

## LA CONSTRUCCION DE LA REGLA ESPAÑOLA\*

Joaquín Castro Soler

Tras diversos intentos malogrados, el Real Decreto de 11 de enero de 1853 supuso el inicio de un nuevo proyecto —esta vez el definitivo— de medición del territorio nacional. Razones de Estado relacionadas con el proceso de modernización de España, con el establecimiento de la sociedad capitalista, con fines militares y con la necesidad, en suma, de seguir el ritmo de Europa, reclamaban urgentemente la elaboración de una Carta de España acorde con los nuevos tiempos. Semejante necesidad, auspiciada por el «plan de desarrollo nacional del marqués de La Ensenada», como señalara Vázquez Maure, había movido cien años antes a Jorge Juan a elaborar un *Método de levantar y dirigir el mapa o plano general de España, con reflexiones a las dificultades que pueden ofrecerse*, y a comienzos del siglo XIX, a Isidoro de Antillón, a afirmar que

«... Sólo el Gobierno puede mejorar este ramo importante de nuestra literatura, y aún diré, de nuestra administración pública, costeando el levantamiento de una carta general de España en punto grande, por operaciones trigonométricas y observaciones astronómicas, con los excelentes instrumentos y métodos que prescriben hoy la física y la geodesia...» (1).

---

\* Este trabajo se inscribe en el marco del proyecto PB85-286 de la CICYT y de la acción integrada hispano-francesa 85/1990.

En efecto, para realizar el mapa de un país ha de comenzarse por la correcta medición de dicho territorio, escogiendo en él puntos de estación convenientes, para formar con las líneas que los unen grandes triángulos —que hay que procurar que sean equiláteros—, cuyos ángulos deben calcularse con la mayor precisión posible. Las longitudes de sus lados se calcularán después partiendo del conocimiento previo de uno de ellos, al cual se le denomina base. La exacta medida de este primer lado es de suma importancia, dado que cualquier error en él se transmite a los demás lados, a medida que avanza la triangulación.

Para la medición de la base central de la triangulación española —la base de Madridejos (Toledo)—, se diseñó y construyó un instrumento altamente sofisticado, —la *Regla Española*—, objeto del presente artículo, cuyos resultados todavía hoy sorprenden por su gran calidad y que en su época representaron un auténtico paradigma de precisión. La seriedad con que fueron ejecutados los trabajos geodésicos para la Carta de España y otros, como la realización de la unión geodésica de Europa con Africa, parte final de un ambicioso proyecto internacional de medición del gran arco que va desde las islas Shetland hasta los confines del Sahara, hizo posible que la comunidad geodésica española, —y al frente de ella Carlos Ibáñez, su máxima figura— adquiriera en pocas décadas el prestigio internacional que en otras áreas científicas le fue negado.

A la vez, esta breve crónica muestra al todavía joven oficial de ingenieros Carlos Ibáñez en su primera tarea como comisionado, en la mayor empresa científica de la España del siglo XIX, empresa a la que dedicaría gran parte de su vida.

### *Los preparativos*

El gobierno isabelino encargó inicialmente el proyecto del mapa al Ministerio de Fomento. Para dirigir las tareas se creó la denominada Junta Directiva de la Carta Geográfica de España, y fue nombrado presidente el general Manuel Monteverde, quien reunía en su persona las condiciones de militar y hombre de ciencia (era matemático). Esta doble faceta se repetirá en la mayoría de los que llevaron a cabo la empresa. No obstante, la propia Junta contaba con personal civil, como Antonio Aguilar, director del Observatorio Astronómico, o Manuel Rico Sinobas —responsable, en 1863, de una edición de la Tablas de Alfonso X el Sabio— que era catedrático de física de la Universidad Central.

En marzo de 1853 otros dos vocales, Antonio Terrero y José de Odrizola, el autor —veinticuatro años atrás— de un famoso manual de matemáticas (2), elevaron a la Junta un informe técnico *para asegurar el buen funcionamiento de los trabajos geodésicos*, que contenía las líneas directrices que con posterioridad habrían de seguirse. El proyecto vino a nacer en un mal año para España: los complejos acontecimientos políticos de 1853, final de la denominada *década moderada*, que provocaron en pocos meses tres cambios de Gobierno, vinieron a unirse a, o quizás determinaron, la falta de presupuesto y de personal facultativo (hasta el propio Monteverde tuvo que desplazarse a la frontera franco-española a dirigir los trabajos de la Comisión de rectificación de límites y fronteras). De modo que la empresa prácticamente permaneció paralizada durante los diez meses en que estuvo a cargo del Ministerio de Fomento.

En octubre de ese mismo año, se produjeron dos acontecimientos decisivos: el traslado del proyecto al Ministerio de la Guerra, emplazamiento mucho más acorde con el carácter cuasi militar, como hemos señalado antes, que había tomado, y el posterior nombramiento como vicepresidente de la Junta del Brigadier Fernando García San Pedro, que hasta su prematura muerte un año después, y ante la ausencia de Monteverde, fue el auténtico organizador y alma de la empresa.

