméon Denis Poisson, de acuerdo con Pierre Simon Laplace, ofreció el trabajo a François Jean Arago. Durante su estancia en el observatorio coincidió con Jean Baptiste Biot, colaborando ambos en el estudio de la refracción de los gases. Allí hablaron de la posibilidad

¹ Al definir el metro como parte del desarrollo del meridiano se intentó universalizarlo y hacerlo independiente de cualquier otra magnitud. No obstante, conviene recordar que al proceder así se enlazó con prácticas metroológicas pretéritas; sirva de ejemplo justificativo la reseña incluida por Aristóteles en su Tratado del Cielo (*De Caelo*): una especie de estadio igual a la cienmilésima parte de la distancia del polo al ecuador y que habría sido el prototipo de las medidas lineales de Asia.

² Parece como si Méchain hubiese previsto su final, a tenor de la carta que mostró Biot a Arago, ante la imposibilidad de culminar su proyecto de enlace. Estas fueron algunas de las palabras del relato efectuado por el primero de ellos: «...*dont le succès (ce sont ses propres termes) lui paraissait plus qu'incertain; et, ajoutait-il, même en supposant ce succès possible, l'éloignement du terme où il pourrait être effectué est si grand, qu'il m'accable, me tue, et que je n'en puis supporter l'idée. Cette malheureuse comisión, dont le succès est si éloigné, beaucoup plus qu'incertain, sera plus que probablement ma perte.*»

³ Aunque el anuncio lo hizo Laplace en la asamblea celebrada por el Bureau el 2 de mayo de 1805, la misión no partió para Barcelona hasta el 3 de septiembre del año siguiente.

⁴ El gobierno español nombró también como representante al astrónomo y matemático José Chaix Isnuel, que fue subdirector de la Escuela de Ingenieros Cosmógrafos y efímero director del Observatorio de Madrid. La elección de Chaix estuvo más que justificada, no en vano ya había colaborado con Méchain.

⁵ *Recueil d'observations géodésiques, astronomiques et physiques / exécutées par ordre du Bureau des Longitudes de France en Espagne, en France, en Angleterre et en Écosse, pur déterminer la variation de la pesanteur et des degrés terrestres sur le prolongement du Méridien de Paris, faisant suite au troisième volumen de la Base du Système métrique; rédigé par Mm. Biot et Arago, Membres dde l'Académie des Sciences, Astronomes adjoints du Bureau des Longitudes, etc. 1821.* En esta obra monumental se especifican las fechas en que se hicieron las observaciones de cada vértice de la red triangular, figurando además los operadores responsables, incluidos Chaix y Rodríguez. Ella y otras tres escritas por Delambre, son los cuatro tomos de que consta la colección del Sistema Métrico Decimal. Biot mostraba su satisfacción y ensalzaba la importancia del nuevo patrón lineal, en tanto que sus divisores serían de aplicación en la agrimensura y sus múltiplos en la evaluación de los espacios celestes.



Arago y Biot, los dos geodestas y astrónomos franceses que consiguieron culminar parcialmente la triangulación prevista por Méchain

L'empereur ordonna l'expédition, et accorda libéralement tous les fonds nécessaires pour l'exécuter. L'Espagne nous donna un vaisseau, l'Angleterre un sauf-conduit, Poco más adelante insistía sobre el mismo particular, manifestando que la constancia de los dos comisarios españoles, y su conducta, a lo largo de toda la operación, había establecido entre ellos una relación de estima y amistad inalterables, que supieron conservar en las circunstancias más peligrosas, añadiendo: «*Que n'en a-t-il été de même des autres personnes qui ont pris part à nos travaux! M. Arago n'aurait pas eu à souffrir les ennuis et les peines d'une longue captivité.*» Los cuatro operadores, en mayor o menor grado, se responsabilizaron de la medida de los ángulos formados por los lados de la cadena triangular que acabó uniendo el vértice Montserrat (cerca de Barcelona) y el Mola (en la Isla de Formentera). Tales medidas, esencialmente geodésicas, se complementaron con las observaciones astronómicas de numerosas estrellas con el fin de obtener la latitud del segundo, así como el acimut del último lado de la cadena triangular⁶; en la referida

⁶ Determinado por los vértices Molal y Campvey, localizado en la isla de Ibiza.

memoria de Biot y Arago, se detallan estas dos operaciones y los ajustes necesarios para llegar a los valores correspondientes.

Cuando Biot y Arago dieron cuenta de sus trabajos en el Instituto de Francia, lo hicieron desde la legítima complacencia de saber que habían tenido que superar numerosas dificultades. Buen ejemplo de ello fue el triángulo principal con el que unieron las islas y la costa peninsular, el más grande observado jamás, formado por dos vértices del litoral, Mongóy/Desierto de las Palmas, y por Campvey, situado en la isla de Ibiza⁷. Los operadores indicaron que su exceso esférico fue de 39'', mucho mayor que los 4'' encontrados en otros triángulos proyectados en

⁷ Otro triángulo menor fue el formado por Mongó, Campvey y el vértice Mola en la Isla de Formentera. No obstante, Arago detallaba mucho más los detalles de la triangulación en el capítulo XXII de su *Astronomía popular* (1856. *Determination de la Méridienne*): «*L'arc de Montjoui, près de Barcelone, jusqu'à Formentera, est presque tout entier sur la mer. On l'a mesuré en prolongeant une suite de triangles sur la côte d'Espagne, depuis Barcelone jusqu'au royaume de Valence, en joignant la côte de Valence aux îles par un immense triangle dont un côté a plus de 160000 mètres (82,555 toises) de longueur. J'ai ajouté aux 16 triangles que M. Biot et moi avons déterminés pour remplir la mission que nous avait confié le Bureau des longitudes, un 17e triangle qui joint géodésiquement le Clop de Galazo, dans l'île Mayorque, à Iviza et à Formentera (fig.286), et j'ai obtenu ainsi la mesure d'un arc de parallèle de un degré et demi.*»

Francia, sobre ese arco de meridiano⁸. Otra cuestión no trivial que hubieron de soslayar fue la fuerte reverberación asociada a visuales demasiado próximas a la superficie del mar, las cuales solo se pudieron materializar con observaciones nocturnas⁹. En cualquier caso, cuando sus observaciones fueron remitidas al *Bureau des Longitudes* y una comisión las examinó y calculó¹⁰, llegó a la conclusión de que su resultado (comparado con el asociado a las de Delambre y Méchain) proporcionó un valor del metro casi idéntico al que ya habían fijado las leyes francesas, tras las primeras determinaciones.

Siendo incuestionable que esta expedición científica para prolongar un arco de meridiano, comandada por Arago y Biot, marcó un hito relevante en el estudio del tamaño de la Tierra, es igual de relevante la que llevó a cabo el segundo, algunos años después, en la Isla de Formentera; en este caso contó con la colaboración de su único hijo, el ingeniero Edouard Constant. La operación fue entonces exclusivamente gravimétrica, lo que contribuyó a mejorar el conocimiento que se tenía sobre el aplastamiento polar. Los correspondientes pormenores fueron igualmente recogidos en la memoria anterior y en la que presentó a la Academia Real de Ciencias¹¹ *Institut de France*.

