

La electricidad, para un ferrocarril que pretende transformar un sistema de tracción, es sólo un medio y no un fin. Una Compañía ferroviaria sólo beneficios cosecha si concentra la atención y la habilidad de sus Ingenieros en los problemas inmediatamente relacionados con la explotación del ferrocarril, en vez de diseminarla en otros accesorios ó apendiculares. Al adquirir la energía eléctrica de otras entidades productoras, no sólo evita la inmovilización del capital que representan la central generadora y las líneas de transmisión, sino que el consumo requerido por su servicio de tracción viene á sumarse con el muy importante que otros suministros toman de la empresa mejorando el factor de carga total y reduciendo, en consecuencia, el precio de producción á una cifra que nunca sería posible alcanzar al ferrocarril dotado de central propia, que le esté exclusivamente afecta. Contratando con Empresas extrañas, puede también disfrutar de la seguridad de servicio que aportan los consorcios y mutuo apoyo que entre sí se prestan éstas en caso de averías, accidentes, penurias de agua en los aprovechamientos hidráulicos, etcétera, como los tienen establecidos las Empresas productoras en Madrid y en Barcelona.

El factor de carga (1) de una central que alimente exclusivamente un servicio de tracción, como el que requieren nuestras líneas férreas de interés general, es desconsoladoramente precario y enormes las fluctuaciones de la carga, circunstancias ambas las más desgraciadas para una económica producción. Si el servicio es alimentado por una gran central ya existente, no sólo el ferrocarril beneficia el factor de carga de aquélla, sino que además las fluctuaciones descienden enormemente en importancia relativa ó porcentual. Es hasta posible y aun probable que en una gran central para servicios generales de luz y fuerza, casi ninguna ó insignificante ampliación de *maquinaria* requiera la alimentación del ferrocarril, entrando por completo el consumo de éste en el margen de mejora del factor de carga. Los Ingenieros han profesado con frecuencia ideas erróneas por exceso respecto á la importancia del consumo de energía en la tracción eléctrica. De nuestro estudio específico en los ejemplos mencionados, ha de resaltar claramente esta indicación, pero permítasenos ilustrar desde ahora este punto con dato elocuente relativo á un ferrocarril cuya electrificación ha sido uno de los más recientes y sonados éxitos americanos; nos referimos al caso del BUTTE ANACONDA AND PACIFIC RAILWAY, que posee 90 millas de vías. Su equipo de material móvil consiste en 15 locomotoras de mercancías y dos de viajeros, con peso de 80 toneladas por locomotora (2). El servicio anual de la tracción se cifra próximamente en 5 millones de toneladas *netas* de mineral, con recorrido medio de 26 millas, es decir, más de 200 millones de toneladas-kilómetros de carga neta. El consumo de energía eléctrica para tal servicio anual, es del orden de 20 millones de kilovatios-hora. Un solo turbogenerador de 5.000 kilovatios (tipo que hoy es lícito calificar de pequeño) que forme parte de una central térmica, produce frecuentemente tal energía en un año, pues para ello su factor medio anual de carga no necesita exceder de 0,50.

Para dar significación comparativa á aquellas cifras, diremos

relation of Central Station Generation to Railway Electrification, presentó Mr. Samuel Insull, en Abril 1912, al American Institute of Electrical Engineers.

(1) Se entiende por *factor de carga* el cociente de dividir por la potencia máxima momentánea, la potencia media consumida. Este numerador es el número de kilovatios-hora diarios (por ejemplo) dividido por veinticuatro horas.

(2) En esta línea se llegan á formar trenes de 4.500 toneladas cortas (tonelada = 907 kilogramos, arrastrados por dos locomotoras de 80 toneladas, maniobradas sincrónicamente. Creemos que esto constituye un *record* en el peso del tron.

que el trabajo *útil* de 200 millones de toneladas-kilómetro se aproxima al 40 por 100 del trabajo útil de toda la línea del Norte (1) en el ejercicio de 1913, para un desarrollo de trazado de aproximadamente 900 kilómetros. Bien es verdad que el número de toneladas kilométricas de tara ó peso muerto es, en aquel ejemplo, muy inferior al del caso español; pero de todas suertes esta comparación da idea de las apreciaciones exageradas con que se suele computar el consumo de energía en la tracción eléctrica.

