

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.

Aprovechamientos pertenecientes á la Energía eléctrica de Cataluña

En las altas regiones pirenaicas, casi en la cabecera de las cuencas de los ríos Flamisell y Noguera de Cardós, afluentes uno y otro del río Noguera-Pallaresa, se hallan proyectados los aprovechamientos hidroeléctricos de la importante entidad denominada Energía eléctrica de Cataluña, la cual ha utilizado los notables trabajos debidos al Ingeniero de Lyon M. León Mouraille, á quien conocí en esas regiones haciendo tan interesantes estudios en el verano de 1907.

El macizo pirenaico, en el que se desarrollan los proyectados saltos, pertenece al sistema siluriano; pero en la parte superior á la cota media, de 2.000 metros de altitud sobre el mar, aflora ya el terreno granítico, cuya acción ha metamorfoseado de un modo notable los esquistos contiguos.

En esas elevadas regiones comprendidas entre las altitudes de 2.000 y 3.000 metros sobre el mar, los valles son muy abruptos, apareciendo grandes circos glaciares, laderas muy escarpadas, y la serie de ensanchamientos formados por los lagos y los estrechamientos constituidos por los rápidos con una disposición de rosario semejante á la que tenían los ríos inicialmente desde su nacimiento á la desembocadura en la época subsiguiente al levantamiento geológico, esto es, antes de que las denudaciones diluviales produjeran la erosión de las laderas y la constitución de terrenos sedimentarios y conos de deyección que desde entonces acá venían cambiando la faz de los valles y el régimen de los ríos.

En la parte alta las erosiones no han existido ó han sido poco importantes, tanto á causa de la poca extensión de las cuencas como por la extraordinaria resistencia de las rocas graníticas que constituyen las laderas, no habiendo por ello arrastres que puedan acumularse en los ensanches, para formar los valles y planicies que tanto abundan en las zonas inferiores de las cuencas de éste y de los demás ríos de nuestro país.

A causa de ello, los ensanches de los talvegs se hallan constituidos por lagos profundos llenos de agua purísima y cristalina, y tienen tanta importancia, que, con el Sr. García Marien, sondeé en 1907 uno de otra cuenca, obteniendo una cota máxima de unos 70 metros de profundidad.

En la parte superior de la cuenca del río Flamisell se halla una serie de más de 25 lagos naturales, sitios entre las altitudes de 2.570 y 2.029 metros, cuya es la cota del lago Estangento;

el conjunto que ofrecen estos curiosísimos depósitos naturales de agua es por demás pintoresco é interesante, pues no hay dos lagos que sean iguales, y todos ellos ofrecen los más pintorescos tonos, no sólo por los colores propios, sino también por los reflejados del cielo y de las vertientes de alrededor; en sus orillas puede verse, como á través de nítido y transparente cristal, el fondo rocoso del álveo hasta profundidades importantes, sobre todo si el agua está tranquila y el sol brilla con su mayor esplendor en el firmamento.

Los lagos de referencia se hallan escalonados, pero unidos entre sí por talvegs y vertederós naturales, constituyendo un conjunto de más de 3.500 hectáreas de superficie y formando un sistema hidrográfico muy á propósito para conseguir la regularización del gasto del río de un modo sencillo y económico á la par.

Al principio ofreciéronse dudas acerca del aprovechamiento de estos lagos por el peligro de las fuertes heladas de invierno, pero se desechó este temor por el conocimiento de lo que ocurre en los lagos alpinos, sitios á más de 2.000 metros de altura, donde la capa de hielo alcanza un cierto espesor máximo, y sólo sube ó baja el hielo con el nivel acuoso en el lago, sin imposibilitar el aprovechamiento de la masa líquida del mismo.

Como ejemplo de instalaciones hidráulicas análogas podemos citar:

A) La del Mont-Cenis, que utiliza tres saltos sucesivos de una altura total de 1.100 metros, alimentados con un lago de 6.000.000 de metros cúbicos de reserva.

B) La de los lagos Pexiavo y Blanco, con una reserva de 14.000.000 de metros cúbicos, produciendo el salto de Brusio, cuya fuerza se ha transportado, mediante una canalización de 170 kilómetros, á las centrales eléctricas de las cercanías de Milán.

C) La nombrada fuerza del Adamello, producida por las aguas del lago de Arno, de 12.000.000 de capacidad, que produce un salto único de 900 metros, generador de una fuerza de 40.000 HP., de los cuales una parte se transporta á Milán, distante 130 kilómetros, y

D) Por fin, consignaremos los datos relativos á la Sociedad Negri, que utiliza una serie de lagos escalonados entre 2.500 y 2.000 metros de altitud sobre el mar, proporcionando con un salto único de 700 metros una fuerza cuantiosa que se transporta por corriente eléctrica á Génova, mediante una canalización de 180 kilómetros.

De los datos que nos ha proporcionado la Energía eléctrica de Cataluña, se deduce que ésta dispondrá más adelante la construcción de varios saltos que tiene en estudio en el Valle del río

Noguera de Cardós, de 60.000 HP. de fuerza total, con cuenca de alimentación de más de 50.000 hectáreas, y pudiendo crearse un embalse regulador de 2.000.000 de metros cúbicos mediante una presa económica de realización muy fácil, ya que el desfiladero mide en algunos puntos sólo 5 metros de anchura.

