

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.

CARRETERA PIRENAICA

ESTERRI Á VIELLA (LÉRIDA)

(CONTINUACIÓN) (1)

Casas-Asilo.

Estas casas que se han de construir á una altitud de 2.000 metros tienen que tener alguna holgura para que puedan ser habitables.

Afortunadamente han de servir para alojamiento del personal encargado de la construcción é inspección de los trabajos, y claro es que cuando terminen aquéllos quedaran en muy buenas condiciones para que las habiten los peones encargados de la conservación, á los que es preciso, no solamente darles habitación, sino también terrenos que puedan cultivar, pues de otro modo, teniendo que comprar todo lo necesario para la vida, les haría ésta imposible dada la poca hospitalidad de aquel país.

La casa tiene tres pisos habitables: la planta baja, el principal y el segundo que está comprendido dentro del tejado, pero que es tan espacioso como los bajos.

En cada piso pueden habitar con doble holgura que la acostumbrada en las casillas de peones camineros, dos familias, de modo que en total podrán vivir seis familias, pero como estos edificios han de estar dispuestos para asilo de caminantes, será preciso dejar uno de los pisos destinado á este objeto, y resulta de capacidad para cuatro familias solamente.

Estas familias dispondrán del gran almacén para cuadras de ganado propio y del transeunte.

Cada familia dispondrá de cocina amplia con agua y tres amplísimas alcobas, de retretes con golpe de agua perfectamente establecidos y calefacción por vapor, puesto que todos estos elementos son necesarios al personal de construcción, y no es conveniente ni económico quitarle á la terminación.

El estilo es el que corresponde á las construcciones de país de mucha altitud con tejados de pendiente de 1 X 1 con grandes salientes para proteger á las paredes del azote de las aguas. El almacén está dispuesto para que defienda la casa del viento Norte que allí es vendaval, y el tejado en vez de ser á dos aguas se alza en un solo faldón para proteger la fachada Norte del agua y nieve que necesariamente acabarían por penetrar al inte-

rior, deteriorando la fachada y haciendo inhabitables las habitaciones de este lado.

El coste de estas construcciones es de 65.071,33 pesetas cada edificio, resultando á 161,80 el metro superficial, y el pie cuadrado á 12,57.

Coste del túnel por metro lineal.

Para deducir el coste del túnel por metro lineal, habremos de sumar las siguientes partidas:

	Pesetas.
Excavación.....	975.613,84
Desprendimientos 4 por 100.....	8.350
Medios auxiliares compresores, etc.....	148.831
Salto de agua.....	88.664,82
Instalación hidroeléctrica.....	147.018
Casas oficina.....	130.142,66
Iluminación durante el año de garantía...	7.200
TOTAL.....	1.505.820,32

Que dividida por la longitud del túnel, resulta el metro lineal de excavación á 1.001,94 pesetas.

El coste de los revestimiento es de 180.021,15 pesetas, y por metro lineal de túnel, resulta á 119,78.

El coste total por metro lineal es de 1.121,72 pesetas; pero hay que tener en cuenta que las casas-oficina son necesarias para la carretera, y que el salto de agua con su instalación queda de propiedad del Estado, y si suprimimos estas partidas, el coste por metro lineal queda reducido á 878,31 pesetas.

Precios.

En la cláusula 1.^a, apartado E) del informe del Consejo de Obras públicas, al proyecto presentado por el Sr. Bores, se ordena que, siendo muy elevados los precios, se reducirán en cuanto sea posible, justificándolos debidamente.

Ya hemos dicho al principio que la gran actividad desplegada en el país á causa de las obras emprendidas para la construcción de saltos de agua por las dos Sociedades que se disputan el mercado de energía en Cataluña ha producido, como consecuencia, una enorme elevación del jornal; de este lado de la divisoria y del otro lado nos encontramos con cuatro fuertes Compañías mineras en el Valle de Arán, y construcción de enormes aprovechamientos hidráulicos que han producido el mismo efecto.

(1) Véase el número anterior.

Situada nuestra carretera entre estas dos zonas, en un país despoblado y á una altitud de 2.000 metros, no podemos esperar que el jornal decrezca, sino, por el contrario, que aumente considerablemente.

Si los precios establecidos en el proyecto del Sr. Bore's podían considerarse, en su época, algo elevados, hoy no lo son, y, sin embargo, para cumplir con lo ordenado por la Superioridad, hemos hecho un estudio muy prolijo de los precios para poder fijarlos con alguna garantía de acierto.

Partimos del cuadro de jornales que forman una escala ascendente, según se consideren trozos más elevados de esta carretera. Los precios elementales son los mismos para los trozos 2.º y 3.º, que se encuentran en circunstancias análogas á uno y otro lado de la divisoria.

Para determinar los precios de excavación aplicamos las fórmulas de G. Martalli.

Precios de la excavación de 1 metro cúbico, expresado en función del jornal K de un obrero (jornada de diez horas) (Columbo, pág. 240).

trozos 1.º y 4.º actualmente en construcción con los estampados en el proyecto del Sr. Bore's y los deducidos por estos dos procedimientos determinando el precio medio de todos éstos, y estos precios son los que hemos adoptado por concordar con los obtenidos por los otros procedimientos.

Todos los precios los hemos determinado en función del jornal y del número de horas de trabajo que necesitan las distintas unidades de obras, debiendo hacer observar que no es que nosotros creamos en la exactitud de estos datos que son esencialmente variables con el clima, las costumbres y desarrollo é inteligencia del obrero, influyendo también en los modernos tiempos las costumbres y leyes sociales; pero las adoptamos porque establecidos y contrastados de un modo racional cierto número de precios por la división del trabajo, es facilísimo el establecimiento de los demás, y sobre todo es el único medio de deducir lógicamente los precios, cuando varía el jornal que es el factor más importante.

En el apéndice á esta Memoria se encontrarán todos los precios así deducidos no teniendo necesidad de dar más explicaciones sobre la generalidad, fijándonos solamente en algunos de ellos con detenimiento.

Arena.

La arena para estos tres trozos proceden del origen del Bonagua, al pie de la cascada, donde será preciso construir una presa provisional para embalsar el agua y recoger la arena granítica del embalse del salto de agua, donde hay un depósito de cantos y arena, de donde se pueden extraer algunos centenares de metros cúbicos, y del río Garona en Ruda, donde se construirá otra presa provisional para recoger las arenas. Sin la construcción de presas provisionales no es fácil obtener arenas en estos ríos por su gran pendiente, que no permite se depositen en parte alguna.

Cemento.

El cemento y la cal hidráulica más económicos procederán de Francia, de «Pavin Lafargue» Teil, marca acreditadísima, porque del lado de España el transporte es imposible, como hemos dicho repetidas veces, y atendiendo á esto está hecha la deducción del precio.

Hormigón.

Hemos hecho precio para dos clases de hormigones hidráulicos, el ordinario que se empleará en cimientos, chapas, revestimientos, etc., y el que se destina á hormigón armado.

El primero se compondrá de 0,800 metros cúbicos de piedra machacada y 0,540 metros de mortero hidráulico, compuesto de 1 metro cúbico de arena y 350 kilogramos de cemento.

El segundo se compone de 350 kilogramos de cemento, 400 litros de arena y 800 de piedra partida.

Conservación durante el año de garantía.

En la conservación durante el año de garantía se ha supuesto un espaleo durante dos meses por medio de trineos tirados por bueyes.

Estos trineos consisten en un armazón en forma de prisma triangular de pequeña altura que se arrastra con uno de los vértices por delante.