Que la producción de esta energía se haga por vapor ó por salto de agua, nos parece una cuestión muy secundaria bajo todos aspectos. Los más esenciales son los de precio y seguridad de servicio, y en términos generales no cabe pronunciarse apriorísticamente en favor de ninguno de los dos medios de producción, siendo, exclusivamente, las condiciones de cada caso particular las que dictaminarán sobre la materia.

Por toda las consideraciones que anteceden, sumadas á la de ser la producción de energía cuestión enteramente aparte del tema básico que desarrollamos, supondremos para nuestro estudio que el servicio de la explotación adquiere la energía entregada en las subestaciones convertidoras que estarán repartidas á lo largo del trazado, en el número y posición que aconseje el estudio técnico. Supondremos, también, que el precio á que esta energía se factura al servicio de tracción es de *tres céntimos de peseta* (0,03 pesetas) por kilovatio-hora medido en corriente alterna de alta tensión; este precio es favorable, pero no inconsideradamente reducido para una central térmica establecida en cuencas carboníferas, que pueden quemar combustible de inferior calidad ni para grandes aprovechamientos hidroeléctricos, como los de las cuencas pirenaicas. Para una utilización constante y uniforme, aquel precio equivaldría al de 260 pesetas por kilovatio-año ó 192 pesetas por caballo-año en alta tensión, cifras que no pueden considerarse como exageradamente bajas.

Así queda reducida la instalación que el ferrocarril necesita á: 1.º, subestaciones convertidoras; 2.º, línea de alimentación y circuito de retorno; 3.º, material móvil tractor. A estas inversiones de capital habrán de sumarse otras de mucha menor importancia, representadas por instalaciones de *cocherones* de locomotoras; almacenes de material de repuesto; talleres de revisión y reparación, etc.

Dos palabras para terminar estas generalidades: Creemos que de lo dicho hasta ahora resulta con claridad que cabe reducir el campo de discusión que provoca el tema de este concurso. De la *posibilidad* de electrificar los ferrocarriles españoles, no puede caber duda, al menos en el terreno técnico. La posibilidad en el terreno económico, entra dentro de la conveniencia. No estará, pues, injustificado que consideremos aquel tema reducido al que se enunciaría diciendo:

¿ES CONVENIENTE ELECTRIFICAR LOS FERROCARRILES ESPAÑOLES?

(Continuará.)

SALTO DE AGUA "COBREROS,, EN EL RÍO TERA (Sanabria.)

(CONCLUSIÓN) (2)

Caudal disponible.

La determinación del caudal disponible en el río Tera no puede fundarse actualmente en afloros directos, porque éstos nunca se han hecho, lo cual no tiene nada de particular, porque se tra-

(1) Madrid á Irún, por Avila; Villalba á Medina, por Segovia; el ramal de Alar y la circunvalación.

(2) Véase el número anterior.

ta de una región muy elevada y de clima muy duro en invierno.

En vista de estas circunstancias, en el verano del año 1917 organicé un servicio de aforos que consiste en anotar diariamente la altura del nivel del lago de Sanabria, medida en una escala colocada al pie del Balneario, observada por el guarda de este establecimiento, que vive todo el año en él, y en establecer dos tramos de aforo por vertedero, uno en el río Tera y otro en el Segundera, cerca de Ribadelago, donde podrá vivir el observador, para poder construir una curva de caudales, referida al kilómetro cuadrado de cuenca, en relación con la escala del lago de Sanabria; la cual tendrá muy pronto dos años de observaciones.

Para fijar por el momento con probabilidades de acierto el caudal con que se podrá contar en el río Tera á su salida del lago de Sanabria, se han aplicado á la cuenca correspondiente los resultados obtenidos en estaciones de aforo y pluviométricas situadas en otra de condiciones análogas á las de aquélla.

La cuenca del río Tera, superior al lago de Sanabria, es muy parecida por su altitud, configuración y vegetación á la del río Esla, aguas arriba de Riaño, y á la del Porma, aguas arriba de Lillo, una y otra en la región Norte de la provincia de León; de ambas poseo datos hidrológicos muy completos, de los cuales una gran parte han sido obtenidos directamente por mí con motivo de los estudios de dos aprovechamientos hidroeléctricos. Sus resultados pueden aplicarse sin vacilación alguna á la cuenca del Tera en la seguridad de que la realidad los superará porque aquéllos se han obtenido en estaciones que están á unos 1.100 metros sobre el nivel del mar, y la altitud media de la cuenca del Tera es 1.700 metros.