Así pues, arropado por la clase militar, el plan de trabajo que diseñó García San Pedro —enviado al ministro a finales del mismo mes de octubre— pronto iba a tener el respaldo y el personal necesarios. En él se incluía la solicitud de ocho oficiales de los cuerpos facultativos, que efectivamente le fueron concedidos. Uno de estos oficiales era Carlos Ibáñez e Ibáñez de Ibero.

### *Utilidad y tipos de reglas*

Antes de pasar a describir los hechos que llevaron a la construcción de la *Regla Española*, no estará de más realizar una breve reseña histórica de los instrumentos utilizados para medir bases.

Arturo Mifsut, en su libro *Geodesia y Cartografía* de 1905, describe brevemente la operación de medir una base:

«La medida de una base consiste, esencialmente, en la colocación sucesiva de un listón o regla, de magnitud perfectamente calculada, a lo largo de una alineación trazada previamente sobre el terreno» (3).

En sus inicios, la historia de los instrumentos para medir bases se halla íntimamente emparentada con aquel gran reto que supuso el averiguar la verdadera forma del globo terráqueo. Y fue en este marco donde se desarrolló el programa de investigación auspiciado por la Academia de Ciencias de París, que en la década de los treinta del siglo XVIII envió dos expediciones, una a Laponia, formada por Maupertuis, Clairaut, Camus, Le Monnier, el abate Outhier y Celsius, y la otra a Perú, compuesta por Godin, Bouguer y La Condamine —en la que como es sabido, viajaron los marinos españoles Jorge Juan y Antonio de Ulloa— con la finalidad de medir dos arcos de meridiano, uno en el círculo polar y el otro en el ecuador, y zanjar de una vez por todas la vieja polémica acerca del aplanamiento (como opinaban Newton y Huygens, por ejemplo) o la forma prolongada (como afirmaba J. Cassini) del esferoide que es la Tierra. En ambas expediciones se utilizaron como medida de referencia patrones de hierro extraídos de la *toesa marco* —que desde 1668 se encontraba al pie de la escalera del *Gran Châtelet*— y que fueron denominados respectivamente *toesa del Norte* y *toesa del Perú* (esta última, ha sido la unidad de referencia de la mayoría de las medidas geodésicas de Europa). Dichos patrones servían para realizar diariamente la calibración de las reglas. Concretamente, según relata Vallejo al referirse a la expedición que dirigía La Condamine, a partir de la *toesa de Perú*,

«... Hicieron tres perchas de tres pulgadas de grueso en cuadro, de veinte pies franceses de largo cada una, de madera bien seca, para que fuesen poco sensibles en las intemperies, y no tomasen con facilidad otra figura que la recta; y en sus extremos clavaron planchas de cobre de línea y media de grueso, para que estuviesen bien terminadas» (4).

Las planchas de metal servían como tope de las reglas, que se situaban sobre caballetes, una tras otra en fila a lo largo de la base. Este tipo de contacto evolucionó con el tiempo, siendo sustituidas las planchas de cobre por clavos, cilindros, discos o casquetes esféricos. Se las suele agrupar con el nombre general de *reglas con conteras*, o *sistema de contactos*.

Las cuatro reglas empleadas por Méchain y Delambre en 1798 en las bases de Melun y Carcassonne, medidas para determinar la longitud del arco Dunkerque-Barcelona, representaron un gran avance técnico. Su construcción fue dirigida por el académico Jean-Charles

de Borda (1733-1799) (quien asimismo debe parte de su fama a la labor científica que desplegó en el ámbito de la mecánica de fluidos). La denominada *Regla de Borda*, núm. 1 (Fig. 1) —copia extraída de la *toesa del Perú*, medía en realidad dos toesas— estaba formada por dos reglas de distinto metal (platino y cobre), colocadas una encima de la otra, formando un *termómetro metálico*. El dispositivo permitía determinar con gran precisión las variaciones de longitud de las reglas debidas a la dilatación térmica. En un extremo de la regla de platino existía una lengüeta corrediza con divisiones, que permitía prolongar su longitud, y por medio de microscopios medir el intervalo que mediaba entre esta regla y la que se colocara a continuación. Semejante método de medición dio lugar a un nuevo tipo de reglas: las denominadas *reglas con rayas*.

A pesar de que el sistema de contactos perduraría durante la primera mitad del siglo XIX, la utilización posterior de microscopios y una creciente sofisticación en los sistemas de apoyos de las reglas, en la nivelación, en las alineaciones, en el estudio de las dilataciones, permitió aumentar cada vez más la calidad de las medidas, de modo que según relata el propio Ibáñez:

«Aunque los célebres astrónomos Bessel y Struve han conseguido dar al primer sistema una gran precisión, las observaciones microscópicas parecen susceptibles de igual o aún mayor exactitud, siendo los puntos o rayas grabadas sobre las cuales se observa mucho más fáciles de conservar sin alteración, que los extremos de las reglas o tipos métricos ordinarios...» (5).

