

la norma de la futura vida material española, no es solamente un anhelo de mejoría, sino que lleva en sí, implícitamente, indicado el camino para convertirlo en realidad. Su Majestad el Rey nos ligó al Ejército, como polos ambos de la vida material de España, y se puso, honrándonos, al frente de los Ingenieros españoles para realizar ese ideal de desenvolvimiento de la riqueza patria, base fortísima de la nacionalidad y elemento indispensable para que España signifique, entre el conjunto de las naciones, algo más que el recuerdo de una grandeza que fué. Al parangonarnos con el Ejército; al darnos, con él, la misión de ser los fundamentos de la vida material de la Patria; al exigirnos una responsabilidad, es lógica consecuencia que, como al Ejército, se nos aparte y se nos libre de la intervención de la política militante y que únicamente intervenga en el desarrollo de nuestra función, marcando sus objetivos y sus líneas generales, la alta y sana política nacional, no los compadrazgos, ni los particularismos.

Ya sé yo que esta transformación encontrará obstáculos considerables, pues no se ceden fácilmente por nadie facultades que hoy tenga, pero con la nobleza del propósito y el bien de la Patria como lemas, con la ayuda del Rey, en quien encuentra calor y apoyo toda idea beneficiosa para España y con la fuerza de todos los Ingenieros españoles podrá convertirse en realidad lo que hoy es una esperanza.

Los Cuerpos de Ingenieros tienen, cada uno, una Asociación, fundidas todas en el Instituto de Ingenieros Civiles. A ellas y á éste corresponde la labor directiva. ¿Cuáles son sus propósitos?

R. LÓPEZ SANDINO.
Ingeniero de caminos.

19-IV-1915.

La REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, que ve con gusto cuanto tienda á la tecnificación de los servicios de conformidad con los acuerdos de la Asociación de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, reitera con entusiasmo el aplauso que tributamos en nuestro número anterior á S. M. el Rey, por el sentido que, en pro del enaltecimiento de las funciones de los Ingenieros (sobre el cual llama la atención en su artículo nuestro querido compañero Sr. López Sandino), dió á las frases pronunciadas en acto tan memorable.

CARRETERA PIRENAICA

ESTERRI Á VIELLA (LÉRIDA)

(CONTINUACIÓN) (1)

SEGUNDA PARTE

Descripción del proyecto.

Como ya hemos dicho, comienza el trozo 2.º en el final del primero en construcción, en el sitio denominado Estanque de la Señera.

La ladera izquierda es muy pendiente y está muy descompuesta en unos 500 metros; hay ventaja en apoyarse en su falda formada por los desprendimientos de esta misma ladera de alguna menor pendiente y fácil excavación, pero en seguida es necesario remontarse para poder alcanzar el hostel de Sastrada, con pendiente media del 6 por 100, y para esto hay que cortar un crestón de cuarcitas descompuestas situado en los perfiles 58 á 64. Pasado este crestón entramos en tierras de labor y prados de fuerte pendiente transversal, pero de económica excavación.

El hostel de Sastrada lo pasamos por detrás con objeto de ganar altura, porque el río Bonaigua tiene una pendiente muy fuerte entre los dos hostales de Sastrada y Andrehuet y es necesario emplear el 7 por 100 para poder remontar su curso.

El hostel de Andrehuet se aleja á la derecha bastante alto pero fácilmente accesible, porque la carretera en su constante ascenso pronto alcanza el nivel del camino de este hostel.

Nada de particular tiene la traza en todo este recorrido que, como se ve, sigue exactamente la línea de pendiente al 7 por 100; la ladera es en algunos puntos de gran inclinación y se necesitan muros de sostenimiento.

En el perfil 176 se corta un pajar de muy poco valor. Desde el hostel de Sastrada seguimos siempre al 7 por 100 paralelamente al río, mas como de este modo no alcanzaríamos la primera meseta del puerto, que hemos llamado Meseta de la Ermita, es preciso hacer un zizás y no abundan en verdad los sitios en que puedan desarrollarse estas obras, por eso aprovechamos el primer prado que se nos presenta con relativa pequeña pendiente transversal para volver sobre el cono de deyección del barranco del hostel que ya hemos cruzado una vez. Este cono de deyección es la parte de ladera más soleada y de menor pendiente y por eso desarrollamos sobre ella en vez de seguir en esto al trazado que desarrolla el zizás entre los dos hostales donde la ladera es más pendiente.

Las revueltas de zizás en los tiempos modernos en que el automovilismo se ha desarrollado tanto, deben ser amplias y de pequeña pendiente, sobre todo cuando la general es tan fuerte como la de este trazado, porque los automóviles que ya circulan por la línea al límite de carga, al llegar á estos sitios en que todas las resistencias se acumulan, tienen que parar, como sucede en las carreteras antiguas á los automóviles de viajeros; no hablemos de los de turismo que siempre tienen exceso de fuerza. A la bajada, en tiempo húmedo, es difícil contener la marcha de estos vehículos en el grado necesario para evitar el vuelco al encontrar una curva de reducido radio y gran desarrollo.

Por estas razones, como el proyecto tiene en todas partes radios grandes, pues el menor es de 30 metros, hemos formado las dos revueltas de este zizás con curvas de 25 metros.

Como la nieve tiende siempre á igualar la superficie del suelo, son las trincheras lugar de depósito, y siempre se cierran á las primeras nevadas, siendo este el motivo por que hemos cubierto todos los pasos en trincheras, que de otro modo pudieran quedar abiertos.

