

rector de las obras ha sido el ingeniero Sr. Hoffmeyer, anteriormente mencionado.

La construccion de este último puente dió lugar á la reforma de la calle de Bilbao la vieja, que pone en comunicacion con el mismo al barrio de San Francisco, y que tenía la pendiente del catorce por ciento. Se ha rebajado ésta al ocho y cuarto por ciento como rasante provisional, pero sujetando las casas que nuevamente se construyan á la rasante definitiva de seis y medio por ciento.

Tambien son dignos de mencionarse algunos edificios construidos en el último bienio, de que pasamos á dar noticia.

Habiendo sido necesario, para dar acceso al nuevo puente de San Anton, derribar parte del antiguo almacen de lanas, en cuya planta baja se hallaba instalado un lavadero público, se ha construido, para sustituir á éste, otro lavadero en los terrenos ganados á la ria en Achuri, cuyas obras, principiadadas en Abril de 1878, terminaron en Diciembre del mismo año.

Ademas se ha terminado la construccion de las Escuelas de Achuri, para niños, niñas y párvulos, que se empezó en 20 de Diciembre de 1877, y se han subastado las obras de las correspondientes al barrio de San Francisco.

Las mejoras mencionadas, y algunas otras de que no nos ocupamos por las razones ántes expuestas, han ocasionado los gastos expresados á continuacion:

OBRAS DE CONSERVACION Y REPARACION.

	Pesetas.	Cts.
Personal.....	83.484,76	
Gastos de oficina, suscripciones é impresiones.....	1.723 »	
Blanqueos, pinturas y reparaciones de edificios.....	41.698,24	
Reparaciones de calles y caminos.	151.958,65	
Arbolado y paseos.....	21.016,86	
Conservacion y pintura de puentes.....	820,34	
Teatro.....	13.892,98	
Compañía de bomberos.....	20.250 »	
Seguros de edificios.....	1.363,55	
TOTAL.....	336.208,38	

OBRAS NUEVAS.

	Pesetas.	Cts.
Cloacas y alcantarillas de las siete calles.....	6.096	
Puente del Arenal (reconstruccion).....	520.580,64	
Matadero de reses.....	58.411,26	
Escuelas de Achuri.....	71.463,21	

	Pesetas.	Cts.
Puente de Achuri.....	49.792,05	
Adquisicion de dos cilindros....	3.129,92	
Reforma de la calle de Bilbao la Vieja.....	14.303,12	
Demolicion de un estribo del puente de los Fueros.....	1.817,93	
Apertura de la nueva calle de Iturribide.....	30.849,48	
Reforma del Campo Volantin... Id. de la calle de Bailén...	40.599,33	176 »
Saneamiento del Campo-Santo de Mallona.....	1.667,58	
Derribo del puente de San Anton, construccion de muelles y abastecimiento de aguas.....	7.324,63	
Obras del ensanche.....	161.405,08	
Adoquinado de la calle del Arenal.....	23.412,10	
Adoquinado de la calle del Correo.....	10.163,65	
Depósito de bombas contra incendios.....	8.113,56	
Derribo de la antigua Casa de Misericordia.....	1.161,56	
Lavadero de Achuri.....	26.401,94	
Palacio de Exposiciones, Escuela de Artes y Oficios y Academia de música.....	500 »	
Mercado.....	375 »	
TOTAL.....	1.037.744,04	

RESÚMEN.

	Pesetas.	Cts.
Obras de conservacion y reparacion.....	336.208,38	
Obras nuevas.....	1.037.744,04	
TOTAL.....	1.373.952,42	

Lo expuesto da idea del gran impulso que han recibido las obras municipales de Bilbao en la época á que venimos haciendo referencia, y prueba el celo con que el Ayuntamiento de aquella villa se ha consagrado al fomento de los intereses que le habian sido confiados, haciéndose acreedor á la gratitud de sus comitentes por el buen resultado de su administracion.