Conocidos tales antecedentes, pasamos ya á ocuparnos de los saltos del Flamisell, y lo hacemos con mayor detención por estar ya realizándose las obras para su aprovechamiento.

Régimen pluviométrico: Trabajos previos.—Por su mucha altitud y por hallarse en la zona de mayor condensación acuosa del Pirineo, los valles del Flamisell, Cardós, alto Noguera-Pallaresa y Garona, reciben una cantidad de agua anual realmente enorme; la altura anual de lluvia que, así en el Delfinado como en la Saboya es de un metro, alcanza en aquellos valles el doble y el triple de esa cifra, lo que permite contar con grandes masas de agua que en esas ocasiones constituye un vasto depósito de energía acumulada, la cual, por el contrario, disminuye en épocas de los estiajes, así de invierno como de verano, circunstancia que sortean las Sociedades que tienen posibilidad para ello, disponiendo de saltos distintos cuyos mínimos no coincidan, sacando mucho mayor partido de sus respectivos aprovechamientos.

A este fin la Energía eléctrica de Cataluña trata de combinar las ventajas del aprovechamiento del Flamisell, de salto de mucha altura y poco caudal, con el salto del Noguera de Cardós en el que el caudal ya es importante.

Como quiera que en el Valle del Flamisell sólo había un camino de herradura, muy malo por cierto, hubo necesidad de comenzar los trabajos con la construcción de una vía de comunicación, á cuyo efecto se utilizó el proyecto de camino vecinal á Capdella; cuya obra se construyó con asombrosa celeridad, permitiendo llegar al estado de adelanto en que se hallan los trabajos.

Trabajos hidroeléctricos en construcción.—El sistema de explotación hidráulica consiste en el aprovechamiento de los 24 lagos, principales, cuyo álveo es de granito, no utilizándose el llamado Tapat porque la mitad del mismo lago tiene márgenes esquistosos que podrían dejar perder una parte del agua afluyente al citado cuenco.

Las aguas del grupo de los lagos del Norte (véase el plano de conjunto), se reúnen el lago Tort; las de los sitios al Oeste, se reúnen todas en el lago Fossé, las cuales, juntamente con las del lago Tort, desaguan, mediante un mismo canal, en el lago Estangento; á éste vierten también directamente los lagos que hay en la zona del Este; así, pues, por ser el lago Estangento el sito más al Sur y el más bajo de todos, con cota de 20,29 metros sobre el mar, es el cuenco de reunión de todas las aguas de los embalses de referencia, que son naturales, si bien requieren distintas obras para su más conveniente utilización.

Los siete lagos que afluyen al Tort, y que con éste forman los ocho del grupo Norte, son conocidos por Mortes, Castieso, Laisirola, Cuveso, Mariola, Vidal y Vidal de Munt. Las aguas vierten, naturalmente, de unos en otros, y como obra importante sólo hay que construir en el Tort una presa de embalse, teniendo el muro de cerramiento el objeto de aumentar la cantidad de agua retenida y de contener las arenas á fin de que no pasen á la tubería.

El grupo del Oeste se halla constituido por los 12 lagos Alt, Conca, Rus, Francis y Francis d'Amunt, Ribanegra, Saladino, Traversam, Reguera, Cogomella, Grenille, Mureras, Salado y Fossé; todos ellos son afluentes del río Cerna, en el cual se dispone una presa de captación de las aguas de los lagos citados, hasta el Traversam inclusive, y su conducción, que mide 2,70 kilómetros (dentro de cuyo total hay tres túneles), recoge las aguas de los lagos restantes del grupo para lanzar el conjunto de ellas

al lago Fossé, del cual pasan al Estangento mediante un conducto de 16 metros de largo, que recibe también los del lago Tort y grupo Norte.

Los cinco lagos del Este, además del Frescau, que seguirá vertiendo en el Estangento, son los Sabur, Mar y Colomina, que verterán todos tres sus aguas á éste, á cuya efecto, levantarán las correspondientes presas en los lagos Frescau y otra en el Mar (ésta de 33 hectáreas).

Con el fin de concretar las condiciones de los referidos lagos, los agruparemos en el siguiente cuadro, en el que se designan las principales condiciones de altitud, superficie, cota y cabida de los lagos más importantes.

NOMBRE DEL LAGO	Superficie M ²	Cota sobre el nivel del mar en metros	Volumen ó cabida en m ³ después de	OBSERVACIONES
Alt.....	12.000	2.560	»	»
Ribanegra.....	20.000	2.480	»	»
Rus.....	12.000	»	»	»
Conca.....	8.000	»	»	»
Francis y Francis d'Amunt.....	30.000	2.380	»	»
Saladino y Traversam.....	12.000	»	»	»
Reguera.....	20.000	»	»	»
Salado.....	40.000	2.570	»	»
Tapat.....	68.000	»	»	»
Cogomella.....	60.000	2.051,50	»	No se utiliza.
Grenuille.....	20.000	»	»	»
Mureras.....	20.000	»	»	»
Mortes.....	52.000	2.363,30	»	»
Castieso.....	40.000	»	»	»
Laisirola.....	40.000	»	»	»
Cuveso.....	32.000	»	»	»
Mariola.....	52.000	»	»	»
Vidals de Munt y Vidal.....	48.000	»	»	»
Tort.....	40.000	»	»	»
Fossé.....	36.000	»	»	»
Frescau.....	285.000	2.176,20	6.750.000	»
Sabur.....	52.009	2.118,50	1.500.000	»
Estangento.....	62.250	2.312,40	1.500.000	»
Colomina.....	172.000	»	»	»
Mar.....	205.240	2.029	3.100.000	Receptor gral.
Saburo.....	128.140	2.303	1.550.000	»
	316.080	2.325	6.350.000	»
	»	»	2.000.000	»
		TOTAL...	22.750.000	