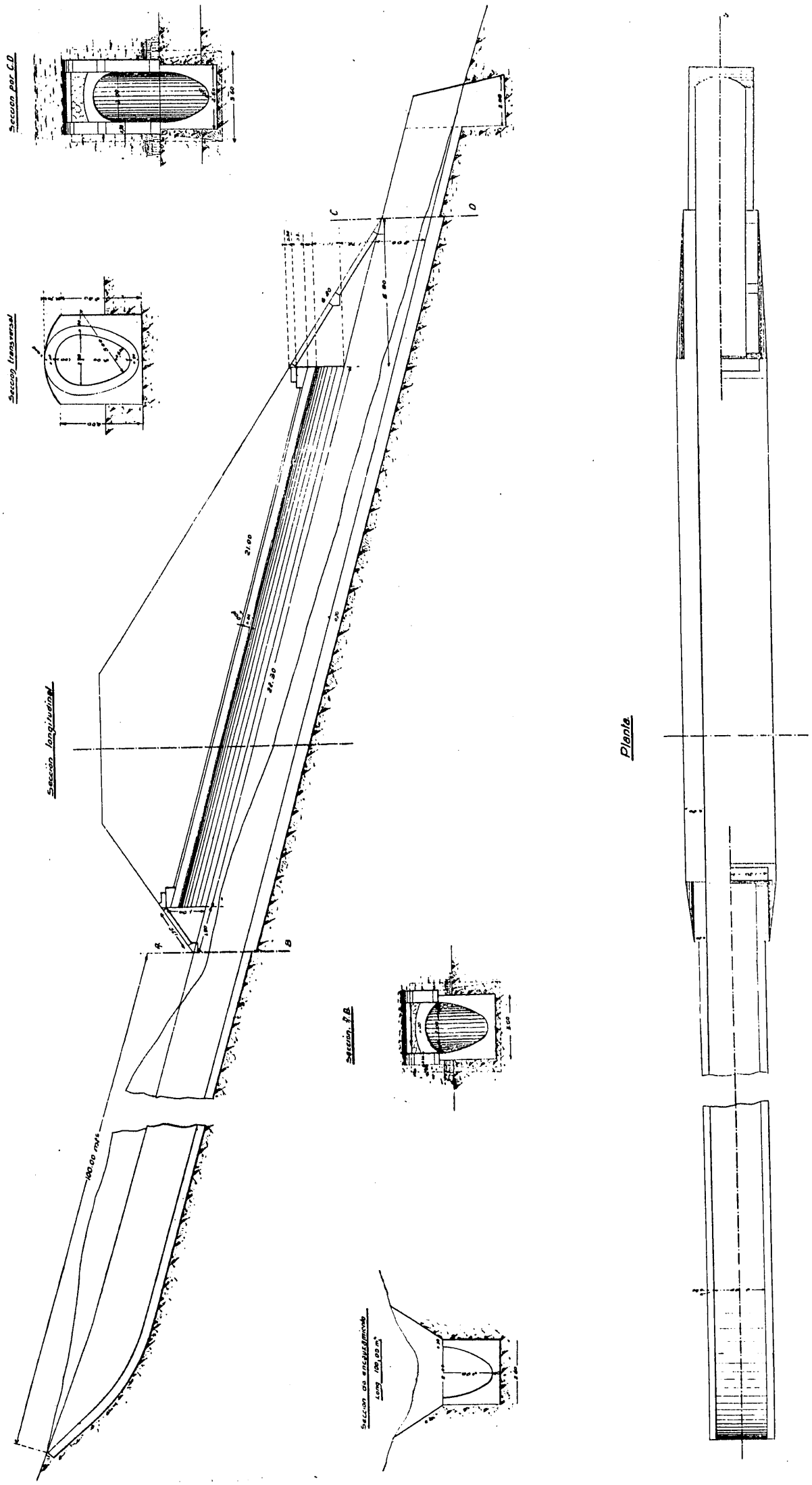
La segunda revuelta se desarrolla precisamente sobre el cauce del torrente del hostel, por ser este lugar el de mínima pendiente transversal de su cono de deyección y por ser necesario este desarrollo para alcanzar nuestro objeto, ó sea la meseta de la ermita; pasamos primero el barranco, con una alcantarilla de de dos metros de luz y luego pasamos por debajo del barranco natural, y esto lo logramos sin nuevas obras, puesto que habíamos de cubrir la trinchera por la razón arriba dicha.

A la salida de la segunda revuelta entramos en el bosque de Comial, circunstancia preciosa porque evita las avalanchas, y en muchos puntos el terreno está formado de desprendimiento de la ladera que sólo se sostienen por la raigambre de las plantas. dada su grandísima pendiente transversal de 3 por 2 en casi todo el trayecto.

Por desgracia, este bosque no cubre toda la ladera, y á su salida se presenta la zona de los aludes, por lo que es necesario proteger la carretera, principalmente donde aquellos fenómenos se presentan con más intensidad y frecuencia, como lo hemos proyectado en los perfiles 545 á 549 en una longitud de 58 metros.

En el perfil 546 en que la traza encuentra al camino, nos entramos ya en la garganta del puerto, la pendiente del terreno cambia muy favorablemente, pero, como ya hemos dicho, es preciso separarse de la ladera todo lo posible, y á este efecto cruzamos el río Bonaigua y pasamos á la moraina del glaciar de Gerbel, enor-

(1) Véase el núm. 2062.



Obras de fábrica del trozo 2.º—Alcantarilla modelo especial de dos metros de luz.

me depósito de bloques graníticos, algunos de los cuales tienen más de 2 metros cúbicos. Como su relieve es muy accidentado, podemos desarrollar en ella dos SS con muy poco movimiento de tierras y con radios de 30 metros las dos primeras revueltas y de 25 la última.

Como único accidente, citaremos la trinchera de los perfiles 624 á 628 que la hemos cubierto, así como también el paso de los 640 á 647, porque en este punto la traza se halla muy cerca de la ladera derecha y será necesario protegerla de la nieve.

Al abandonar la canchallera antes de cruzar el río Bonaigua por segunda vez, cortamos este trozo.

El perfil, es un tanteo muy preciso al 7 por 100, y precisamente al haber adoptado esta pendiente es á lo que se deba el acortamiento y consiguiente economía de este proyecto.

Esta carretera en sus otros trozos, como en la mayoría de las construídas en España, tienen como pendiente límite el 5 por 100, y como caso excepcional, y en tramos cortos, se adopta el 6 ó el 7, de la que rarísima vez se pasa. No sabemos la razón de haber fijado esta pendiente límite del 5 por 100, que juega en las carreteras el mismo papel que el 2 por 100 en ferrocarriles; quizá haya sido la influencia que en nuestro país han ejercido las obras francesas, cuyos autores nos hablan siempre de aquellas construcciones modelos de su país donde, como es sabido, abundan más los terrenos llanos que los montañosos, habiendo nosotros llegado á creer que aquel límite era fatal y necesario.

Sucede lo mismo en este aspecto de las pendientes que lo que nos ha sucedido con las obras de fábrica; juzgando por los modelos de obras que se describen en los libros, llegamos á creer que no se podían adoptar otras formas ni otras fábricas, y hemos derrochado la sillería desconsideradamente, cosa que no han hecho los mismos franceses, pues en sus obras han adoptado fábricas más económicas, hasta el punto que todavía se ven puentes de madera en carreteras departamentales. Felizmente hemos cesado en nuestro empeño y hoy se recomiendan siempre las fábricas más modestas.

Si fuese exacto que los franceses hubiesen adoptado como límite el 5 por 100 en las pendientes, aun nos parecería á nosotros un absurdo en un país tan llano como el suyo. Pero no, que más prácticos se han plegado en cada caso á las necesidades del terreno y de la vía, y han empleado todas las pendientes hasta llegar al 12 por 100 en tramos de varios kilómetros en los caminos vecinales del Pirineo y de los Alpes.