Frente a estos dos métodos tradicionales, en los comienzos de la década de los cincuenta, J. Porro, ingeniero piamontés, diseñó un instrumento que habría de revolucionar el mundo de la construcción de reglas geodésicas. La novedad consistía en emplear una sola regla y la utilización de cuatro o cinco microscopios,

«... que l'on pose succesivement sur des supports solides dans la direction de la base, à des distances à peu près égales entre elles et à une règle divisée à ses deux extrémité et parfaitement étalonnée. Les axes des microscopes sont rendus verticaux...» (6).

Contaba, en suma, con grandes ventajas que lo hacían superior a los anteriores instrumentos. Sus mejores virtudes eran la relativa comodi-

dad de uso, su fácil transporte por cualquier terreno, y especialmente la rapidez con que podía medirse una base. No es de extrañar, pues, que el *aparato de Porro*, tres años después de su invención, sirviera de muestra para realizar el instrumento de medir bases de la Comisión del Mapa de España o *Regla española* (para una descripción del mismo, ver apéndice).

Merece la pena dar una ligera idea del grado de perfección alcanzado con la *Regla española*, así como del aumento en precisión desde 1740. La tabla adjunta está extraída de un artículo de Faye (7):

#### *Grado de exactitud*

|   |             |
|---|-------------|
| <i>año 1740. Bases de Juvisy, de Dunkerque, de Bourges, etc., reglas de madera puestas directamente en contacto</i> ..... | 1/300.000   |
| <i>año 1795. Bases de la meridiana. Aparato de Borda</i> .....  | 1/200.000   |
| (Hay una nota de Faye en que dice que Delambre probablemente exageró el error)  |             |
| <i>año 1840. Pequeñas bases de Prusia y Bélgica. Aparato de Bessel</i> ...  | 1/600.000   |
| <i>año 1858. Base española de Madridejos. Aparato construido por Brünner</i> .....  | 1/5.000.000 |

#### *El proyecto inicial*

Carlos Ibáñez y Frutos Saavedra relataron brevemente en la advertencia preliminar del libro *Experiencias hechas con el aparato de medir bases*, el primer encargo de que fueron objeto:

«Nombrados en 1853 por el Sr. Brigadier D. Fernando García San Pedro, vicepresidente de la Comisión del Mapa de España, para proponer el sistema de reglas y microscopios con que debían medirse las bases o lados de partida de la triangulación geodésica de la Península, formamos el proyecto de un aparato que obtuvo la aprobación de la Junta Directiva del Mapa» (8).

Más concretamente, ambos fueron elegidos para estudiar los aparatos empleados en los demás países en la medida de sus bases geodésicas y proponer, no un aparato nuevo, sino uno en que se evitaran los defectos que la práctica había dado a conocer en los demás.

Antes que ellos, Odriozola y Terrero, en su informe de marzo de 1853 (9), habían propuesto un interesante sistema formado por grandes plomadas de platino suspendidas de trípodes, y una sola regla también de platino, 2,5 m de largo con termómetro metálico, eclímetro y dos lengüetas para realizar el contacto con los hilos de las plomadas; en esencia, una regla como la de Porro, pero que como las reglas de Bessel, utilizaba contactos en lugar de microscopios.

El 20 de febrero de 1854, es aprobado por la Junta Directiva del Mapa el informe que presentaron Ibáñez y Saavedra. Aunque no ha sido posible conocer el contenido del documento, en esencia, como se ha citado antes, se trataba del instrumento de Porro, con ligeras mejoras en los microscopios y los apoyos de la regla. Como puede deducirse de la documentación posterior, los diseñadores dejaron algunos detalles sin resolver, a la espera del parecer del futuro constructor, y que a la postre habrían de ser de suma importancia, como la colocación de los microscopios. El 1 de marzo el Gobierno dispuso que se trasladaran a París, a dirigir la construcción del instrumento. El viaje tendría además otros objetivos: aprender las nuevas técnicas de medición de bases y de realización de triangulaciones, compra de instrumentos para las operaciones geodésicas y de todo tipo de literatura especializada sobre el tema, incluido mapas. Varios miembros de la Junta habían sido ya pensionados —aunque con otros fines y por otras razones— en el extranjero. Dos años antes, Antonio Aguilar había viajado por varios países europeos, con el propósito de adquirir conocimientos y comprar instrumentos astronómicos para el recién recuperado Observatorio de Madrid (10). Rafael Amar de la Torre, que era ingeniero de montes, había sido pensionado en la Escuela de Minas de Freiberg, centro en el que adquirió conocimientos de cartografía geológica. La experiencia internacional de ambos, especialmente la de Aguilar, y las gestiones de la diplomacia española, permitieron a los comisionados contactar con diversos científicos, instituciones —como el Observatorio de París— y constructores extranjeros.

La correspondencia entre los comisionados en París (11) y los distintos miembros de la Junta, muestra bien a las claras que el proceso de construcción del instrumento fue una tarea difícil y que se prolongó mucho más de lo que podía pensar cualquier de los implicados, que hubo fuertes enfrentamientos entre el constructor y la Junta, hasta tal punto, que incluso llegó a pensarse en abandonar la construcción. Los comisionados a menudo se encontraron en medio de las disputas, y por

lo poco que puede trascender en ese sentido en unas cartas oficiales, no siempre a lado de la Junta.