En la estación de aforos del río Esla, establecida cerca de Riaño, cuya cuenca tiene 600 kilómetros cuadrados de superficie, se han medido los caudales siguientes:

AÑOS	Caudal medio anual.	Caudal medio anual por segundo y kilómetro cuadrado en cuenca.
	Metros cúbicos por segundo.	Litros.
1913.....	29	48
1914.....	36	60
1915.....	45	75
1916.....	31	51
1917.....	27	45
1918.....	27	45

Si se prescinde de los años 1914 y 1915 y se halla el valor medio de los resultados correspondientes á los demás, se obtiene:

Caudal medio anual, 28,5 metros cúbicos por segundo.

Idem id. id. por kilómetro cuadrado, 47,5 litros por segundo.

Creo, por lo tanto, que no será una exageración adoptar en una altitud media de 1.700 metros el coeficiente 50 litros por segundo y kilómetro cuadrado de cuenca para deducir el caudal medio anual disponible en el río Tera á su salida del lago de Sanabria.

Las variaciones que tiene el caudal de este río aguas arriba de este lago son muy poco importantes por proceder todo él de manantiales permanentes y de la fusión de nieves, que si algún verano desaparecen por completo es ya bien entrado el mes de Septiembre; á fines de Junio de 1917 pisé durante una hora de marcha á pie, un nevero cuyo espesor pasaría de un metro seguramente, en Ventosa.

Excusado es decir que en Sierra Segundera, en Moncalvo, Peña Trevinca, etc., los había en gran número y mucho más importantes que el citado.

En el régimen del río Tera, aguas arriba del referido lago, la circunstancia más interesante es el estiaje invernal, de muy corta duración en los dos inviernos que tengo observados, veinte días en el pasado y ninguno en el actual, lo cual no tiene nada de particular en un país en el que tanto abundan los manantiales permanentes.

En resumen, puede afirmarse sin temor á equivocación:

1.º Que el caudal medio anual del río Tera en la región alta de su cuenca corresponde al coeficiente 50 litros por segundo y kilómetro cuadrado.

2.º Que las variaciones de este caudal durante el año son siempre muy poco importantes y pueden anularse, con la utilización, como pantano regulador del lago de Sanabria.

Precipitaciones.

Es absoluta la falta de observaciones pluviométricas en la región Sur de la provincia de León y en la Norte de la de Zamora, sobre todo en la parte occidental de la segunda, donde está situada la cuenca del río Tera, hasta mediados del año 1917.

En Julio de este año instalé un pluviómetro en La Puebla de Sanabria, el cual trasladé en Julio del año siguiente á San Martín de Castañeda, y encargué su observación al señor Cura párroco de este pueblo, D. Tomás Rodríguez, quien desempeña su misión con constancia, esmero é interés, que son muy de agradecer, desde el día 1.º de Julio último.

La situación actual del pluviómetro es mucho mejor que la anterior, aunque no del todo satisfactoria.

Con objeto de reunir el mayor número de datos posible encargué al observador de la escala del lago de Sanabria que anotara los días en que llovía ó nevaba; sobre todo en la zona alta de las sierras que se ven desde el lago, que son la Segundera y la de Vigo.

Y estos son todos los elementos de carácter pluviométrico de que se dispone, muy deficientes, es cierto, pero que, á pesar de ello, pueden servir para deducir alguna consecuencia interesante.

En efecto, con ellos se ha comprobado una circunstancia ya prevista por ser muy natural: la simultaneidad casi perfecta de los grandes temporales de lluvia y de nieve en la región NO. de la provincia de Zamora y en la Norte de la de León, hecho que tiene gran importancia, porque en la segunda se hacen observaciones pluviométricas que merecen toda confianza desde el otoño del año 1913, es decir, desde hace más de cinco años.

Puede afirmarse, sin la menor vacilación, que los regímenes de lluvias y de nieves en aquellas regiones han de ser completamente análogos, tanto en intensidad como en distribución, pues una y otra región son muy parecidas por lo que se refiere á su altitud, configuración y vegetación, además de estar muy próximas.

En vista de lo expuesto se han adoptado para la cuenca del río Tera, superior al lago de Sanabria, los resultados deducidos de las observaciones pluviométricas hechas en el Norte de la provincia de León.

Los datos recogidos hasta ahora en San Martín de Castañeda permiten asignar á esta estación una altura de lluvia anual de 1.200 milímetros.

Dada la forma general de las curvas de igual altura de lluvia y las altitudes de las estaciones, parece perfectamente lícito admitir que á la altitud de 1.700 metros estará la curva de 1.700 milímetros; en la cuenca alta del río Tera seguramente esta hipótesis es errónea por defecto.

