

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

PUBLICACION TECNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

Ferrocarril directo de Madrid á Valencia.

POR

D. MANUEL BELLIDO

Ingeniero-Jefe de Caminos, Canales y Puertos.

(CONTINUACIÓN) (1)

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

División en secciones.

Dado el desarrollo que tiene la totalidad de la línea se ha dividido el trazado en cuatro secciones, no sólo para facilitar su estudio y el examen del proyecto, sino porque como entre sus dos extremos se cruzan zonas completamente distintas unas de otras, en las que los materiales de construcción, los precios de los mismos, las diversas circunstancias locales, difieren tanto, es preciso aplicar distintos cuadros de precios, y el orden y método imprescindible en trabajos de esta extensión exige la división mencionada.

A su vez, cada una de las secciones se subdivide en varios trozos de longitudes que varían entre 8 y 13 kilómetros, según la importancia de las obras que en cada uno de ellos hay que ejecutar, el número de perfiles transversales, etc., de tal modo, que las hojas de los planos y perfiles correspondientes tengan extensiones limitadas para hacerlos más manejables y los estados de cubriciones de la explanación no tengan que arrastrar sumas exageradas.

La división en secciones ha sido muy fácil de hacer porque las circunstancias locales se prestan de tal modo que señalan los límites naturales de cada una de ellas: en primer lugar, era lógico que Cuenca marcara un límite de sección; es la única capital que se encuentra en el recorrido; es punto de empalme con otro ferrocarril de vía normal, y es, en fin, aproximadamente, el centro de la línea; pero además de todo esto, existe la razón, más importante aún, de que señala el paso de la región entrollana de la meseta castellana á la montañosa de la serranía de Cuenca, en la cual todo es diferente de las otras zonas. Cada una de las dos mitades en que queda dividido el trazado es todavía muy larga para constituir una sola sección, y al tratar de subdividirlas nos fijamos en los límites de provincias cuyas distancias á Cuen-

ca son poco más ó menos sus centros respectivos, y como constituyen puntos naturales de división para muchos efectos oficiales, se adoptan también para la subdivisión indicada. El primero, sin embargo, tomado exactamente, tiene ciertos inconvenientes que justifican el que no se haya adoptado para límite de la primera y segunda sección, que se ha corrido algo hacia Madrid: está situado el límite de la provincia de Guadalajara con la de Cuenca en lo alto de una de las estribaciones de la sierra de Altomira que, como es natural, se cruza en túnel; además no parece lógico, ya que la travesía de la sierra es de poca extensión, dividirla entre los documentos de dos secciones diferentes, porque es mucho más fácil hacerse cargo de ella presentándola íntegramente en un solo plano y un solo perfil; las rasantes no se podrían tampoco examinar en conjunto, y, en fin, al llegar á la construcción no sería cómodo desglosar de unos y otros trozos las longitudes que comprendieran el paso de la sierra, que parece natural fueran objeto de una sola contrata.

Al tratar de correr el punto de división á un lado ú otro, desde luego se aprecia la conveniencia de hacerlo hacia Madrid para igualar un poco la longitud de las secciones que, de todos modos, aquí tiene que ser bastante diferente y con objeto de situarlo en un lugar perfectamente determinado, para lo cual se presta muy bien el cruce de la carretera de Tarancón á la Armuña, que corre paralela y al pie de la sierra, se ha elegido este punto de cruce, resultando la sección primera con 82.037,50 metros y la segunda con 73.079 metros de longitud.

La tercera sección, que alcanza desde Cuenca al límite con la provincia de Valencia, tiene una longitud de 92.689,74 metros y, por último, la sección cuarta tiene 88.152,41 metros de longitud. El desarrollo total del trazado desde Madrid á Valencia es de 335.958,65 metros.

Como este ferrocarril, según la ley, debe terminar en el puerto de Valencia, pero por razones que en su oportunidad se explicarán no llega con vía independiente al puerto, el ramal de enlace que se proyecta desde la estación de Valencia se presenta como adición á la sección cuarta y con kilometración independiente; su longitud es de 2.649,90 metros, que, sumados á los anteriores, dan una longitud de línea de nueva construcción de 338.608,55 metros.

La sección primera está dividida en siete trozos; la segunda en seis; la tercera en nueve, y la cuarta en ocho trozos y el ramal de enlace.