DENOMINACIÓN DEL AUTOR	Asimilación.	Fórmula.
Tierras fuertes (con arado) remoción solamente.....	Tierra floja.....	0,18 K
Tierras compactas.....	Tierra dura.....	0,24 K
Rocas flojas.....	Terreno de tránsito.	0,40 K
Rocas de mediana dureza (barrenos)...	Roca floja	0,80 K
Rocas muy duras (barrenos).....	Roca dura.....	1,30 K

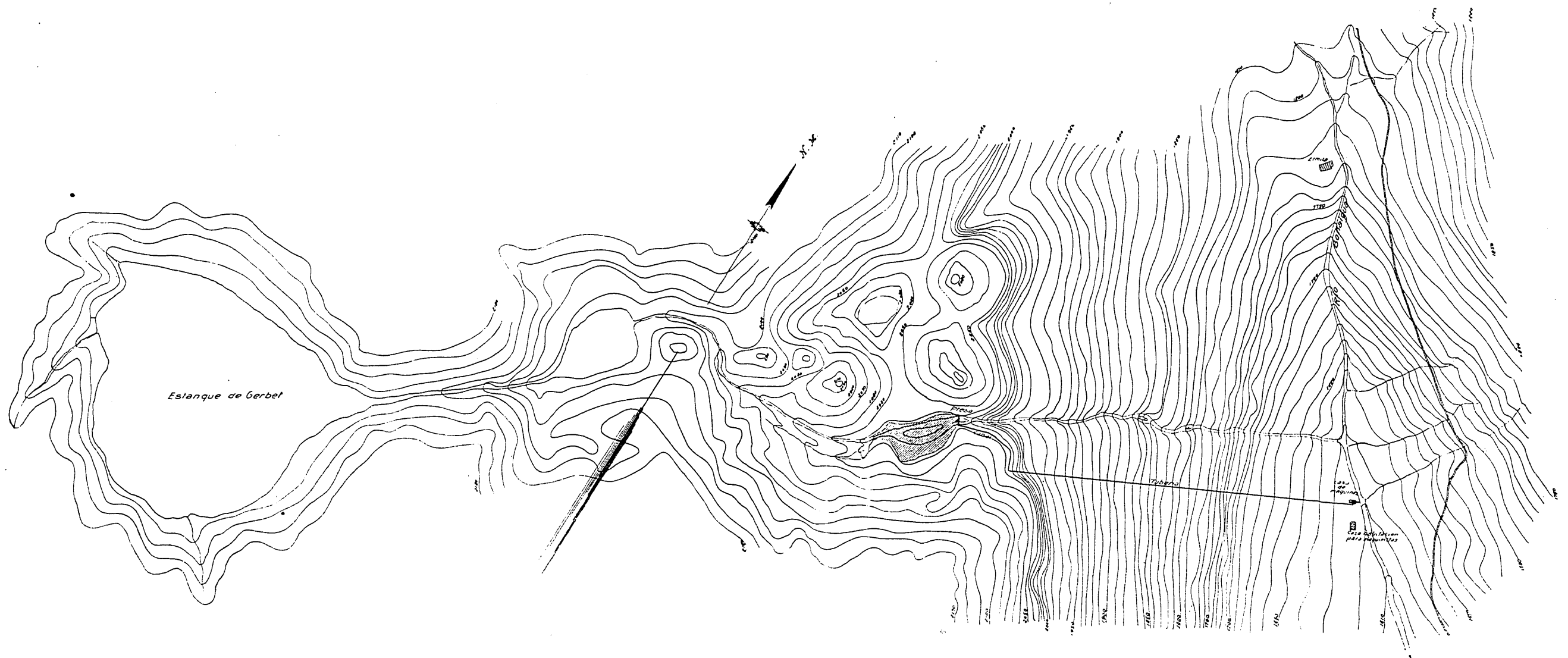
Dando á K los valores asignados á los distintos trozos, tendremos los precios de excavación.

Acudiendo á fórmulas que figuran en estudios antiguos, en función del número de horas de trabajo y del jornal, hemos determinado otros precios del uso siguiente:

TIERRA FLOJA		TIERRA DURA	
Una hora de peón.....	$\frac{1}{10}$ K	Dos horas de peón.....	$\frac{2}{10}$ K
Arreglo de taludes seis minutos.....	$\frac{6}{600}$ K	Arreglo de taludes seis minutos.....	$\frac{6}{600}$ K
Gastos de administración 10 por 100.		Gastos de administración 10 por 100.	
TERRENO DE TRÁNSITO		ROCA FLOJA	
Tres horas de peón.....	$\frac{3}{10}$ K	Seis horas de peón.....	$\frac{6}{10}$ K
Arreglo de taludes quince minutos.....	$\frac{15}{600}$ K	Arreglo de taludes treinta minutos.....	$\frac{30}{600}$ K
Gastos de administración 10 por 100.		Gastos de Administración 10 por 100.	
ROCA DURA			
Cuatro horas y cuarenta minutos de barreneo.....		$\left(\frac{1}{10} + \frac{40}{600}\right)$ K	
Cuatro horas y cuarenta minutos de peón.....		$\left(\frac{1}{10} + \frac{40}{600}\right)$ K	
Explosivos.....		0,50 ptas.	
División y separación de piedras y arreglo de taludes, treinta minutos de barreneo.....		$\frac{30}{600}$ K	
Gastos de administración 10 por 10.			

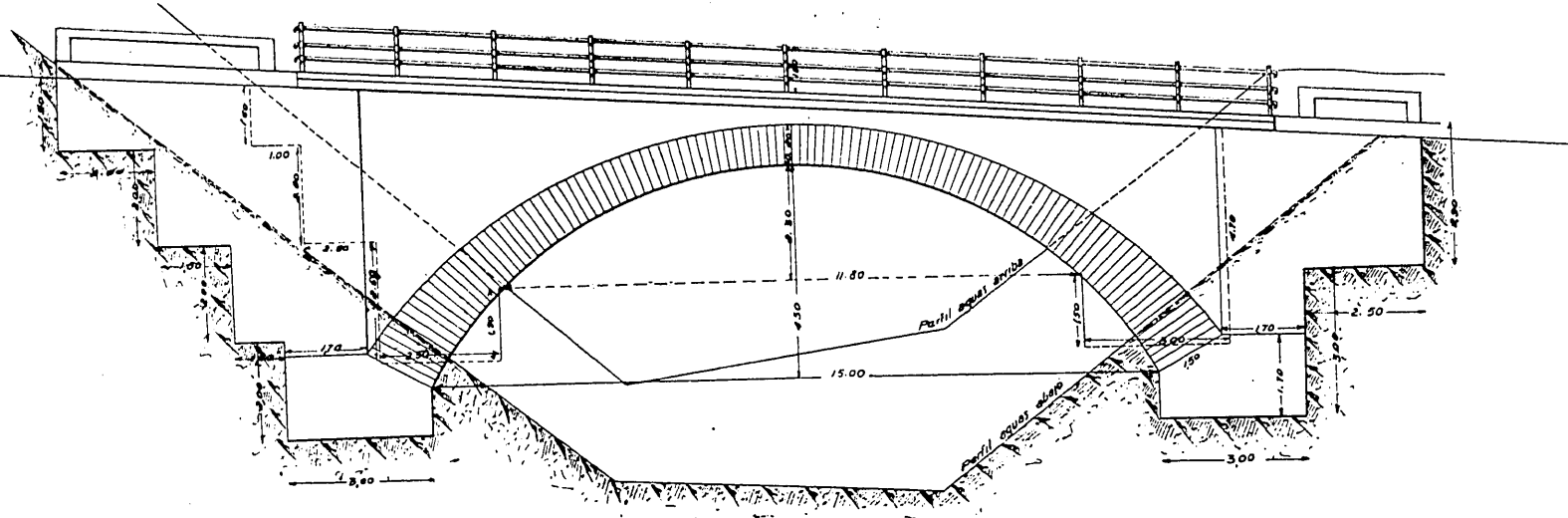
Seguidamente hemos formado un cuadro con los valores asignados á la excavación de las diversas clases de terreno en los

CARRETERA DE ESTERRI À VIELLA

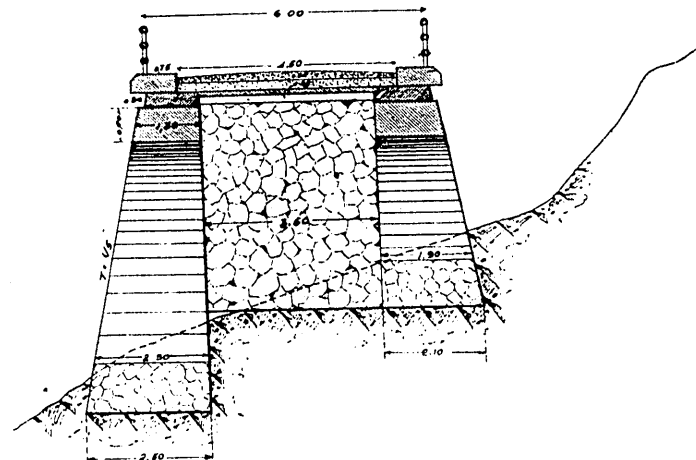


Trozo de la Divisoria.—Salto de agua para el alumbrado y construcción.

