

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.

NUESTRAS GRANDES OBRAS

EL PANTANO DEL EBRO ⁽¹⁾

El proyecto.

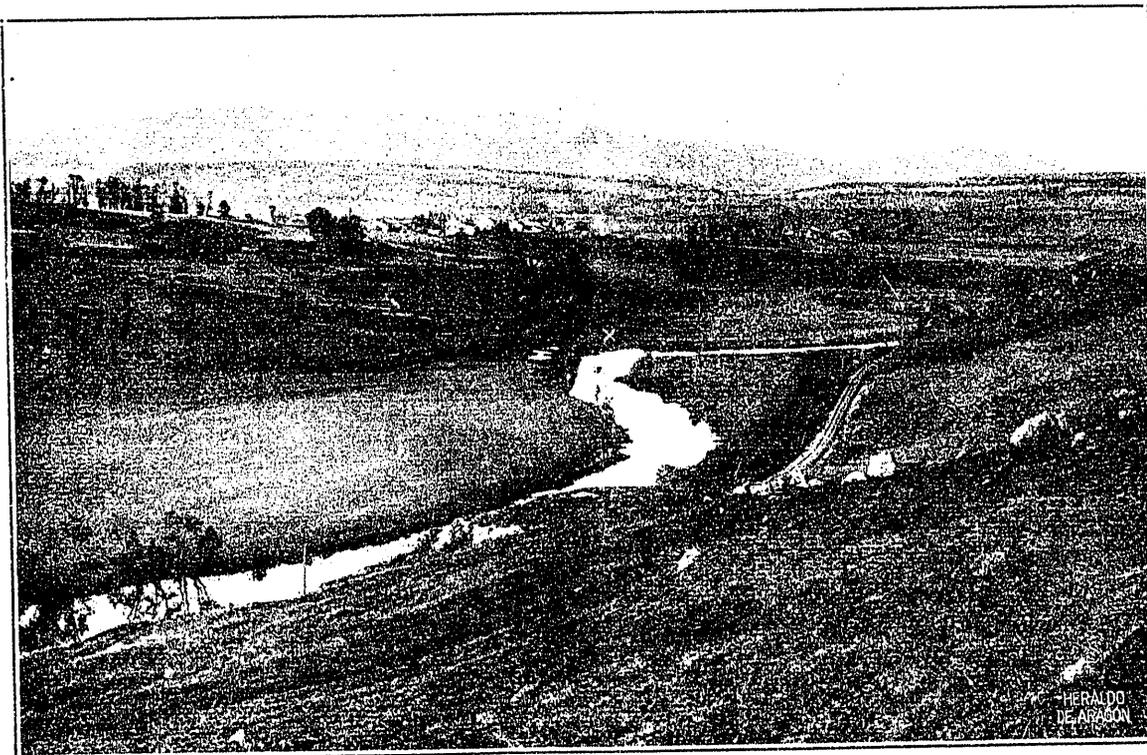
Cuando solicitamos ver el proyecto del pantano del Ebro para formarnos una idea aproximada del mismo y

Asustados, nos llevamos las manos á la cabeza al contemplar aquella serie indefinida de tomos cuidadosamente encuadrados que el Sr. Lorenzo Pardo nos mostraba sonriendo.

—¿Pero todo esto es el proyecto del pantano?

—Sí, señor; todo esto, y aun faltan algunos proyectos complementarios.

Parece imposible que un hombre solo haya podido realizar en tres años labor tan difícil y tan enorme, y más te-



EMPLAZAMIENTO DE LA PRESA

poder transmitirla á nuestros curiosos lectores, no sospechamos ni remotamente que dicha obra hubiese llegado á alcanzar tan enormes proporciones.

(1) Tenemos el propósito de dedicar toda la atención que merece este importante proyecto de nuestro distinguido compañero el Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, D. Manuel Lorenzo Pardo; pero en tanto se termina la tramitación oficial para poder copiar los planos y capítulos más interesantes, extractamos la detallada y bien escrita información, que hemos visto con gusto publicada en el *Heraldo de Aragón*, para que nuestros lectores se formen idea de lo que el proyecto es, y del entusiasmo y aplauso con que es recibido en el país. Felicitamos por ello, sincera y cordialmente, al ilustrado Ingeniero Sr. Lorenzo Pardo.

Los grabados se insertaron en el libro del Congreso de riegos de Zaragoza y en *La Vida en el Campo*.

niendo en cuenta que se ha visto obligado á despachar otros muchos trabajos inherentes á su cargo.