⁸ Teniendo en cuenta que la superficie del triángulo esférico es el producto del exceso, expresado en radianes, y del cuadrado del radio de la esfera, resultaría que encerraría una superficie próxima a los 7675 km² (se ha supuesto que el valor del radio es de 6371 km). Del rigor de sus observaciones, da idea el hecho de que los errores de cierre de los grandes triángulos oscilaron entre 1 y 4 segundos sexagesimales.

⁹ La visual formada por los vértices Camp-vey y Desierto tardó varios meses en ser completada.

¹⁰ Años después, en 1830, Louis Puissant dedujo un error de 69 toesas en los cálculos de la Comisión, de lo que dedujo que el metro hallado era demasiado corto.

¹¹ En su introducción resumió los tres procedimientos, empleados hasta entonces, para deducir la verdadera forma de la Tierra. En primer lugar el clásico de medir arcos de meridiano y de paralelo en regiones dispares de la superficie terrestre. A continuación mencionó que el aplastamiento polar se podía determinar basándose en el estudio de la influencia que ejerce sobre los movimientos de la Luna; un método debido a Laplace,

Memoire sur la Figure de la Terre, por M. Biot. Aseguraba Biot, que había efectuado los nuevos experimentos para contribuir a un mejor conocimiento de la figura de la Tierra. En ellos se midió repetidamente la longitud del péndulo que batía segundos, corrigiéndola después por la altitud para deducir su valor al nivel del mar. Las estaciones elegidas fueron localizadas en la Isla de Formentera y en Barcelona: «*Enfin nous devons compléter notre voyage par la mesure du pendule à Barcelone, afin d'obtenir ainsi des résultats intermédiaires entre Formentera et le 45e parallèle*». Los resultados fueron los siguientes: Véase la Tabla 1.

Cronología de la operación

Con el transcurso del tiempo, se fue cuestionando la excelencia del enlace balear patrocinado por el *Bureau des*

Longitudes, hasta el extremo de que al ser analizado con espíritu crítico se evidenció la conveniencia de optimizarlo. Tres fueron algunas de las características susceptibles de mejora: incluir a la isla de Menorca en la red triangular, controlar su escala con una base geodésica situada cerca del extremo austral del arco y fortalecer el enlace propiamente dicho introduciendo en el proyecto cuadriláteros en los que se observasen sus dos diagonales. Ese fue precisamente el planteamiento seguido por Carlos Ibáñez e Ibáñez de Ibero, en cuanto decidió involucrarse en el proyecto geodésico de las Islas Baleares uno de los cometidos más relevantes que abordó tras ser nombrado Jefe del Distrito Geodésico y Catastral de Levante¹². Tal fue su interés por el enlace, que el 11 de octubre de 1864 (al mes de haber tomado posesión de su nuevo cargo), hizo su propuesta y el 22 de febrero de 1865 ya dieron comienzo los trabajos, aunque la remisión al Ministerio del primer proyecto de enlace no se

efectuó hasta el 1 de agosto siguiente.

El fuerte ritmo impuesto al comienzo de los trabajos fue solo un espejismo, puesto que pronto fueron suspendidos en favor de las triangulaciones de cada una de las islas y de los enlaces entre ellas. Esa nueva tarea resultó completa, en tanto que se realizaron redes de tres órdenes y se midieron tres bases con una regla, especialmente diseñada por Ibáñez, construida en los talleres parisinos fundados por el suizo Jean Brunner; los emplazamientos elegidos para ellas fueron Ibiza, Prat (Mallorca) y Mahón (Menorca). Dichas triangulaciones también fueron observadas y calculadas en un tiempo récord, no en vano Ibáñez publicó formalmente sus resultados en su Descripción de Baleares (1871), un tratado científico que es referencia obligada en la historia de la geodesia española, ilustrado con los esquemas de los instrumentos empleados y los mapas de cada isla, en los que se vaciaron los triángulos de los tres órdenes (incluyendo los de las ampliaciones de las bases) y se identificaron nominalmente todos los vértices geodésicos.

La interrupción del enlace de las islas con la península fue demasiado prolongada, a causa de la esperada eliminación de los distritos y de la consiguiente creación del Instituto Geográfico (septiembre de 1870), cuyo primer director fue precisamente el mismo Carlos Ibáñez. El reinicio de los trabajos tuvo lugar siete años después, ya en el seno del Instituto. Cobraron especial protagonismo los geodestas de ese centro. Pero otra vez se abrió un último paréntesis, relacionado en esta ocasión con el enlace geodésico y astronómico que unió los continentes europeo y africano¹³. Las misiones propias de la dirección del Instituto Geográfico y

en el que se suponía un elipsoide muy poco diferente de la esfera, hecho incuestionable para la Tierra. El último método referido para fijar su figura fue debido a Newton, el cual se apoyó en la suposición de un elipsoide fluido, casi esférico, compuesto por un número indeterminado de capas con densidad variable, y tal que sus partículas se atraían mutuamente en razón directa de sus masas e inversa del cuadrado de las distancias. Una vez procesados todos los datos determinados gracias a sus múltiples observaciones realizadas en estaciones de latitud diferente, concluyó Biot que la longitud del péndulo no reunía los requisitos necesarios para ser patrón universal de las medidas lineales: «De tout cela, il faut nécessairement conclure que la longueur du pendule n'as pas les caracteres de généralité et d'invariabilité que l'on doit chercher dans un étalon de mesure que l'on prépare pour la postérité».

¹² El distrito, creado por Real Orden del 10 de septiembre de 1864, comprendía los territorios de Alicante, Baleares, Castellón y Valencia. El propio Ibáñez resumía los cometidos del distrito en estos términos: «Los trabajos que con este nombramiento quedaban a mi cargo... pueden dividirse en tres partes. 1ª. Enlace geodésico de las islas Baleares al continente por medio de una triangulación que necesariamente había de presentar condiciones excepcionales, ocasionadas por la gran magnitud de los lados; 2ª. Triangulaciones locales en cada una de las islas, con el único fin de situar suficiente número de puntos geodésicos a que se pudiese referir la topografía; 3ª. Planos topográfico -parcelarios». La primera parte, que no se haya todavía terminada, será objeto de una publicación especial. De la segunda parte dio cumplida cuenta en la que fue su publicación más voluminosa: Descripción Geodésica de las Islas Baleares (866 páginas. Madrid 1871).

Tabla 1. Valores obtenidos por Biot y su hijo en las segundas observaciones que efectuó en España (a finales del año 1824).

ESTACIÓN	LATITUD	LONGITUD DEL PÉNDULO	
		OBSERVADA mm	CORREGIDA mm
Barcelona	41° 23' 15"	993,230852	993,2321312
Formentera	38° 39' 56"	993,006385	993,0696597

¹³ Un experimento geodésico que fue dirigido con singular eficacia por dos geodestas excepcionales: Carlos Ibáñez y François Perrier



Proyecto del enlace entre las Islas Baleares y la costa peninsular. La escala del original fue de 1/4000000. El esquema se incluyó en la publicación de Carlos Ibáñez e Ibáñez de Ibero, titulada *La Descripción Geodésica de las Islas Baleares* (1871). En la versión final se formaron dos cuadriláteros en los que se observaron sus respectivas diagonales: A) Montsiá, Desierto, Mongó e Ibiza y B) Montsiá, Desierto, Ibiza y Torrellas

Estadístico (creado en 1873) impidieron a Ibáñez participar directamente en los trabajos de campo, aunque siempre estuvo al tanto de ellos. Él fue quien firmó la memoria que dio cuenta del éxito del enlace, la cual se integró en las editadas por el mencionado Instituto Geográfico (Tomo VI, correspondiente al año 1886, pp: 3-61).