Como caso sorprendente citaremos la carretera nacional de primer orden de Bayona á Tolosa que recorre un país completamente llano; pues bien, en la travesía de Montrejeau se encuentra una pendiente del 12 por 100 en más de 500 metros con curva de pequeño radio según reza el poste allí colocado.

El Sr. Alvarez Redondo, contaminado con esta opinión en el borrador de memoria que nos ha dejado, defiende la pendiente máxima del 5 por 100, diciendo que aun con ella en caso de heladas no se puede transitar por la carretera sino con medios especiales; razón de más decimos nosotros para no adoptarla como límite, puesto que en ellas no se puede transitar en tiempo de heladas.

Nosotros no decimos más que en Francia, en Suiza, en Alemania y en España se han construído carreteras con fuertes pendientes y de gran longitud en el paso de divisorias importantes.

En España las carreteras antiguas de Carlos III, construídas cuando no se conocía las obras de los autores franceses, ó que tal vez se conocían mejor que ahora, presentan pendientes muy fuertes que han prestado y prestan excelente servicio, ejemplo, la de Madrid á La Coruña en el alto del León de Guadarrama y en el

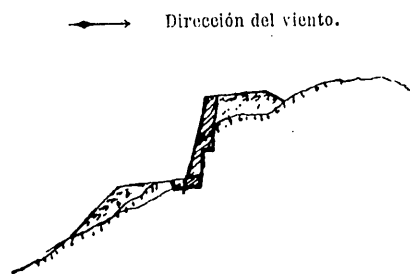
paso de la sierra del Cebrero; pero lo que decimos queda plenamente demostrado en la excelente obra del Ingeniero Jefe don Manuel Diz, *Carreteras de montaña*, donde se describen las carreteras más importantes que se han construído á través de los Alpes.

Las anteriores consideraciones justifican la adopción de la pendiente de 7 por 100 en todo el trozo; pero hemos suavizado esta pendiente en las curvas de pequeño radio de las grandes revueltas del zizás á 3,5 y 4 por 100, y la rama intermedia al 6,4 para que sirva de descanso.

Trozo de la divisoria.

Comienza este trozo en el segundo paso del río Bonaigua, apoyándose después en el mogote del pino que contornea y corta con un pequeño túnel de 25 metros de largo, y luego vuelve á pasar por encima del primer trazado y por encima de este túnel, describiendo un lazo; vuelve después á plegarse la traza buscando desarrollo sobre la loma de este mogote, y después de pasar un túnel de 36 metros, marcha directamente ya á la boca del túnel grande.

Ya hemos dicho la razón de estas disposiciones, que no es otra que la conveniencia de no salir de este mogote por su buena orientación, estar perfectamente ventilado y libre de las avalanchas de las laderas; pero no es esto todo. En los numerosos tanteos que hicimos para buscar desarrollo sin salir de este mogote, llegamos á una solución parecida á la que dibujamos, sólo que la rama superior, en lugar de pasar sobre la inferior en la segunda vuelta, quedaba comprendida en ella en una curva de 12 metros de radio; mas para sostener el terraplén de la rama superior



era necesario construir un muro de 8 metros de altura en el desmonte de la rama inferior, y de este modo quedaba en la ladera en escalera á sotavento del puerto, que irremisiblemente había de cubrirse de nieve á cada nevada, para evitar lo cual el mejor procedimiento era cubrir este trozo de carretera.

Teniendo ya cubierta la rama inferior, nada más racional que ensanchar la rama superior y pasar por encima de la primera, con lo que elevamos su radio de 12 á 21 metros sin aumentar apenas el coste.

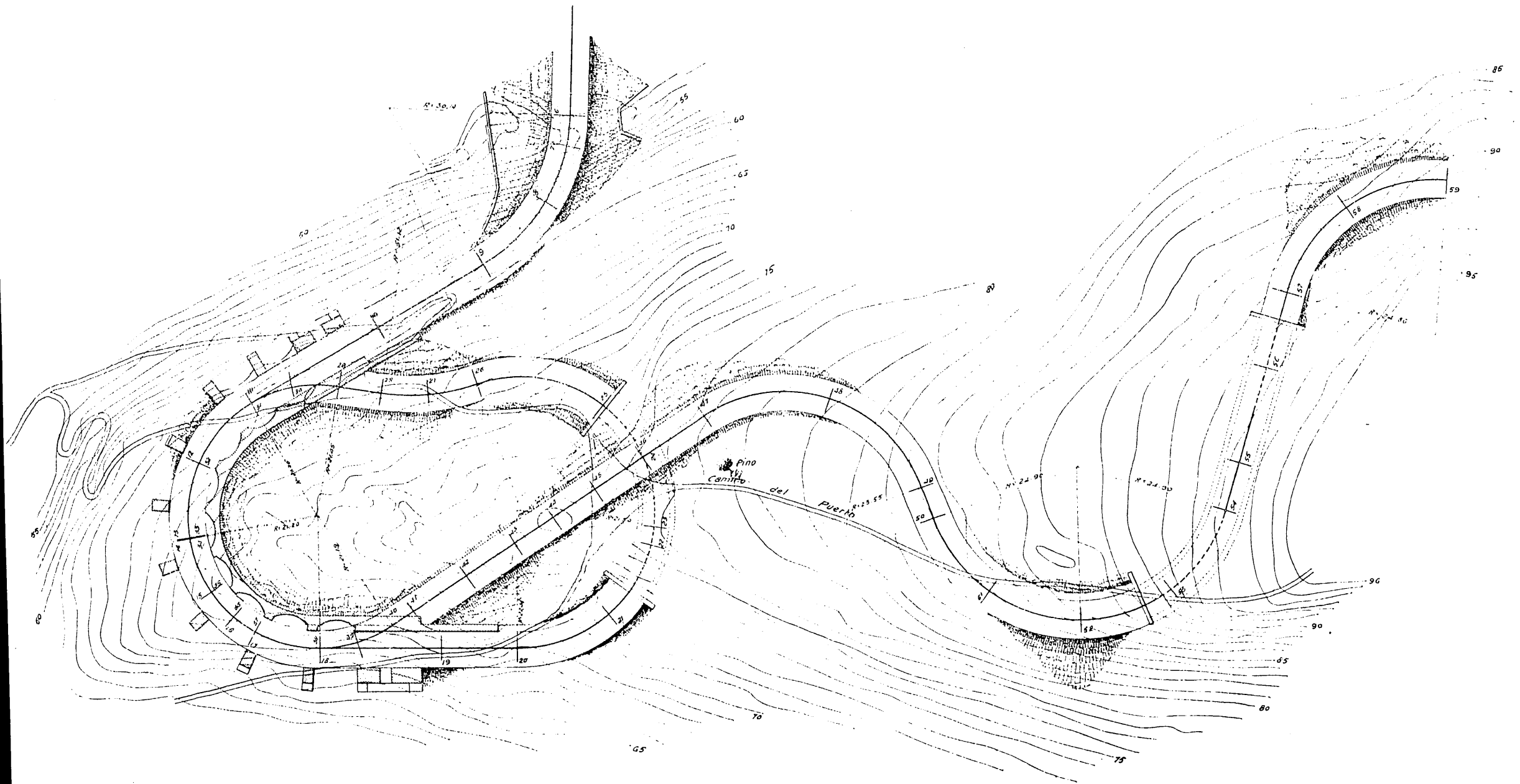
He aquí cómo hemos sido llevados de la mano á la adopción de este lazo, gracias al cual, como decíamos más arriba en la descripción general del trazado, podremos alcanzar la boca del túnel al final del segundo escalón, burlándonos de las avalanchas.