### *El primer viaje*

Ibáñez llegó el 31 de marzo de 1854 a París, sin su compañero y amigo Saavedra que se encontraba enfermo. Diez días después llegaría Ramón Soriano, segundo comisionado para este viaje, que era oficial de Ingenieros. El primer cometido de ambos fue la búsqueda de un constructor para el instrumento. Visitaron los talleres de N. M. Lerebours, continuador de la labor iniciada por su padre quien había realizado un tipo de telescopio que lleva su nombre, de Gustave Froment —recomendado por Aguilar—, de Porro y de Henry Prudence Gambey, quien probablemente había sido el más importante constructor de instrumentos matemáticos durante el segundo cuarto del siglo. Todos ellos se mostraron de acuerdo en realizar el trabajo (aunque, por diversas razones, serían finalmente descartados). En la mente de los comisionados estaba presente, como se ha dicho, una serie de problemas técnicos sin resolver en el diseño inicial, como el de los movimientos de la regla, los cojinetes de apoyo y el enfoque de los microscopios. Dada la experiencia de Porro, sobre todo en lo que concernía a óptica, pensaron en dividir la construcción de modo que fabricara los microscopios, y la regla se encargase a algún otro constructor. Porro acababa de desarrollar un dispositivo, el *meroscopio*, que resolvía los problemas de enfoque cuando aumentaba la distancia de la regla al objetivo. Según escriben,

«El aparato propuesto por la Comisión del Mapa consta de dos partes que pueden considerarse separadamente: la barra metálica graduada convenientemente en otra de madera, y los microscopios oportunamente montados para buscar primero, y fijar después con toda seguridad verticales determinadas.

Para esta segunda parte creemos haber encontrado una persona de bastante suficiencia y habilidad que la lleve a cabo. ¿Sería conveniente que el mismo constructor hiciese también el resto del aparato? He aquí el asunto que ahora nos ocupa sin cesar» (12).

Otro asunto que les ocupaba era el material con que debía ejecutarse la regla. Diversas consultas con especialistas aconsejaban abandonar el platino, por su alto coste y escasez, que había que unir a la di-

ficultad de homogeneizar una barra tan larga (con la consiguiente falta de uniformidad en las dilataciones de ésta), y sustituirlo por hierro dulce. El mismo Porro acababa de remitir a Roma una regla con termómetro metálico de hierro y cobre, que se ajustaba bastante a los deseos de la Junta. Se daba además la circunstancia de que para medir la base de Irlanda acababan de emplear una regla de hierro.

Para estudiar la dilatación de las reglas consideraron la posibilidad de proveerlas de termómetros ordinarios «... para el caso en que no se quisiera hacer uso del metálico...», idea que no llegó a realizarse.

Finalmente, se pusieron en contacto con J. Brünner, que era constructor del Observatorio Imperial, quien, según relata Soriano, se había

«... dedicado muy particularmente a la parte óptica y que además se ha encargado varias veces de hacer tipos metálicos de gran precisión, tiene a nuestro modo de ver, cualidades muy apreciables para el objeto que nos proponemos...» (13).

Como es conocido, Brünner fue el elegido para realizar el instrumento en su totalidad. Al mismo tiempo, debía ayudar a resolver todas las dificultades que presentaba el diseño inicial. Aparte de considerarle persona muy capacitada para la tarea, les había dado un tiempo de ejecución de tres meses, el más corto de todas las propuestas. La realidad demostrará hasta que punto estaba equivocado: los tres meses habrían de convertirse en otros tantos años.

En el contrato que redactó Brünner a finales de mayo (14), no aparece fecha de entrega. Como cuenta Soriano en carta fechada el 23 de mayo,

«Brünner no se ha explicado categóricamente sobre este punto. Deducimos, sin embargo, que durará más tiempo del que nos dijo al principio...»

«... aquí ha habido que empezar por estudiar y discutir lo proyectado anteriormente; inventar nuevos medios de introducir reformas; y no una vez ni dos, si no muchas y muy repetidas» (15).

Ese mes, García San Pedro ordenó a Ibáñez que se trasladase a Munich para realizar una urgente compra de instrumentos, aprobada por el ministro, en vista de que los trabajos geodésicos se habían iniciado en el mes de marzo, y las dos únicas brigadas geodésicas existentes hasta entonces, contaban con un material reducido: sólo tres teodolitos de Dollond de 14" y un cronómetro, instrumentos adquiridos por el

Ministerio de la Gobernación en 1853. La compra de varios teodolitos y anteojos idóneos, de las prestigiosas firmas Ertel y Merz, le retuvo en Munich hasta primeros de julio.

García San Pedro tenía esperanzas de medir la base ese mismo año, pero no pudo ver ni siquiera cómo no se cumplían estas, pues moriría ese mismo verano. El 22 de junio escribió a Ibáñez

«El ministro manifestó mucho interés porque en este mismo año se lleve a cabo la medición de la base y se obtengan resultados en nuestra Comisión capaces de satisfacer al público. De Real Orden se me ha manifestado este deseo y es menester, amigo mio, que por su parte vea como entabla en esa el negocio de los instrumentos de modo que los podamos obtener lo más pronto posible» (16).