En su introducción se resumieron con claridad todas las cuestiones técnicas relacionadas con la construcción de los vértices geodésicos, con los aparatos empleados, con las medidas angulares y con los imprescindibles cálculos. Así se describía la unión geodésica entre los diferentes vértices, peninsulares e insulares: «...partiendo del lado Montsiá-Desierto de las Palmas de am cadena de costa Este, saltaba al mayor de los islotes Columbretes para volver a la costa en el vértice Mongó y lanzarse desde estos últimos a las islas de Ibiza y Formentera por un lado, valiéndose de los vértices Furnás y Mola, y por otro a la isla de Mallorca en los vértices Torrellas y San Salvador, que enlazados a su vez con la isla de Cabrera, forman el último

triángulo de la cadena con el vértice Toro, situado en la parte central de la isla de Menorca».

Es destacable la inmediata modificación del proyecto original de Biot y Arago, ya que el vértice Campvey usado a comienzos de siglo, fue sustituido por el de Furnás, facilitándose de ese modo las visuales al Este y el posterior enlace entre todas las islas, conservando la posibilidad de alcanzar el extremo más meridional del arco procedente de Dunkerque, una vez recuperado el vértice Mola de Formentera (materializado por el testigo que habían enterrado en su momento los dos geodestas franceses).

El refrendo científico del proyecto de Ibáñez fue acordado en Neuchâtel (1866), ciudad suiza en la que se reunió la Comisión permanente de la Asociación Geodésica Internacional. La propuesta fue presentada por el coronel español, el cual había sido comisionado por el gobierno, asegurando que se podría volver a medir la prolongación del meridiano que arrancaba en el Norte de Francia y llegaba a Formentera, al mismo tiempo que se efectuaba el referido

enlace entre las islas y la costa levantina¹⁴. Sin embargo, los deseos de Carlos Ibáñez, al que se le encomendó personalmente la ejecución de los trabajos, no tardaron en frustrarse por la pronta supresión del Distrito geodésico y catastral; a pesar de ello se construyeron la mayoría de los vértices y quedaron dispuestos para su observación, al disponer cada uno de ellos de un pilar en el que colocar los instrumentos correspondientes.

El conocido tesón de Ibáñez hizo posible que en el año 1867 (entre mayo y septiembre) se realizase la primera campaña y se logró su finalización con la medida de la base de Mahón y la observación de los vértices San Salvador, Torrellas y Toro, con la salvedad, en el segundo, de la dirección relativa a Columbretes. Entre abril y junio del año siguiente se realizó la segunda, también bajo la dirección del propio Ibáñez. Los resultados fueron los siguientes: además de la base de Ibiza, y la observación de las redes locales de primer orden de esa isla y de la de Formentera, se concluyó la observación del vértice Furnás, incluyendo las direcciones a Torrellas, Cabrera y Mola, así como el ángulo formado en ese último vértice¹⁵

¹⁴ En la memoria se añadía: «No hay que decir que el ofrecimiento fue aceptado con júbilo por aquellos doctos geodestas, pero lo que importa consignar es que dos años después comenzaban simultáneamente las observaciones por los extremos Norte y Sur de la parte española de la mencionada cadena, que el Gobierno francés ordenaba poco después la remediación de la parte comprendida en su territorio, y que, aprovechando nuestra cadena de la costa de Levante que lleva los triángulos hasta la altura del Cabo de Gata, han realizado los dos Gobiernos hace pocos años el enlace geodésico sobre el Mediterráneo, de la Red argelina con la española, lo que proporciona una dilatada cadena geodésica, cuyos eslabones no se interrumpen desde las islas Shetland al Norte de Escocia, hasta el Desierto del Sahara». Ha de tenerse en cuenta que se incluyó ese comentario en la memoria del Instituto Geográfico y Estadístico correspondientes al año 1886.

¹⁵ En ese mismo vértice Mola mediría el Comandante de Ingenieros, y geodesta del Instituto Geográfico y Estadístico, Juan Borrés y Segarra el acimut del lado Mola-Furnás (1884), amén de su latitud. Esta ya había sido determinada por Biot, Arago y Chaix (en diciembre de 1807 y durante enero y febrero de 1808) y por Biot

por los lados que lo unían con Camp-vey y Furnás. Esa última medida posibilitó el transporte del acimut del primero¹⁶, ya medido en 1808, al segundo (que formaba parte de la red de enlace con las costas levantinas).

El traslado a Madrid de Ibáñez, para hacerse cargo de la dirección del Instituto Geográfico, supuso la suspensión del enlace durante siete años. En la reanudación recayó el protagonismo sobre el geodesta Vicente López Puigcerver¹⁷, que efectuó la primera campaña entre septiembre y diciembre de 1877. Durante ella, se observaron en Montsiá las direcciones a Columbretes y Desierto, en este las de Montsiá, Columbretes y Mongó, y por último las que unían Mongó con Desierto, Columbretes, Furnás y Mola. La segunda salida al campo se inició en marzo de 1878 y concluyó en el mes de junio. Idéntico observador, acompañado por los mismos Auxiliares de Geodesia, estacionó en Columbretes para definir las direcciones correspondientes a Montsiá, Desierto y Mongó, sin poder hacerlo con las de Torrellas y Furnás, al no haber podido divisar las cumbres de Mallorca e Ibiza (salvo en algunos instantes del 17 y 18 de abril). Entre septiembre y diciembre de ese mismo año tuvo lugar la tercera campaña, con la que se cerró otra fase de los trabajos de campo. El responsable fue de nuevo López Puigcerver, el cual volvió al vértice Columbretes, sin que fuera posible terminar la vuelta de horizonte, que quedó pendiente por la invisibilidad de los vértices localizados en Mallorca e Ibiza.

Al año siguiente, tuvo lugar un acontecimiento sobresaliente en la

(auxiliado por su hijo) en 1825.

¹⁶ En efecto, Arago citaba en sus memorias que el acimut del lado Mola Camp-vey resultó ser de $160^{\circ} 15' 40,48''$. Téngase en cuenta que el origen de los acimutes en aquella época era el Sur.