El paso cubierto de los perfiles 23 á 26 no tiene otro objeto que proteger la explanación, que este sitio está en trinchera de través á la cañada del puerto, del depósito de nieves.

La explanación marcha por el mogote hasta cruzar el arroyo en el perfil 88, donde entra en una trinchera natural, cuyo fondo constituye un enorme depósito de nieve, por lo que se proyecta, á partir del perfil 98, cubrir la carretera hasta la boca de entrada del túnel en una longitud de 450 metros.

A continuación entramos en túnel con una alineación recta

CARRETERA DE ESTERRI Á VIELLA



Trozo de la Divisoria.—Plano de detalle del lazo.

orientada de Este á Oeste, exactamente de 1.449,80 metros de longitud entre dos curvas, de 30 metros la de entrada y de 28,94 la de salida, parte de las que están también en túnel, que tienen una longitud total de 1.502,90 metros.

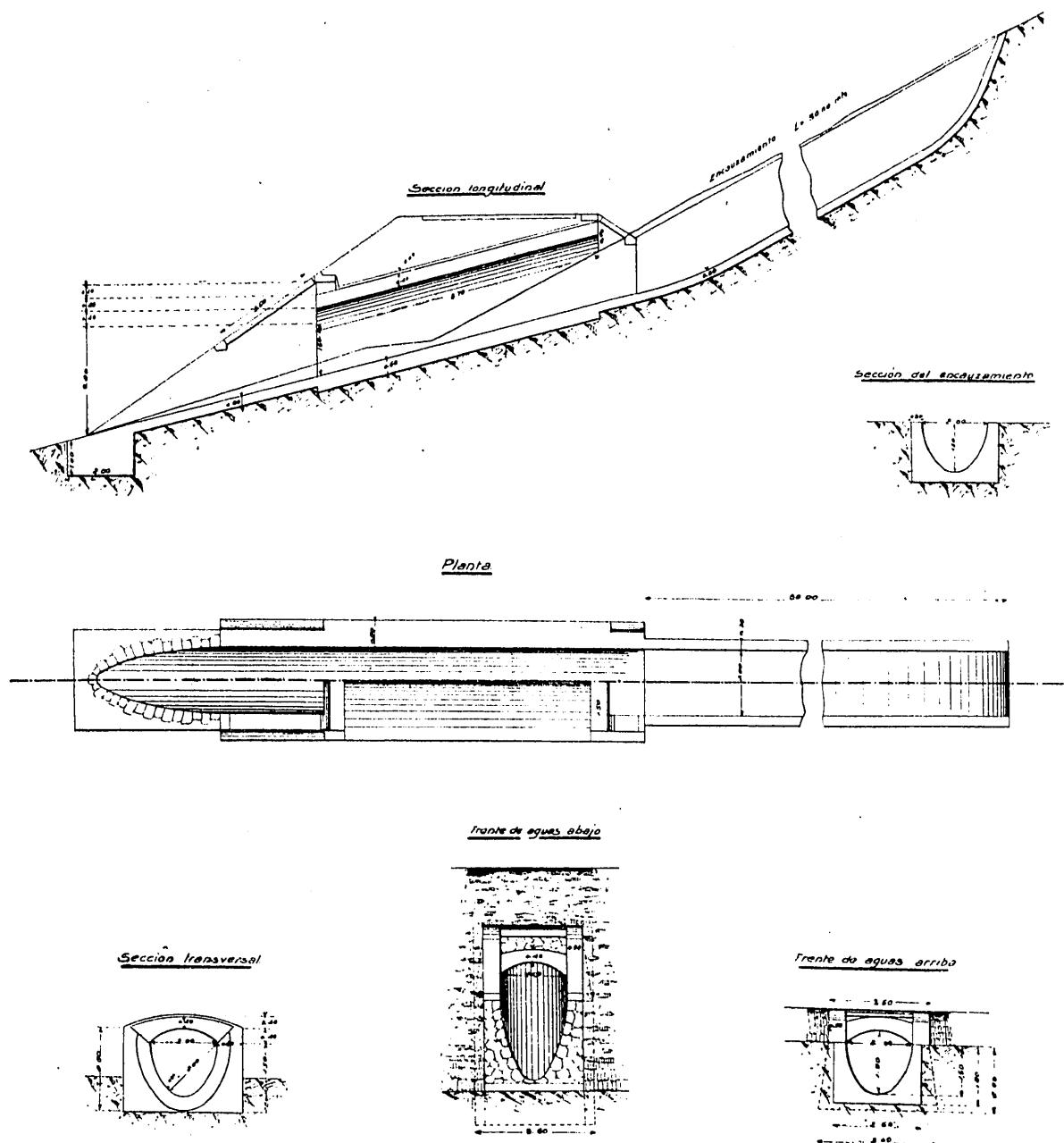
A la salida del túnel seguimos la ladera derecha del río Garona con pendiente transversal muy fuerte, pero muy seguida, de modo que los ángulos son todos grandes.

El único accidente digno de mención es el paso de un contrafuerte entre los perfiles 155 y 159 que, como la trinchera es muy elevada, lo proyectamos cubierto.

cunetas, y la del Garona de 0,027 para aprovechar la galería en el descenso, sin que la pendiente sea un obstáculo más á los muchos que supone para la circulación un túnel tan largo. Además, durante la construcción, si la pendiente es muy fuerte, son de temer las desgracias por escapes de vagonetas ó roturas de frenos.

A la salida del túnel la pendiente es de 7 por 100 hasta el final del trozo.

