

**FERRO-CARRIL****[ DE ZARAGOZA Á ALSASUA**

Uno de los objetos de la REVISTA es dar á conocer las obras públicas que se ejecutan en España y los estudios preliminares que se hacen para su establecimiento: con tanto mas motivo y mayor satisfaccion proseguimos nuestro propósito cuando se nos presenta ocasion oportuna de hablar de un proyecto perfectamente estudiado por los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la provincia de Zaragoza D. Jacobo Gonzalez Arnao, D. José Echeverria y D. Angel Clavijo, y presentado con toda la copia de estudios y detalles que pueden apetecerse en trabajos de esta clase. Nos referimos al proyecto del ferro-carril de Zaragoza á Alsasua por Tudela y Pamplona estudiado por los mencionados Ingenieros, y que despues de un detenido exámen y correspondiente aprobacion ha merecido que el Gobierno haya manifestado á sus autores que S. M. ha visto con agrado el celo é inteligencia de que han dado pruebas en el desempeño de su comision, ordenando que la Direccion general de Obras públicas proponga ademas la recompensa á que se hayan hecho acredores; cuyo premio es tanto mas merecido, quanto que los Ingenieros mencionados hicieron este trabajo importante sin desatender los demas ramos del servicio; el primero de los citados como Gefe del Distrito de Zaragoza y Director del Canal imperial, y los dos restantes como Ingenieros de aquella provincia.

En noviembre de 1854 el Gobierno dispuso que una comision de Ingenieros estudiara el proyecto de un ferro-carril que uniera Zaragoza á un puerto del Oceano Cantábrico, declarándose general esta linea en la ley de ferro-carriles. Los Ingenieros en lugar de elegir un trazado por el valle del Ebro para empalmar en Miranda con la linea aprobada desde este punto á Bilbao, cumpliendo esclusivamente con la condicion fundamental del proyecto, adoptaron otra direccion que satisfaciendo á dicha condicion sirva la nueva vía al mismo tiempo para la comunicacion directa de la capital de Aragon con Francia. Con este objeto se proyectó otro trazado que siguiendo el valle del Ebro hasta el punto conveniente se dirigiera á Pamplona, y despues á empalmar con el ferro-carril de Madrid á Irun por Valladolid, Burgos, Vitoria y S. Sebastian.

*Tomo V.*

En la linea de que nos ocupamos ademas de Pamplona, es naturalmente punto de sujecion la ciudad de Tudela por su importancia local, y como principio del canal imperial de Aragon. Bajo este supuesto, atendiendo á la configuracion del terreno, al mismo tiempo que satisfaciendo en lo posible á ciertas consideraciones estratégicas, el trazado desde Zaragoza sigue la derecha del valle del Ebro hasta Tudela pasando por los pueblos de Alagon, Gallur y Fontellas. Desde Tudela la linea debia seguir una ú otra orilla del rio hasta encontrar á su izquierda un valle que pudiera conducir á Pamplona: naturalmente hallándose esta ciudad sobre el Arga, uno de los primeros trazados que debia presentarse era pasar el Ebro por el punto mas ventajoso para trasladar la directriz del camino á la orilla izquierda del rio á fin de tomar fácilmente la cuenca del Aragon en el cual, y poco antes de su confluencia con el Ebro, vierte sus aguas el Arga; pero ademas de este trazado se presentaba otra direccion para llegar á la capital de Navarra; remontando algo mas el Aragon, siguiendo el valle del Cidacos su afluente, pasando entre Mendivil y Olano la divisoria de órden inferior de dicho Cidacos con el Elorz, y bajando por este á la cuenca del Arga y á Pamplona. Los Ingenieros estudiaron ambas direcciones para salir del valle del Ebro, y presentaron al Gobierno el resultado de sus reconocimientos y de los datos recogidos.

En vista de que el valle del Arga con pendientes mas suaves que el del Cidacos ofrecia sin embargo mayor desarrollo para el trazado y menor poblacion y riqueza; y que la direccion por el Cidacos y el Elorz, si bien presentaba en el paso de la divisoria de estos dos rios pendientes mayores que podrian reducirse á las del primer trazado, se obtenia por este segundo una linea mas corta y se atravesaba una zona de terreno mas rica y mas poblada, tocando á las poblaciones de Olite y Tafalla, el Gobierno eligió el trazado por el Cidacos contando con la reduccion de las pendientes máximas que resultaban en el ante-proyecto. Desde Pamplona se resolvió seguir la cuenca del Araquil para ir á empalmar la linea en Alsasua con la del Norte. Adoptado este punto estremo, puede decirse que el trazado retrocede tratándose de dirigirlo al puerto de San Sebastian. Indudablemente seria mas ventajoso si á ello no se oponen dificultades insuperables que el empalme se verificara en un punto mas avanzado en la direccion de Pamplona á Tolosa.