ENLACE GEODÉSICO

ENTRE

LOS CONTINENTES EUROPEO Y AFRICANO.

Veintiun años han transcurrido desde que en España tomó asiento la Geodesia moderna al establecer la base central de Madridejos, línea de partida de la medicion de nuestro territorio y timbre de gloria de la ciencia española, que eclipsó cuanto

hasta aquella fecha y hasta el presente, se ha realizado en punto á mediciones de gran precision.

Aquel trabajo sin rival habia excitado poderosamente la curiosidad cientifica en Francia, por haberse construido en Paris, bajo la direccion de dos insignes geodestas españoles, el aparato con que se llevó á cabo, y el Ministro de la Guerra del Imperio envió, con la comision de presenciar y estudiar la operacion, al coronel de ingenieros Sr. Laus-sadat.

Al contemplar aquella linea de 14 kilómetros, desde cuyos extremos habian de partir los hilos visuales, que extendiéndose en forma de malla por la Peninsula, fijasen los puntos más notables de España, no se satisfacía el á la sazón comandante de ingenieros D. Carlos Ibañez, jefe de aquella vasta operacion, con cubrir nuestro territorio con la red geodésica proyectada. Aspiraba ya desde entónces á más, y ocurriósele la idea de salvar el Mediterráneo, apoyándose en dos vértices de la Peninsula, y arrojando por encima del mar grandes triángulos que fueran á caer sobre dos puntos del continente africano, para prolongar de esta suerte las mediciones europeas hasta los confines del Sahara. Sabía que, aunque raras veces, no era imposible desde nuestras provincias del Sur divisar las costas argelinas, donde los franceses habian de emprender trabajos geodésicos, y que con perseverancia y empeño podrian verse desde ambos continentes señales heliotrópicas recíprocamente dirigidas desde puntos adecuados que se eligiesen.

Comunicó su pensamiento con el coronel frances, y ambos se concertaron para preparar cada cual en su país la opinion pública y el ánimo de sus Gobiernos en favor de aquella atrevida, pero realizable empresa.

Años despues, el Sr. Levret, coronel del Estado Mayor frances, jefe de operaciones geodésicas en el Ministerio de la Guerra, hizo un viaje por España y se ocupó del mismo proyecto, cuya realizacion exigia el concurso de españoles y franceses. Asimismo el Sr. Perrier, comandante de Estado Mayor de la triangulacion de la Argelia, tanteó en 1868 desde el otro lado del mar algunas cimas de nuestras sierras andaluzas, y entre ellas el pico de Mulhacen de la Sierra Nevada.

Con estos antecedentes, y hallándose al frente de la Direccion general del ramo el que en 1858 se hallaba de jefe en Madridejos, era seguro que la empresa se habia de llevar á buen término.

Con efecto : en el verano de 1878 propuso á los

franceses un reconocimiento serio y concienzudo de la visibilidad mutua de cuatro vértices separados dos á dos por el Mediterráneo y correspondientes á las triangulaciones española y argelina. A este fin se señalaron en Argelia los de M'Sabiha y Filhaousen, situado aquél junto á Orán y éste cerca de la frontera de Marruecos, y en el Sur de España el pico de Mulhacen (de la Sierra Nevada, provincia de Granada) y el de la Tetica de Bacares (sierra de los Filabres, provincia de Almería).

El coronel de Estado Mayor D. Fernando Monet, nombrado por el general Ibañez, y los capitanes señores Derrien y Koszutski, por el Ministerio de la Guerra de Francia, llevaron á cabo este reconocimiento : operacion delicada en extremo y penosísima por parte de España, pues el coronel Monet invirtió en ella tres meses, permaneciendo cincuenta y seis dias (desde el 4 de Agosto hasta el 29 de Setiembre) en lo alto de Mulhacen, sin más abrigo que las tiendas de campaña y una cabaña de piedra seca, acechando de continuo la luz del sol, que, reflejada por los espejos de los heliotropos, habia de percibirse, y aprovechando breves momentos para medir, como lo hizo con la aproximacion necesaria en tales casos, los ángulos del cuadrilátero formado por los cuatro vértices proyectados.