Dada la fuerte inclinación de la ladera, hemos tenido que meter mucho la caja para evitar grandes muros, que de otro



Obras de fábrica del trozo 2.º—Alcantarilla modelo especial de dos metros de luz.

A continuación pasamos un barranco por un viaducto entre los perfiles 160 y 161, y, por último, otro barranco; lo pasamos en paso cubierto porque por él se desprenden avalanchas.

El perfil longitudinal, como en el trozo anterior, tiene la pendiente general del 7 por 100, tanto á la subida como á la bajada del túnel, pero en las curvas de pequeño radio y gran desarrollo que forma el lazo hemos reducido la pendiente al 4 por 100. También se reduce en la gran trinchera natural de acceso al túnel, porque en ella la traza va por la vaguada.

En el túnel hemos puesto dos rasantes en sentido contrario; la del lado del Bonaigua muy pequeña, 0,005, lo necesario para un buen desagüe por los arroyos ó paseos que hacen el oficio de

modo serían necesarios en toda la línea. Suponemos que los desprendimientos no son de temer por la resistencia de la roca y el buzamiento de los estratos.

Trozo 3.º

El trozo 3.º sigue la ladera derecha del Garona hasta el barranco de los Frailes, que es la vaguada que desciende del puerto de la Bonaigua; como el paso de este barranco nos da ocasión de desarrollo, entramos en él, mas nos vemos obligados á pasar en túnel la vaguada, porque en invierno este barranco se rellena por completo de nieve y la carretera quedaría enterrada. Creemos

llegar de este modo á la solución más conveniente, puesto que de no entrar en el barranco necesitaríamos construir un viaducto muy importante, 40 metros de línea y 24 de elevación, á cuyo importe habría que agregar el de la diferencia de longitud entre este viaducto y el contorno que seguimos nosotros, porque la longitud debe ser la misma, ó sean 230 metros de carretera, que al precio medio de 107.551,65, importan 24.736,87 pesetas, y como el coste del paso de este barranco, según el presupuesto, se descompone así,

	Pesetas.
Excavación en túnel.....	7.572,10
Idem en trompa.....	4.282,62
Obras de fábrica.....	110.299,75
	122.154,47

resulta que para que fueran equivalentes estas soluciones el costo del viaducto no debe ser superior á 97.617,70 pesetas y seguramente la cifra sería bastante mayor.

La entrada de este barranco es fija, pues por debajo del trazado hay un acantilado de 30 metros de altura por donde hubiera sido muy difícil pasar. Ya dentro del barranco es preciso cubrir la carretera y nos aprovechamos de esta necesidad para hacer pasar los dos arroyos en que se divide el principal por encima de la carretera y ensanchar la curva hasta el radio de 23 metros que es el mínimo que se emplea para conseguir, lo cual es preciso cortar en túnel el crestón que separa los dos arroyos y meterse también en túnel en la ladera derecha.

A la salida de este segundo túnel se entra en galería con ventanales para pasar esta ladera acantilada con cuya solución economizamos un volumen considerable de fábrica que en la práctica será mayor si se puede suprimir por completo el revestimiento de la bóveda y sólo se construyen los contrafuertes.

El trazado sale del barranco por una ladera algo menos pendiente y muy seguida hasta llegar al barranco de la Cueva de la Mora, lugar de las mayores avalanchas y que pasamos en galería cubierta del tipo para-avalanchas, solución preconizada ya por el Sr. Bores en la página 29 de su Memoria, donde dice:

«La pendiente transversal del terreno es tan fuerte aun en las laderas uniformes, que habrá pocos tramos en que puedan sostenerse las tierras de los terraplenes, haciéndose necesarios muros de sostenimiento; pero como éstos, así como las obras de fábrica serían arrastrados por las avalanchas, de aquí la necesidad de que las rasantes que se establezcan en los sitios de avalanchas sean tales que no haya cota alguna en terraplén, es decir, todo en desmonte pasando las hondonadas en ladera en vez de obras de fábrica.

»Desde el perfil 58 al 474 (del origen al 178 de nuestro trazado), en que el trazado atraviesa el camino actual del puerto, el terreno que se encuentra es compuesto de tierras pizarrosas, roca cuarzosa descompuesta, notándose en algunos puntos corrimientos de terreno en los que serán necesarios muros de contención, así como en los puntos de gran cota de desmonte, sobre todo en la zona de las avalanchas, *en los que sería conveniente cubrir la explanación para dar paso á las nieves por túneles artificiales de fábrica ó mejor por cubierta de madera y pizarra*, puesto que estos materiales se encuentran abundantes al pie de obra; de este modo se evitarían neveros de larga duración en las trincheras y se obtendrían zonas de refugio en los temporales.»

Desde este barranco se sigue un terreno formado por muchos fragmentos de roca caliza desprendidos del enorme acantilado

que queda por encima, y para sostener en este terreno la explanación es preciso contruir un larguísimo muro de contención.

No creemos que en estos parajes sean de temer las avalanchas, porque el terreno está poblado de monte bajo que no presenta señales de que ocurran. Pronto comienza á aflorar la roca caliza sobre estos desprendimientos, pudiendo asentar sobre ella sólidamente la plataforma, y llegamos al barranco de Sarcoils, donde las avalanchas se presentan con gran impetuosidad. Hemos elegido un sitio de paso que juzgamos excelente aprovechando un saliente del contrafuerte izquierdo del barranco, donde queda la traza bastante separada de la ladera para poder evitar las avalanchas, y pasamos á la ladera elevada por medio de un viaducto de estribos perdidos de 18 metros de luz que emboca en un túnel que corta el contrafuerte derecho del barranco que se presenta completamente acantilado.

Hemos dudado si nos convendría pasar en túnel este barranco, mas la situación favorable que hemos descrito nos ha inducido á proyectar el viaducto, y si durante la construcción se viese que las avalanchas podían alcanzar la obra, podría variarse sin gran perjuicio por un paso cubierto como en el barranco de los Frailes.

Después del túnel se sigue una ladera de roca caliza como la anterior, muy seguida, que en algunos puntos se hace tan pendiente que es extraordinariamente difícil sostenerse en ella corriendo por la arista de un acantilado frente al puente de Ruda (perfiles 308 á 324).

Una hondonada en el perfil 356, donde cambia por completo la constitución de la ladera que pasa de la roca caliza á las pizarras cuarzosas con mucha pendiente transversal, y vuelve otra vez el terreno calizo en el perfil 420 con un crestón que constituye una magnífica cantera al pie del cual nace un verdadero río llamado Fuente Aigüera.

Este crestón es el límite del terreno difícil, pues á partir de él se entra en unos prados de poca pendiente transversal, y de poca consistencia también, donde habrá que construir algunos muros de contención.