Y no habíamos visto el proyecto más que por fuera.

Para que los lectores calculen su magnitud, les basta saber que ha sido necesario construir un mueble especial con objeto de que los distintos volúmenes puedan ser consultados con relativa comodidad y remitidos á Madrid sin riesgo de confusión ó de pérdida.

Examinando el proyecto por dentro es mucho más formidable.

Memorias detalladísimas, cálculos complejos, estadís-

ticas minuciosas, gráficos ingeniosos, planos intrincados, mapas expresivos, fotografías abundantes.

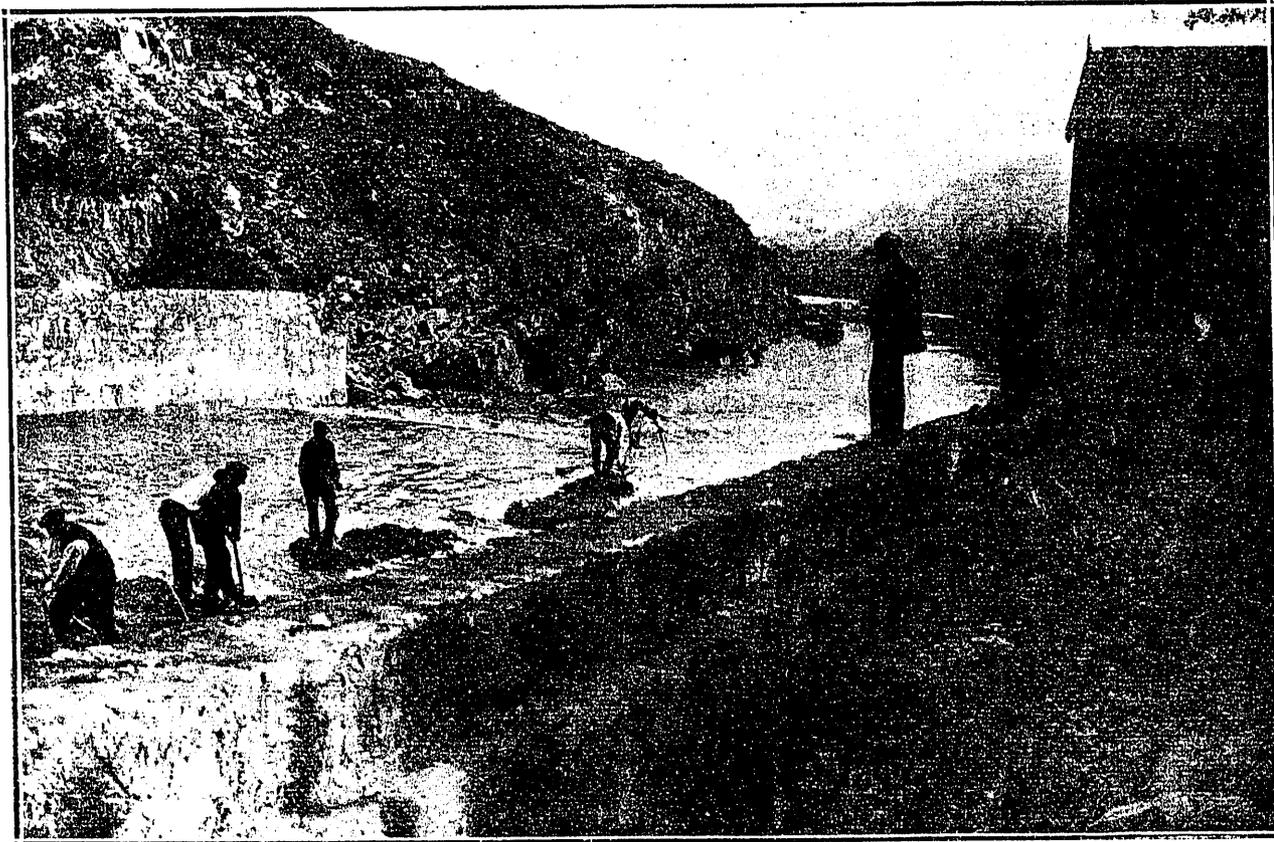
En el proyecto hay de todo y no falta nada; ni siquiera ese soplo de arte y de gracia que da vida á las concepciones geniales.

Ahora se explica que el Sr. Lorenzo Pardo no se dejase dominar por la ansiedad de los impacientes. Quería hacer una obra redonda, acabada, sin fallos ni lunares, y lo ha conseguido.