*Madrid 1.º de Setiembre de 1857.*

Los puntos notables del trazado en el proyecto aprobado que está dividido en cuatro secciones, se espresan en el estado que insertamos á continuacion, debiendo advertir que la linea al salir de Zaragoza aprovecha 13 kilómetros del ferro-carril de

Madrid á la capital de Aragon, y por consiguiente, que el origen del proyecto que nos ocupa se halla en el punto de bifurcacion de la linea de Madrid á la espresada distancia de Zaragoza.

| SECCIONES.            | PUNTOS NOTABLES.                         |                                      | TERRENOS QUE RECORRE EL TRAZADO.                                             | OBSERVACIONES.                                                                        |
|-----------------------|------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|                       | NOMBRES.                                 | KILÓMETROS EN QUE SE HALLAN SITUADOS |                                                                              |                                                                                       |
| 1.ª de 62 kilómetros. | Principio del ferro-carril.              | 1                                    | Valle del Ebro.                                                              | Desde Zaragoza 13 kilómetros: hasta Tudela sigue la derecha del Ebro.                 |
|                       | Alagon. . . . .                          | 10                                   |                                                                              |                                                                                       |
|                       | Gallur. . . . .                          | 30                                   |                                                                              |                                                                                       |
|                       | Mallen (confrontacion). . .              | 40                                   |                                                                              |                                                                                       |
|                       | Fontellas. . . . .                       | 58                                   |                                                                              |                                                                                       |
|                       | Tudela. . . . .                          | 62                                   |                                                                              |                                                                                       |
| 2.ª de 61 kilómetros. | Arguedas. . . . .                        | 76                                   | Valle del Aragon.                                                            | Pasa el Ebro aguas abajo de la ciudad de Tudela, y sigue la orilla izquierda del rio. |
|                       | Entrada en el valle del Aragon. . . . .  | 87                                   |                                                                              |                                                                                       |
|                       | Villafranca. . . . .                     | 93                                   |                                                                              |                                                                                       |
|                       | Entrada en el valle del Cidacos. . . . . | 106                                  |                                                                              |                                                                                       |
|                       | Olite. . . . .                           | 119                                  |                                                                              |                                                                                       |
|                       | Tafalla. . . . .                         | 123                                  |                                                                              |                                                                                       |
| 5.ª de 44 kilómetros. | Mendivil. . . . .                        | 136                                  | Valle del Elorz.<br>Valle del Arga.<br>Divisoria entre el Arga y el Araquil. | Principia la divisoria entre el Cidacos y el Elorz.                                   |
|                       | Olano. . . . .                           | 152                                  |                                                                              |                                                                                       |
|                       | Pamplona. . . . .                        | 167                                  |                                                                              |                                                                                       |
|                       | Erice. . . . .                           | 179                                  |                                                                              |                                                                                       |
| 4.ª de 49 kilómetros. | Irurzun. . . . .                         | 186                                  | Valle del Araquil.                                                           |                                                                                       |
|                       | Arbazu. . . . .                          | 206                                  |                                                                              |                                                                                       |
|                       | Echarri-aranaz. . . . .                  | 206                                  |                                                                              |                                                                                       |
|                       | Alsasua. . . . .                         | 216                                  |                                                                              |                                                                                       |

Es esta una de las lineas importantes de la Peninsula porque enlaza la capital de Aragon con la frontera de Francia y con un puerto del Océano; pero lo es igualmente porque sirve ademas de complemento y prolongacion á esa gran via de comunicacion entre el Mediterráneo y el Océano, que formará desde los Alfaques á Zaragoza la navegacion del Ebro, terminando en el Océano Cantábrico por las lineas de Tudela y Miranda á Bilbao, y de Zaragoza á Pamplona, Alsasua y S. Sebastian. La extension y riqueza de la cuenca del Ebro, la importancia de los pueblos que encierra, la variedad de sus productos, los cambios que entre ellos se han de verificar para el fomento de la riqueza y bien estar del pais, y el comercio de importacion y esportacion que ha de hacerse con otras provincias por los

ferro-carriles de Madrid y de Barcelona á Zaragoza serán origen de mucha circulacion en esa gran via que recorre la parte mas rica y estensa de la cuenca de uno de los rios mas importantes de la Peninsula.