El 28 de junio se produjo el pronunciamiento de O'Donnell en Vicálvaro, acontecimiento que unido a la muerte de García San Pedro, obligó a suspender las operaciones geodésicas en la península durante el mes de agosto. Mientras tanto, en París, la regla de platino se había construido ya, y Brünner realizaba experiencias con las lentes del antejo alineador. El nuevo vicepresidente de la Junta, Manuel Fernández de los Senderos pidió, mediante carta a los comisionados, que el fabricante fijara exactamente la fecha de entrega y el precio definitivo de la regla. En la misma carta, fechada el 24 de agosto, escribía:

«En la imposibilidad de enviar ahí el metro-tipo español, y teniendo noticias que éste ha sido construido en esa en los talleres de M. Fromant, podrían Vds. dirigirse a este señor a fin de saber el metro que le sirvió de patrón, y obtener el permiso para que sirva igualmente para nuestro aparato. A no dudarlo sería el metro original que existe en el Conservatorio de Artes si bien hecha la corrección a que dio lugar en el último cálculo del arco de meridiano de Dunkerque a Barcelona» (17).

Es en este período cuando verdaderamente comienzan los problemas: Brünner hacía constantes modificaciones en la regla, lo que desagradaba a la Junta, que no veía el final de la construcción. Además ya no se comprometía a dar ni precio final ni fecha de entrega, aunque confiaba acabar el instrumento la primavera siguiente. La inevitable lentitud del delicado trabajo de Brunner, chocaba con la obligación de la Junta, en especial de su presidente interino —el marqués de Hijosa de Alava—, de ofrecer resultados ante el Gobierno. El marqués escribió

a los comisionados para que urgieran a Brünner, advirtiéndoles al mismo tiempo que las demoras comprometían seriamente la existencia de la Comisión. La Junta, que no se fiaba de Brünner, pidió consejo al coronel Coraboeuf, uno de los artífices de la triangulación francesa, quien propuso una serie de simplificaciones, con objeto de que el instrumento estuviera acabado cuando antes. La más importante era la supresión de los cojinetes de apoyo de la regla. La opinión de Ibáñez y Soriano era contraria a estas simplificaciones, si bien la responsable de la parte facultativa de la empresa, como se les recordó, era la Junta, y cualquier decisión importante debía pasar por la aprobación de ella. A mediados de septiembre había construido tres de los cuatro microscopios, la barra de platino forjada, la de cobre aún no, los cojinetes de apoyo también concluidos, pero faltaba el banco de metal. Una carta fechada en Madrid el 7 de noviembre volvía a insistir a los comisionados en la supresión de los cojinetes de apoyo de la regla, al mismo tiempo que decía:

«... Aunque el resultado es el mismo midiendo la base antes o después, hubiera sido de muy buen efecto tenerla medida al fin de la próxima campaña. De no ser así, comprometemos la existencia de la Comisión, que bien sabe Vd. las muchas dificultades con que siempre ha luchado. Esta misma incertidumbre nos imposibilita el pedir al Gobierno prórroga para la Comisión de Vds., pues esta debía ser ilimitada o nos exponemos a que concluya el nuevo plazo, y tengamos que recurrir a pedir otro. Tampoco se ha señalado cantidad ninguna para comisión en el extranjero en el próximo año. Pero ya que tengan Vds. que venirse sin el aparato, hagan Vds. de modo que guarde su ejecución confiada a alguna persona entendida que la vigile, y traten Vds. de comprometer al constructor formalmente a que prefije una época, más o menos remota para su conclusión (18).

En la contestación a dicha carta, los comisionados explicaban las razones «... que tanto a Mr. Brünner como a nosotros...» les hacían preferir la disposición adoptada con los cojinetes de apoyo. Esta se fundamentaba en razones técnicas, además de las opiniones de Ertel y Hossard, quien había dicho «... *que los Españoles tendremos el mejor de cuanto se ha empleado; y que siendo la medición de mucho interés, trataría de asistir a ella cuando se verificase...*». A primeros de diciembre de 1854, Soriano ha de regresar a Madrid.

Durante este mes Ibáñez se entrevistó con el coronel Coraboeuf, quien redactó un informe para la Junta. El 1 de enero de 1855, está

fecha de la carta que desde Madrid recibió Ibáñez, y que decía lo que sigue:

«Muy señor mío: la junta directiva en sesión de 9 de diciembre último ha determinado se suspenda por ahora la construcción del aparato de la base, para dar lugar a discutir enteramente la forma que ha de tener, visto el dictamen de Sr. Coraboeuf. Espero que hará Vd. conocer esta determinación a Mr. Brünner, rogándole de parte de la Junta, de a Vd. por escrito cuantos detalles y dibujos sean necesarios para que aquí nos hagamos cargo del referido aparato, con los medios de corrección que piensa emplear para cada operación; manifestando a que altura se halla cada una de las partes que lo han de constituir, a fin de no introducir modificaciones que nos hagan perder más tiempo cuando no estén completamente justificadas y representen una gran ventaja al parecer de la Junta. Con estos datos, y con las explicaciones que podrá Vd. dar verbalmente a la Junta, se decidirán y formarán completamente los dibujos, con arreglo a los cuales el constructor ha de continuar su obra pudiendo entonces adelantar mucho el trabajo, puesto que estarán ya solventadas todas las dudas. Para aquella época podrá Vds. regresar a ésta, si se considera necesario, y lo aprueba el Gobierno, y en caso contrario se le darán a Brünner por escrito las instrucciones convenientes...» (19).