Con tal altura de lluvia anual, el caudal bruto por segundo y kilómetro cuadrado de cuenca es 56 litros, el cual, con un coeficiente de aprovechamiento de 75 por 100, nada exagerado, dadas las condiciones de la cuenca, da para caudal útil 42 litros por segundo y kilómetro cuadrado (1).

Caudales solicitados y concedidos.

Los caudales solicitados del Ministerio de Fomento son los siguientes:

	Litros por segundo.
Del río Tera.....	6.500
Del río Forcadura.....	1.400
Del río Trefacio.....	2.000
Del río Vecilla.....	1.600
Del arroyo Valdarea.....	500
Del arroyo Truchas.....	1.200
TOTAL.....	13.200

Las áreas de las cuencas respectivas son:

	Kilómetros cuadrados.
Del río Tera.....	120
Del río Forcadura.....	30
Del río Trefacio.....	45
Del río Vecilla.....	35
Del arroyo Valdarea.....	10
Del arroyo Truchas.....	25
TOTAL.....	265

Estas áreas se han medido sobre los planos planimétricos levantados por el Instituto Geográfico y Estadístico, y dibujados en escala de 1 por 25.000.

Si se dividen los caudales antes consignados por las áreas de las cuencas correspondientes, se obtienen los resultados siguientes:

	Litros por segundo y kilómetros cuadrados.
Para el río Tera.....	54
Idem el río Forcadura.....	47
Idem el río Trefacio.....	44
Idem el río Vecilla.....	45
Idem el arroyo Valdarea.....	50
Idem el arroyo Truchas.....	52
VALOR MEDIO.....	50

Como la altitud de la coronación de la presa de derivación es de 1.026 metros, y el origen del canal se establece en forma tal que pueda recibir las aguas del lago hasta que el nivel de éste tenga la altitud de 1.016, se comprende que á la casa de máquinas podrán llegar todos los días del año 12.000 litros de agua por segundo, hecho sobre cuya importancia no es necesario insistir.

Considerado el lago de Sanabria como pantano, tiene las características siguientes:

Superficie de la cuenca, kilómetros cuadrados.....	250
Capacidad, metros cúbicos.....	30.000.000
Altura máxima de la presa, metros.....	6
Longitud máxima de la presa, ídem.....	50
Altitud del estiaje, ídem.....	1.016
Ídem de la coronación de la presa, ídem.....	1.026
Ídem del estiaje actual, ídem.....	1.020
Ídem media de la cuenca, ídem.....	1.700

(1) Es muy interesante lo que sobre este particular se dice en un artículo publicado en el núm. 2351 de *La Nature* (8 de Febrero de 1919) con el título «Les erreurs de la pluviométrie et le moyen d'y remédier»

Presa de derivación en el río Tera.

Su situación esta inmediatamente aguas abajo de la salida del río Tera del lago de Sanabria, sitio cuya altitud es 1.020 metros y que reúne condiciones excelentes para aquel objeto, porque tanto las márgenes como el fondo del río son de granito y hay la seguridad, por lo tanto, de que los cimientos de la presa tendrán muy poca importancia y se construirán sin dificultad alguna.

La coronación de la presa se coloca en la altitud 1.026 metros, y así su altura máxima será 6 metros, y como la longitud es unos 50, se comprende que la influencia del coste de esta obra en el presupuesto general no ha de ser muy grande.

Se propone una presa-vertedero porque su altura y la naturaleza del fondo del río lo permiten.

Tanto el cimiento como el cuerpo de esta obra se construirán con mampostería hidráulica por existir en sus inmediaciones numerosas canteras de excelente piedra granítica; claro es que también podrá utilizarse la procedente del desmonte y túnel para la explanación del canal. Los paramentos y coronación de la presa serán de mampostería concertada hidráulica.

Los precios que se han adoptado para estas mamposterías son los que figuran en el cuadro correspondiente del presupuesto del trozo primero de la carretera de Camarzana de Tera á La Bañeza con un aumento del 20 por 100, dadas las excepcionales condiciones topográficas y climatológicas del país y la falta de vías de comunicación. Hay que advertir, además, que dicho trozo de carretera fué subastado el 8 de Junio de 1918, y adjudicado a don Ventura Madrigal Rodríguez, con una baja que pasa del 20 por 100.