Este reconocimiento no dejaba lugar á duda alguna acerca de la posibilidad de la operacion, es decir, daba la seguridad de que los cuatro vértices elegidos eran recíprocamente visibles. Pero al propio tiempo, ¿qué de dificultades no se deducian del reconocimiento para el éxito del trabajo!

El general Ibañez las preveia todas. Conocedor, sin embargo, de los recursos de las artes y de las ciencias modernas, seguro de la pericia, sufriendo y perseverancia de los geodestas del Instituto Geográfico y Estadístico, y ganoso de ponerlos frente á los franceses, aunque fuera en condiciones tan desiguales como lo son las situaciones de nuestros vértices respecto de los que aquéllos debian ocupar, no vaciló en dar cuenta al Gobierno español del resultado del reconocimiento, á fin de que se dirigiera al de Francia, proponiéndole ejecutar de comun acuerdo la proyectada union geodésica de Europa y África, operando en sus respectivos territorios los geodestas de ambos países, para compartir por igual entre unos y otros la gloria de la empresa.

Así se acordó, y en 6 de Febrero de 1879 el Embajador de España en París dirigió al Gobierno frances una nota expresiva, que el 17 de Marzo era satisfactoriamente contestada. En su contestacion

notificaba el Gobierno de la República que apreciaba de igual modo que el del Rey de España la importancia científica del proyecto, dando desde luego orden al comandante Perrier, individuo de la Oficina de Longitudes, para que se pusiese en relación con el general Ibañez respecto al programa de los trabajos necesarios.

Inmediatamente, y mientras como director general del Instituto Geográfico y Estadístico nombraba el general Ibañez el personal que había de verificar los trabajos, se entendía con los franceses y dejaba trazado el plan de la operación, y acordaba y disponía la adquisición del material científico indispensable.

Quedó convenido que las observaciones fuesen simultáneas, puesto que el tiempo era elemento decisivo para los españoles que habían de establecerse en la cumbre más alta de la Península, donde son casi perpétuas las nieves; que los instrumentos fueran idénticos en las cuatro estaciones; que las señales se harían todos los días y todas las noches, las diurnas reflejando la luz del sol en espejos heliotrópicos, y las nocturnas por medio de luces eléctricas producidas en aparatos de Gramme, movidos por máquinas de vapor, y enfiladas unas y otras por aparatos especiales de proyección óptica. Por último, á la operación geodésica del enlace había de seguir por parte de franceses y españoles la determinación astronómica de la diferencia de longitudes entre el vértice argelino de M'Sabiha y el español de Tetica, y la determinación también directa de la latitud y un azimut en cada uno de estos mismos puntos.

En el mes de Abril quedó nombrado el personal encargado de los trabajos. Por España se designó para el enlace geodésico al coronel teniente coronel de Ingenieros D. Joaquin Barraquer, jefe de la operación; al comandante de Estado Mayor D. Vicente Lopez Puigcerver; al capitán de Ingenieros don Juan Borrés, y á los tenientes de Artillería don Priamo Cebrian y D. Clodoaldo Piñal, con los auxiliares, maquinistas y destacamentos de tropa correspondientes á cada vértice.

En lo tocante á la parte astronómica, fué nombrado jefe de la operación D. Miguel Merino, astrónomo del Observatorio de Madrid y del Instituto Geográfico y Estadístico, y á sus órdenes el Ingeniero de minas D. Antonio Estéban, más especialmente designado para la determinación de la latitud y el azimut en Tetica. La brigada astronómica llevaba igualmente sus auxiliares, utilizando

el mismo maquinista y destacamento de tropa instalado en Tetica, donde por las circunstancias del terreno y orden del programa no era posible establecerse hasta después de terminada la parte geodésica.