Los puntos en que se hacen estas subdivisiones se darán á conocer al hacer la descripción del trazado en cada sección. Para proceder con orden en ésta, se hará también por secciones en

(1) Véase el núm. 2215.

todo lo que se refiere á la traza y situación de las obras que hay en cada una; la descripción detallada de éstas se agrupa en un apartado especial para facilitar el examen de la Memoria.

Procedimiento seguido en el estudio.

Aunque no hay ninguna novedad en el procedimiento seguido para hacer los trabajos de campo, conocido y practicado por todos los Ingenieros, explicaremos brevemente la organización adoptada, que ofrece una particularidad obligada por la falta de datos suficientes para comprobar la exactitud de los tomados en extensiones muy grandes.

En todo el recorrido del trazado no hay puntos de la nivelación de precisión del Instituto Geográfico, para servirse de ellos como referencia en nuestra nivelación, más que en Madrid, Cuenca y en Valencia; en Madrid arrancamos de la chapa colocada en el Observatorio Astronómico; en Cuenca tocamos en la que hay en el segundo escalón de la escalera principal de la Casa de Misericordia; en Valencia se cerró la nivelación en la chapa colocada en el primer escalón de la escalera principal de la Casa Consistorial.

Teníamos, por consiguiente, una longitud de más de 160 kilómetros en la base de operaciones del estudio desde Madrid á Cuenca; sin poder localizar un error que se cometiera en la nivelación, y desde Cuenca á Valencia una longitud aún mayor, lo que hacía muy expuesto el trabajo sin tomar grandes precauciones.

Dada la premura del plazo, era conveniente distribuir el estudio taquimétrico entre dos brigadas, pero es norma de conducta muy conveniente la de que sea una sola y un solo Ingeniero el que llevé la dirección del trazado, y no en líneas generales, sino en todo su detalle, y para armonizar todo esto, la primera brigada, dirigida por el que suscribe, fué la encargada de marcar todas las estaciones y tomar todos los puntos de referencia que se dejarán marcados con pintura negra en los muros, hitos, árboles y, en general, en dondequiera que pudiera hacerse una marca, y con profusión bastante para que no hubiera una sola estación desde la que, por lo menos, no se tomara uno. La segunda brigada, dirigida también por un Ingeniero, seguía á la anterior, tomando también las lecturas de las estaciones y todos los puntos de relleno del plano; como su trabajo era, en general, más entretenido, cuando llegaba á distanciarse de la primera en seis ó siete estaciones, ésta tomaba también todos los puntos de la zona además de las referencias, hasta que volvían á estar cerca. De este modo todo el trabajo estaba á la vista del que suscribe, sin perder la ventaja de las dos brigadas y, sobre todo, se obtenía la principal de tener cuatro lecturas sobre cada estación, en lugar de dos, que es lo corriente; las medianas calculadas por la primera brigada se compararon después con las de la segunda, y las medianas de estas medianas son las que han servido para calcular los desniveles entre las estaciones, dando un resultado de exactitud sorprendente.

Con estos datos se dibujó el plano taquimétrico de toda la zona en escala de 1 por 2.000 con curvas de nivel de metro en metro, y solo en las partes muy accidentadas de 5 en 5 metros; sobre este plano se hizo el trazado de la línea, y todas sus alineaciones rectas se refirieron por perpendiculares á todas las estaciones y puntos de referencia marcados en el terreno y en el plano.

Seguio á esta operación la del replanteo de la traza, que se hizo situando en el terreno las alineaciones rectas midiendo desde las estaciones y puntos de referencia las distancias acotadas en el plano, en la dirección conveniente á cada una según los rumbos de aquéllas, que también se habían previamente medido con el

transportador y acotado; las curvas se trazaron todas por abscisas y ordenadas sobre las tangentes, recurriendo en muchos casos á dividir los arcos estableciendo dos ó cuatro vértices auxiliares, pero siempre midiendo desde el vértice principal la diferencia entre la tangente del arco y la de la mitad del arco, que es lo seguro.

Estacada toda la línea, con la profusión de perfiles que se puede apreciar en los longitudinales y estados de cubicación, y señalados con pintura roja los que por estar en piedra no permitían clavar estaca, se medían las distancias entre perfiles con el fleje y en ciertos casos con el reglón, cuando la pendiente de las laderas obligaba á hacerlo por escalones para más exactitud; detrás seguía la nivelación longitudinal y, por fin, los perfiles transversales, tomados todos con renglón, á excepción de los que corresponden al emplazamiento de las estaciones que, por ser de bastante longitud, se tomaban con el nivel.