El terreno que atraviesa la linea de Zaragoza á Alsasua es rico y productivo, pero poco aprovechado en las secciones que comprenden las mayores extensiones de superficie regada, al paso que se vé mas utilizada la tierra, en el pais montuoso de las últimas secciones donde abunda menos la riqueza y el agua, elemento necesario para la gran produccion: el estado siguiente da una idea de las diferentes clases de terreno ocupado y de sus respectivos valores.

| Secciones | TERMINOS.                                                   | SUPERFICIE OCUPADA. |              |        |        | VALOR POR |            |
|-----------|-------------------------------------------------------------|---------------------|--------------|--------|--------|-----------|------------|
|           |                                                             | He-<br>gido.        | Se-<br>cano. | Extal. | Total. | Hectrea.  | Kilometro. |
| 1.ª       | Valle del Ebro. . . . .                                     | 19                  | 5            | 12     | 34     | 20840     | 28106      |
| 2.ª       | Id. de id., del Aragon y parte<br>baja del Cidacos. . . . . | 20                  | 6            | 10     | 36     | 6090      | 8965       |
| 3.ª       | Id. del Cidacos, del Elorz y del<br>Arga. . . . .           | 5                   | 23           | 6      | 32     | 6320      | 10807      |
| 4.ª       | Id. del Arga y del Araquil. . . . .                         | 1                   | 25           | 4      | 30     | 5905      | 9125       |

El trazado horizontal de este ferro-carril reúne las mejores condiciones: aunque el número de alineaciones rectas es casi igual al de las curvas, la longitud total de las primeras es mas de cuatro veces y media mayor que la de las curvas; y los radios de estas puede decirse que son en general de gran estension, puesto que solo se cuentan de 500 metros dos de la tercera seccion y alguno de la cuarta.

A pesar de que este camino de hierro al dejar el valle del Ebro penetra en estribaciones que descienden del Pirineo, no presenta el terreno en la estension del trayecto las condiciones complicadas y difíciles que con frecuencia suele ofrecer nuestra Península: la pendiente máxima en esta línea se acerca á 0,0175 en corta estension, y en terreno cuya disposicion permitirá sin duda modificar el trazado en el sentido de suavizar esta pendiente. La primera seccion que como hemos visto sigue la

orilla derecha del Ebro desde zaragoza á Tudela, recorre un terreno llano interrumpido solo por algun pequeño contrafuerte que se estiende hasta la orilla del rio: dos de estos han dado origen en una longitud de tres kilómetros á una pendiente de 0,012, y á otra de 0,013: aunque estas inclinaciones son completamente admisibles, atendiendo á que las demas rasantes de la seccion son mucho menores, y á la facilidad con que en un terreno tan llano puede modificarse un trazado, ó bien ejecutar alguna obra de escasa entidad para disminuir las pendientes, es muy posible que entre las mejoras que se obtienen siempre al hacer el replanteo de un trazado, los Ingenieros podrán reducir dichas pendientes á 0,01 con lo cual esta primera seccion como en su totalidad lo está ya la segunda, quedará con las mejores condiciones para que la explotacion sea fácil, segura, y económica.

En la tercera seccion las pendientes mas considerables se encuentran en una estension de unos 10 kilómetros en la divisoria de Alaix entre los rios Aragon y Arga al pasar el ferro-carril del valle del Cidacos al del Elorz: estas pendientes son de 0,012 hasta 0,017, las cuales si se creyese que imponen á la explotacion condiciones desventajosas respecto á las muy favorables del resto de la linea podrian mejorarse, ya sea con aumentar el desarrollo ó con admitir algun túnel de corta estension, toda vez que el trazado sigue al parecer una línea bastante directa entre los puntos de sujecion, y que en ninguna divisoria ni estribacion se encuentra proyectado ningun subterráneo. Estas mismas circunstancias se verifican en el trazado vertical de la cuarta seccion entre Pamplona y Alsasua, el cual tiene en general pendientes muy suaves, llegando solo á 0,015, y á 0,014 al pasar en Erice una estribacion que separa la cuenca del Arga de la del Araquil, y cuyas inclinaciones podrian seguramente reducirse al 0,01 puesto que es tan poco en lo que esceden de este limite. Véase pues que el trazado de este camino de hierro asi en las cuencas del Ebro y del Aragon, como en los valles del Cidacos, del Elorz, del Arga y del Araquil, que penetran ya en la cordillera pirináica es sumamente ventajoso, lo cual tanto es debido á las buenas condiciones del terreno elegido, como al detenido estudio que de él han hecho nuestros Ingenieros, y al acierto con que han fijado las condiciones del proyecto, y han propuesto las obras necesarias para el establecimiento del ferro-carril.