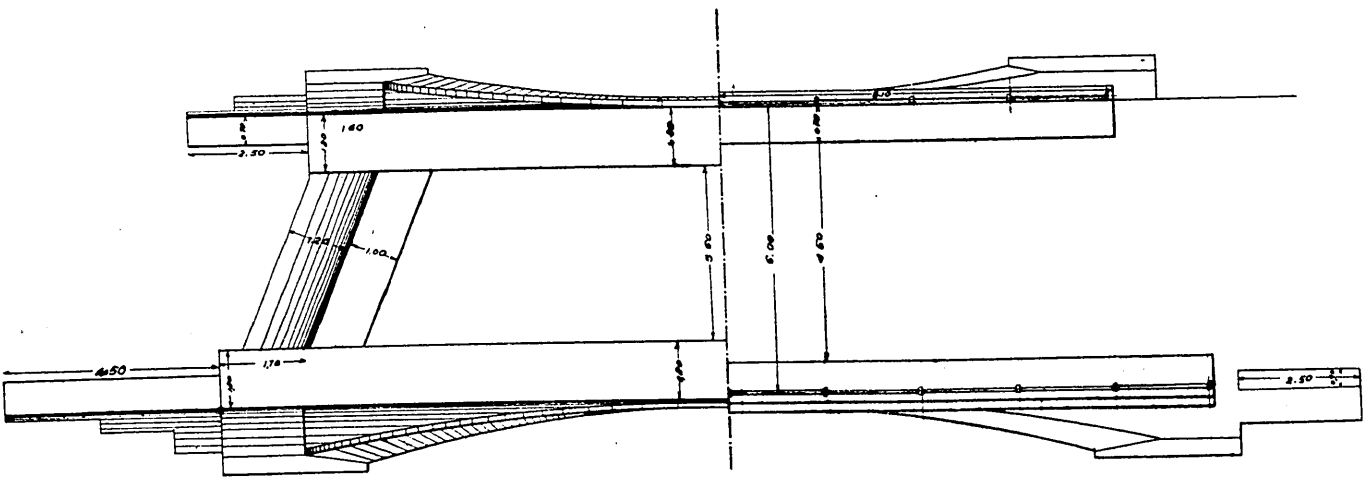
Alzado



Seccion por la clave.



Proyecciones horizontales.



CARRETERA DE ESTERRI Á VIELLA

Trozo de la Divisoria. - Puente modelo especial.

Excavación en túnel corto y trompas:

El precio de excavación en túnel corto es muy distinto del túnel largo, porque las operaciones se hacen casi con tanta facilidad como á cielo abierto. Los túneles del trozo 3.º no tienen más de 40 metros, de modo que el transporte máximo no es mayor de 20 metros.

La determinación del precio está perfectamente detallada. Cuando se pueden abrir ventanales de costado, entonces consideramos la excavación como si fuera en trompa por las facilidades de llevar el ataque al costado á todo lo largo de la explanación.

El precio en trompa lo hemos considerado como un término medio entre el precio en túnel corto y el precio de excavación en roca á cielo abierto, y en esta hipótesis lo hemos determinado en cada trozo.

Precio de terraplén.

Como los precios unitarios han aumentado tanto con relación á los que figuraron en los presupuestos de los trozos anteriores de esta carretera, hemos hecho una distribución de tierras en el trozo 2.º para tener un precio de comparación para los otros dos.

El estado que nos ha servido para hacer la distribución es el mismo que el del formulario, pero no se ha redactado el gráfico.

En el trozo 3.º hemos adoptado el mismo precio para el terraplén, y en el trozo de la divisoria lo hemos aumentado en la misma relación que los jornales $\frac{4}{3,50}$.

Materiales aprovechables.

Los precios de las mamposterías ordinarias y en seco resultan sumamente reducidos por haber tenido en cuenta los materiales aprovechables.

Realmente el cálculo de estos aprovechables se han llevado al límite como puede observarse en el adjunto estado.

TROZOS	Volumen de roca dura.	Volumen aprovechable.	Tanto por ciento.
Segundo	4.065.750	3.145.384	77
Divisoria.....	14.580.307	8.428.847	58
Tercero.....	21.497.590	13.521.986	63

Donde se supone un tanto por ciento más reducido es en el túnel, porque dado el procedimiento de ejecución de estas obras á causa del empleo de la dinamita, las rocas quedan reducidas á pequeños fragmentos.

Costes totales.

El presupuesto de ejecución material del trozo 2.º se eleva á la cantidad de 469.738,61 pesetas, y el de contrata á 540.199,40, cifras que divididas por la longitud del trozo, que es de 8.115,23, dan los costes kilométricos 57.883,58 y 66.566,12, respectivamente.

Para el trozo de la divisoria alcanza su presupuesto de ejecución material á la cifra de 2.185.715,82, y el de contrata á 2.513.573,19, y como su longitud es de 4.183,08 metros, resultan los costes kilométricos 522.763,45 y 601.177,68.

Para que queden incluidos todos los gastos hay que agregar

el presupuesto de la instalación hidroeléctrica, que ascenderá á 147.018, resultando un total de 2.660.591,19.

El trozo 3.º asciende á 609.815,06 pesetas el presupuesto de ejecución material, y á 707.287,32 el de contrata con los costes kilométricos respectivos, de 93.523,17 y 107.551,65.

En total resulta un coste de ejecución material de 3.265.269,49, y de contrata de 3.755.059,91. Los costes kilométricos son 173.511,22 y 199.537,90, respectivamente.

Documentos de que consta este proyecto.

Este proyecto consta de una Memoria general, con los anejos números 1, 2 y 3 y tres carpetas, que comprenden cada una los documentos relativos á los trozos 2.º de la divisoria y 3.º

Cada carpeta contiene los cuatro documentos obligados de todo proyecto, pero en el núm. 1 sólo se incluyen los anejos á la Memoria correspondientes desde el 4 al 13, puesto que, como hemos dicho, los generales 1, 2 y 3 se incluyen en la Memoria.

En el trozo de la divisoria se incluye un pliego de condiciones facultativas, para que sirva de base al concurso de la maquinaria hidroeléctrica del salto de agua, y en los planos la hoja núm. 8, que contiene un plano del conjunto de las instalaciones y un esquema de conexiones para que acompañen al citado pliego.

Salto de agua.

Hemos dicho que era necesario construir un salto de agua para la iluminación del túnel ó túneles y para mover los ventiladores, y este salto sería muy fácil obtenerle en cualquiera de las corrientes cercanas, tanto en el Garona como en el Bonaigua, como en alguna de las muchas fuentes de estos ríos.

La longitud de túnel á iluminar es 2.000 metros, en la que separadamente se coloca una luz de 50 bujías cada 20 metros, lo que supondrá 3,5 vatios por bujía, ó sea 0,0042 HP.; resulta una potencia de 21 HP.

	HP.
Las dos casas iluminadas cada una por 50 luces de 25 bujías dan $1.250 \times 2 = 2.500$ bujías, ó sean.....	10,5
Talleres y casas de máquinas.....	10,50
Dos ventiladores de 10 caballos cada uno.....	20,00
Suma.....	62,00
Pérdida en línea y transformadores 25 por 100.....	16,00
TOTAL.....	78,00

Altura necesaria para un caudal de 250 litros, 32 metros. Si nos decidimos por la perforación mecánica á este número de caballos hay que agregar los siguientes:

Iluminación y ventiladores.....	62
Dos compresores de 85,52 HP., uno en cada boca...	171
Hormigoneras.....	20
Talleres.....	20
Suma.....	273
Pérdida en línea y transformadores 25 por 100.....	68
TOTAL.....	341

En números redondos, 400 caballos que necesitaría una altura de 160 metros de salto.