Las obras hidráulicas que en la actualidad se realizan en los distintos lagos son las siguientes:

Se represa el río Cerna de modo de recoger las aguas del grupo de lagos dispuestos en torno del lago Francis, las cuales, así captadas, son conducidas, mediante un túnel de 1 kilómetro de largo, al talveg alimentador del lago Tapat, que, á su vez, es represado, así como el del lago Mureras, continuándose la conducción de las aguas al lago Fossé, donde son vertidas por el conducto expresado, cuya longitud total es de 2,70 kilómetros; el talveg del lago Fossé se cierra al Sur, por una presa, y la captación de las aguas se hace llevándolas al río Tort, mediante un túnel de 300 metros de largo.

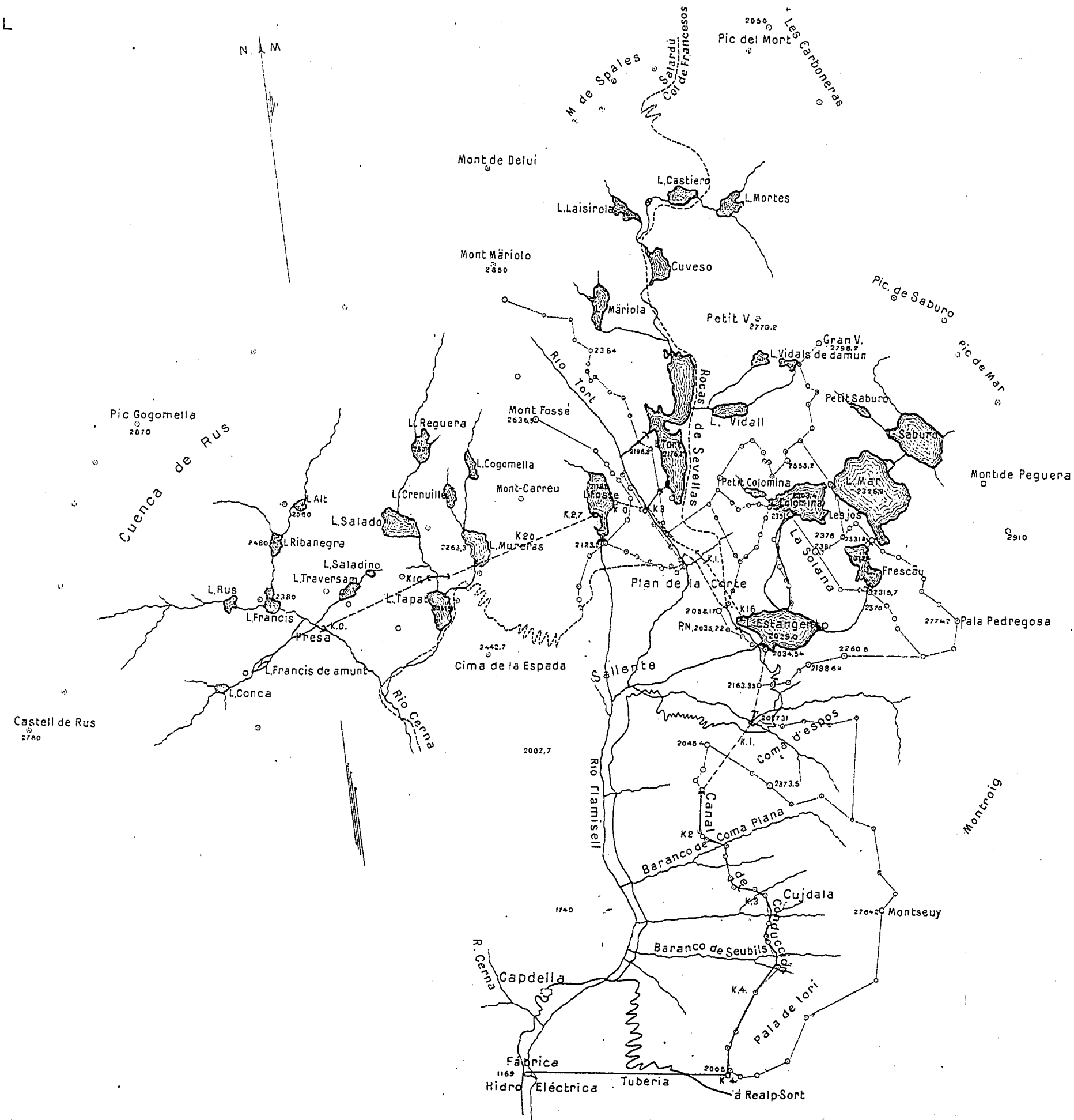
A su vez, la cuenca del lago Tort se cerrará mediante una presa de 111,20 metros de longitud y 12,50 de altura máxima, fundada sobre el terreno granítico, que es una verdadera cimentación.

La derivación de las aguas se verificará mediante un túnel, á continuación del cual se dispondrán dos tubos con sus correspondientes compuertas, y en el río Tort se emplazará otra presa de retención de la mayor parte de las arenas arrastradas.