¹⁷ Futuro Director General del Instituto Geográfico y Estadístico (1901-1902), así como primer Jefe del Cuerpo de Ingenieros Geógrafos (Reglamento del año 1902).

historia de la geodesia, el enlace entre los continentes europeo y africano. Las claves del éxito estuvieron en la minuciosidad con que prepararon el proyecto Ibáñez y Perrier. Mención aparte merecen la amplitud de miras, el interés científico y las garantías de los dos gobiernos responsables: España y Francia¹⁸. La consiguiente demora en el enlace balear, se vería suplida por las modificaciones introducidas por Ibáñez, y que tan buenos frutos habían dado en los cuatro vértices que lo conformaron: Mulhacén, Tética de Bacares, M'Sabiha y Filhaussen. Las nuevas observaciones serían nocturnas, empleándose los proyectores de luz Magin, se suprimirían los lados Columbretes-Torrellas y Columbretes-Furnás, incorporándose en cambio los siguientes: de Montsiá a Torrellas, a Furnás y a Mongó, así como los de Desierto a Torrellas y a Furnás, completaba la lista el lado formado por ese último vértice y el de San Salvador.

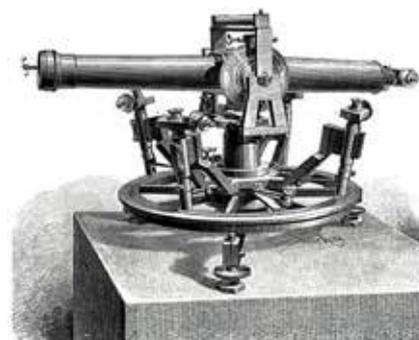
Con tales instrucciones partió López Puigcerver para su cuarta campaña, contando ahora con la colaboración del geodesta José Bellón de Arcos, en abril del año 1881. Desde el vértice Desierto se observaron las luces procedentes de Torrellas y Furnás, empleando en el primer caso una pila Bunsen de 60 y de 100 elementos, mientras que en el segundo se logró la emisión de luz gracias a un motor de vapor y a una máquina Gramme. También se observaron en Mongó las direcciones de Desierto y de Montsiá, en los cuales se colocaron pilas ideadas por Robert W. Bunsen (60). Los trabajos se dieron por finalizados en la primera quincena del mes de septiembre.

Dado que Ibáñez quería terminar de una vez el enlace balear, optó por constituir una brigada *ad hoc*, compuesta por los seis geodestas siguientes: el

¹⁸ Debe tenerse en cuenta que en aquella época, Argelia era colonia francesa.

jefe Vicente López Puigcerver, Juan Borrés Segarra, Clodoaldo Piñal Rodríguez, Priamo Cebrián Yusti, Eduardo Mier Miura y José Bellón de Arcos. Para facilitarles su misión se les proporcionaron tres círculos acimutales. La campaña se inició en febrero de 1883 y concluyó a finales del mes de julio. Las observaciones acimutales se realizaron simultáneamente en los vértices Montsiá y Furnás. En el primero de ellos se completaron las direcciones a Torrellas y a Mongó, pudiéndose conseguir tan solo cuatro valores de la correspondiente al vértice Furnás. En ese vértice se completaron las mediciones relativas a Mola, Mongó y Desierto, a la vez que se obtuvieron ocho valores de la dirección que apuntaba a Montsiá. Asimismo, se ultimaron en Torrellas las direcciones de los vértices Desierto y Montsiá.

En el mes de octubre de ese mismo año, se inició la sexta campaña de Baleares, bajo la dirección de López Puigcerver, auxiliado por José Bellón. En Cabrera se observaron las direcciones definidas por Furnás, Torrellas y San



Instrumentos empleados en el enlace: 1) Círculo acimutal de Brunner y 2) Heliotropo inventado por Carl Friedrich Gauss y modificado en los talleres Brunner

Salvador, se completaron en Mola las relativas a Mongó y a Furnás, y se dieron por finalizados los trabajos de campo a finales de enero de 1884. La campaña con que se ultimó el enlace geodésico entre la costa levantina y las islas Baleares dio comienzo el 9 de septiembre y finalizó el 8 de enero de 1885. El jefe de la expedición fue de nuevo López Puigcerver, que ya había dirigido las seis anteriores con la colaboración de Bellón en tres de ellas. Con el auxilio de la luz eléctrica, se dio por buena la observación del lado Montsiá-Furnás y su recíproca,

al igual que sucedería con el lado Furnás-San Salvador. Las redes triangulares del enlace estuvieron pues formadas por diez vértices y veintidós lados, todos recíprocamente observados.

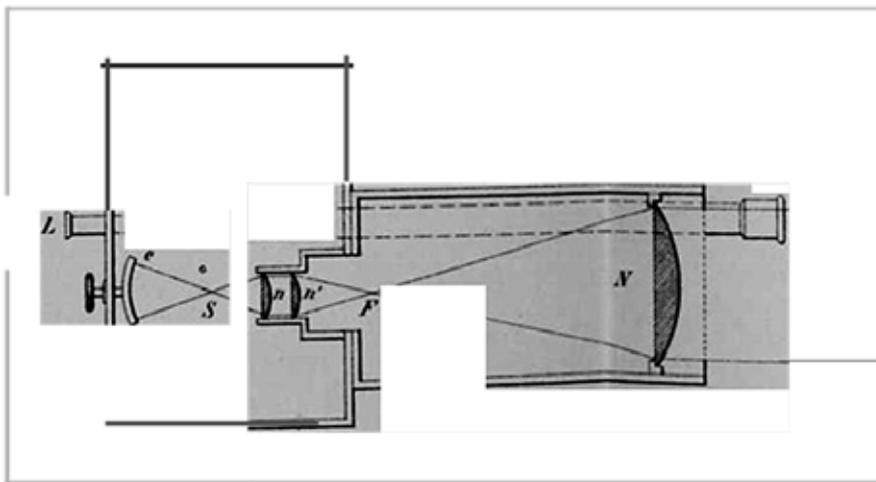
Casuística geométrica

El núcleo científico y técnico de este trabajo se expuso en los tres capítulos que se indican a continuación: uno

dedicado al instrumental empleado y a la construcción de los vértices, otro en el que se detallaban las observaciones efectuadas en cada uno de ellos y un tercero en el que se efectuaba el cálculo y compensación de la red trigonométrica.

El prestigio de que gozaba el coronel Ibáñez e Ibáñez¹⁹ de Ibero explica que el gobierno español facilitara el encargo, en 1859, de un gran teodolito reiterador a los talleres del celebrado instrumentista Brunner, el cual serviría de modelo para los que se adquirirían después, con vistas a la observación de la red geodésica peninsular, a la firma alemana que había sido fundada por el astrónomo Johann Georg Repsold. No obstante, se detallan en este capítulo las evidentes diferencias entre ambos modelos. «...el de Brunner tiene mayor el diámetro acimutal, la abertura del objetivo excede en doce milímetros a la del otro, la distancia focal es también más grande y el valor de una parte del tambor de los microscopios micrométricos es próximamente de 1", mientras en el de Repsold es de 2"».

Aparte de su mayor estabilidad, debida a su peso, Ibáñez se decantaba por el instrumento de Brunner, señalando sus dimensiones principales, en lo que atañía a la observación acimutal (única en la que fue empleado): «el círculo acimutal, dividido de 5 en 5 minutos, tiene 0,40 m de diámetro y se aprecian en él hasta las décimas de segundo por medio de cuatro microscopios micrométricos, cuya vuelta de los tambores vale un minuto, y la parte, dentro de la cual se evalúan las décimas, un segundo sexagesimal; el antejo, que es recodado en ángulo recto, tiene un objetivo de 52 mm de abertura y 640 mm de distancia focal y, con un ocular astronómico, produce una ampliación lineal de 35 veces, correspondiendo



Instrumentos empleados en el enlace: 1) Esquema del proyector ideado por el Mangin y 2) Gramme y su generador eléctrico.