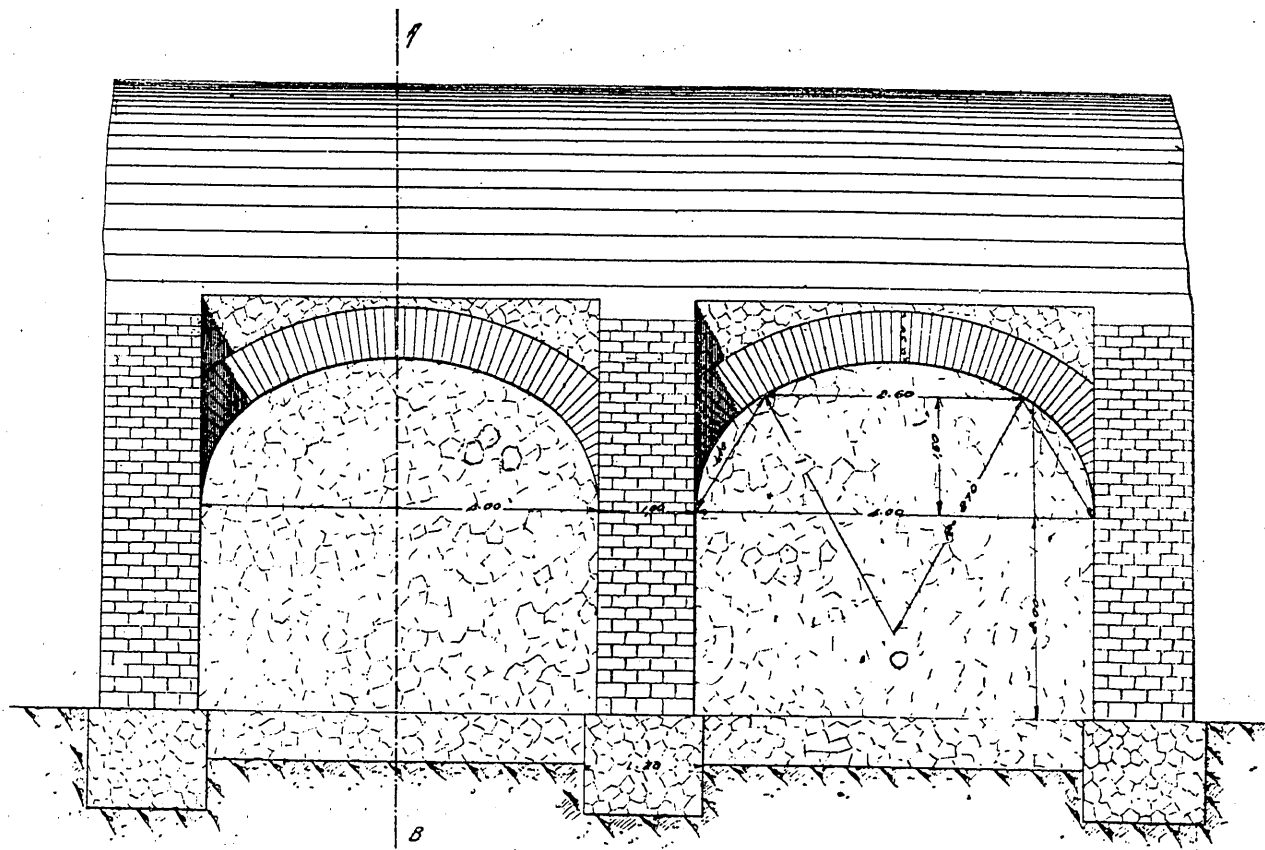
El mayor salto que puede utilizarse es el de la cascada de

CARRETERA DE ESTERRI Á VIELLA



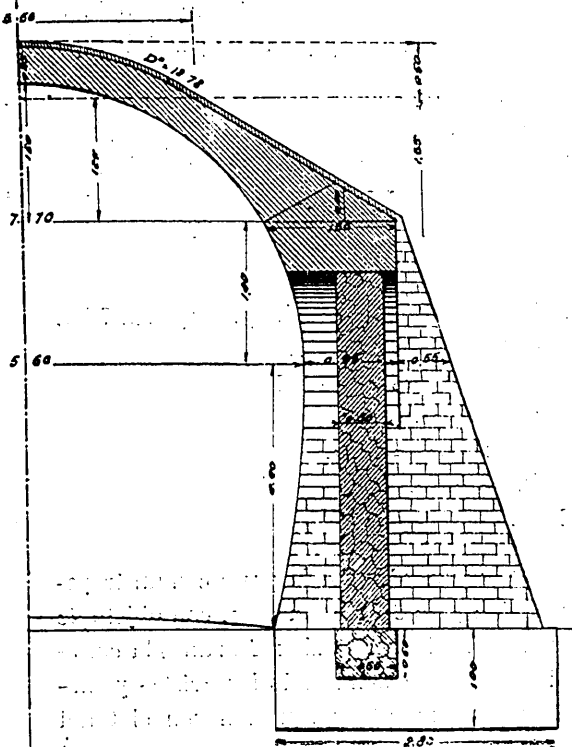
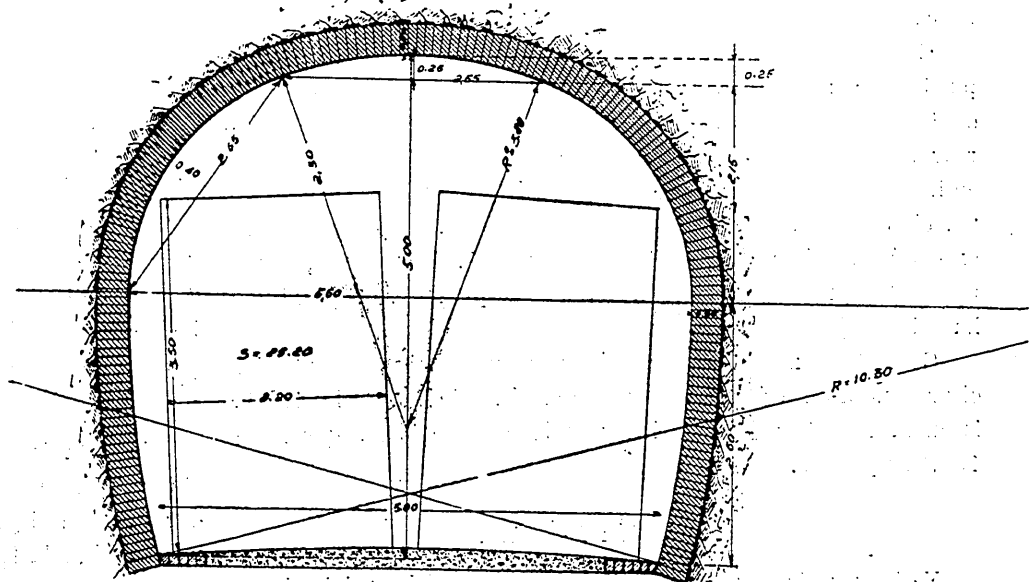
Trozo 3.º—Paso del Barranco de los Frailes.

Alzado.



CARRETERA DE ESTERRI À VIELLA

Trozo de la Divisoria.—Paranieves sin avalanchas.

Sección por A.B.Section 1

Tipo de revestimiento para el túnel de la Divisoria.

Gerbel, que reúne inmejorables condiciones para su aprovechamiento.

La altura total de la cascada es de 410 metros. La cascada es de roca, casi cortada á pico, donde no puede establecerse el tubo de bajada, que siempre estaría envuelto en agua y sería de difícil conservación por los hielos, pero con un pequeñísimo canal de derivación puede llevarse á una ladera de fuerte inclinación, pero de pendiente bastante uniforme, para reducir el número de codos de la tubería.

El desarrollo de la ladera es de 700 metros para alcanzar los 400 de caída, es decir, que la pendiente media del tubo es de 2 por 3.

El caudal *minimum*, *minimorum*, es de 250 litros, y éste es el que nosotros tratamos de aprovechar, pero hay que advertir que el nacimiento de este río Gerbel está en el estanque del mismo nombre, de paredes acantiladas y de gran profundidad, teniendo sólo una abertura de desagüe sumamente estrecha y donde se puede construir una presa muy económica de cualquier altura.

La extensión superficial del lago ó estanque es de 149.350 metros cuadrados. Con sólo construir una presa de 10 metros de altura y un sifón de 10 metros de profundidad, tenemos almacenados 298.700 metros cúbicos, que nos pueden dar un suplemento de $2 \times \frac{298.700.000 \text{ litros}}{15.552.000} = 384 \text{ litros por segundo}$, suponiendo un estiaje de seis meses, ó sea 15.552.000 segundos.

En total 634 litros completamente regulares, que con 400 metros de caída, dan 2.536 caballos en el eje de las turbinas.

La Sociedad La Energía Catalana tiene en obción el salto del río Bonaigua, cuya presa se establecerá aguas abajo de esta cascada, y tiene en proyecto la regularización del caudal del lago Gerbel, de modo que este salto quedará regularizado gratuitamente de un modo fatal y necesario.

Por esta razón, si nosotros en vez de utilizar estrictamente los 32 ó los 160 metros del salto que necesitamos, lo aprovechamos todo él, aquella Sociedad se encontrará construido un salto que será para ella de un valor inestimable como salto provisional para realizar las importantes obras que necesita el suyo, y no titubeará en tratar con el Estado para adquirirlo en un precio que será altamente remunerador, como veremos, y no sólo esto, sino que podrá cargar con la obligación de suministrar el fluido necesario para la iluminación del túnel, quedando el Estado libre de un enojoso servicio.

Vemos por esto que el aprovechamiento del salto total podrá ser y será positivamente el medio de alumbrar el túnel gratuitamente, mientras que el aprovechamiento parcial perdería todos los caracteres que acabamos de indicar.

Con intención hemos dejado para lo último una ventaja que puede tener realidad, puesto que pende del cumplimiento de un contrato internacional, y es que la construcción del túnel del Ferrocarril del Noguera-Pallaresa, que dista del salto 6 kilómetros en línea recta, encontraría una economía grandísima en su construcción con la sola utilización de este salto, puesto que de no existir éste, sería necesario construir otro de 1.000 caballos, próximamente, que no sería fácil encontrar, porque todos los próximos han sido objeto de concesión.