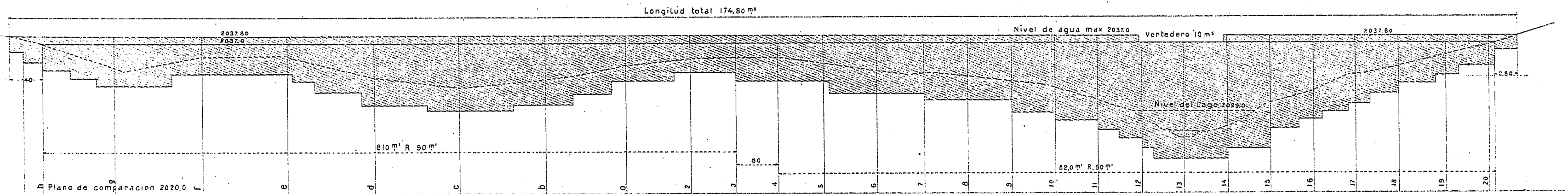
El conjunto de las aguas procedentes del lago Tort, del río

RIO FLAMISELL

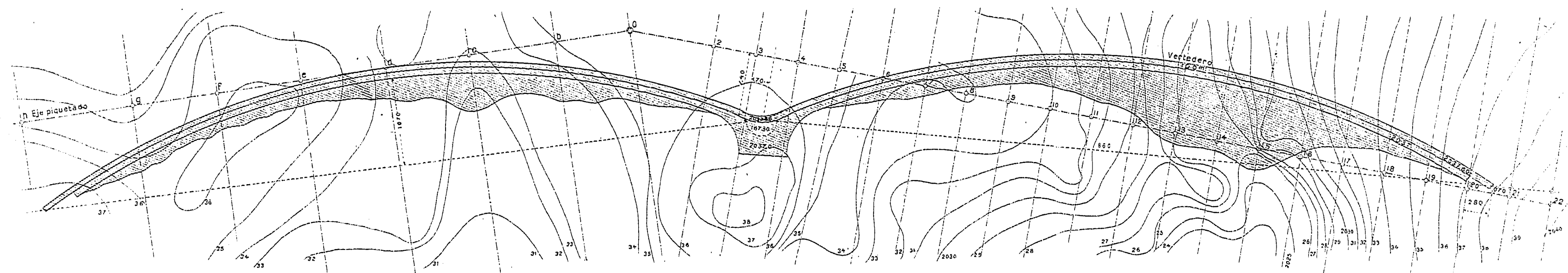
Plano de conjunto
E. 1:40,000



Figª Nº 1.
Sección Longitudinal E. I: 400

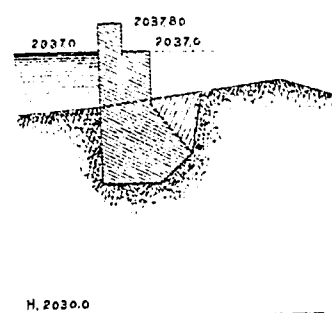


Figª Nº 2.
Planta E.I. 400.

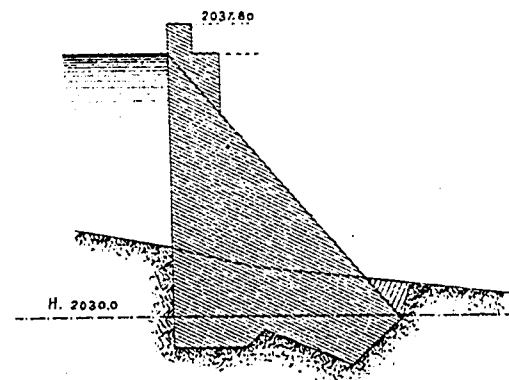


SECCIONES TRANSVERSALES

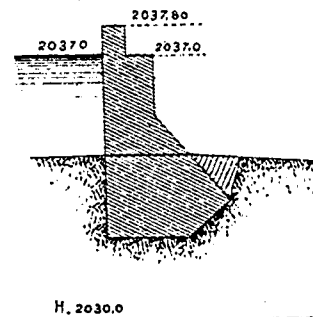
Figª Nº 3.
Perfil. e.



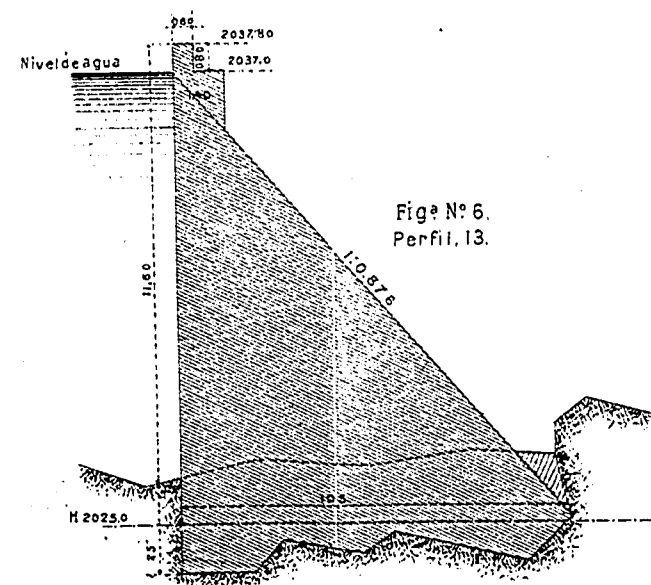
Figª Nº 4.
Perfil. c.