Con los datos de replanteo se ha dibujado el plano en escala de 1 por 5.000 que figura en el proyecto, completando las curvas de nivel y los demás detalles por reducción del taquimétrico.

El número de perfiles de toda la línea es de 20.379.

Descripción topográfica y geológica del terreno.

Sección 1.ª La zona que abarca la sección primera se caracteriza por estar compuesta de mesetas y colinas, cortadas por valles profundos en relación con la amplitud de sus laderas, que son en general verdaderos escalones.

El punto en que se halla Madrid es uno de los que ofrecen más desigualdades en toda la primera parte de esta sección, y en general el terreno es de aquellos en que más acción ejercen las aguas, rebajando paulatinamente las partes altas y abarrancando las bajas ó acumulando en ellas un gran espesor de arenas sueltas. La zona que sigue hasta el final de la sección tampoco presenta montañas, pero el terreno es muy desigual y la multiplicidad de arroyos y barrancos, surgiendo de la meseta al desaguar en los ríos, abren grandes cortaduras y originan numerosos valles que alteran por completo la primitiva forma del terreno.

Dentro de esta sección corren los ríos Jarama, Tajuña y Tajo, que cruzan casi normalmente la dirección del trazado, y su altitud en los puntos de cruce es muy semejante, como lo es también la de las mesetas intermedias, aunque la de Madrid es unos 100 metros más baja; el desnivel entre los ríos y las mesetas oscila alrededor de 200 metros.

La constitución geológica del terreno varía poco dentro de la sección. La primera parte hasta el río Jarama pertenece á la zona de las arenas cuaternarias que se extienden en una faja de dirección NE. á SO. por el centro de la provincia de Madrid. A continuación aparece el terreno terciario, que corre aún por debajo de la mayor parte del terreno actual ó *diluvium* que forma una faja más ó menos ancha en las vegas de los ríos. En las capas pueden establecerse tres divisiones: en la superior dominan las calizas casi exclusivamente; en la media, que es sin comparación de mayor espesor, las arcillas y los yesos, y en la inferior las areniscas y conglomerados. A parte de esta disposición general se nota de un punto al otro la mayor variedad. En la división de las calizas hay, sin embargo, cierta constancia, y éstas se extienden por toda la cuenca cuando no han sido destruidas por efecto de la denudación, si bien las capas suelen variar de espesor y aun algún tanto la roca de caracteres.

En cuanto á las otras divisiones, sobre todo la de las arcillas, la variación es extraordinaria aun en puntos muy próximos entre sí; los yesos aparecen en distintas formas, dominando el terreno casi suelto y el compacto hasta algo margoso. En las margas ar-

cillosas alternan también granos de sílice, y especialmente se encuentran pedernales blancos en Albares y Zorita de los Ganes y cantos sueltos de pedernal negro en Almoguera. Por último, la zona de los conglomerados sólo aparece en las puddingas que se encuentran en las cercanías de Loeches y Pozuelo del Rey.

Sección 2.ª Cruzan la provincia de Cuenca las cordilleras Ibérica y Oretana, corriendo la primera en dirección Norte á Sur y de Este á Oeste la segunda, presentándose la intersección ó nudo de ambas en los altos de Cabrejas, á unos 12 kilómetros de la capital, de cuyo punto parten los contrafuertes que sirven de divisoria, poco marcada al principio, de las aguas que, marchando al Tajo y Guadiana, van al Atlántico, y las que por el Júcar y el Turia desaguan en el Mediterráneo.

Este sistema orográfico da lugar á varias sierras, algunas alejadas de la zona del trazado, pero otras que cruzan la misma, como son la de Mira, á que pertenece el pico de Ranera, de 1.430 metros de altitud, y las de orden topográfico secundario, aunque de bastante importancia, llamadas de Altomira, el Pico de la Cuerda, las Coberteras de Boniches y los Palancares.