El paso del río Malo se verifica sin dificultad, solamente que como este río tiene un lecho sin orillas, es necesario, para no construir un largo terraplén, excavar el lecho para dar altura suficiente á la obra.

La ladera opuesta es, como hemos dicho, una gran canchaleira cubierta de pradería y de suave pendiente, viéndonos obligados, para empalmar con el trozo 4.º, volver en zizás de 25 metros de radio empalmando con el perfil 12, que tiene una distancia al origen de 250 metros. Es decir, que segregamos del trozo 4.º los 250 primeros metros aun no construídos, y que es precisamente la longitud del zizás nuestro.

La pendiente general de este trozo es de 0,064, menos en el barranco de los Frailes que desciende al 0,05 por encontrarse allí los radios más pequeños. Esta pendiente es menor que la de la subida al puerto, y es una circunstancia favorable porque esta ladera tiene peor orientación y los fenómenos meteorológicos se verifican con mayor intensidad bajo todos aspectos.

Descripción de los pasos difíciles y de las obras de fábrica de importancia.

Las obras de fábrica de importancia de este proyecto son la obra del lazo, las bóvedas paranieves sin avalanchas y las paranieves con avalanchas.

El paso del barranco de los Frailes al viaducto sobre el barranco del perfil 160 y el viaducto sobre el barranco Sarcoils.

Hemos hecho un estudio previo de dos obras de hormigón ar-

mado, la una para el lazo y la otra para la galería anterior al túnel con sus cubicaciones y que no hemos adoptado por las razones que exponemos en el apéndice.

Obra del lazo.

Esta obra tiene por objeto cubrir la carretera entre los perfiles 10 á 19 del trozo de la divisoria, y al mismo tiempo dar paso sobre ella á la segunda rama entre los perfiles 29 á 41.

Lo que á primera vista se ocurre es emplear una bóveda en cañón con ventanas para la iluminación; pero si calculamos una obra de esta especie, dadas las cargas que tiene que sufrir, que son una carga de tierras sobre la bóveda hasta la superficie de rodadura que como la diferencia de nivel entre las dos plataformas es de 8 metros, tendrían un espesor sobre la obra de un metro y medio próximamente, más la carga móvil y fija determinada por la instrucción. Sin intentar el cálculo se ve que el empuje al vacío sería enorme así como el volumen y altura del estribo exterior.

Por esta razón hemos proyectado unas bóvedas de generatriz normal al eje de la carretera de 6 metros de luz apoyadas en contrafuertes transversales perforado por un arco de medio punto de 6 metros de luz. Las bovedillas son rebajadas al $\frac{1}{10}$ para obtener el mínimo desarrollo de arco y tímpano.

Entre los contrafuertes por el lado interno hay muretes de tapamento cuya superficie exterior es cilíndrica con objeto de reducir su espesor, puesto que considerados estos muros en su conjunto con el contrafuerte, resultan muros aligerados con una resistencia enorme debida al peso de la semibóveda que insiste todo él sobre el contrafuerte.

Del lado exterior se colocan unos muros también de paramento cilíndrico y de pequeño espesor para sostener el terraplén.

Suponemos para el cálculo que el peso del metro cúbico de tierras δ es 1.400 kilogramos y π el peso del metro cúbico de fábrica es 2.500 kilogramos.

Dividiendo el arco en cuatro partes iguales por planos verticales y separando la presión de la junta de rotura al tercio á contar del intradós, resulta que la presión sobre este punto es de 11.000 kilogramos, y compuesta esta fuerza con el peso del estribo con 0,50 de bóveda y pretil, que es de 17.500 y 11.775, respectivamente, dan un resultado sobre la hilada á nivel de la rasante de 40.600 kilogramos en una inclinación casi paralela al talud y en el centro de gravedad de la sección de modo que siendo éste de 31.500 centímetros cuadrados, resulta una presión de 1,2 kilogramos por centímetro cuadrado.

Determinado el prisma de máximo empuje sobre el muro de tapamento de toda la altura de la obra, el empuje estará aplicado al tercio de la base, y su valor será $Q = 11.141$ kilogramos por metro lineal.

El peso del machón con la semibóveda correspondiente es

$$2,10 \times 8,50 \times 1,50 \times 2.500 + 26,77 \times 2.500 = 66.925 \text{ kilogramos.}$$

El peso del muro lo descomponemos en dos, suponiendo que es de sección trapezoidal continua, á quien le quitamos un volumen cilíndrico de generatrices inclinado al $\frac{1}{10}$ y directriz un segmento circular.

El peso del muro es

$$1,45 \times 8,10 \times 6 \times 2.500 = 176.200 \text{ kilogramos.}$$

El peso del cilindro á restar es:

$$\text{Area del sector circular} = 6,012 \text{ m}^2 \times 8,10 \times 2,1500 = 113.750.$$

Además, tenemos el momento del empuje de la bóveda sobre el contrafuerte, que es de

$$40.600 \times 1,00 = 40.600.$$

La ecuación del equilibrio será, pues,

$$\frac{11.141 \times 7,50 \times 2,80}{239.632} < \frac{176.200 \times 1,36 + 66.925 \times 1,05 + 40.600 - 113.750 \times 0,95}{242.441}$$

En los extremos hay que contrarrestar el empuje de estas bóvedas, y para esto colocamos un tramo de bóveda en cañón que contrarreste los empujes longitudinales.

Ahora puede verse la enorme economía de emplear las disposiciones adoptadas en vez del cañón seguido, puesto que de las valoraciones parciales se deduce:

	Pesetas.
<i>Bóveda en cañón:</i>	
Contrafuerte.....	2.423,20
Bóveda y estribos.....	7.039,92
	9.463,12
<i>Bóveda transversal:</i>	
Contrafuerte.....	2.000,92
Bóveda y tapamento.....	2.945,41
	4.946,33

Debemos hacer notar además que la iluminación y ventilación se consiguen con estas disposiciones de un modo completo.

Los pretiles en arco tienen por objeto que no se deposite la nieve en la carretera.

La plataforma superior está formada con terraplén por el interior de la curva, y aunque esto pudiera parecer excusado no lo es, si se tiene en cuenta que de todas maneras habría que tapar los huecos de este lado para defender la carretera de la nieve, y si no se colocasen las tierras habría que construir los tímpanos y pretiles de este lado.

La boquilla de esta obra es de ornamentación policroma, en la que no entran fábricas caras. Los pilares son de mampostería ordinaria, de color oscuro, de pizarra, perfectamente alechada, así como la rajuela de la bóveda. La cornisa es de mampostería concertada de caliza blanquísima, que no necesita labra porque se presenta en bancos de todos los gruesos, y el paramento del pretil de mampostería ordinaria poligonal de granito gris. El aspecto resulta agradable.