Por parte de Francia fueron nombrados el comandante de Estado Mayor Sr. Perrier, jefe de la operación, con los capitanes del mismo Cuerpo señores Bassot, Defforges y Derrien, y el capitán de Ingenieros Sr. Sever, también con sus auxiliares, maquinistas y tropa francesa y africana.

Apénas nombrado por cada nación el personal, los españoles no tenían día que perder. Cada estación exigía un material considerable y delicado, que había de hallarse instalado al mediar el verano inmediato en las elevadas cimas escogidas.

Se necesitaba para cada vértice una máquina de vapor de tres caballos, dos aparatos electro-magnéticos de Gramme, dos lámparas eléctricas reguladoras, dos grandes reflectores de 0^m,50 de diámetro, otros dos con lentes plano-convexas de 0^m,20 de diámetro, y un gran círculo azimutal reiterador con microscopios y retículo micrométricos, además de todos los numerosos accesorios indispensables para funcionar en aquellas grandes alturas.

Para examinar, experimentar y recibir todo este material, se trasladó á París el coronel Sr. Barraquer con el comandante Sr. Lopez, como más tarde el astrónomo Sr. Merino y el ingeniero Sr. Estéban. Cuando el general Ibañez, poco después, llegó á aquella capital, quedaron acordados los pormenores todos de la campaña. Los experimentos hechos acreditaron la excelencia de los aparatos é instrumentos adquiridos, y casi simultáneamente partieron de París para Sierra Nevada y sierra de los Filabres los españoles, y los franceses para la Argelia.

Seguramente nuestros vecinos hubieron de vencer dificultades para trasportar su material é instalar su personal en los despoblados campos argelinos; pero los oficiales españoles tenían que vencer obstáculos cien veces mayores, tratándose de altitudes de 2.000 y 3.500 metros, en rocas abruptas y apénas pisadas, y con el rigor del clima propio de tales elevaciones. Mulhacen estuvo hasta mediados de Julio cubierto de nieve, y había la seguridad de que volvería á estarlo en primeros de Setiembre. Era fuerza aprovechar los momentos, y lo angustioso del tiempo se añadía á lo difícil de la operación en sí misma. Medir triángulos de setenta leguas de lado á través de un mar cuyos vapores y

nubes interceptan de ordinario la vision, y para esto trasportarse á sitios inaccesibles é inhabitados, durante diez meses del año, eran dos términos que comprometian el éxito, con la particular circunstancia de que al año siguiente ofrecería el problema casi idénticas adversidades.

Con objeto de prevenirlo todo, salió en fin de Mayo el capitán de Ingenieros D. Juan Borrés en direccion á la Tetica de Bacares, provisto de las instrucciones debidas para abrir caminos, establecer campamentos y preparar la instalacion de los aparatos. Hizolo todo en poco más de treinta dias, y á fin de Julio trepaban, más que subian, por las vertientes del collado de Nimar y por los flancos de Sierra Nevada extraños convoyes con cargamentos aún más extraños para aquellas soledades. Diez y ocho dias de marcha emplearon desde Granada hasta lo alto de Mulhacen, acampando sobre el terreno cuando la noche sorprendia la larga fila de carretas tiradas por bueyes. Los naturales de la Sierra Nevada, á pesar de ser por necesidad gente avezada á aquellos riscos, negaban la posibilidad de llegar á poner aquel material tan pesado y de formas tan especiales en la cumbre, y aún hoy dia los que no lo presenciaron lo ponen en duda.

Así fué verdad, sin embargo, y ni una caja siquiera quedó por subir, ni hubo más desperfectos que los ordinarios de trasportes en el material geodésico.

Con razon fué grande la sorpresa de las gentes del país cuando vieron lanzarse al viento en lo alto de aquellos picos el humo de la máquina de vapor y estallar la chispa eléctrica en las lámparas á que habian de apuntar los franceses desde Argelia.

Todo se hallaba presto á funcionar en fin de Agosto, y los observadores alerta esperaban el momento de asestar sus anteojos, no bien el horizonte se despejara y permitiera vislumbrar las luces de Argelia.