A primeros de febrero de 1855 Ibáñez regresó a España. Antes envió un detallado informe, en el que es posible leer: «... el instrumento está casi terminado...»

### *La segunda Comisión*

La construcción se paralizó hasta septiembre, en que Ibáñez y Saavedra vuelven a París, a revisar las tareas de construcción. Brünner, que afirmaba necesitar aún dos meses más para finalizar la regla, finalmente realizó el modelo sin las modificaciones impuestas por la Junta. Es presumible que la opinión de Ibáñez influyera en la Junta, porque en la citada correspondencia éste siempre se mostró a favor del modelo que propuso Brünner.

En sus primeros días de estancia en París, Ibáñez y Saavedra se dedicaron a preparar las futuras operaciones de calibración que debían realizarse con la regla. Visitaron en el Depósito de la Guerra Francés, el local en el que teniente coronel Hossard hizo las experiencias para averiguar la dilatación de la regla empleada en la triangulación fran-

cesa, tomando buena cuenta de las construcciones hechas con tal fin. Hablaron con Henry-Victor Regnault, uno de los personajes más relevantes en el estudio de la dilatación y los cambios de estado de los cuerpos, y con el propio Hossard, quien les facilitó la descripción de las experiencias hechas por una comisión nombrada por el Gobierno belga para empadronar las reglas de Bessel, empleadas en la medición de sus bases, y los cálculos del coeficiente de dilatación. Asimismo les fueron facilitados los trabajos geodésicos relativos a la cadena del Pirineo, que habrían de ser de gran utilidad para el enlace de las triangulaciones francesa y española. Pidieron autorización a través de la Embajada española para visitar el Observatorio Astronómico de París, donde se hallaba la regla de Borda, y verificar las experiencias de comparación con ésta. Tanto su director, Le Verrier, como los astrónomos Villarceau y Goujon, colaborarían posteriormente en la comparación.

En noviembre, según describen,

«... dirigimos al Excmo. Sr. Brigadier marqués de Hijosa de Alava, presidente de la Junta Directiva del Mapa, el proyecto de experiencias que creíamos debían ejecutarse con las reglas del aparato, y habiendo sido aprobado por la Junta dicho proyecto, se procedió a preparar su ejecución, disponiendo todo lo necesario en un local contiguo a los talleres de Mr. Brünner» (20).

De nuevo, problemas en la construcción retrasaron la finalización un año. El casi obsesivo interés de perfección de Brünner, le obligó a realizar diversas rectificaciones en la *gran máquina de dividir* utilizada en la división de las reglas que le llevaron más de seis meses. Acabada ésta, en el mes de octubre empezaron las comparaciones con el módulo de Borda y tras éstas, las experiencias de dilatación. Finalmente, tras casi tres años de construcción, el 8 de febrero de 1857 sale la regla para España.

El Gobierno español, después del éxito obtenido en la medición de la base de Madrideojos, en señal de agradecimiento, galardonará a varios miembros extranjeros que habían colaborado en la empresa, como Le Verrier, Hossard, Regnault, Villarceau, Blondel, Westheim y, cómo no, a Brünner.

#### *Apéndice: breve descripción de la regla*

Aparte del libro que publicaron Ibáñez y Saavedra sobre la regla, es posible encontrar descripciones de la misma. Por ejemplo, en el libro

*Geodesia y Cartografía* de Arturo Mifsut y Macón, publicado en Madrid en 1905, se dice: «Se compone de una serie de microscopios micrométricos que se sitúan verticalmente en la alineación de la base, dividiéndola en intervalos de alrededor de cuatro metros, cuya longitud se determina valiéndose de una sola regla bimetálica dividida, la cuál se observa con los micrómetros para deducir la temperatura. Tanto la alineación como las referencias se hacen con medios ópticos sumamente precisos.

La regla está formada (fig. 2) de una barra de platino *PP*, de algo más de cuatro metros de largo, con una sección transversal de 0,021 m por 0,005 m y de otra barra de latón *L,L*, de iguales dimensiones, colocada debajo. Cada una de las barras descansa en catorce cilindros giratorios *J,J*,... y está contenida lateralmente por otros cuatro cilindros que forman con los anteriores catorce cojinetes perfectamente dispuestos para que las dilataciones y contracciones se verifiquen con entera libertad a partir del medio de la regla en donde se hallan sujetas las barras a un cojinete central.

La de latón tiene en sus extremos unas piezas o reglillas de platino divididas, cuyas caras superiores enrasan con la superior de la barra de platino pasando por dos aberturas o canales, en cuyo borde hay una división en decimilímetros igual a las de las reglitas.