Paranieves con avalanchas.

Esta obra está dispuesta con el fin principal de librar á la carretera de los depósitos de nieves, y al mismo tiempo defender la obra misma de las avalanchas. A este fin el resalto de la obra sobre la pendiente general de la ladera es mínimo, gracias al empleo del arco por tranquil, y al mismo tiempo reducimos la inclinación del empuje al vacío, pudiendo adelgazar los apoyos con la consiguiente economía, agregando á esto la concentración de los esfuerzos en apoyos aislados, con lo que se aprovecha al límite la resistencia de las fábricas y la facilidad de dar una amplísima iluminación, sin que sean de temer las invasiones de la nieve.

Se componen estos paranieves de una serie de contrafuertes de 2 metros de espesor, colocados á la distancia de 7 metros de eje á eje, y que dejan entre sí un espacio de 5 metros. Por el lado del desmonte, que se procura sea lo mayor posible, se colocará un muro de revestimiento corrido, si la roca no fuese suficientemente firme, pues de otro modo este muro podría suprimirse. Entre los contrafuertes y este muro se apoyarán unos fuertes arcos laterales por tranquil, y en el espacio comprendido entre dos arcos corre una bóveda por tranquil de generatrices paralelas al eje de la carretera, que se apoya por el lado del desmonte en el muro corrido de que hablamos ó sobre la roca de este desmonte, en la que se construirá un pequeño estribo corrido, y por el lado del terraplén sobre una serie de arcos rebajados que se apoyan en los contrafuertes.

Se construirá, además, un pequeño muro en lo alto del talud del desmonte, que estará reforzado por estos contrafuertes prolongados, con cuya disposición aspiramos á que las avaanchas choquen en este resalto de la ladera y no lo hagan en las bóvedas. La división de las bóvedas por contrafuertes tienden también á localizar los deterioros que estos fenómenos pudieran ocasionar, puesto que los refuerzos ó contrafuertes son verdaderos estribos.

Puede darse el caso en que esta obra se coloque en el paso de un barranco, como sucede en el perfil 193 del trozo de la divisoria y en este caso hay que construir un fortísimo muro suficiente á resistir el choque de las avalanchas, amortiguado como es consiguiente, por los depósitos de nieve que se formen detrás, y además será necesario practicar una obra de desagüe del barranco, comprendida entre dos contrafuertes, resultando entonces las obras dibujadas en el perfil 193.

El cálculo gráfico de esta bóveda lo hemos hecho considerando un elemento completo, ó sea un contrafuerte y dos semibóvedas á un lado y otro, dividido todo el conjunto en cinco dovelas.

La presión sobre los arranques en el contrafuerte será de 123.000 kilogramos, que no da más que 7 kilogramos por centímetro cuadrado. Compuesta esta presión con el peso del contrafuerte, queda la resultante de 180.000 kilogramos dentro de la base, que da una presión media de 9 kilogramos y máxima de 18, en el punto más cargado.

El cálculo de la bovedilla nos demuestra su estabilidad. La curva de presión en esta bovedilla no pasa por el tercio exterior en la junta de rotura, porque la presión en la clave es determinada por contrarrestar el empuje de las bóvedas grandes.

Estas bóvedas van cubiertas de una chapa de hormigón para evitar que penetren en las fábricas las raíces de los vegetales y obtener la impermeabilidad.

Paranieves sin avalancha.

Estas obras no tienen otro objeto que cubrir las carreteras y por tanto no tienen que sufrir más que el peso de la nieve que en algunos sitios alcanza una altura de 10 metros sobre el suelo.

No perdiendo de vista que en verano estas obras quedan libres de nieve, y por tanto deben tener ventanales amplios de iluminación y ventilación, hemos proyectado una bóveda en cañón; pero apoyada en contrafuertes y arcadas sobre estos mismos contrafuertes; de este modo quedan hechos los ventanales, protegidos por el saliente de aquéllos, y obtendremos una economía de fábricas, al concentrar éstas, para sufrir los empujes, en puntos aislados.

Construída la obra, no hay sino observar cuántos y cuáles son los huecos á tapar, que serán aquellos por donde los ventiscos hagan penetrar la nieve, y construir los muros de tapamento en consecuencia.

Puede adoptarse otra disposición, y es cerrar los huecos en invierno por medio de tablonas, del mismo modo que se cierran las compuertas de agujas, y abrirlos en verano.

La sección de esta galería, que en el trozo de la divisoria alcanza una longitud de 450 metros y llega hasta la misma boca del túnel grande, es muy semejante á la del túnel, diferenciándose en que la bóveda en el túnel es carpanel de tres centros y en la cubierta paranieves es de medio punto de 2,80 de radio, con objeto de disminuir los empujes de las secciones rebajadas.

El ancho en la base es de 5 metros y de 5,60 á la altura de 2,60.

El cálculo gráfico de esta bóveda para el que se ha supuesto una carga de nieve de 10 metros sobre el nivel del suelo, que equivalen á una carga de un metro de fábrica sobre la clave.

El empuje de 95.000 kilogramos, compuesto con el peso del contrafuerte de 24.000, da una carga de 117.000 kilogramos y corta á la base á 0,90 de la arista del contrafuerte. La presión máxima es, pues, $\frac{117.000}{90 \times 3 \times 100} \times 2 = 8,8$ kilogramos.

Galería del barranco de los Frailes.

La cubierta proyectada para el paso del barranco de los Frailes, que ya hemos dicho queda en invierno totalmente cubierto de nieve, hasta el punto de verificarse el tránsito sobre el barranco como más seguro, difiere poco de los paranieves sin avalanchas descritos anteriormente.

Como ha de estar entre las bocas de dos túneles, tiene la misma sección del túnel rebajada con objeto de hacer pasar por encima las aguas del barranco, muy abundantes en primavera por encima de la obra.

Como se ve, esta obra, á medida que la traza se mete más en el terreno, va perdiendo los elementos que la integran, hasta transformarse en un túnel sin revestimiento. Comienza por la boca de entrada, de sencillísima decoración; sigue por una bóveda carpanel de tres centros, cuyo perfil es el mismo que el del túnel. El cañón se apoya por el lado del desmonte en un estribo de paramento exterior curvo y el interior en talud de $\frac{1}{5}$, muro que sólo se emplea en el paso de los barrancos. En el caso de que el perfil presente un talud de desmonte de cuatro ó cinco metros, el muro se reduce á un revestimiento de 0,60 de espesor constante, y si la roca es firme, se puede suprimir este revestimiento y construir sólo un pequeño estribo corrido, y aun se puede suprimir la bóveda cuando la roca es firme y la dirección de los bancos se presta, quedando en este caso solamente los machones sosteniendo directamente los bancos. Con una mayor cota se entra en el túnel y desaparece la obra.