El dia primero de Setiembre se encontraba el general Ibañez en Mulhacen, enterándose personalmente de la satisfactoria instalacion realizada, y deseoso de unir á las de los geodestas del Instituto alguna observacion propia; deseo que no pudo satisfacer, pues era tal la cerrazon de la atmósfera, que á muchos kilómetros de distancia sólo se percibian nubes y brumas espesas, cubriendo los valles, cerros y el mar que á los piés de Sierra Nevada se dilatán. La fuerza del viento era tal, que á duras penas se podia recorrer el emplazamiento de toda la estacion, y el termómetro marcó aquella noche 10

grados bajo cero. Tuvo, pues, que resignarse á bajar á los tres dias, obligado como estaba por sus cargos á trasladarse al extranjero.

No quedaba más que esperar pacientemente en sus puestos y sufrir las contrariedades del tiempo, con las ansiosas dudas consiguientes sobre el resultado del trabajo, sólo distraidas por el cuidado y vigilancia constantes exigidos por el mantenimiento de la estacion entera, que en todo momento debia estar lista para funcionar.

La brigada geodésica se hallaba desde el principio dividida entre los dos vértices. Ocupaba á Mulhacen el jefe de la operacion, señor coronel Barraquer, con el capitán Borrés, de Ingenieros, y el teniente Cebrian, de Artillería, y la Tetica de Bacares el comandante de Estado Mayor Lopez Puigcerver, con el teniente de Artillería D. Clodoaldo Piñal.

Por fin, en la noche del 9 de Setiembre dieron principio las observaciones casi simultáneamente en las estaciones españolas y argelinas. La luz eléctrica penetró en los anteojos dirigidos en las direcciones marcadas por el reconocimiento, y con tal viveza, que unos y otros observadores afirmaron que los puntos luminosos aparecian con perfecta claridad, brillantes como estrellas de superior magnitud y de luz tan intensa, que á simple vista se veian distintamente. Pocas noches bastaron, aunque con los naturales intervalos del mal tiempo, para terminar la operacion, que quedó asegurada en fin de Setiembre, cuando apenas era posible permanecer en Mulhacen, donde la crudeza del tiempo y las descargas del rayo pusieron más de una vez en peligro la existencia del personal y de los aparatos.

La medicion de los ángulos se terminó, gracias á las señales nocturnas, sin que ni un solo dia se vieran las diurnas; y si los directores de la operacion no hubieran tenido la prevision de preparar unas y otras, y no hubiera el general Ibañez tenido el valor de disponer la elevacion arriesgada de las máquinas de vapor y eléctricas hasta el Mulhacen y la Tetica, la obsevation hubiera sido imposible, y hubieran sido estériles los sacrificios de todo género hechos hasta entónces.

Igual brillante éxito que las geodésicas tuvieron las observaciones astronómicas verificadas en la Tetica de Bacares, y análogas penalidades se ofrecieron á los Sres. Merino y Estéban.

En primer lugar, el programa que se habian propuesto se intentaba por vez primera en España, y por primera vez tambien se hacia en Europa una

determinacion directa de diferencia de longitudes en circunstancias tales.

Cualquiera que en el gabinete viera el primor y finura de los péndulos y aparatos eléctricos usados para la determinación del tiempo y produccion de los eclipses de la luz acompasados, que mutuamente habian de apercibirse y observarse en África y en España, negaria que fuera posible conducirlos en buen estado y ponerlos en accion en la montaña á donde fueron llevados, y ménos se imaginaria que, azotada la barraca de observacion por los furiosos huracanes y tormentosos aguaceros del funesto equinoccio, que tamañas huellas ha dejado en las provincias de Levante, nuestros entusiastas observadores defendiesen el material todo y pusieran feliz término al trabajo que se les habia encargado, permaneciendo Octubre y Noviembre en la escarpada cima de una de las cordilleras que enviaron sus torres á Murcia y Almería.