¹⁹ En ese mismo año se culminó la medida de la Base geodésica de Madridejos.

próximamente a 35" de amplitud el lado del cuadrado central formado por los hilos del retículo».

Las observaciones diurnas se vieron favorecidas por el empleo continuado de heliotropos, igualmente contruidos en los talleres Brunner, durante las campañas de los años 1867 y 1868, con la particularidad de haber aumentado, hasta los 10 cm, las dimensiones de los lados de los espejos. Estos heliotropos descansaban sobre pilares prismáticos de fábrica, apoyados en zócalos prismáticos con una altura de 1 m, sobre cuya cara superior recibía la tienda de observación. El vértice propiamente dicho quedaría materializado por una piedra, igualmente prismática, de 0m.08 de altura y cuya base cuadrada tenía un lado de 0,20 m; a efectos de una posible recuperación posterior, se incorporó como testigo un taladro central lleno de plomo.

En cuanto a las observaciones nocturnas, ya es sabido que los proyectores luminosos fueron imprescindibles para el buen término del repetido enlace. La memoria describe pormenorizadamente el reflector y el colimador óptico del coronel de ingenieros Thophile Manguin, construido por Bardou, instrumentos que propiciaron los haces luminosos, tanto eléctricos como de petróleo. Llama la atención que también pudiesen ser usados como heliotropos, aunque acto seguido se indique «desde luego puede asegurarse que, para distancias menores de 100 km, no hay señal que aventaje a la luz de petróleo, pues por su tamaño y fijeza se presta muy bien a la observación». También fueron descritas en este apartado las máquinas de vapor²⁰, empleadas como motores de

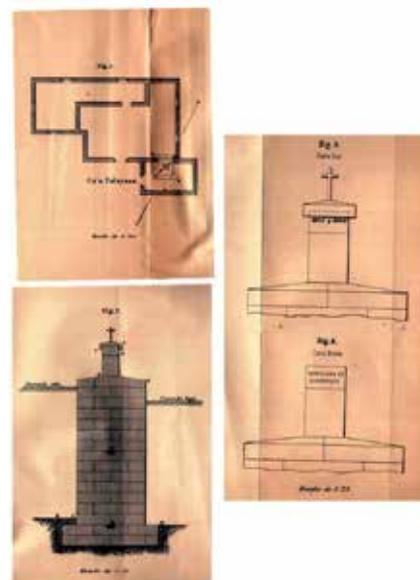
la del ingeniero belga Z. T. Gramme, «que trabajan a una presión de 5 atmósferas y desarrollan una fuerza de 3 caballos y medio nominales».

Al no coincidir los emplazamientos de los vértices geodésicos con los de la máquina de vapor, se tuvo que establecer una línea micro-telefónica que los ligase. Concluyó este capítulo primero reseñando las características de las máquinas magneto-eléctricas, que funcionaban «con una velocidad de patea de 900 a 1300 vueltas por minuto y absorben 1,25 caballos de vapor de fuerza [...] Las pilas fueron del sistema Bunsen, gran modelo, contando cada batería con 60 elementos, número aumentado hasta 100 en algunas ocasiones [...] una barraca construida con troncos de árboles y ramaje, cubierto su techo con telas impermeables, preservaba la instalación de los accidentes atmosféricos».

De entre los vértices que formaron parte del enlace geodésico, fue Mola el que mereció la especial atención de Carlos Ibáñez; no en vano se trataba del más austral de la red triangular que discurrió a lo largo del meridiano que lo unía con Dunkerque. Como sobre él ya habían observado, a comienzos de siglo, Arago y Biot, se comprende también el interés del geodesta español por recuperarlo a ciencia cierta. En este mismo capítulo se da cumplida cuenta de su proceder, ante las noticias de que la señal debía encontrarse en el interior de la vivienda de Bartolomé Mayans y Ferrer: «tuvo el Coronel Ibáñez la inmensa satisfacción de encontrar, a poca profundidad, la muela de molino que constituía la referencia del observatorio geodésico de 1807 y cuyo centro era, por tanto, el punto extremo del arco». La memoria se ilustra con una lámina en la que se ofrece la planta Ca'n Talayasa,

con la habitación en que se encontró el vértice Mola. Con la esperanza de que se hallasen tales restos, el mismo Ibáñez ya había comprado al propietario una superficie de 9 m², asimismo dibujada con trazo discontinuo en la planta anterior.

El aspecto del vértice reconstruido, igualmente reflejado en la lámina, responde a la siguiente descripción: «en la vertical del extremo del arco se construyó de sillería, con la mayor precisión, la señal prismática de base cuadrada SS (fig. 1 y 2) con dos referencias interiores R y R' (fig. 2) y coronada por un pilar de observación, encima del cual y asegurada a una como caperuza pesada de piedra CC, se halla la cruz de 1808 que remata la señal. El pilar tiene en su losa



El vértice geodésico Mola, en la Isla de Formentera: Fig. 1) Planta de la vivienda en que se hallaba (1868), con trazo discontinuo se marca la zona comprada por el Estado. La escala del original fue de 1/200. Fig. 2) Vista lateral del bloque prismático que soporta el pilar de observación, coronado por la cruz colocada por indicación del Obispo de Ibiza en el año 1808. La escala del original fue de 1/50. Fig. 3) Cara Sur del pilar de observación, coronado por la cruz; se grabaron los años 1807 y 1868. Fig. 4) Cara Norte del pilar de observación, en la que se grabó el nombre de Dunkerque. La escala del original fue de 1/25 en los dos casos.

²⁰ No obstante es obligado reseñar que para la dirección Montsiá-Furnás, campaña de 1883, se usó otra más potente por las especiales condiciones del emplazamiento del vértice Montsiá; «dicha máquina, de

construcción inglesa, era vertical, tenía caldera tubular y desarrollaba una fuerza de 5 caballos nominales, trabajando a una presión de 4 atmósferas».

inferior, grabadas cuatro inscripciones: en la cara Sur (fig. 3) «1807 y 1868» años en que se comenzó la operación primera y en que se verificó la primera estación de la segunda; en la Este, «España»; en la Oeste «Mapa» y por último en la Norte «Meridiano de Dunkerque», que aparece en la figura 4 con el pilar en disposición de colocar el instrumento o el heliotropo para las observaciones. Consérvase todavía en la habitación en que descansa la señal y en un cuadro colocado al efecto, un certificado en que consta la toma de posesión del terreno, en nombre del Estado, así como la propiedad de la señal geodésica». La señal construida por Ibáñez tuvo una altura de 4,29 m, sobresaliendo de las azoteas, con el pilar de observación en su parte superior.

La importancia histórica del documento en cuestión, tan relevante a todas luces, aconseja su reproducción íntegra: «D. Carlos Ibáñez e Ibáñez de Ibero, individuo de número de la Real Academia de Ciencias Exactas, físicas y naturales, Coronel de Ingenieros y Jefe de la Comisión geodésica de Baleares, &. &. = certificado: que el día siete de Mayo de mil ochocientos sesenta y ocho tomé posesión, en nombre del Gobierno de S.