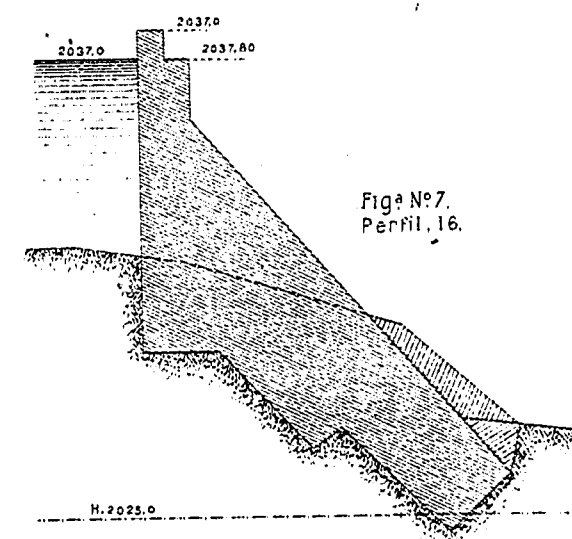
Figª Nº 5.
Perfil. b.

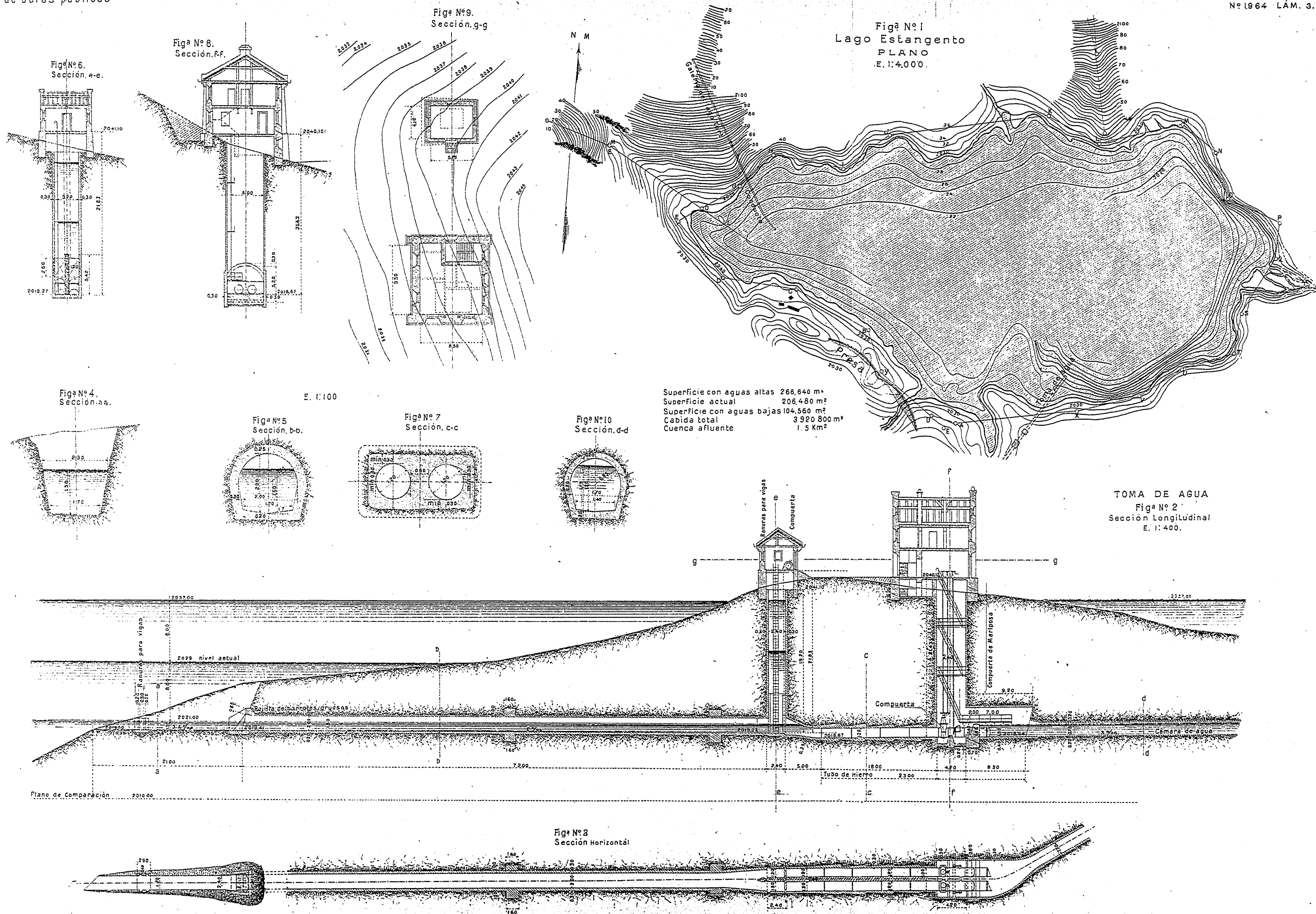


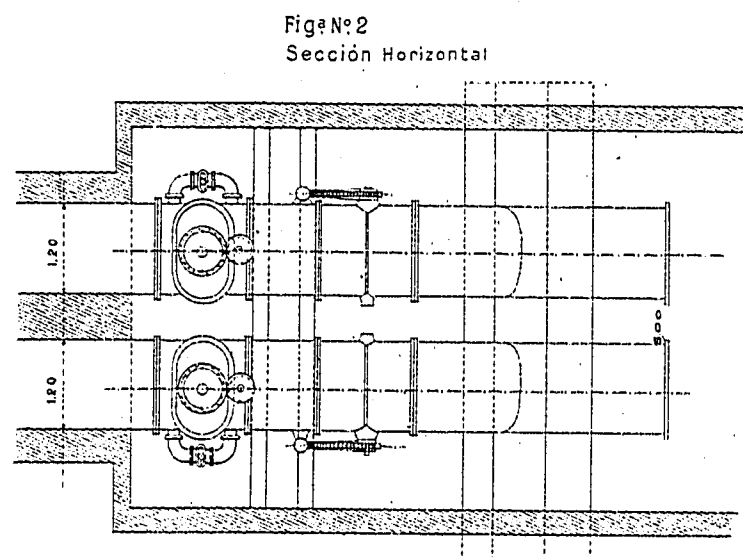