En resumen, nuestros geodestas y nuestros astrónomos han realizado el trabajo sin disputa más grandioso que registra la historia de las ciencias aplicadas á la geografia matemática, y Francia y España pueden enorgullecerse de la más atrevida de las mediciones terrestres.

A continuacion se consignan los resultados que arroja la operacion, segun los cálculos provisionales hechos en el Instituto Geográfico y Estadístico español por los mismos observadores.

LONGITUD DE LOS LADOS.

Tetica-Mulhacen.....	82.828 metros.
M'Sabiha-Filhaoussen.	105.178 »
M'Sabiha-Tetica.....	225.714 »
Filhaoussen-Tetica....	257.413 »
M'Sabiha-Mulhacen....	269.848 »
Filhaoussen-Mulhacen.	269.927 »

Para formarse idea de la magnitud de la operacion, baste saber que la superficie ocupada por el cuadrilátero de enlace es de 2.248.580 hectáreas, extension mayor que la de algunos Estados de Europa, y que la curvatura de la Tierra es tan pronunciada en la distancia á que se ha observado, que uno de los triángulos ofrece un exceso esferoidal de más de 70 segundos.

Y á pesar de esto, los resultados han sido de tal precision, que en el triángulo formado por Mulhacen, Tetica y Filhaoussen la discrepancia entre la verdad teórica y el resultado de las observaciones es tan sólo de diez y seis centésimas de segundo, pudiéndose tambien asegurar que el error con que los astrónomos hicieron la determinacion del tiempo no excede de una centésima de segundo.

No se necesita poseer conocimientos de esta clase de trabajos para afirmar, á la vista de tales cifras, que nuestros geodestas y astrónomos, y el general Ibañez que los dirige, han merecido una vez más bien de la ciencia y de la patria.

A.

(Del BOLETIN de la Sociedad geográfica de Madrid).

BIBLIOGRAFÍA.

ENRAYO SOBRE EL INFINITO, por D. ANTONIO PORTUONDO, Ingeniero de Caminos. — Un tomo en 8.º de 158 páginas. — Madrid, 1880.

La publicacion de un libro científico en nuestro país es siempre un suceso bien poco frecuente; pero cuando la obra no tiene por objeto llenar un vacío en los textos de la enseñanza oficial, sino esclarecer puntos determinados, precisar ideas fundamentales, no establecidas con rigor en los tratados corrientes, entónces se necesita un verdadero entusiasmo, un amor decidido á la ciencia por la ciencia, para acometer tamaña empresa y hacer un sacrificio, casi siempre estéril, de tiempo y de dinero. Y no es que en España falten en absoluto, ya que no abundan, hombres dedicados á los estudios especulativos y á toda la altura de los modernos conocimientos, sino que, á pesar de nuestro adelanto relativo, la ciencia, en cualquiera de sus manifestaciones es aún patrimonio de un reducido círculo, y como lógica consecuencia, á no contar con proteccion oficial, el autor, tras rudo trabajo y profundas meditaciones, experimenta perjuicios materiales en sus intereses.

Por estas razones, y aparte del mérito intrínseco de la obra, consideramos en alto grado honroso para el Sr. Portuondo, á quien todos conociamos ya como distinguidísimo profesor de matemáticas, su *Ensayo sobre el infinito*. Dos fines esenciales se propone aquel Ingeniero en su obra: establecer con rigorosa exactitud las definiciones y teoremas fundamentales de la teoría de los límites, y hacer aplicacion de los principios sentados á varias cuestiones, y especialmente á la resolucion de los casos de indeterminacion, que no se trata con la conveniente generalidad, ni con todo el rigor apetecible en las obras elementales de Cálculo.

El Sr. Portuondo, despues de definir lo que se entiende por *continuidad*, por *límites* y por *variables infinitesimales* (entre las que estudia á la vez, y en nuestro concepto con gran acierto, las infinitamente pequeñas y las infinitamente grandes), llega á la consecuencia, extraña á primera vista por su novedad, de que no teniendo límite las variables infinite-