Por el cuadro siguiente se conocen las condiciones principales del trazado.

| SECCIONES. |                      | ALINEACIONES. |                      |         |                      |                    | Pendientes<br>máximas. |
|------------|----------------------|---------------|----------------------|---------|----------------------|--------------------|------------------------|
| Núm.       | Longitud.<br>Metros. | RECTAS.       |                      | CURVAS. |                      |                    |                        |
|            |                      | Número.       | Longitud.<br>Metros. | Número. | Longitud.<br>Metros. | Radios.<br>Metros. |                        |
| 1          | 61825                | 4             | 56750                | 5       | 5080                 | 450 á 6000         | 0,009                  |
| 2          | 61218                | 10            | 45654                | 10      | 15559                | 1000 á 4000        | 0,010                  |
| 3          | 45023                | 26            | 52877                | 26      | 12146                | 300 á 2000         | 0,017                  |
| 4          | 48652                | 16            | 41953                | 16      | 6679                 | 300 á 200          | 0,015                  |
|            | 217698               | 56            | 177225               | 57      | 39464                |                    |                        |

Por lo que hemos indicado sobre la disposicion topográfica del pais que recorre este ferro-carril podemos naturalmente deducir que la esplanacion mas costosa es la correspondiente á las últimas secciones en las cuales el terreno se presenta mas complicado y difícil. Efectivamente en la 1.ª y 2.ª seccion la remocion de tierras es mucho menor que en las últimas desde Tafalla á Alsasua y todos los desmontes han de hacerse en tierras ó cascajos de todas clases; y en la 3.ª y 4.ª no solo el volumen de desmonte y terraplen es mucho mayor, sino que los desmontes en roca representan una

cantidad muy superior á los de tierras, llegando en la 3.ª á ser la escavacion en roca triple del volumen de tierras que se han de desmontar. En la totalidad de la esplanacion la equivalencia entre los desmontes y terraplenes es perfecta; en las secciones, consideradas aisladamente, este equilibrio se ha llevado hasta donde lo ha permitido la configuracion del terreno y las condiciones del proyecto: el estado que se inserta á continuacion da una idea del resultado general que ofrece el proyecto de esta linea en lo relativo á remocion de tierras.

| Secciones.<br>Número. | DESMONTE.               |                       |                       | Terraplen.<br>Mets. cúbs. | Total<br>de movimiento<br>de tierras.<br>Mets. cúbs. | Importe<br>total de la esplanacion.<br>Rs. vn. | Valor<br>de la esplanacion<br>por kilómetro.<br>Rs. vn. |
|-----------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
|                       | Tierras.<br>Mets. cúbs. | Rocas.<br>Mets. cúbs. | Total.<br>Mets. cúbs. |                           |                                                      |                                                |                                                         |
| 1                     | 893643                  | .                     | 893643                | 996107                    | 1 889750                                             | 6,383587                                       | 105252                                                  |
| 2                     | 555786                  | .                     | 555786                | 751599                    | 1,287585                                             | 3,564252                                       | 58222                                                   |
| 3                     | 449697                  | 1,253383              | 1,683080              | 1,423351                  | 3,106431                                             | 13,261660                                      | 294549                                                  |
| 4                     | 666755                  | 543669                | 1,210424              | 1,170515                  | 2,380939                                             | 12,566514                                      | 258400                                                  |
|                       | 2,565881                | 1,777052              | 4,342933              | 4,321572                  | 8,664505                                             | 35,775993                                      |                                                         |

Resultando per metro lineal:

|             |                  |                             |
|-------------|------------------|-----------------------------|
| 1.ª Seccion | 30,5 mets. cúbs. | } de movimiento de tierras. |
| 2.ª Id.     | 21,0 mets. cúbs. |                             |
| 3.ª Id.     | 69,0 mets. cúbs. |                             |
| 4.ª Id.     | 49,0 mets. cúbs. |                             |