Como término de comparación para valorar esta economía, citaremos la cifra á que se eleva en el túnel de Tosas el coste de la energía eléctrica de sólo 400 caballos en tres años, que es de 190.000 pesetas.

Descripción del salto.

Ya hemos dicho que el río Gerbel nace en el lago del mismo nombre, situado á 2.140 metros sobre el nivel del mar y con

un curso de 1.800 metros en planta, salva 520 metros de desnivel.

El lago Gerbel tiene una extensión superficial de 149.350 metros, es de laderas acantiladas de aguas cristalinas y frías procedentes de la fusión de nieves, y tiene una gran profundidad. Su cuenca es de 2.606.600 metros cuadrados, y como en esta región puede contarse con un metro cúbico de nieve al año, resulta que el caudal de reserva es de 1.303.300 metros cúbicos, muy superior al que nosotros hemos supuesto.

Esta cuenca es completamente cerrada y sólo tiene una abertura de salida sumamente estrecha entre rocas acantiladas. El cauce presenta un ensanchamiento ó estanque inferior, pero sus orillas están formadas por grandes bloques, siendo muchas sus salidas entre estos bloques, de modo que es completamente inadecuado para convertirlo en embalse. Más abajo presenta otro ligero ensanche relleno de arena y que se utiliza como embalse regulador de la cuenca inferior al lago por medio de una presa de 2,70 de altura, proyectada en la estrecha garganta de salida.

Pasada ésta, cae ya formando una bellísima cascada casi vertical hasta el río Bonaigua.

En el estribo derecho de esta presa se abre una compuerta de un metro de ancho por 0,70 de profundidad bajo la coronación de la presa que cierra un canal de la misma sección, cuyo cajero izquierdo constituye el vertedero.

A continuación de este vertedero avanza el canal de sección rectangular de 0,75 de ancho por 0,90 de alto, cubierto como el vertedero, y este canal se apoya en la ladera de granito en una longitud de 149,92 metros y termina en una cámara de presión también cubierta que tiene 6 metros de largo por 3 de ancho, dividida en dos partes; la más próxima, á la entrada del canal, tiene 2,55 metros de profundidad y la más alejada 2,50, separadas las dos por la rejilla de hierro; en el alto fondo arranca la tubería forzada. En el ingreso del canal, en la cámara de agua, se dispone otra compuerta para interrumpir la llegada del agua, y en la pared opuesta un pequeño aliviadero de superficie.

Cálculo de la presa.

La altura de la presa es de 5 metros sobre el fondo de roca, y para determinar los espesores, como una primera aproximación, aplicaremos la fórmula de Thierry para los perfiles trapezoidales.

$$\frac{x}{h} = \frac{-3Nn + 2 \sqrt{N \left[3N \left(n^2 + \frac{1.000}{\omega} \right) - h(n^2 + 4.000) \right]}}{2(3N - 4\omega h)}$$

en la que

N = coeficiente de resistencia á la compresión que suponen 7 kg.

ω = peso de un metro cúbico de fábrica 2.250

n = talud del paramento de aguas abajo 0,50

h = altura de la presa 5 metros,

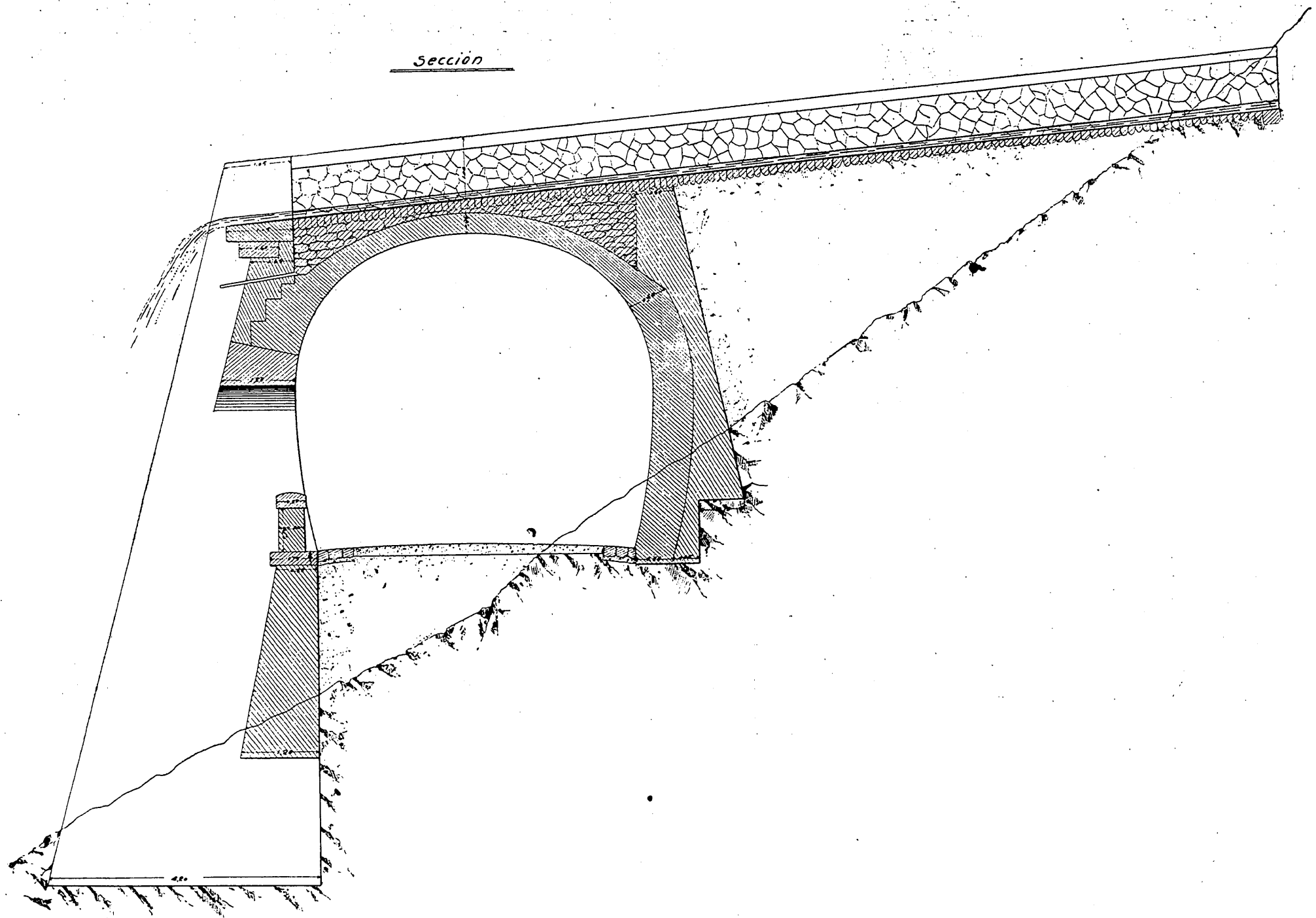
y sustituyendo valores resulta $x = 1,70$.

Espesor de la coronación = 0,50.

Ídem en la base = 2,90.

En vista de estos datos compondremos la presa con un trapecio de 0,50 en la coronación y de 3,50 en la base, con objeto de dar un talud al paramento anterior. Además reforzamos la coronación dándola 1,00 de anchura, redondeando las aristas y empalmando la vertical exterior de esta coronación con el talud por arco de círculo de 2,50 de radio.

CARRETERA DE ESTERRI À VIELLA



Trozo 3.º—Obras para el paso del Barranco de los Frailes.

Para comprobar la estabilidad de esta sección, empezamos por determinar la superficie A de la sección

$$A = 2 \times 5 = 10 \text{ m}^2$$

y el peso

$$P = 10 \times 2.250 = 22.500 \text{ kg.}$$

El peso p agua soportado por el paramento de aguas arriba

$$p = \frac{1}{2} 5 \times 0,50 \times 1.000 = 1.250.$$

La resultante P' de P y $p = 23.750$ y su punto de aplicación se determinará tomando momentos con relación á la arista interior

$$P \times 1,40 + p \times 0,20 = P' \times x,$$

de donde

$$x = 1,33.$$

Llamando Q el empuje del agua, será igual á la presión media ó sea 12.500, y estará aplicado al tercio de la altura á partir de la base

$$\text{Tang } \alpha = \frac{Q}{P} = \frac{12.500}{23.750} = 0,526.$$

La resultante de estas fuerzas estará en la base á la distancia

$$1,66 \times \text{tang } \alpha = 0,87.$$

Con estos datos, según la teoría de la elasticidad, la presión máxima es

$$n'' = \frac{P_1}{e} \left(\frac{4e - 6b}{e} \right)$$

sustituyendo valores resulta $n' = 16$ kilogramos, que no es excesiva dada la clase de materiales y la naturaleza del fondo y los estribos de roca granítica.