Los precios que se adoptan son los siguientes:

	Pesetas.
Metro cúbico de excavación para cimientos.....	10
Idem id. de mampostería ordinaria hidráulica.....	25
Idem id. de mampostería concertada hidráulica.....	50

Para formar el presupuesto se supone que tanto la presa como el cimiento tienen altura constante, 6 metros la primera y 2 el segundo, y por longitud 50 metros una y otro. El segundo cubica, por lo tanto, 180 metros cúbicos, y la primera 45 metros cúbicos en el interior y 96 en los paramentos.

El presupuesto de la presa es:

	Pesetas.
1.000 metros cúbicos de excavación para cimientos, á 10 pesetas metro cúbico.....	10.000
800 ídem de mampostería ordinarios hidráulica, á 25 ídem id.....	20.000
500 ídem de id. id. id. á 25 ídem id.....	12.500
600 ídem de id. concertada hidráulica, á 50 ídem id.....	30.000
Agotamientos y desvíos de cauce.....	50.000
Medios auxiliares.....	27.500
TOTAL.....	150.000

Canal.

Las obras de fábrica necesarias para cruzar los arroyos de las Truchas y de las Lágrimas tienen poquísima importancia.

Los túneles, dada la naturaleza granítica de los macizos en que se han de perforar, sólo ofrecerán para su construcción las dificultades que se derivan de la dureza y compacidad de la roca que hay que excavar.

Se propone que el canal sea cubierto en los desmontes para evitar su obstrucción durante los grandes temporales de invierno.

Para comprobar la sección del canal se ha aplicado la nueva fórmula de Bazin para determinar la velocidad, que es:

$$V = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}} \sqrt{Ri}$$

En el caso presente los valores de las magnitudes que figuran en la fórmula se han consignado en los planos de las secciones del canal á cielo abierto y en túnel.

La última parte del canal será más ancha y más profunda que el resto para constituir así la cámara de agua.

Para formar el presupuesto de la parte de canal á cielo abierto se han determinado los precios del metro cúbico de excavación y del metro cúbico de hormigón hidráulico para revestimiento, en la misma forma que se hizo para los correspondientes á la presa: dichos precios son los siguientes:

	Pesetas.
Méto cúbico de excavación en roca dura.....	4
Idem id. de hormigón hidráulico.....	30

El presupuesto del canal á cielo abierto será:

	Pesetas.
100.000 metros cúbicos de excavación en roca dura, á 4 pesetas metro cúbico.....	400.000
10.000 ídem de hormigón hidráulico, á 30 ídem id.	300.000
Terraplén para defensa de la bovedilla.....	50.000
TOTAL.....	750.000

Túneles.—Se han de perforar en el macizo granítico del NO. de la provincia de Zamora, razón por la cual se pueden prever, con grandes probabilidades de acierto, las dificultades que se han de presentar en su construcción, reducidas casi exclusivamente á las que ofrezca la dureza de la roca que es preciso excavar.

Aunque se puede asegurar que no será preciso revestir el interior de los túneles en toda la longitud, se incluye en el presupuesto la partida correspondiente para tal operación, que se hará con hormigón hidráulico sobre las paredes y fondo.

El precio del metro lineal de túnel le constituyen dos elementos principales: el coste de la excavación y del revestimiento.

Para fijar el primero se ha tenido muy presente lo que sobre el particular dice el distinguido Ingeniero de Caminos D. Manuel Bellido, en la Memoria de su proyecto de ferrocarril de Madrid á Valencia, que es lo siguiente:

«Siguen los precios del metro cúbico de excavación en túnel iguales para todas las secciones y variando según la longitud del subterráneo; como en estos precios va comprendido el coste de las entibaciones, no se establece diferencia entre los túneles abiertos en roca ó los que están en tierra, porque si la perforación de los primeros es más costosa, en cambio no requiere el gasto suplementario de los apeos y andamiajes. Cuando la longitud del túnel no exceda de 150 metros, el precio del metro cúbico de excavación se fija en 12 pesetas; para longitudes comprendidas entre 151 y 300, 15 pesetas; desde 301 á 500 metros, 17 pesetas; de 501 á 1.000 metros, 20 pesetas; y para todas las longitudes superiores á 1.000 metros, 25 pesetas por metro cúbico; estos son precios corrientes, sancionados por la práctica, y como en túneles, con mayor razón aún que en trabajos de explanación, los obreros suelen ser de fuera de la localidad, se puede admitir que cuestan lo mismo en cualquier región de la Península.»

Se han tenido también á la vista los precios del metro cúbico de perforación de varios túneles construidos en estos últimos años, como son los del ferrocarril de Huesca á Francia por Canfranc, incluso el internacional de Somport.