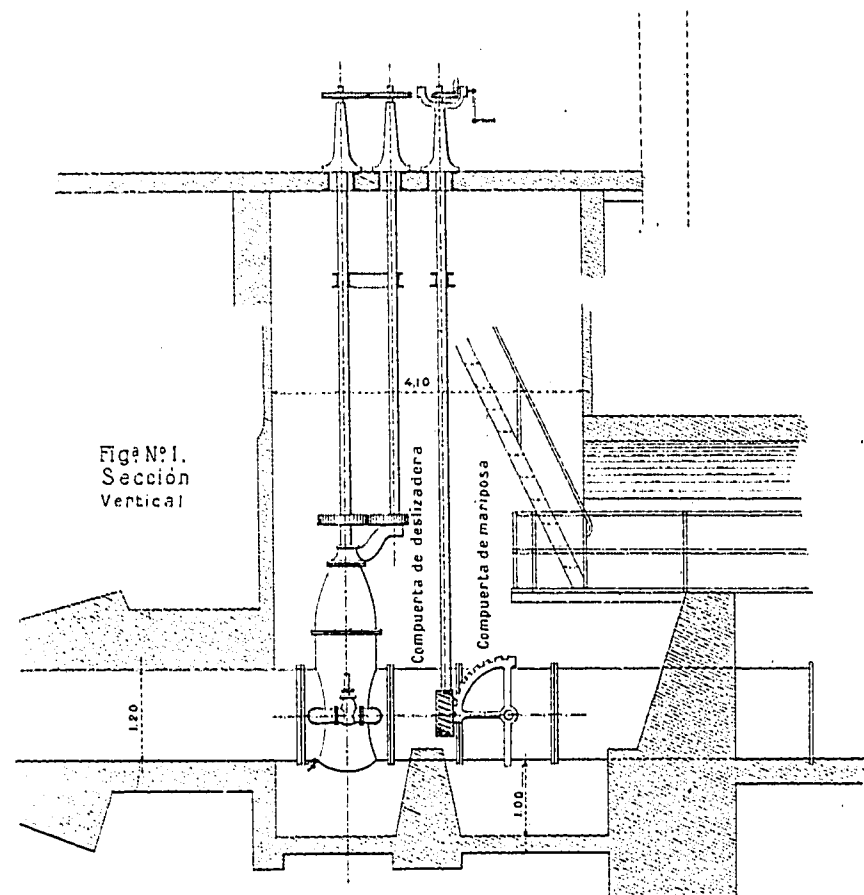
Figª Nº 6.
Perfil. 13.



Figª Nº 7.
Perfil. 16.







E 1:100
Disposición de las compuertas para tubos de ϕ 1.20 m. et. ϕ 0.60 m.