En el origen de la sección segunda se cruza la sierra de Altomira, que en dirección del meridiano magnético próximamente corre por todo el límite de la provincia de Cuenca con Guadalajara; el punto por donde se cruza está á pocos kilómetros de agua abajo de la confluencia del Guadiela con el Tajo, y como cerca de este mismo sitio desagua en el Guadiela el importante arroyo de Jabalera, cuya dirección general se aproxima en aquella parte á una paralela al Tajo y la dirección de su curso es en sentido contrario de éste, se originan unas verdaderas anomalías en la configuración de las laderas, que hacen verdaderamente difícil la comprensión del terreno á primera vista y el estudio de la traza, como veremos al describir el trazado. Al pie de la sierra, por el lado que mira á Cuenca, se encuentra ya un terreno entrellano, pero de topografía también muy complicada, por ocurrir algo semejante á lo que produce el arroyo de Jabalera, complicado por la constitución del terreno, en que los valles son verdaderas hondonadas de laderas repentinas y las mesetas planas, que obligan á ganar toda su altura para franquearlas. A pocos kilómetros del arroyo de Jabalera cruza la zona de Sur á Norte el río Mayor, afluente del Guadiela, y la meseta intermedia está también interrumpida por el arroyo de Valhondo, paralelo al río, y de fondo casi tan profundo como éste, y el arroyo de Jabalera; entre este último y Valhondo aun hay otro afluente del primero, que complica nuevamente las desigualdades del terreno, y entre Valhondo y el río Mayor la elevación, aunque no es grande, es tan repentina que se conoce en el país con el nombre de Serralba; verdaderamente, todas estas mesetas no son elevaciones del terreno, sino que más bien puede decirse que son los arroyos los que forman hondonadas, en que las denudaciones han llegado á tener tal importancia que han producido grandes desigualdades en la primitiva llanura.

Al río Mayor afluye, cerca ya del Guadiela, el río Guadamejud, que forma una hermosa vega de suave pendiente en dirección al Este, pero sus laderas tienen la configuración característica de los terrenos terciarios con su enorme profusión de barrancos profundos y mesetas planas y de la misma altura; el origen del río Guadamejud está en la cordillera Ibérica, próximamente en la línea del trazado, y sólo en las proximidades de su origen se acentúa su pendiente longitudinal, de tal modo que la divisoria principal de España es seguramente la que se pasa con más facilidad y tiene en toda esta zona menos marcados los caracteres de sierra; en su ladera que mira al Este, es tan suave y de poca altura relativa como en la anterior, y la depresión general que origina el río Júcar está formada por una serie de valles amplios, separados

por lomas de poca altura, que permiten clasificar el terreno como llano para los efectos de un trazado.

En su aspecto geológico, la sección tiene dos partes perfectamente deslindadas, pues la sierra de Altomira, en una anchura que no llega á 10 kilómetros, está formada por calizas cretáceas que suelen tener un color blanco amarillento ó sonrosado, con textura granuda y basta; las colinas cretáceas asoman aún en algunos puntos entre los depósitos miocenos de Jabalera y Buendía.

Desde el pie de la sierra hasta el final de la sección se extiende el terreno terciario en sus variedades de yesos, calizas magnesianas y areniscas arcillo-calíferas, que, por cierto, en algunos puntos dan piedra de fácil labra, buen aspecto y grano muy fino. En el cruce de la sierra Ibérica aparecen los conglomerados muy descompuestos, aunque en una zona pequeñísima.

Sección 3.ª A poco más de 15 kilómetros de Cuenca se presenta la sierra de los Palancares, que, aunque no tiene gran altura, ofrece la particularidad de que su parte alta forma una meseta casi plana, en la que no se aprecian ni aun á distancia picos ni collados que alteren la línea recta de su cresta; las barrancadas que se forman en sus dos laderas desaparecen poco antes de llegar arriba y el único efecto que producen es el de marcar puntos en que el espesor de la sierra es más pequeño. Constituye la divisoria entre el río Júcar y el Guadazaón, y como éste va menos profundo, la caída de la sierra hacia su vertiente es de menos inclinación.