M. la Reina (que Dios guarde), de nueve metros cuadrados de terreno dentro de una casa en la Mola de Formentera y hacienda de Talayasa, perteneciente a Bartolomé Mayans y Ferrer, el cual había vendido al estado este solar con las debidas formalidades. Que También son propiedad del Estado, la torre cuadrada, el pilar con inscripciones y la Santa Cruz de hierro en que termina, así como una faja de cincuenta centímetros que, alrededor de la torre, completa los nueve metros de solar.= Y para que conste doy el presente en la Mola de Formentera a quince de Junio de mil ochocientos sesenta y ocho.= Carlos Ibáñez».

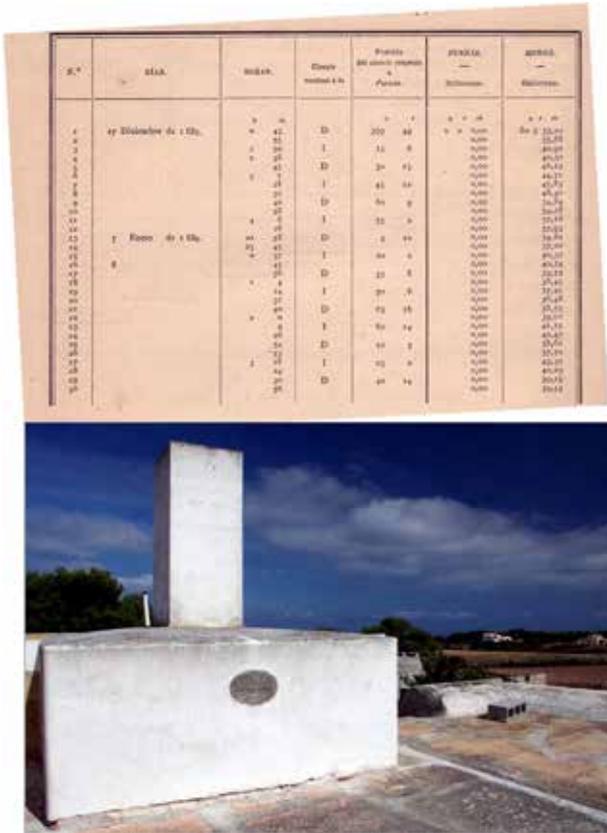
El texto de la memoria pierde rigor científico, y raya en cierto modo con la frivolidad, cuando se refiere a la sacralización del vértice Mola, un hecho lamentable pero que propició su conservación, al entender el propietario, del entorno circundante, que se trataba de un monumento religioso. Tan singular acontecimiento tuvo lugar a comienzos del siglo, coincidiendo con la estancia de Arago y con sus últimas observaciones en dicho vértice. Ibáñez incluyó en la memoria una copia literal de un certificado eclesiástico que aclaraba las actuaciones del Obispo de Ibiza y Formentera, el cual se reproduce a continuación: «Nos D. Rafael Oliver y Ribas Pbro. Dean, Gobernador Ecco y Vicario Capitular, sede vacante, del Obispado de Ibiza, Provincia de las Baleares &. &. = Hacemos saber. Que en el archivo de este Gobierno Ecco. Consta copia de un documento que a la letra es

como sigue = «Don Blas Jacobo Beltrán, por la gracia de Dios y de la Santa Sede Apostólica Obispo de Ibiza, del Consejo de S.M. &c = Deseando promover, en quanto podemos, la devoción cristiana, y alentarla con especiales gracias, usando liberalmente de las facultades que nos competen, concedemos por las presentes quarenta días de Indulgencia a todos los fieles por cada vez que recen devotamente un Credo, ó un Padre nuestro delante de la Santa Cruz²¹ colocada en Formentera, en el sitio del Observatorio Astronómico en el alto de la Mola; pidiendo a Dios por la exaltación de nuestra Santa fe Católica, extirpación de las herejías, paz y concordia entre los Príncipes Cristianos y conversión de pecadores. Dadas en el Palacio de Ibiza a 21 del mes de Marzo de 1808.= Blas Obispo de Ibiza y Formentera».

Animado por esa digresión de Carlos Ibáñez, me permito traer a colación otra anécdota protagonizada por Arago y el arzobispo de Valencia, un suceso tragicómico que fue recogido por el geodesta en su interesante obra póstuma *Histoire de ma jeunesse*, la cual fue brillantemente prologada por su gran amigo Alexander von Humboldt. Contaba Arago que fue recibido, junto a Biot y al cónsul de Francia, por el arzobispo, del que pretendían recabar su ayuda para solventar con mayor facilidad los impedimentos propios de sus futuros trabajos de campo. El arzobispo los trató muy amablemente, como manda la cortesía, y les prometió que haría las gestiones pertinentes. Pero hete aquí que en el momento de la despedida, cuando los acompañantes de Arago ya habían

²¹ En la memoria del Instituto Geográfico y Estadístico se aclara que la cruz de hierro tenía una altura de 0,42 m y un trazo horizontal de 0,20 m; añadiendo que en 1868 todavía se leía, no sin dificultad, esta inscripción: «A So de D. Fco. Arago El lo-S- Dn Blas Jacobo Beltn concedió 40 días de indulgencias Re do un Credo-M ²⁰. A 22 año 1808». Parece como si la cruz se hubiese colocado con el beneplácito del astrónomo francés.

ESTACIONES.	OBSERVADORES.	INSTRUMENTOS USADOS.	AÑOS DE LA OBSERVACIÓN.
Maspó . . . 133	López Puigerver y Bellón	Teodolito de Brunner n.º 3 y círculo de Brunner n.º 2	1877 y 1881
Duierto . . . 159	López Puigerver y Bellón	Teodolito de Brunner n.º 3 y círculo de Brunner n.º 2	1877 y 1881
Moutiá . . . 271	López Puigerver, Borrás y Mier	Teodolito de Brunner n.º 3 y círculo de Brunner n.º 1 y 3	1877, 1883 y 1884
Columbrestes . . . 286	López Puigerver	Teodolito de Brunner n.º 3	1878
Furnas . . . 287	Ibáñez, López Puigerver, Pidal y Bellón	Teodolito de Brunner n.º 3 y círculo de Brunner n.º 2	1868, 1883 y 1884
Mida . . . 288	López Puigerver y Bellón	Círculo de Brunner n.º 3	1883
Tortullas . . . 289	Ibáñez, López Puigerver y Bellón	Teodolito de Brunner n.º 3 y círculo de Brunner n.º 3	1867 y 1883
Ses Salvador . . . 290	Ibáñez y Bellón	Teodolito de Brunner n.º 3 y círculo de Brunner n.º 3	1867 y 1884
Cabrera . . . 291	López Puigerver y Bellón	Círculo de Brunner n.º 3	1883
Toro . . . 292	Ibáñez	Teodolito de Brunner n.º 3	1867



El vértice Mola en la Isla de Formentera. En la parte superior se presenta la ficha técnica del mismo, con las distancias angulares a los vértices Furnás y Mongó. La imagen fotográfica es actual, leyéndose en el pilar superior 1807 y 1868, en la inferior figura la placa elíptica que lo identifica como integrante de la Red Geodésica principal gestionada por el Instituto Geográfico Nacional.

rehusado besar el anillo que les ofreció el prelado y le tocaba a él, el franciscano²² le dio un puñetazo en la boca, que años después era recordado por el científico con sentido del humor: «à l'instant où le poing serré del'archevêque s'applique sur mes lèvres, je songais encore aux belles expériences d'optique qu'il eût été possible de faire avec la magnifique Pierre qui ornait son anneau pastoral».