En vista de lo que antecede y de las circunstancias especiales de los túneles para el Canal, tanto por su longitud y sección como por lo que se refiere á las condiciones geológicas, topográficas y climatológicas de la región en que se proyecta, se ha adoptado el precio de 25 pesetas para el metro cúbico de perforación de túnel, incluido el importe de toda clase de medios auxiliares.

Para el metro cúbico del hormigón hidráulico que se ha de emplear en el revestimiento del fondo y paredes de los túneles se fija el precio de 35 pesetas, incluyendo en él el coste de los moldes.

El precio del metro lineal de túnel será:

	Pesetas.
8 metros cúbicos de perforación, á 25 pesetas metro cúbico.....	200,00
1,5 ídem de hormigón hidráulico, á 35 ídem id..	52,50
TOTAL.....	252,50

Se adopta 260 pesetas.

Y el presupuesto de los túneles:

	Pesetas.
2.350 metros lineales de túnel, á 260 pesetas metro lineal.....	611.000

Tubería de carga.

Se han estudiado las tres soluciones siguientes:

1.ª Dos tuberías de chapa de acero para un caudal de 6.000 litros por segundo cada una.

2.ª Una sola tubería de chapa de acero para doble caudal que las anteriores.

3.ª Túnel circular de 2,50 metros de diámetro perforado en un macizo de granitos, cuarcitas y filadios.

Dado el precio que tiene hoy la tubería de acero, superior á dos pesetas el kilogramo, no hay más remedio que prescindir de las soluciones correspondientes.

La tercera, que es la que propongo, tiene sobre las otras dos la ventaja, prescindiendo de la relativa al coste, de que una vez construída no habrá que temer averías, sin contar otras muchas más que no hace falta mencionar por lo evidentes que son.

La sección de la galería perforada tendrá 3 metros de diámetro medio y se revestirá con hormigón hidráulico para formar el tubo de 2,50 metros de diámetro.

Las características de éste son:

Area de la sección.....	4,80	m. ²
Caudal.....	12,00	m. ³ por 1"
Velocidad del agua.....	2,50	m. por 1"
Perdida de carga por metro.....	0,0023	m.
Idem id. total.....	6,10	m.

Para formar el presupuesto de la tubería se han adoptado los precios unitarios siguientes:

	Pesetas.
Metro cúbico de perforación en roca.....	30
Idem id. de hormigón hidráulico.....	50

Con ellos se ha formado el precio del metro lineal de tubería en la siguiente forma:

	Pesetas.
3 metros cúbicos de perforación, á 30 pesetas el metro cúbico.....	90
2,50 ídem id. de hormigón hidráulico, á 50 pesetas el metro cúbico.....	125
TOTAL.....	215

El presupuesto total de la tubería será:

	Pesetas.
2.650 metros lineales de tubería, á 365 pesetas el metro.	967.250
Obras auxiliares y accesorias.	57.750
Tubería de chapa de acero para la distribución del agua en la casa de máquinas.	25.000
TOTAL.....	1.050.000

Casa de máquinas.

Se ha elegido para situación de este edificio la zona Norte de la margen izquierda del río Requejo, próxima á la carretera de Villacastín á Vigo, terreno de excelentes condiciones por lo que se refiere á la cimentación de aquél, pues está á la vista la formación granítica que constituye toda la cuenca alta del río Tera.

Como se trata de un edificio cuyos cimientos, además de cubicar muy poco, se podrán construir sin dificultades y sin complicaciones, y como por otra parte hay abundancia de buenas canteras, muy cerca de aquél, está justificado que para formar su presupuesto se adopte el precio de 15 pesetas por kilovatio instalado, incluyendo en él el coste del puente-grúa y el del canal de desagüe, obra esta última que tiene poquísimas importancia.

Como la instalación mecánica está constituida por tres unidades de 5.000 kilovatios, una con el carácter de reserva, el presupuesto de la casa de máquinas es:

$$5.000 \times 3 \times 15 = 225.000 \text{ pesetas.}$$

Maquinaria hidráulica.

Propongo la instalación de tres turbinas de 7.000 caballos de potencia cada una, de las cuales dos pueden funcionar simultáneamente y la tercera constituye la unidad de reserva.