Cálculo del vertedero.

Suponiendo un caudal máximo de 2,5 metros cúbicos para una longitud de presa de 25 metros, tendremos una altura de agua sobre el borde de 0,15 metros.

El volumen de agua que entrará por la compuerta será de

$$Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} \left(h_1 \frac{3}{2} - h_2 \frac{3}{2} \right)$$

que es la fórmula de las aberturas rectangulares sumergidas, en las que μ es la altura del orificio $= 0,70$, $h_1 = 0,15$ la altura del agua sobre el borde superior de la abertura, $h_2 = 0,8$ la altura sobre el borde inferior, $b = 1,00$ la anchura del orificio.

Sustituyendo valores, resulta

$$Q = 1,39 \text{ m}^3.$$

Ahora bien, para determinar el desagüe del vertedero, veamos primero el caudal que marchará por el canal, calcularemos ésta por la fórmula de Kutter,

$$v = \frac{100 \sqrt{R}}{m + \sqrt{R}} \sqrt{Ri}$$

suponiendo que la lámina de agua sobre el vertedero es de 15 centímetros, con objeto de que en el canal tengan una reserva de 10 centímetros, á fin de que nunca marche en conducción for-

zada, tendremos que los elementos del canal serán los siguientes:

$$A = 0,615; p = 2,39; R = 0,26; m = 0,35;$$

$$V = 1,118; Q = 687 \text{ litros.}$$

Este caudal es 687, que restados del caudal que entre por la compuerta 1.390 litros, quedan 703 litros á desagüe por el vertedero: Mas como con 15 centímetros de carga su vertedero desagüa por cada metro 115,20 litros, serán necesarios

$$\frac{703}{115,20} = 7 \text{ metros en números redondos.}$$

El vertedero constará, pues, de siete arcadas.

Cálculo de la sección del canal.

Como disponemos de un exceso de altura, nos importa poco la economía de pendiente con objeto de tener una sección pequeña y no sólo esto, sino que, como hemos dicho, que las contingencias futuras elevarán el caudal á 500 litros, dispondremos esta sección con la capacidad necesaria para 500 litros.

Tenemos, pues, $Q = 500$ litros.

$V = 1$ metro por segundo.

Superficie de la sección

$$A = \frac{Q}{V} = 0,5 \text{ m}^2.$$

Aplicando la fórmula de Kutter,

$$v = \frac{100 \sqrt{R}}{m + \sqrt{R}} \sqrt{Ri} = K \sqrt{Ri}$$

en la que m para paredes de mampostería es igual á 0,35 y $K = 58,6$, de donde $i = 0,001213$.

Para determinar la sección cómo el acueducto ha de ser cubierto para protegerlas de los desprendimientos de las laderas y de las heladas, haremos la luz de 0,75, con objeto de cubrirlas con tapas, y entonces resulta $b = 0,666$, y tenemos la altura de 0,90, con objeto de dejar huelgo entre la superficie libre del agua y estas tapas, y, además, para no perder sección con los depósitos, si bien éstos no son de temer, porque ya hemos dicho que las aguas son perfectamente claras.

La sección del canal se compondrá de dos cajeros de mampostería ordinaria; el interior de un espesor uniforme de 0,30, y el exterior con 0,50 en la coronación y talud exterior de $\frac{1}{10}$, prolongación del muro de sostenimiento.

La solera será también de mampostería hidráulica de 25 centímetros de espesor.

Todo el interior de la sección llevará un enlucido de mortero hidráulico de 3 centímetros de espesor.

La cámara de agua es un depósito de 6 metros de largo por 3 de ancho y 2,5 de profundidad.

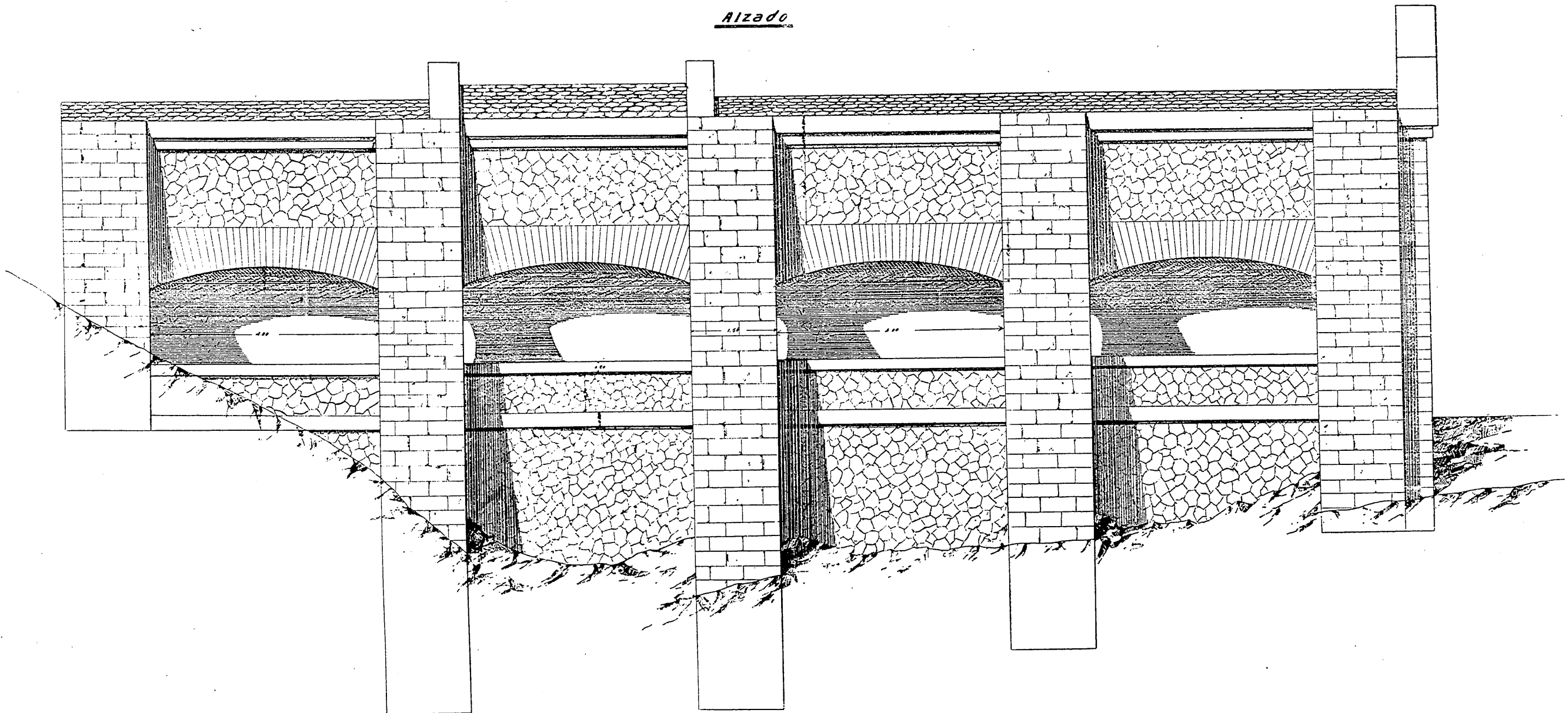
La pared posterior tiene 0,50 metros de mampostería hidráulica, y la anterior y laterales tienen un metro de coronación y talud exterior al $\frac{1}{10}$.

La solera tiene un metro de espesor y el todo está revestido de un enlucido de 3 centímetros de espesor de mortero hidráulico.

Está cubierto por un tejado de madera y pizarra, de un faldón para protegerle de las nieves y heladas.

CARRETERA DE ESTERRI Á VIELLA

Alzado



Trozo 3.º—Obras para el paso del Barranco de los Frailes.

Cálculo de la tubería de presión.

Para determinar la sección del tubo acudiremos á la fórmula de Ganguillet y Kutter.

$$\frac{1}{4} DJ = \left[\frac{1 + \left(23 + \frac{0,00155}{J} \right) \frac{2n}{\sqrt{D}}}{23 + \frac{1}{n} + \frac{0,00155}{J}} \right]^2$$

Como la altura disponible es muy grande, nada nos importa una pérdida de carga grande con objeto de tener un diámetro pequeño, así que suponiendo una pérdida de 30 metros, lo que distribuidos en 775 metros de longitud del tubo, da una pérdida de carga de 0,039 por metro, y entrando con este dato en el ábaco de la fórmula, resulta que el diámetro es de 36 centímetros, y rehechos los cálculos resulta que la pérdida de carga en este diámetro es 0,035 por metro, y en 775, 27,125 de pérdida de carga.