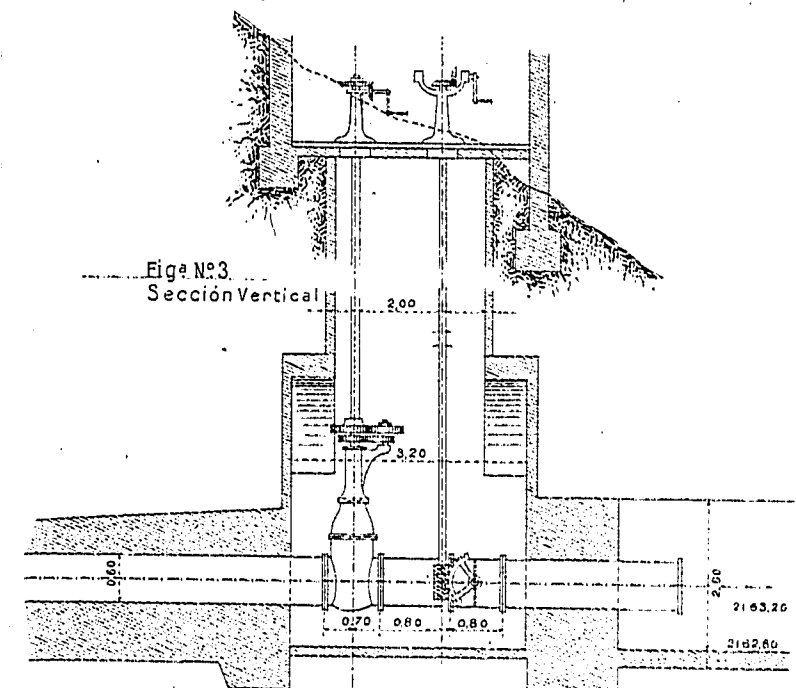
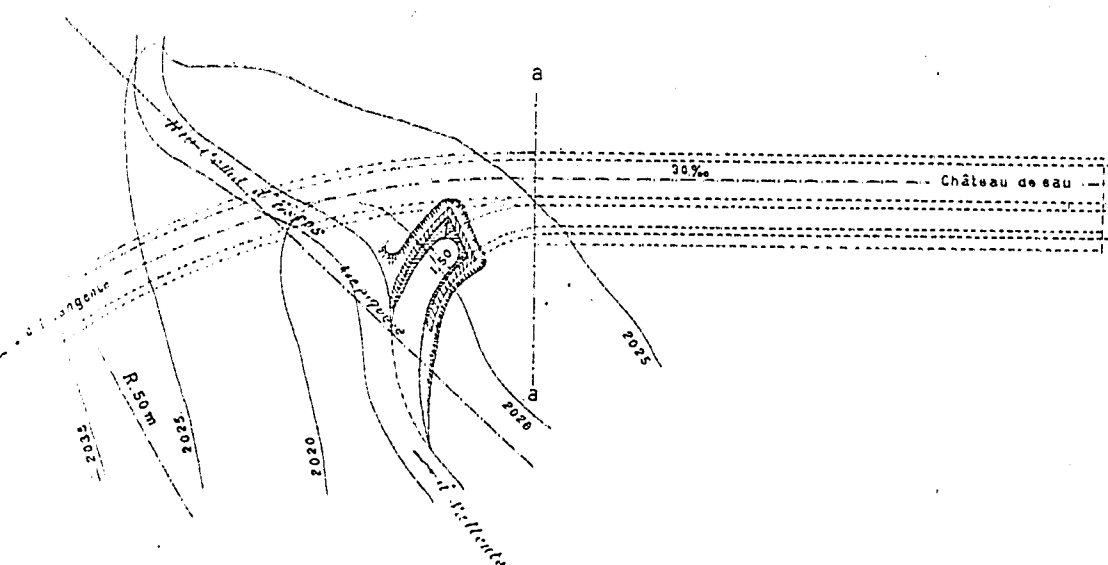
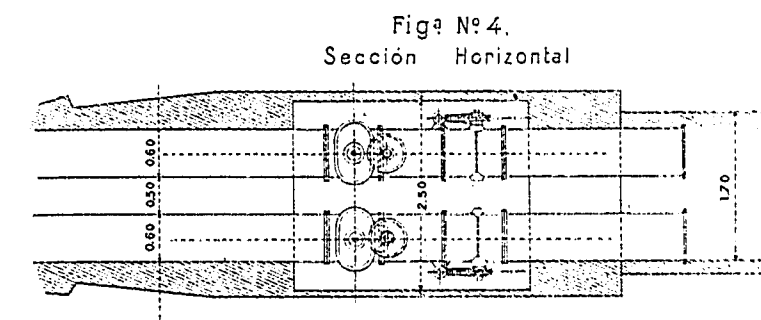
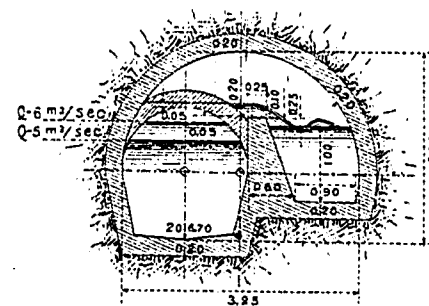


Fig. Nº 5.
Sección transversal del vertedero
Coma de Espos a la galería de evasión de Estangento



Tort y del lago Fossé afluirá á un canal de captación que las conducirá hasta el lago Estangento.

Por otra parte, afluirán al mismo lago Estangento las aguas del grupo oriental de los lagos, á cuyo efecto el lago Mar, que vierte su caudal en el lago Frescau, será agrandado, cerrándose la comunicación entre ambos, á fin de que elevado el nivel de aguas del lago Mar, éste vierta al Colomina, que también se levantará, disponiéndose una presa de 78 metros de longitud y 8 de máxima altura.

Las aguas del lago Colomina son conducidas al lago Estangento, y al mismo afluirán también las del lago Frescau, cuyo nivel se levantará mediante una pequeña presa.

Las disposiciones especiales que acusan los planos están tomadas en previsión del efecto de las heladas, que podrían impedir la continuación del desagüe. Gracias al sistema adoptado de galerías inferiores al hielo no será necesaria ninguna vigilancia especial durante la época invernal, y á tal efecto, se han dispuesto las tomas de modo que no haya lugar á maniobrarlas durante la citada estación, y se han dispuesto las cosas de modo que corresponda á la cantidad de agua que debe llegar al lago Estangento, cuyo nivel actual se levantará á 8 metros, mediante una presa de 175 metros de largo y 11,60 de altura.

La derivación de las aguas de este lago es la más importante, puesto que de su regularidad depende la de la Central hidroeléctrica.

Con objeto de evitar repeticiones sólo describiremos y presentaremos los dibujos de la presa más importante, que es la del lago Estangento; además, haremos mención de alguna de las obras que ofrezcan mayor interés.