Tengo proposición formal y detallada presentada por uno de los principales fabricantes de turbinas en Europa. Las características de los motores que propone son las siguientes:

Altura neta del salto, metros.	110
Caudal, litros por segundo.	6.000
Potencia, caballos.	7.000
Velocidad, vueltas por minuto.	500
Rendimiento con 7.000 caballos.	83 por 100
Idem con 5.000 idem.	84 por 100
Idem con 3.500 idem.	80 por 100

Regulación.

Con cargas instantáneas de. Caballos	1.750	3.500	7.000
La variación máxima de velocidad es.	1,5%	4%	9%
La variación máxima de la presión con relación á la estática es.	—	—	8%

Se ha formado su presupuesto con los datos que figuraban en la proposición á que se hace referencia; es el siguiente:

	Pesetas.
Una turbina.	115.000
Un regulador universal.	18.000
Un cambio de velocidad.	1.500
Una transmisión.	1.500
Una válvula de retención.	23.000
Un embrague.	3.000
Un manómetro y un taquímetro.	1.000
Placas, etc.	5.000
Embalaje.	1.500
Transportes hasta puerto y derechos de aduana.	10.000
Transporte por ferrocarril y carretera (30 toneladas).	10.000
Montaje y pruebas.	10.500
TOTAL.....	200.000

Por lo tanto, las tres turbinas costarán 600.000 pesetas, completamente instaladas y en disposición de funcionar,

Maquinaria eléctrica.

Está constituida por los alternadores, las excitatrices, los transformadores elevadores, los aparatos de medida y los de regulación y protección.

Las características principales de los alternadores y transformadores son las siguientes:

Alternadores:

Potencia, kilovatios.	5.000
Velocidad, vueltas por minuto.	500
Frecuencia.	50
Tensión, voltos.	6.000

Transformadores:

Potencia, kilovatios.	5.600
Relación de transformación.	6 000/65.000

En las circunstancias actuales es muy difícil formar un presupuesto de esta clase de máquinas, hecho sobre el cual no es necesario insistir.

Con la base de datos y noticias que merecen gran confianza por proceder de personas que gozan gran crédito en asuntos electrotécnicos, se han adoptado los siguientes precios por kilovatio, en los cuales van incluidos todos los gastos:

	Pesetas.
Alternadores con toda clase de máquinas y aparatos auxiliares.	60
Transformadores elevadores con el aceite.	25
Aparatos de medida y de protección.	10
Servicios auxiliares.	3
Transporte por carretera y camino.	5
Pruebas.	5
Varios.	5

Como cada unidad es de 5.000 kilovatios y una de ellas tiene el carácter de reserva, el presupuesto de la maquinaria eléctrica será:

	Pesetas.
Tres alternadores de 5.000 kilovatios.	900.000
Tres transformadores elevadores.	575.000
Aparatos de medida y de protección.	100.000
Servicios auxiliares.	30.000
Transporte por carretera y camino.	75.000
Pruebas.	75.000
Varios.	95.000
TOTAL.....	1.600.000

Línea para el transporte de la energía.

Está incluida en el proyecto del salto de agua «Ribadelago».

Estaciones de transformación.

Para formar su presupuesto se han adoptado los precios siguientes por kilovatio:

	Pesetas.
Transformadores reductores con el aceite.	15
Aparatos de medida y de protección.	10
Transporte por carretera y camino.	5
Pruebas.	2
Edificio.	8
Varios.	5

En el supuesto de que sean 10.000 los kilovatios que hay que transformar, el presupuesto de las estaciones será:

	Pesetas.
Transformadores.	150.000
Aparatos de medida y de protección.	100.000
Transporte por carretera y camino.	50.000
Pruebas.	20.000
Edificios.	80.000
Varios.	50.000
TOTAL.....	450.000

Mercados.

Los principales son:

A. Instalación, en los terrenos inmediatos al lago, para la fabricación de productos nitrogenados con la utilización del nitrógeno atmosférico.

B. Ponferrada, población en la que muy en breve se iniciará un desarrollo industrial muy importante, cuya base es la explotación de los yacimientos ferruginosos Wagner en combinación con los carboníferos de Valdesamario y Villablino. Para dar idea de lo que puede ser esta explotación diré que, según el informe del Sr. Benoist, Ingeniero de minas, publicado en 1902, se podrán obtener, anualmente, los productos siguientes:

- 70.000 toneladas de lingote fosforoso.
- 100.000 idem de tochos de acero.
- 20.000 idem de fundiciones.
- 145.000 idem de aceros laminados.
- 1.000.000 idem de mineral calcinado
- 80.000 idem de carbón seco cribado.