La divisoria entre el Guadazaón y el Cabriel es de poca elevación por la zona del trazado, que está relativamente alejada de Cañete, en donde la sierra tiene grandes elevaciones; en cambio, á partir del cruce del Cabriel, las estribaciones del Pico de la Cuerda ofrecen todos los caracteres de verdadera sierra que, si bien no tiene grandes alturas, está de tal modo surcada de profundos barrancos, que constituyen una de las regiones más accidentadas del trazado; sin embargo, las mayores hondonadas se producen al Sur de la línea, donde el arroyo de Masegoso y los ríos de Villora y Narboneta llegan á tener gran profundidad con relación á las estribaciones, cuya cresta apenas baja, á pesar de alejarse de su punto de inserción en el nudo ó centro del sistema de montañas.

Por último, la sierra de Mira, mencionada anteriormente, constituye la divisoria entre el río de los Ojos de Moya, afluente del Cabriel, y el Turia. Esta sierra, cuyos puntos más elevados son el collado de las Cruces y el Pico de Ranera, corre también de Norte á Sur y forma parte del sistema orográfico principal de la provincia de Cuenca; en las proximidades de Talayuelas se interrumpe la sierra bruscamente y la divisoria aparece como una suave elevación que apenas se percibe al lado de las grandes alturas que la rodean. Al otro lado de esta sierra se encuentra una amplia llanura que desciende muy suavemente hacia la provincia de Valencia y en la que se inicia el arroyo llamado el Regajo, que poco después se convierte en un inmenso despeñadero de enorme profundidad y laderas inaccesibles.

La constitución geológica del terreno en esta sección es sumamente variada: los primeros kilómetros hasta llegar al pie de los Palancares son la continuación del mioceno que se extendía al Oeste de Cuenca, y en la sierra aparece ya el cretáceo inferior, asomando sobre las capas terciarias y solamente interrumpido por una estrecha faja de *diluvium* que circunda el río Guadazaón en una limitada extensión de su curso, para volver á presentarse por Pajarón y Pajaroncillo.

En este último punto se presenta una prolongación muy estrecha del jurásico, que predomina en una considerable extensión de la serranía de Cuenca, como prolongación de las elevadas sierras de la provincia de Teruel; las pocas dominantes son las mar-

gas grises y los mármoles de colores variados ó las calizas mármoreas de estratificación poco marcada, pertenecientes al liás; de estos mármoles hay precisamente una explotación en Pajaroncillo, al lado de la carretera de Tarancón á Teruel.

Al otro lado del río Gabriel cambia completamente la constitución del terreno, presentándose el triásico con las areniscas que se extienden desde Boniches á Villar del Humo, reapareciendo en San Martín de Boniches y de nuevo en Henarejos; las interrupciones en el triásico están ocasionadas por unas prolongaciones del jurásico que domina en la sierra, cada una de las cuales tiene poca anchura, y aun las capas del triás están cubiertas en muchos sitios por los sedimentos del período terciario. Los depósitos del tramo superior del sistema trifásico, margas irisadas acompañadas de yeso y alguna arcilla se desarrollan en Villar del Humo, extendiéndose por San Martín de Boniches, Henarejos y Landete.

Las areniscas abigarradas presentan fenómenos notables, y entre ellos podemos citar las formas caprichosas en que aparecen en algunos puntos por consecuencia de la descomposición y desgaste de las rocas, como puede verse en el llamado Camino del Infierno, en que se observa que las capas de arenisca están salpicadas de nódulos del mismo color rojizo que la roca, aunque con menos cemento arcilloso, por lo que tienen más dureza, y al resistir mejor á la acción de los agentes atmosféricos dan lugar á tan extrañas formas, que en algunos casos han recibido nombres de figuras á las que se asemejan.

Aunque el trazado no lo cruza, por su posible importancia y su proximidad á él, no dejaremos de mencionar la existencia de una mancha de terreno carbonífero á poca distancia de Henarejos; oportunamente volveremos sobre esto y daremos más detalles acerca de su extensión, situación y posible aprovechamiento.

En dos kilómetros de anchura á lo largo del río de los Ojos de Moya reaparece el mioceno, en el que se aprecian especialmente las pudingas y similares del período terciario. Vuelve el jurásico entre el Soto y Talayuelas, y en algunos puntos se encuentra la formación devoniana, caracterizada por capas de cuarcita de colores claros.

El macizo del Pico de Ranera está formado por capas triásicas, que se extienden después por toda la parte llana hasta el límite de la provincia y con distintos caracteres aparecen en las laderas del Regajo y del Turia.

(Continuará.)