Los cojinetes están asegurados a un banco de hierro que descansa, a su vez, en dos soportes con movimientos lentos, colocados a un metro de cada uno de sus extremos.

Unos trípodes de madera puestos directamente sobre pesadas plataformas, reciben los soportes a medida que avanza la medición.

Los microscopios ocupan el centro de unos círculos graduados que descansan en trípodes especiales, y por medio de sus micrómetros es dable leer las milésimas de milímetro o micrones, al observar, en cada extremo, una de las rayas que forman las divisiones de la barra de platino y otra de las que constituyen las marcadas en la de latón, con lo cual puede calcularse la longitud de la regla (a la temperatura normal de 21.939 C, tiene 4001,0378 mm entre sus rayas extremas, numeradas O y IV) previa su comparación con un tipo y el conocimiento de los coeficientes de dilatación de ambas barras.

Se reduce la longitud de la regla al horizonte, valiéndose de las indicaciones de un nivel portátil, con arco graduado, que se coloca en el medio de aquélla.

En el mismo sitio que ocupan los microscopios, en cada uno de los círculos, se coloca antes, para la alineación, un antejo provisto igual-

mente de micrómetro movable, y en los círculos que se van situando en la línea, se monta una pequeña mira con los hilos en cruz, por medio del cual se sigue la alineación general de la base.

También descansan en los mismos cojinetes que los microscopios, las miras y el anteojo de alineación, otro anteojo destinado a referir al terreno el término de la medición del día, el cual término se traza en una plancha metálica, empleando dos cuchillos montados en un disco y semejantes a los de las máquinas de dividir.»

### *Agradecimientos*

Deseo manifestar mi profunda gratitud a D. Germán Vidal García, del Instituto Geográfico Nacional, sin cuya ayuda desinteresada y asesoramiento este trabajo no hubiera sido posible. Doy las gracias también a todos los miembros de este Instituto por su colaboración.

### NOTAS

- (1) ANTILLÓN, I. (1808), *Elementos de la geografía astronómica natural y política de España y Portugal*, Madrid.
- (2) ODRIOZOLA, J. de (1829), *Curso completo de matemáticas puras*. Madrid. 4 tomos. Imprenta que fue de García.
- (3) MIFSUT, A. (1905), *Geodesia y Cartografía*. Madrid. Talleres del Depósito de la Guerra. p. 77.
- (4) VALLEJO, J. M. (1825), *Tratado Elemental de Matemáticas*, Madrid. Imp. que fue de García terc. ed. Tomo primero, parte segunda, p. 326.
- (5) IBAÑEZ, C. y SAAVEDRA, F. (1859), *Experiencias hechas con el aparato de medir bases perteneciente a la Comisión de Mapa de España*. Madrid, p. v.
- (6) FRANCOEUR, L. B. (1865), *Géodésie*. París, Gauthier-Villars. Quatrième édition, p. 529.
- (7) FAYE, H. (1863): «Sobre un nuevo aparato para medir bases geodésicas, por... *Revista de los progresos de las ciencias exactas, físicas y naturales*. Madrid, vol. 13, pp. 193-204.
- (8) IBAÑEZ, C. y SAAVEDRA, F. (1859), p. VI.
- (9) Instituto Geográfico Nacional. Archivo Geodésico. Serie III. legajo 1-5.
- (10) TEN, A. y MOYA, T. (1985), *La formación de un astrónomo en la España del siglo XIX*, en ESTEBAN PIÑERO, M. (1988, Ed.) *Estudios sobre H.ª de la Ciencia y de la Técnica*. Valladolid, 469-484.
- (11) Instituto Geográfico Nacional. Archivo Geodésico. Serie IX. legajo 2.
- (12) Instituto Geográfico Nacional. Archivo Geodésico. Serie IX. Legajo 2. Carta fechada en París el 19 de abril de 1854.
- (13) *Idem*, carta fechada en París el 26 abril de 1854.

(14) El contrato decía lo siguiente:

«Monsieur Brünner, fabricante de instrumentos de precisión, se compromete con el T. coronel Soriano a construir para el Gobierno español los instrumentos siguientes:

1. Una regla para la medición de bases en platino y otra de cobre (latón) cuya longitud será de 4,5 m cada una, 0,02 de ancho y 0,004 de espesor.

2. Un banco de cobre amarillo de 4,5 de largo para soportar la regla.

3. Tres anteojos microscópicos, móviles, marcados como los anteojos meridianos, para leer las divisiones sobre la regla de platino.

4. Cuatro armas o apoyos móviles y cuatro trípodes en madera sobre los que ha de descansar la regla.

Estos instrumentos serán ejecutados con sujeción a los dibujos que presentaré.

El valor de estos instrumentos y trabajos empleados, ascenderá próximamente a 20.000 Fr. de los que 10.000 me serán pagados al tiempo de firmar este contrato, y el resto cuando los trabajos se hallaran concluidos.

París 25 de mayo de 1854 = Brünner  
(es copia de Soriano)

(15) *Idem.* Carta del 18 de junio de 1854.

(16) *Idem.*

(17) *Idem.*

(18) *Idem.*

(19) *Idem.*

(20) IBÁÑEZ, C., SAAVEDRA, F. (1859), p. VII.