Además, en el libro del Sr. D. Julio de Lazúrtegui, titulado *Una nueva Vizcaya á crear en el Bierzo*, publicado el 1.º de Septiembre de 1918, hay el siguiente párrafo en la página 139:

«Probable es que dentro del próximo quinquenio cristalicen en el Oeste de León las siguientes realidades: 1) año 1919, ferrocarril Villablino-Ponferrada, transportador, al poco tiempo, de un millón de toneladas de hulla anuales; 2) año 1921, Altos Hornos y Acerería de Ponferrada, productores de 600.000 toneladas de lingote, transformables en 500.000 de laminados de acero; 3) año 1922, ferrocarril Ponferrada-Villafranca-Villaodrid, transportador de 1.500.000 toneladas de minerales de hierro (y acaso tocho de acero, etc.) para la exportación.»

C. Centro de Castilla la Vieja. Es el más indicado, sobre todo, si se reúne la potencia del salto Cobrerros, 14.000 caballos con los correspondientes á los de Ribadelago, Cofiñal y Cistierna, que son, respectivamente, 12.000, 6.000 y 40.000 caballos, en todo tiempo merced á los embalses, naturales en los dos primeros y artificial en el tercero, que pueden establecerse en sus cabecezas. En esta forma se podrían tener en Valladolid todos los días del año cerca de 60.000 caballos para distribuir entre esta capital y una zona á su alrededor de 50 á 100 kilómetros de radio, muy poblada y muy rica, mal dotada hoy de energía eléctrica, como es bien sabido.

PRESUPUESTO

CUADRO DE PRECIOS

	Pesetas.
Metro cúbico de excavación para cimientos.....	10
Idem id. de mampostería ordinaria con mortero de cemento portland.....	25
Idem id de mampostería concertada con mortero de cemento portland.....	50
Idem id. de excavación en roca dura á cielo abierto.....	4
Idem id. de hormigón con mortero de cemento portland.....	30
Idem id. de excavación en roca dura en túnel (canal).....	25
Idem lineal de túnel revestido.....	260
Idem cúbico de excavación en roca dura en túnel (tubería de carga).....	30
Idem id. de hormigón con mortero de cemento portland.....	50
Idem lineal de tubería de carga revestida.....	365

Presupuesto general.

Con los datos que anteceden se ha formado el presupuesto general, en el que figuran unas cuantas partidas con cantidades alzadas, las cuales son, relativamente, de poca importancia, por cuya razón su influencia en el total es tan pequeña que no se cree necesario detallarla ni justificarlas.

PRESUPUESTO GENERAL

	Pesetas.
I.—Presa y canal:	
Presa en el río Tera.....	150.000
Compuertas.....	20.000
Casa para dos familias.....	10.000
Canal cubierto á cielo abierto.....	750.000
Canal en túnel.....	611.000
Obras de fábrica (1).....	200.000
Cámara de agua y accesorios..	30.000
Casa para dos familias.....	10.000
Expropiaciones y servidumbres	150.000
	1.931.000
II.—Regularización del caudal:	
Presas con sus accesorios.....	100.000
Canales.....	500.000
Expropiaciones,.....	50.000
	650.000
III.—Tubería de carga.....	
	1.050.000
IV.—Casa de máquinas.....	
	225.000
V.—Maquinaria hidráulica.....	
	600.000
VI.—Maquinaria eléctrica:	
Generadores y transformadores	1.600.000
Estaciones de transformación.	450.000
Líneas secundarias.....	400.000
	2.450.000
SUMA.....	6.906.000

PRESUPUESTO TOTAL

	Pesetas.
Presupuesto general.....	7.000.000
Estudios y replanteo..	100.000
Administración, impuestos, seguros, etc.....	150.000
Imprevistos.....	500.000
TOTAL.....	7.750.000

	Caballos.	Kilovatios.	COSTE EN PESETAS	
			Por caballos.	Por kilovatios.
Potencia en el eje de las turbinas...	14.000	10.300	319	434
Idem en los terminales de los alternadores.....	13.160	9.682	426	579
Idem en el origen de la línea de alta tensión.....	12.765	9.392	475	646
Idem en el extremo de la línea de alta tensión.....	11.871	8.735	549	747
Idem en las barras de salida de las estaciones de transformación...	11.515	8.473	600	816

B. OLIVER Y ROMÁN,
Ingeniero de Caminos.

Madrid, Junio 1919.

(1) Toma de aguas en el lago de Sanabria y pontones.