Encabeza el capítulo segundo una tabla resumen, reproducida junto a estas líneas, en la que figuran los diez vértices que formaron parte del enlace,

²² El eclesiástico en cuestión fue Joaquín Company y Soler O.F.M. (Ordo Fratrum Minorum), el cual estuvo al frente de la diócesis entre los años 1800 y 1813.

con el número que los identificaba en la red geodésica nacional, junto a los observadores que estacionaron sobre ellos; asimismo se indicaron los instrumentos empleados en cada caso y los años de la observación.

Sin embargo, lo más sustancial del capítulo fueron las fichas técnicas, una para cada uno de los diez vértices, con las vueltas de horizonte observadas, que incluían las distancias angulares correspondientes, su número, fecha y hora en que se obtuvieron. De singular importancia fue la indicación del aditamento que hizo posible la materialización de cada dirección (heliotropo, eléctrica o ambas).

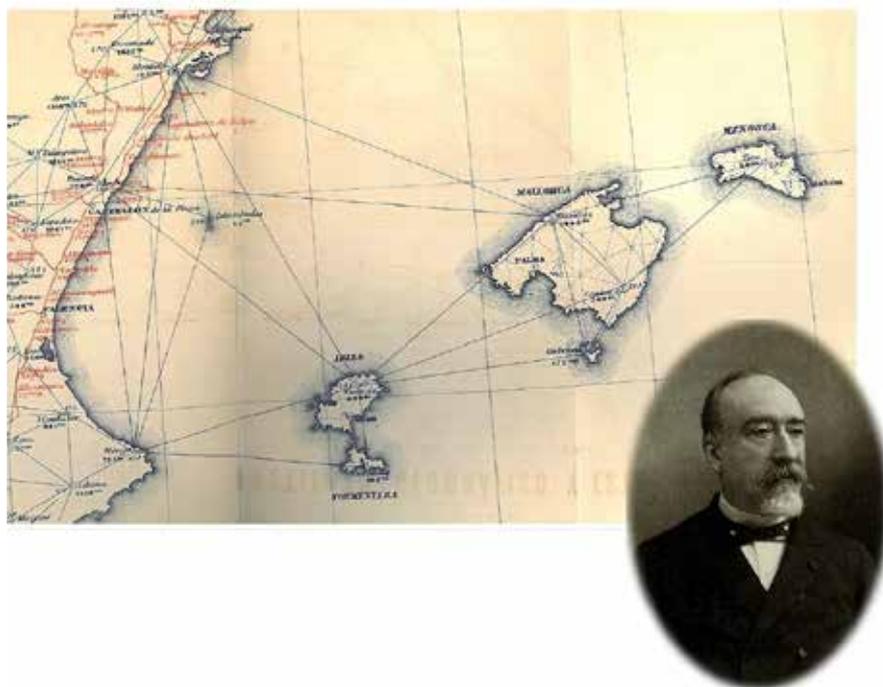
La ficha incluye una pormenorizada reseña del vértice en cuestión, con datos suficientes (en su caso) datos suficientes para el cálculo de la reducción al centro, los instrumentos empleados en la observación y los operadores responsables. En todas las estaciones se efectuaron los cálculos necesarios para determinar las direcciones más probables reducidas a los vértices, y se muestran los resultados pertinentes.

De los diez vértices, solo hubo dos en los que se hallaron restos de los primitivos emplazamientos usados por los geodestas a comienzos del siglo XIX: Desierto y Mola; así se desprende al menos de las reseñas correspondientes. En el primer caso se dice: «este vértice

formó parte de la cadena prolongación de la del meridiano de Dunkerque, medida por los franceses a principios de este siglo, por lo cual importaba conocer la precisa situación del antiguo vértice. Desgraciadamente no se pudo conseguir esto, si bien se reconoció perfectamente y sin ningún género de duda, el emplazamiento artificial de la barraca que contuvo los reverberos, comprobado además por un testigo ocular de aquella época, y por haber encontrado en el centro del emplazamiento la cabeza y regatón de hierro de un piqueta». Como es sabido, hubo más suerte con el vértice localizado en la Isla de Formentera, en el que observaron Arago, Biot y Chaix. La reseña del vértice menciona que sobre la losa superior del pilar «se colocó una tapa de piedra, en la que se halla asegurada la cruz de hierro colocada en 1808, y que contiene una inscripción relativa a las indulgencias concedidas por el Ilmo. Sr. Obispo de la Diócesis [...] El terreno ocupado por la señal, y además una faja alrededor de 0,50 m, son propiedad del Estado. La altitud de la referencia inferior, colocada al nivel del piso de la habitación más baja, es de 192 m. Su latitud y longitud aproximadas son de 38° 39'53" y 5° 13'20" Este».

En el último capítulo de este enlace geodésico se abordó el cálculo y compensación de la red triangular correspondiente, un problema matemático complejo y un tanto tedioso, que requería tanta habilidad como paciencia, máxime en una época en que faltaba casi un siglo para que se automatizase todo el proceso de datos, por el imparable desarrollo informático. El proceso de ajuste comenzó con la resolución de todos los triángulos y la consiguiente obtención del exceso esférico de cada uno de ellos. El procedimiento elegido para efectuar la compensación fue el clásico de los mínimos cuadrados, se plantearon 16 ecuaciones de condición, 12 de ángulo y 4 de lado, asociadas a los 10 vértices y

LOS VÉRTICES DEL ENLACE BALEAR (1867-1885) Y LAS DISTANCIAS ENTRE ELLOS.					
Estación	Vértice	Lado m.	Estación	Vértice	Lado m.
133. Mongó	159. Desierto	142620.377	287. Furnás	288. Mola	42911.667
	271. Montsiá	203933.514		133. Mongó	133320.792
	286. Columbretes	130837.752		159. Desierto	171589.586
	287. Furnás	123320.792		271. Montsiá	192830.146
159. Desierto	288. Mola	123232.366	288. Mola	289. Torrellas	138419.113
	271. Montsiá	72383.198		290. San Salvador	150979.775
	289. Torrellas	231140.490		291. Cabrera	121852.353
	286. Columbretes	59620.270		287. Furnás	429111.667
271. Montsiá	287. Furnás	171589.586	289. Torrellas	133. Mongó	123232.366
	133. Mongó	142620.377		290. San Salvador	51556.116
	159. Desierto	72383.198		291. Cabrera	74473.129
	133. Mongó	203933.514		287. Furnás	138419.113
	286. Columbretes	80383.212		159. Desierto	238140.490
286. Columbretes	287. Furnás	192830.146	290. San Salvador	271. Montsiá	212481.756
	289. Torrellas	212481.756		292. Toro	114561.121
	159. Desierto	59620.270		291. Cabrera	41557.369
	271. Montsiá	80283.212		287. Furnás	150979.775
291. Cabrera	133. Mongó	130837.752	292. Toro	289. Torrellas	51556.116
	290. San Salvador	41557.369		292. Toro	98923.148
	289. Torrellas	74473.129		290. San Salvador	98923.148
	287. Furnás	121852.353		289. Torrellas	114561.121



Carlos Ibáñez e Ibáñez de Ibero y el enlace geodésico entre la costa peninsular y las Islas Baleares

a los 21 lados de que constaba dicha red. Los responsables de esta laboriosa tarea fueron Vicente López Puigcerver y José Bellón de Arcos.