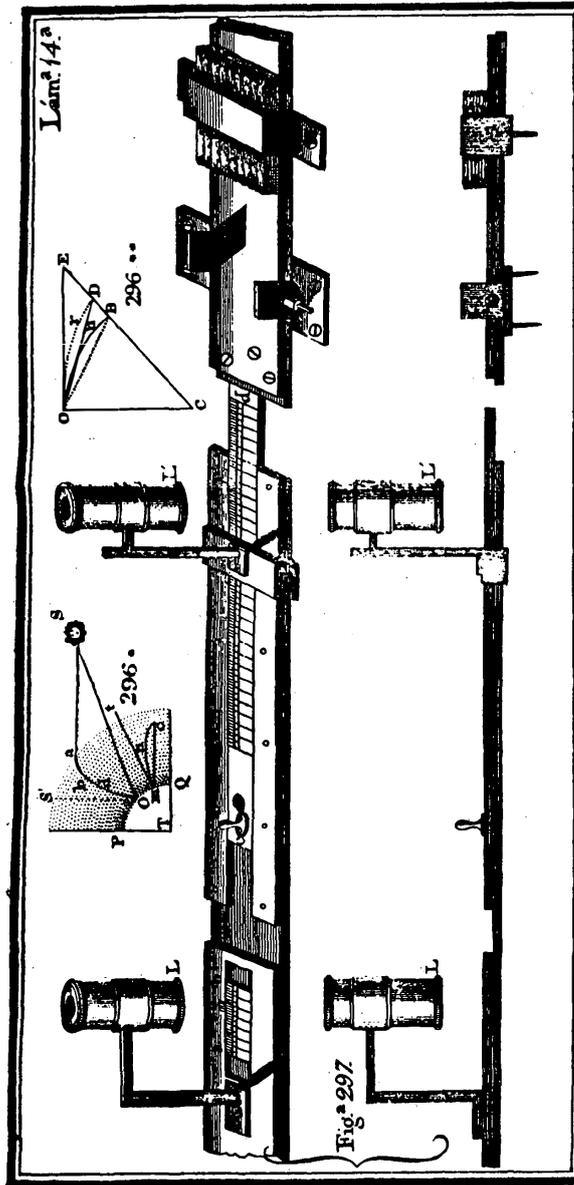


Fig. 1. Regla de Borda

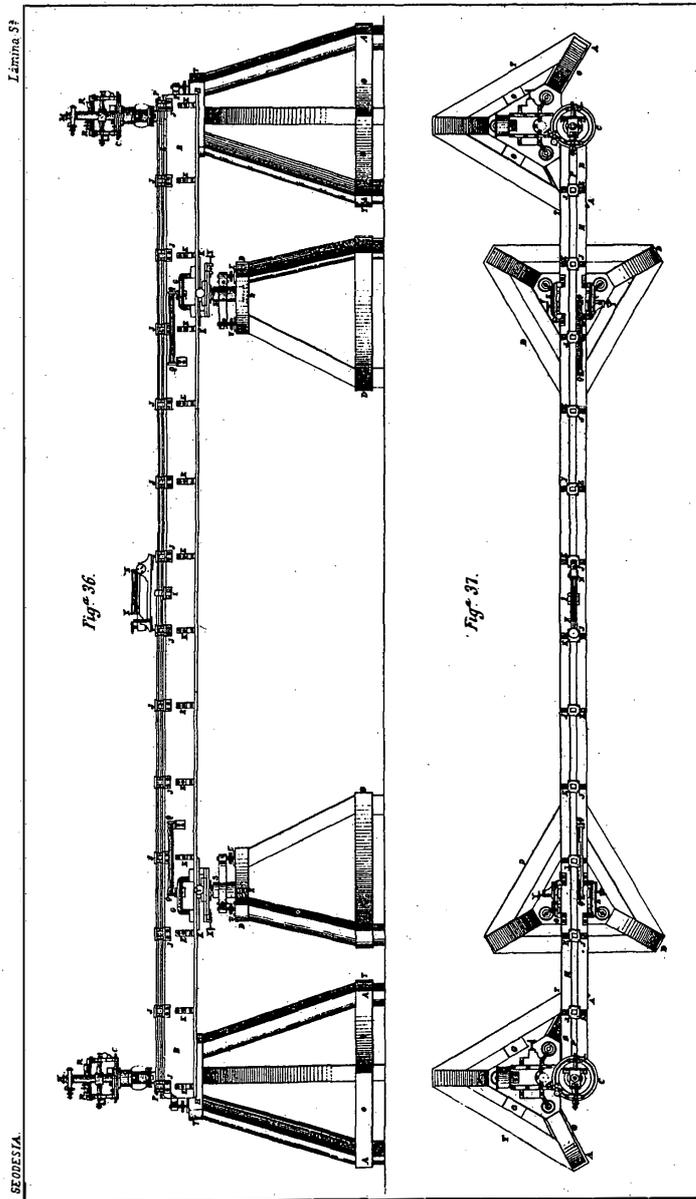


Fig. 2. Regla Española