La velocidad V será:

$$V = \frac{0,250}{\frac{\pi D^2}{4}} = 2.456 \text{ metros por segundo.}$$

La potencia del salto es de

$$\frac{382.875 \times 250}{75} = 1.276,25 \text{ IIP.}$$

Estudiemos otra solución para el caso de que el caudal suba á 500 litros; con una pérdida de carga de 0,015 por metro, resulta un diámetro de 0,550 metros; en total la pérdida de carga sería de 11,625; quedando la altura total de 410 metros reducido á 398,375.

La potencia total sería de 2.655,82 HP.

Espesor del tubo:

La fórmula que nos da el espesor del tubo es

$$e = \frac{pD}{200 R},$$

en la que p = presión por metro cuadrado.

D = diámetro en metros = 0,36.

R = coeficiente de trabajo del metal = 6 kilogramos por milímetro cúbico.

En esta fórmula las cargas p deben aumentarse en un 15 por 100 para tener en cuenta los golpes de ariete de modo que las presiones de 400, 300, 200 y 100 metros, las sustituiremos por 460, 345, 230 y 115, respectivamente, y la fórmula nos da

$$e = 13,80, e = 10,35, e = 6,90 \text{ y } e = 3,45.$$

Según el ábaco de Bouchayer, estos espesores deben ser 12, 8,5, 5,5 y 1 que deben corresponder á una fabricación esmeradísima del metal y de los tubos. Nosotros conservamos las primeras cifras para tener un margen de seguridad.

Los pesos de los tubos en bridas es el siguiente:

Espesor	Peso por metro.	Longitud.	PESO TOTAL
14	131,54	265	34.858,10
11	103,36	156	16.124,16
7	65,77	184	12.101,58
3,5	32,89	170	5.591,30
			68.675,14

La tubería de 550 milímetros de diámetro tendría un peso de 181.423 kilogramos.

Para terminar esta cuestión analizaremos el coste de esta importantísima parte de la obra, aunque sea adelantarnos en el método de exposición.

De los presupuestos que tenemos á la vista para esta clase de trabajos en hierro resulta que el precio medio del kilogramo de acero para tubería forzada sobre vagón en Barcelona, es de 56,52 pesetas los 100 kilogramos, incluyendo en este precio las piezas curvas y los puntos de distancia.

	Pesetas.
El costo de la tubería de 36 cubierta será de.	38.815,19
Transporte por ferrocarril á Marignac, San Beat, 551 kilómetros, á 0,10 pesetas tonelada kilómetro: las 68.675,14.....	3.785,37
Aduanas, 10 pesetas tonelada.....	388,15
Transporte á Salardú, 25 pesetas tonelada..	1.716,88
Transporte al puerto á lomo, 40 pesetas tonelada.....	2.747

El montaje puede calcularse así, suponiendo una duración de cien días.

	Pesetas.
Un maquinista á 15 pesetas.....	1.500
Dos obreros herreros á 10 pesetas.....	2.000
Diez peones herreros á 4 pesetas.....	4.000
Aparatos.....	1.000
Taladrado.....	1.400
TOTAL.....	57.352,59

El coste de la tubería de 55 centímetros será como sigue:

	Pesetas
Coste de la tubería en Barcelona.....	102.538,85
Transporte por ferrocarril á Marignac.....	9.993,41
Aduanas, 10 pesetas tonelada.....	1.814,23
Transporte á Salardú, 25 pesetas tonelada....	4.535,57
Transporte al puerto á brazo, 40 pesetas tonelada.....	7.256,92
Montaje.....	9.900
TOTAL....	136.041,98

Vemos, pues, que el costo de este tubo es más del doble del de 36 centímetros y, por consiguiente, no hay ventaja en su adopción, puesto que la energía es solamente doble, y es mejor esperar á cuando esté ejecutada la carretera para instalar otro tubo de 36 centímetros de diámetro, que costaría unas 5.000 pesetas menos por las mayores facilidades de transporte y montaje.

Elección de turbina.

Para saltos tan grandes y de pequeño caudal es evidente la adopción de las ruedas americanas ó de Pelton, que en un pequeño volumen desarrollan una enorme energía.

En estos mecanismos la velocidad á la salida está dada por la fórmula práctica $V'_0 = k \sqrt{2gH}$, en la que H es la carga total en el centro del orificio y k un coeficiente que varía de 0,90 á 0,96. En nuestro caso $H = 383$ y $V'_0 = 87$.

La velocidad en la periferia de la rueda motriz w_0 debe ser para el máximo rendimiento igual á la mitad de V'_0 , ó sea de 43,50 metros.

Ahora bien, siendo n el número de vueltas por minuto,

$$n = \frac{60 \times 43,50}{\pi D}$$

en la que D es el diámetro de la rueda que, suponiendo ser de 796 milímetros, resulta $n = 1.000$.

El transporte al lugar de emplazamiento del túnel y del salto de agua es sumamente difícil, porque la carretera no llega más que a una distancia de la boca Este del túnel, de 10 kilómetros por camino de herradura, suponiendo que esté terminado el trozo 4.º de la misma carretera como es de esperar cuando se inauguren estas de que tratamos.

Por esta razón dividimos todo lo posible los órganos pesados de las máquinas, para facilitar los transportes.

Dispondremos, pues, dos turbinas de 400 caballos cada una, puesto que la máxima energía necesaria es de 400 caballos, y estas turbinas de eje horizontal se acoplarán directamente a dos alternadores trifásicos.

La casa de máquinas es un edificio de dos pisos de 10 metros de largo por 6 de profundidad.

En él se pueden instalar cómodamente tres grupos electrógenos de los que por el momento no se instalarán más que dos.

En el piso superior se instalarán todos los aparatos pararra-yos, cortacircuitos y castilletes de salida de los conductores, y podrá servir también de almacén.

Debajo de las turbinas se encuentra el canal de desagüe, de 1,50 de anchura, con fuertes estribos y cubierto con bóvedas para absorber la trepidación de la maquinaria.

Línea de transporte.

Cálculo de la línea.—Sean E_{eff} la tensión entre los hilos de la línea, I_{eff} la corriente por línea, α el decalage de la corriente sobre la tensión, W la potencia en las bornas del alternador que sabemos es igual a $E_{\text{eff}} I_{\text{eff}} \sqrt{3} \cos \alpha$, l la longitud de un hilo de la línea, p la pérdida consentida en línea y s la sección de un conductor en milímetros cuadrados.

Si llamamos r la resistencia de uno de los hilos que constituyen la línea, se tiene la relación:

$$\sqrt{3} r I_{\text{eff}} = \frac{E_{\text{eff}} \cos \alpha \times p}{100}$$

El valor de r a 0º, que será la media de las temperaturas en la región, será

$$r = \frac{l}{60 \times s}$$

y se puede escribir

$$\frac{\sqrt{3} \times l \times I_{\text{eff}}}{60 s} = \frac{E_{\text{eff}} \cos \alpha \times p}{100}$$

Multiplicando los dos términos por $E_{\text{eff}} \cos \alpha$, y observando que $E_{\text{eff}} I_{\text{eff}} \sqrt{3} \cos \alpha$ es igual a W , tendremos

$$s = 1,67 \frac{W l}{E_{\text{eff}}^2 \cos^2 \alpha \times p}$$

Dada la pequeña distancia del generador a las dos bocas del túnel, estableceremos dos líneas diferentes con objeto de hacer independiente el servicio de las dos.

Para la boca Este del túnel la distancia $l = 1.200$ metros, y para la Oeste $l = 4.000$.

La potencia total a conducir es de 850 kilovatios y cada línea transportaría la mitad si fuesen de igual capacidad las estaciones, mas por prestarse mejor la de la boca Este para la instalación, es natural que estén allí situados los talleres de carpintería, herrería, hospitales, habitaciones, etc., y, por tanto, esta estación consumirá los $\frac{2}{3}$ de la potencia.

De este modo en ella tendremos $\cos \alpha = 0,8$, $W = 670 \text{ KVA}$, $P = 1$ por 100, $l = 2.200$, $E_{\text{eff}} = 4.000 \text{ V}$.

$$s = 1,67 \frac{670.000 \times 2.200}{4.000^2 \times 0,8^2 \times 1} = 142 \text{ mm.}^2$$

El diámetro del hilo será de 14 milímetros.