Como puede verse en las figuras 1.^a y 2.^a, la presa del lago Estangento está formada por dos arcos de círculo casi iguales, que se encuentran lateralmente en un punto intermedio reforzado, á modo de contrafuerte, y apoyándose por el otro lado en el terreno firme; la longitud total de la presa es de 174,80 metros, incluyendo en esa cifra los 10 metros del vertedero.

La presa será de mampostería, con una altura máxima de 11,60 metros, con más de 2,50 de fundación, la cual está entallada en la roca, que tendrá varios planos sensiblemente normales á la línea de presiones de la presa. La forma de la sección de la presa es la triangular ya descrita en la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS en el año 1899, por el Sr. Nicolau.

Las dimensiones máximas del muro de embalse, del cual presentamos 5 secciones, son (fig. 6.^a), además de la altura, de 11,60, las siguientes: 10,50 de ancho en la base; talud, 1 por 0,876 ancho en la coronación 1,40; 0,60 de ancho y 0,80 metros de alto el murete de sobrelevación para el vertedero.

La toma de agua se verifica de un modo especial, representado en conjunto en las figuras 1.^a á 3.^a de la hoja núm. 3; comiéndose con un canalizo de 21 metros de largo, 1,70 de ancho en la base y 2,30 á la altura de 1 metro; la solera del canalizo está á la cota 2019,50, en tanto que el nivel del lago actual es de 2.029 metros y 2.037 el del lago; después de realizadas las obras al principio del canalizo se proponen dos ranuras, dispuestas para poderse colocar en ellas viguetas de cierre.

El canalizo tiene una pendiente de 3,60 por 1.000, y en su extremo inferior llevará una rejilla de gruesos barrotes de acero, á través de los que el agua pasa á una galería de 1,70 metros de ancho en la base, 2 metros de altura máxima, que estará recubierta con una bóveda semicircular de 1 metro de radio, y 0,25 metros de espesor, el cual, es de 0,30 metros en los estribos.

La galería tiene una pendiente de 2 por 1.000, y á los 72 metros del comienzo de la misma se colocará una casilla de compuertas: éstas se maniobrarán desde la parte superior. A partir

de la casilla, el agua pasa á una doble tubería de hierro empujada en fábrica con espesor mínimo de 0,30 metros, la cual, á 21 metros de la casilla de compuertas tiene una casa de dobles compuertas que funcionan también desde la parte superior y cuya disposición especial detallan en éstas como en las demás secciones las figuras 4.^a á 9.^a de la hoja núm. 3.

En la hoja núm. 4 representamos el detalle de disposición de las compuertas, tanto las propuestas para las tuberías de 1,20 metros para el lago Estangento, como las destinadas á las tomas de aguas de los lagos Tort, Mor, Colomina y otros.

Un detalle interesante de las obras hidráulicas es la entrada de las aguas del río Coma d'Espós en el canal de evacuación del lago Estangento, la cual se dispone separando las arenas y arrastres de las aguas de aquel río; con tal objeto se enlaza tangencialmente el desagüe del Coma d'Espós á la galería del Estangento, y una vez unidas se cubren con una bóveda semicircular de 3,25 metros de diámetro, ambos conductos desapareciendo las bóvedas de cada uno y formando la separación con un muro longitudinal ó paralelo al eje, el cual forma vertedero y permite el paso del agua, mas no el de las arenas que se reunen en el fondo del mismo.

P. GARCÍA FÁRIA.

Sobre la obra de Enrique Poincaré.

(DE LA «LUMIERE ELECTRIQUE»)

Nuestro eminente colaborador Blondel, á la muerte de Enrique Poincaré, trazó á grandes rasgos la obra del ilustre sabio en lo que respecta á los dominios de la electrotecnia. En los otros dominios de la ciencia se sabe que igualmente ha contribuido en mucho, pero también es sabido lo difícil que resulta dar cuenta de ello en lenguaje comprensible para todo el mundo. Juan Bosler, doctor en ciencias y astrónomo del observatorio de Mendon, se ha encargado de esta labor y ha publicado con éxito un estudio notable.

Citando á continuación algunos pasajes de este estudio, aprovecharemos la ocasión para rendir un nuevo homenaje á la memoria del grande hombre que fué durante muchos años uno de los miembros más asiduos y más escuchados de nuestro Comité de dirección científica.

Bosler examina sucesivamente á Poincaré como matemático, como astrónomo, como físico y como filósofo.

I.—El matemático.

Preocupado por el obstáculo que presenta la dificultad de integrar los problemas en todas las ciencias exactas, Poincaré atacó desde el principio la cuestión capital, analizando: la resolución de las ecuaciones diferenciales, y especialmente las ecuaciones lineales. Para llegar á alcanzarlo es por lo que con una atrevida generalización de las funciones elípticas y trigonométricas, ideó las *funciones fuchsianas* (1) (ó automorfias), cuyo invento es uno de sus más notables descubrimientos. Lo explicaremos en pocas palabras.

Las funciones periódicas ordinarias no cambian cuando se reemplaza la variable z , real ó imaginaria, por $z + 2k\pi$, es decir, cuando se efectúan todas las sustituciones ($z, z + 2k\pi$), sien-

(1) Llamadas así por él, en honor de Fusch, de quien utilizó los trabajos sobre las ecuaciones lineales.