Para resolver los triángulos geodésicos hubo que dar escala a la red. El lado elegido fue el formado por los vértices Montsiá y Desierto, cuya longitud se halló,

por tres vías diferentes, a partir de cada una de las siguientes bases: Madrideojos, Vich y Cartagena²³. Los valores

²³ La primera medida con la regla de la Comisión del Mapa y las otras dos con la regla ideada por el propio Carlos Ibáñez e Ibáñez de Ibero (también conocida como aparato de Ibáñez).

obtenidos fueron respectivamente de 72 382,757 m, 72 383,483 m y 72 383,087 m, adoptándose como definitivo el de 72383,198 m, media ponderada de los tres anteriores²⁴. El capítulo incluyó, como colofón, un cuadro sinóptico en el que se recogieron los calores de todos y cada uno de los lados que partían de los 10 vértices involucrados en el enlace. Para su correcta interpretación, téngase en cuenta que la numeración de los vértices se corresponde con su identificación en la red geodésica nacional de primer orden, que la estación es el vértice central del polígono geodésico y que el orden de los vértices coincide con el elegido al efectuar la vuelta de horizonte.

Epílogo

Sabiendo ya que el vértice geodésico Mola fue uno de los extremos del arco de meridiano, medido con anterioridad a la operación comandada por Ibáñez de Ibero, resulta coherente su decisión de convertirlo en estación astronómica para determinar su latitud y el acimut del lado que lo unía con Furnás, otro vértice localizado en la Isla de Ibiza. El responsable de tales trabajos fue el Capitán de Ingenieros Juan Borrés y Segarra, tal como se detalla en el Tomo VI de las Memorias del Instituto Geográfico y Estadístico. Parte Sexta. Resumen de las observaciones y cálculos relativos a la latitud de Mola y al acimut de Mola-Furnás. pp. 91-217. Los trabajos de campo se llevaron a cabo entre el 28 de septiembre y el 15 de diciembre del año 1884. Los resultados obtenidos tras los cálculos fueron los siguientes:

$$\text{Latitud.....}\phi = 38^{\circ} 39' 53,988'' \pm 0,054''$$

El valor anterior fue el promedio ponderado de los hallados por

²⁴ Los pesos se fijaron en razón inversa al número de triángulos resueltos, desde las bases en cuestión al lado referido.

observaciones en el meridiano (círculo de Brunner) y en el primer vertical (anteojo de pasos de Repsold). No obstante se prefirió redondearlo, atendiendo a esta explicación: «Esto, bien entendido, por referencia al centro del pilar de observación, lo mismo con un instrumento que con otro: centro situado a 10,175 m al Oriente del verdadero vértice geodésico Mola, pero casi en el mismo paralelo de latitud, o contados aquellos metros sobre una línea cuyo acimut era de $90^{\circ} 3'27''$. A este acimut no corresponde corrección alguna sensible que deba ser aplicada al valor para deducir de esta cantidad el referente al vértice geodésico». De manera que, finalmente, y en prudentes o no exagerados términos:

$$\phi = 38^{\circ} 39' 54,0'' \pm 0,05''$$

Dos fueron los procedimientos usados para calcular el acimut astronómico, por observaciones extrameridianas y por medio de una marca auxiliar meridiana, localizada al Este de Furnás. En el primer caso se empleó el teodolito Repsold, al igual que en ocasiones anteriores, mientras que para el segundo fueron necesarios el círculo meridiano de Brunner y un colimador de Mangin. Como los errores probables relativos a los dos resultados fueron iguales, se dedujo, tras asignarle igual peso, el valor medio siguiente: $177^{\circ} 39' 16,8'' \pm 0,081''$, contado desde el Sur y en sentido retrógrado, o bien $357^{\circ} 39' 16,8'' \pm 0,081''$ a partir del Norte y en el mismo sentido horario.

Ibáñez hizo una interesante aproximación histórica a propósito de la determinación de la latitud de Mola, recogida en el prólogo del referido tomo de las memorias del Instituto Geográfico. La latitud se halló en los años 1808, 1825 y 1884. El primer valor fue hallado por Arago y Biot, el segundo por Biot, acompañado de su hijo, y el tercero fue debido a Borrés. Pero como en la memoria que publicó al efecto Biot, desecha, fundándose en sólidas razones, las observaciones efectuadas por

Latitudes del Vértice geodésico Mola (Isla de Formentera)			
Año	Operador		Valores
1808	Arago		$38^{\circ} 39' 55''.530$
1825	Biot		$53''.172$
1884	Borrés	En el meridiano	$53''.988 \pm 0''.054$
		$38^{\circ} 39' 54''.055 \pm 0''.069$	
		En el primer vertical	
		$38^{\circ} 39' 53''.887 \pm 0''.085$	

él mismo en 1808, y dice terminantemente que sólo las de Arago deben entrar en el cálculo. A éste último astrónomo corresponde la primera determinación de la latitud de Mola. Repetida la operación por Biot diecisiete años más tarde, obtuvo un valor inferior al anterior en más de dos segundos, y ha resultado de los recientes trabajos del Sr. Borrés, hechos a una distancia de cincuenta y nueve años de la segunda determinación, un valor que, aunque intermedio de los dos anteriores, no difiere del segundo más que en $0,8''$, a pesar del largo tiempo transcurrido y de los adelantamientos alcanzados desde entonces en la construcción de

los instrumentos y en los métodos de observación... se obtiene la interesante comparación que aparece en las siguientes cifras. Véase la Tabla 2.

De hecho Ibáñez no dio por concluido el enlace hasta que finalizaron los trabajos astronómicos «del importantísimo vértice La Mola de Formentera y la medición del acimut, en el mismo punto, de una de las direcciones que en él concurren». Sirvan de colofón las propias palabras del artífice del principal del proyecto, en noviembre de 1886: «...no obstante de la diversidad de épocas, de observadores, de instrumentos y de señales, el resultado de la operación ha sido por todo extremo satisfactorio».



Dos detalles geográficos que homenajean a François Arago. El rectangular es parte de la meridiana del Castillo de Bellver (Mallorca), donde estuvo retenido Arago. El circular es uno de los 135 medallones de bronce, colocados en París, con los que se replanteó parcialmente el meridiano de Dunkerque en el año 2000. La iniciativa del gobierno francés fue parte del proyecto Meridiano Verde, con el que se pretendió conmemorar la llegada del nuevo milenio, plantando árboles entre esa ciudad y Prats de Mollo (Departamento de los Pirineos orientales).