Por el lado exterior se apoya en contrafuertes de 1,50 de anchura, talud de $\frac{1}{4}$ y ancho de 4,90 metros en dirección normal al eje, separados 5,50 de eje á eje, sobre los que se apoyan unos arcos de 4 metros de luz y 0,60 de espesor medio.

El paso de los barrancos se hace por encima de esta bóveda sobre el encachado hidráulico que la cubre, contenido por un pequeño tímpano coronado por losas salientes que forman cornisa ó goterón para destacar las aguas del paramento.

Para el cálculo gráfico hemos supuesto una altura de nieve de 5 metros por encima de la obra y de este modo obtenemos un empuje muy oblicuo de 132.000 kilogramos que hace necesario aumentar el espesor del contrafuerte y darle un talud muy fuerte de $\frac{1}{4}$ con objeto de que la línea del empuje no se salga de la

base. Compuesto el empuje con el peso del contrafuerte da en definitiva 220.000 kilogramos en la base del más profundo, resultando una presión máxima de 16 kilogramos en la arista exterior.

Puente sobre el barranco del perfil 160 del trozo de la divisoria.

Esta obra tiene que salvar un barranco de una grandísima inclinación y, por tanto, el perfil de aguas arriba es muy diferente del de aguas abajo, de donde resulta que si se deja libre el cauce de aguas arriba en la obra, aguas abajo han de construirse unos muros muy altos y unos estribos sumamente gruesos; mas como las laderas son de roca y hay enorme ventaja en construir arcos de estribos perdidos, surge la idea de construir el puente por medio de arcos del mismo radio, pero de distintas luces de análoga manera á como se han construido muchas bóvedas oblicuas por medio de arcos paralelos desplazados.

Siguiendo la idea de la economía, podemos aun suprimir los arcos intermedios y dejar sólo dos de cabeza, sobre los que construimos los tímpanos, y sobre ellos podemos establecer una plataforma ya por medio de viguetas y bovedillas, ya por losas de hormigón armado.

Para dar á estos arcos una gran estabilidad se dispone su paramenta exterior en un plano inclinado al $\frac{1}{5}$, lo que por otra parte se presta perfectamente al empalme con los paramentos de los muros de avenidas.

Entre los estribos de estos dos arcos se construyen dos muros para el sostenimiento de las tierras del terraplén de avenidas, muros que en este caso resultan oblicuos al eje de la obra.

Tenemos, pues, la obra compuesta de dos arcos de cabeza del mismo radio, el uno de 15 metros de luz y de 11,80 el otro.

Estos arcos tienen el paramento exterior en un plano inclinado al $\frac{1}{5}$ y al interior vertical.

Los planos interiores distan entre sí 3,60 metros, y en la coronación los tímpanos dejan una plataforma formada por una losa de hormigón armado que los enlaza y una cornisa de coronación que á la vez sirve de acera de 0,75 de anchura, entre la que está contenida el afirmado.

La rasante de este viaducto tiene el 7 por 100 de pendiente y esto trae una complicación en los taludes de los arcos; en efecto, estos planos prolongados hacia arriba se cortan según una línea paralela á la rasante y constituyen, con un plano horizontal que pase por los arranques de los arcos, una pirámide; se ve, pues, que estos planos no cortan al horizontal según dos líneas paralelas, sino convergentes. El vértice de la pirámide será el punto de intersección de la intersección de los planos de paramento con el horizontal de arranques; ahora bien, aquella línea de intersección está á una altura sobre el arranque de la bovedilla de la izquierda de $\frac{4,10}{0,10} = 41$ metros, y á la pendiente del 7 por 100 encuentra el plano de arranques á 586 metro y á esta misma distancia se encuentran las intersecciones de los planos de paramento con el horizontal. La diferencia de separación en planta de los arranques de los arcos es de $8,20 - 7,99 = 0,21$ centímetros; circunstancia muy digna de tener en cuenta en los replanteos.

El cálculo gráfico del arco de 15 metros demuestra que las presiones medias en los arranques y en la clave son, respectivamente, de 5,4 kilogramos por centímetro cuadrado, y de 8,6 kilogramos, respectivamente, y las máximas son el doble de estas cifras.

JULIO MURÚA.

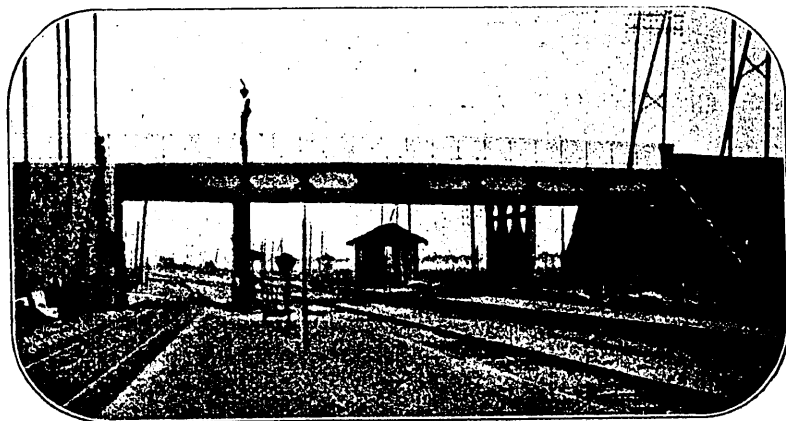
(Continuará.)

Revista de las principales publicaciones técnicas.

Dos puentes de cemento armado en Licusaint (Seine-et-Marne, Francia).

Con motivo de la supresión de los pasos á nivel, la Compañía P. L. M. ha construido en Licusaint, sobre la línea de Ville-neuve-Licusaint-Melun, dos puentes de cemento armado cuyos

ciada, de 45° próximamente, la longitud del puente es en realidad de 22 metros. La anchura entre barandillas es de 10 metros, comprendiendo una calzada de 7 metros y dos aceras de 1,50 que están al aire, no desempeñando las ménsulas más que un papel puramente decorativo. Las vigas principales tienen una altura total de metro y medio, y se apoyan sobre unos estribos



detalles principales damos á continuación, tomándolos de la revista *Le Béton Armé*.

La primera de estas obras tiene una luz entre estribos de 15,46 metros, pero á causa de la oblicuidad bastante pronun-

de mampostería, uno de ellos fijo, y constituido el otro por un carretón de dilatación. Las armaduras de las vigas principales están en dos trozos. Una ligera moldura en la parte inferior de las vigas y las ménsulas constituyen toda la decoración de la obra.