La intensidad

$$I = \frac{670.000}{4.000 \times 0,8} = 209 \text{ amperios}$$

y la densidad de la corriente $\frac{209}{131} = 1,47$ amperios por milímetro cuadrado.

La línea de la boca Oeste tiene las siguientes características:

$W = 280 \text{ KVA}$ $\cos \alpha = 0,8$ $p = 1$ por 100 $l = 4.000$

$$s = 1,67 \frac{280.000 \times 4.000}{4.000^2 \times 0,8^2 \times 1} = 182 \text{ mm.}^2$$

El diámetro del hilo resulta de 16 milímetros.

La intensidad es $I = \frac{280.000}{4.000 \times 0,8} = 87,50$ amperios.

Densidad $D = \frac{87,50}{182} = 0,48$ amperios por milímetro cuadrado.

Para no tener hilos de diferente sección, que nos llevaría a separación de postes distintos, emplearemos sólo el diámetro de 16 milímetros.

Tenemos, pues, un hilo de cobre de 16 milímetros de diámetro colocado sobre apoyos a 50 metros. Tomando 28 kilogramos como carga de rotura del metal y un coeficiente de seguridad de 5, la tracción máxima que podrá admitirse para el conductor será de $\frac{28}{5} = 5,6$ kilogramos por milímetro cuadrado de sección del hilo.

El problema consiste en determinar la flecha a dar al hilo para no superar la tensión anterior en la hipótesis de que la temperatura mínima de la región sea de -20° , y la presión del viento de 2,50 kilogramos por decímetro cuadrado.

El peso del conductor por metro lineal es 1,769 kilogramos. La capa de nieve o hielo que recubre los hilos supera rara vez cinco veces el diámetro del conductor, lo que, dadas las densidades de estas materias, resulta el peso de la sobrecarga a la mitad, próximamente, del peso del conductor.

La presión del viento por metro de longitud tiene por valor

$$\frac{16 \text{ mm.} \times 250}{1.000} = 4 \text{ kg.}$$

El coeficiente de sobrecarga está dado por la relación

$$\frac{(1,769 + 4) 1.000}{201,71 \times 8,80} = 3,25.$$

En la que 201,71 es la sección y 8,80 la densidad del metal. Por consiguiente, la flecha tiene por valor

$$f = \frac{p a^2}{8 T} \quad f = \frac{3,25 \times 8,80 \times 50^2}{8.000 \times 5} = 1,78.$$

La longitud de la catenaria será:

$$L = a + \frac{8 f^2}{3 a} \quad L = 50 + \frac{8 \times 1,78^2}{3 \times 50} = 50,17.$$

Supongamos ahora que se admita una temperatura media de $+10^\circ$ y una temperatura mínima de -20° ; la diferencia de variación es de 30° C .

La longitud de la catenaria sería:

$$L' = L(1 - \alpha \theta) = 50,17 (1 - 30 \times 0,00001718) = 50,144.$$

La flecha correspondiente tiene por valor

$$f = \sqrt{\frac{3a(L-a)}{8}} = \sqrt{\frac{3}{8} 50 (50,144 - 50)} = 1,64$$

y la tracción será

$$T = \frac{Pa^2}{8f} \quad T = \frac{3,25 \times 8,80 \times 50^2}{8,001 \times 1,64} = 5,45.$$

Vemos, pues, que la tensión no supera el límite admitido, pero aun no alcanzará lo calculado, porque con temperaturas bajas la presión del viento no puede alcanzar el enorme valor asignado en el Reglamento.

Casa-habitación aneja á la casa de máquinas.

Como el lugar está completamente despoblado, y en invierno cae á veces una capa de nieve muy espesa, es necesario construir en lugar inmediato una casa que sirva de habitación á tres familias de distinto orden jerárquico, puesto que habrá permanentemente un mecánico electricista jefe y dos auxiliares.

El proyecto de casa que presentamos en el exterior es del mismo estilo que los dos asilos que se construirán en las bocas del túnel, pero más pequeña, pues su planta se reduce 13 por 11,60. La disposición de las cubiertas y crujías es también la misma de aquellos edificios, y al tratar de ellos quedará explicada en éste.

En cada piso puede habitar cómodamente una familia, por más que todos los empleados no serán casados, y entonces po-

drán habitar el principal y el segundo dos familias, teniendo las cocinas en el bajo, como es costumbre en el país. Pudiendo habitar el soltero en la casa de máquinas.

Coste del salto.

El presupuesto de ejecución material del salto de agua es de 88.664,82 pesetas, y el de contrata será 101.964,54, al que hay que agregar el coste de la instalación hidroeléctrica que ascenderá á 147.018 pesetas, en total 248.982,54, ó sean 311,23 pesetas caballo, coste sumamente reducido.

El número de caballos aprovechados es de 800, más ya hemos visto que la potencia del salto puede llegar á 2.000 HP. con sólo la instalación de otro tubo de bajada y un grupo hidroeléctrico de 1.200 HP., que en junto podrá costar 85.000 pesetas, obras de facilísima ejecución en cuanto se termine la carretera; en total, pues, suponiendo ejecutadas estas obras, tendremos un coste de 334.000 pesetas.

Veamos el precio de venta. Los 2.000 HP. son 1.470 kilovatios, suponiendo el precio ínfimo de 100 pesetas kilovatio-año, para precio de la energía en fábrica tendremos un interés de 147.000 pesetas anuales.

Suponiendo un interés del 6 por 100 al capital en 7 por 100 de amortización y conservación, y en 1 por 100 de gastos de explotación, en total en 14 por 100, aquel interés representa un capital de 1.050.000 pesetas, cantidad de la que hay que restar 85.000 pesetas del grupo hidroeléctrico; en total el precio ínfimo del salto es de 975.000 pesetas; pongamos la mitad para incluir la obligación del alumbrado del túnel y tenemos el coste pesetas 487.500.

JULIO MURUA.

Revista de las principales publicaciones técnicas.

La galería de la avenida Stokton en San Francisco (California).

Hállase actualmente en vías de ejecución un grandioso proyecto para mejorar las condiciones de viabilidad de San Francisco, en California, y que consiste en la perforación de numerosas galerías para evitar las subidas y bajadas que se encuentran con tanta frecuencia á lo largo de las vías de dicha ciudad.

El *Giornale del Genio Civile* se ocupa del mencionado proyecto y de él extractamos las consideraciones siguientes:

Las obras, que lleva consigo la realización del proyecto, se efectúan por el Municipio, y los gastos correspondientes vienen por completo á recaer sobre los propietarios de las casas, que, á consecuencia de la construcción de la galería, recibirán un aumento de valor. La tasa por metro cuadrado de área se ha establecido en relación al precio de alquiler de los establecimientos, de la importancia del tráfico y de otras consideraciones locales que tienden á influir sobre el probable aumento del valor de la propiedad misma.

La primera de estas galerías es la que está actualmente en construcción á lo largo de la vía Stokton, siendo su longitud entre extremos de 278 metros, á los cuales hay que añadir cerca de 42 metros por el acceso septentrional y 84 por el meridional, los cuales están en galería artificial.

Como puede verse en la figura 1.^a, el revestimiento es de cemento armado, de dos tipos diversos: el de la izquierda es para

la galería propiamente dicha, y el de la derecha para la galería artificial de acceso.

La argamasa que se emplea está formada en las proporciones ordinarias, con el adimento de 18 kilogramos de cal apagada por metro cúbico.

El revestimiento de la argamasa se ha dividido en trozos de

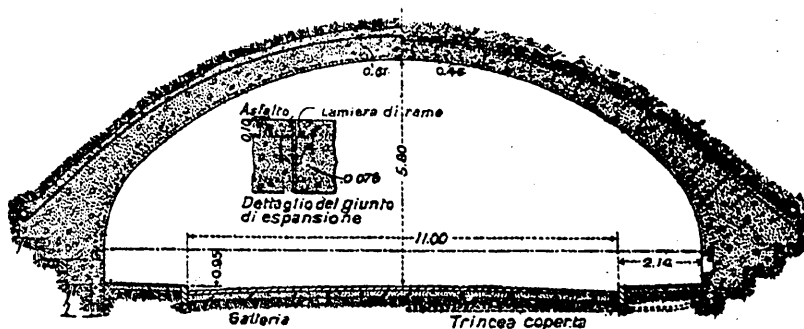


Fig. 1.^a

cerca de 15 metros separados por juntas de dilatación, las cuales están constituidas por asfalto fuertemente comprimido y por una lámina de cobre plegada, como se ve á la izquierda de la figura 1.^a

La excavación de la trinchera de acceso se ha efectuado con una excavadora de cuchara movida por vapor. Para la perfora-