LA EDUCACIÓN DEL INGENIERO

POR

D. FRANCISCO PÉREZ DE MUÑOZ

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos (1)

(CONTINUACIÓN) (1)

Parecerá ocioso insistir sobre este punto, que considero esencial en la enseñanza de las matemáticas, y que lo mismo debe de serlo para todas las demás ciencias, que, por desgracia, no es en absoluto ni atendido, ni quizás comprendido por la mayoría de quienes se dedican á enseñar cualquiera cosa que sea. Porque lo ordinario es presentar el cuerpo de doctrina, cuya enseñanza se vá á emprender, limitadísimo á la mente del estudiante, y tan

limitado que cualquier ampliación que desee hacer más tarde ha de costarle derribar las murallas con que le cercaron el campo de aquella ciencia y rectificar muchos senderos que parecían bien trazados, dentro de aquella limitada esfera de acción, y que al ampliarse ésta se ve que no conducen muchas veces, ni aun siquiera indirectamente, al fin apetecido. Que no se ha hecho siempre así, y que aun en el día de hoy se cierra desde el principio el horizonte que ha de contemplar el alumno, puede demostrarse con muchos ejemplos, de entre los cuales elijo la teoría de los logaritmos que se enseñaba antes en aritmética, siguiendo la definición basada en la comparación de dos progresiones: una aritmética y otra geométrica, y luego más tarde en álgebra, con mucha más extensión, basando su teoría en el estudio de la función exponencial; total la misma cosa que para enseñarla con poca extensión se elegía un procedimiento largo y para enseñarla con mayor se prefería otro más abreviado, y á todas éstas, sin hacer ver al alumno que ambos son uno solo y mismo, que, por igual encadenamiento de verdades, conducen á los mismos resultados, y que en ambos sólo es diferente el simbolismo de la escritura, empleado para expresarlas.

Esto debe hacerse desde el principio y en todos los pasos intermedios que el estudiante vaya dando para aproximarse al fin, advirtiéndole que la falta en cualquiera de ellos se sentirá siempre y permanentemente en todos los subsiguientes. Al llegar á puntos en que se encuentran varios senderos, al elegir uno, no deben de ocultarse los demás, indicando adonde cada uno de ellos conduce, y esto debe hacerse sin desacreditar, ni el fin adonde por ellos se llega, ni las vistas que desde ellos se descubren, ni los peones que los han recorrido y nos refirieron las aventuras ocurridas en sus viajes.

Todo esto, además de hacerse en muy poco tiempo, abre los horizontes á la mirada del estudiante aplicado y entretiene y sirve de descanso al desaplicado, que puede relajar la tensión de espíritu á que se le tiene sujeto mientras recibe las explicaciones de las teorías que se hallan en aquellos otros senderos que penosamente ha de recorrer. Estas especies, dejadas caer al acaso en la inteligencia moza y lozana de los alumnos, renacen y reviven muchos años después cuando la necesidad les hace ver que, por aquellos senderos que no exploraron, se puede llegar al logro de fines envueltos en algún problema particular, cuya resolución les esté encomendada.

Entonces acuden á libros, á compañeros ó aun á los mismos profesores, si viven, y se ponen al corriente de lo que necesiten saber en muy poco tiempo y con escasísimo trabajo.

Muchos ejemplos puedo mostrar de la verdad de estos asertos, porque teorías matemáticas, que por mucho tiempo se han tenido como abstrusas y meramente especulativas, han llegado á ser, en manos de algunos pocos que las han necesitado para la resolución de problemas de su vida real, fuente de investigaciones y métodos prácticos de resolución de problemas, de los cuales viven y dan de comer á sus hijos.

En un trabajo muy reciente se citan á este propio fin, por su autor, los tratados de Steinmetz sobre corrientes alternas, para la debida comprensión de los cuales dedica un capítulo entero al estudio extenso de las cantidades imaginarias, ó más correctamente, expresiones imaginarias.

También cita el caso de los multiplicadores de Lagrange, que han venido á ser de gran utilidad para el estudio de los electrodinámicos de cuadrante. Yo añadiría otros muchos casos más, entre los cuales creo que descuella el de Maxwell, que no sólo fundó el desarrollo de toda su teoría sobre la electricidad en el cálculo de cuaterniones, en aquella fecha recién nacido, sino que asegura que, aunque el lector, no versado en ellos, podría aceptar las ex-

(1) Véase el número anterior.