Son notables en este proyecto las obras de arte no tanto por su número como por la extraordinaria importancia de algunas de ellas: prescindiendo de hacer mérito de las construcciones de escasa entidad, y aun de los puentes con tramos de palastro para el paso del canal imperial en la 1.ª seccion,

del rio Cidacos en la 5.ª, y del Araquil, las Dos hermanas y de Iruambieta en la 4.ª, llaman en primer lugar la atencion los grandes puentes de Tudela sobre el Ebro, del Aragon al atravesar este valle para tomar el del Cidacos, y el del Arga al acercarse la linea á Pamplona. El puente sobre el Ebro tiene mas de 1400 metros de longitud en un suelo difícil para las fundaciones por la poca resistencia del terreno de acarreo, que forma en aquel emplazamiento el lecho de este rio caudaloso: en condiciones tan escepcionales la prudencia debió aconsejar la adopcion del sistema de construccion mas económico para esta gran obra, á fin de facilitar su ejecucion, evitando las dificultades y obstáculos que pudiera ofrecer la realizacion de esta fábrica, dándole el carácter monumental, que por otra parte corresponde á la magnitud de la obra, y á la importancia de su objeto. El proyecto pues comprende, para el cauce constante del rio que cubren las crecidas ordinarias del Ebro cuatro tramos de 51,2 metros cada uno, formados por vigas tubulares de palastro sentadas sobre pilas de silleria: á la derecha para la parte de vega que alcanzan á cubrir las avenidas extraordinarias se añade una prolongacion de arcos semicirculares de fábrica, de luz poco considerable: á la izquierda de la corriente las aguas en las avenidas extraordinarias toman una altura de 2 metros en una estension de 1140 metros desde el extremo de la parte de construccion formada por los tramos de palastro hasta las márgenes elevadas donde debe concluir esta obra; eligiendo el sistema mas económico esta parte se proyecta con 114 tramos de 10 metros, formados de piezas de madera sobre palizadas. El puente sobre el Aragon cuyas dimensiones se aproximan al del Ebro se proyecta con

la misma disposicion y sistema de construccion. El propuesto para el Arga tiene 400 metros de longitud dividida en cuatro tramos iguales del sistema de Town.

Los proyectos para estas grandes fábricas, aunque suficientemente detallados, mas bien que como estudios definitivos se han presentado como anteproyectos completos para dar una idea cabal de la naturaleza y entidad de las obras, y de sus condiciones generales, con objeto de determinar el sistema mas conveniente de construccion; y modificar ó completar los trabajos presentados para que antes de proceder á la ejecucion de estas obras se tengan estudiados con todos los detalles apetecibles los proyectos definitivos, y garantizada la bondad del sistema adoptado por todos los medios que ofrecen el conocimiento de las localidades, los estudios detenidos y completos, el exámen facultativo á que se sujetan sus resultados, y la aprobacion fundada de la Administracion. De este modo puede darse lugar á que tal vez se reformen estos proyectos mejorando sus condiciones de estabilidad y duracion con la adopcion general de los tramos de palastro en lugar de madera, cuyo empleo en nuestro pais ofrece los inconvenientes que todos conocemos, dando ademas á las obras la unidad y buen aspecto que conviene á su carácter; pudiendo tambien nuevos estudios demostrar la posibilidad y ventajas de reducir la magnitud extraordinaria de los puentes del Ebro y del Aragon por medio de otros trabajos que modifiquen el régimen de estos rios en sus respectivos emplazamientos.

El estado siguiente es un resumen de los relativos á las obras de fábrica de este proyecto:

OBRAS DE FABRICA.

| CLASES.                | NUMERO.         |                 |                 |                 |          | IMPORTES.<br><i>Reales vellon.</i> |
|------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------|------------------------------------|
|                        | 1.ª<br>Seccion. | 2.ª<br>Seccion. | 3.ª<br>Seccion. | 4.ª<br>Seccion. | TOTALES. |                                    |
| Sifones. . . . .       | 31              | 17              | 11              | 23              | 82       | 4,472278                           |
| Tageas. . . . .        | 66              | 38              | 28              | 25              | 157      | 1,509211                           |
| Alcantarillas. . . . . | 10              | 3               | 5               | 6               | 24       | 647399                             |
| Pontones. . . . .      | 2               | 1               | 4               | 4               | 11       | 704512                             |
| Puentes. . . . .       | 3               | 5               | 9               | 7               | 24       | 20,733484                          |
| Viaductos. . . . .     | 1               | •               | 8               | 7               | 16       | 6,453537                           |
| Acueductos. . . . .    | 5               | •               | 1               | 2               | 6        | 394760                             |
|                        | 116             | 64              | 66              | 74              | 320      | 31,915181                          |

V. MARTÍ.  
(Se concluirá.)