Desde luego puede afirmarse que en España jamás ha precedido á la construcción de una obra hidráulica un estudio tan concienzudo como este al que nos referimos. Todo se lo merece la importancia singular del pantano del Ebro.

Y por añadidura ha sabido contagiarse del mismo desinteresado entusiasmo á sus auxiliares, entre los cuales descuellan los Sres. Santolaria y Morláns, para los que se pide en ese mismo proyecto una recompensa honorífica digna de sus merecimientos y de los relevantes servicios prestados.

Es digna también de anotarse, por lo curiosa, la valiosa cooperación de D. Francisco Hernández, maestro de niños de Reinosa, á cuyo cargo corre el servicio meteorológico del pantano, que dirige con celo ejemplar, ordenando y completando los datos de aquella estación, haciendo los correspondientes cálculos é inspeccionando todos los pluviómetros de la red, cuyas cifras recoge, comprueba, clasifica y archiva.



TRAMO DE AFORO

Cómo se ha hecho el proyecto.

En otra nación que no fuera España, á un hombre á quien se le encomendase un trabajo de esa naturaleza, no sólo se le dotaría espléndidamente de toda clase de recursos, sino que se le eximiría de obligaciones que pudieran distraerle de aquella función.

Aquí todo se hace con pobreza y á medias. Por esta circunstancia sólo los hombres extraordinarios, capaces de moverse por un ideal, pueden cumplir con su deber como Dios manda. Se requiere vocación de héroe ó de mártir para no titubear en el camino de las obligaciones.

Así ha procedido el Sr. Lorenzo Pardo. Únicamente su amor propio, su entusiasmo profesional, su inteligencia rarísima y su voluntad acerada, han podido sobreponerse á las pequeñas contingencias del momento, que suelen cansar y agotar todo esfuerzo.

Sin un estímulo, sin una recompensa, ha sobrellevado la pesada carga de este proyecto que es un monumento capaz de labrar la reputación de un Ingeniero de fama mundial.

Todos estos son españoles de primera clase, trabajadores silenciosos que hacen patria, con noble desinterés, en medio del gárrulo y estéril vocear de los políticos al uso.

Así se ha hecho el proyecto del pantano de Reinosa con hombres de buena fe que han tomado voluntariamente sobre sus hombros el peso de una gran responsabilidad movidos tan sólo por un acicate de orden moral y sacrificándolo todo para servir á sus conciudadanos.

El contenido.

Hasta ahora no hemos hablado del fondo del proyecto y ya comprenderán los lectores cuál es la causa. La materia es tan larga y de tan dificultosa concentración que requiere unos cuantos capítulos para ser expuesta superficialmente.

En días sucesivos intentaremos el empeño, anunciando desde luego á nuestros lectores que la sustancia de los correspondientes artículos ha de serles grata, porque en el proyecto hay enseñanzas preciosas y datos de indiscutible interés que todos estamos obligados á conocer.

La importancia del proyecto, la cuenca y el embalse del pantano, su influencia en la salud pública, el régimen transformado del río Ebro, su aumento de energía potencial, la enumeración de los beneficios que el pantano puede rendir, la descripción de las obras y su coste y los problemas sociales derivados de la construcción, son temas muy sugestivos y que han sido estudiados por el Sr. Lorenzo Pardo con una originalidad y un conocimiento tan hondo del asunto, que seguramente han de despertar viva curiosidad.

Lo menos que puede hacer el *Heraldo* es ayudar á difundir ese magno trabajo, digno de la admiración de todos.

Los nuevos orígenes del Ebro.

El autor del proyecto ha consignado en su obra, de una manera categórica y expresiva, el objeto del pantano que se ha de construir. Tal objeto es «alimentar al Ebro durante los meses de Julio, Agosto, Septiembre y Octubre asegurando en la zona de los canales de riego un raudal tan grande como lo consientan los recursos hidráulicos de la cuenca receptora del embalse».

Para ello había que remontarse hacia el origen del río buscando una cuenca amplia que permitiese recoger enormes caudales de agua.

Y hacia el origen del río dirigió sus observaciones el autor del proyecto.

Se les enseña á los muchachos que el Ebro nace en Fontibre, en unas caudalosas fuentes inmediatas al pueblo que debe su nombre á tal circunstancia. Pero ese dato no es absolutamente cierto porque se ha puesto en claro que las aguas del Ebro proceden, por vía subterránea, del Híjar, un río caprichoso que circula de un modo continuo hasta llegar á un tramo á lo largo del que va reduciéndose su caudal hasta desaparecer en lugar próximo á los manantiales.

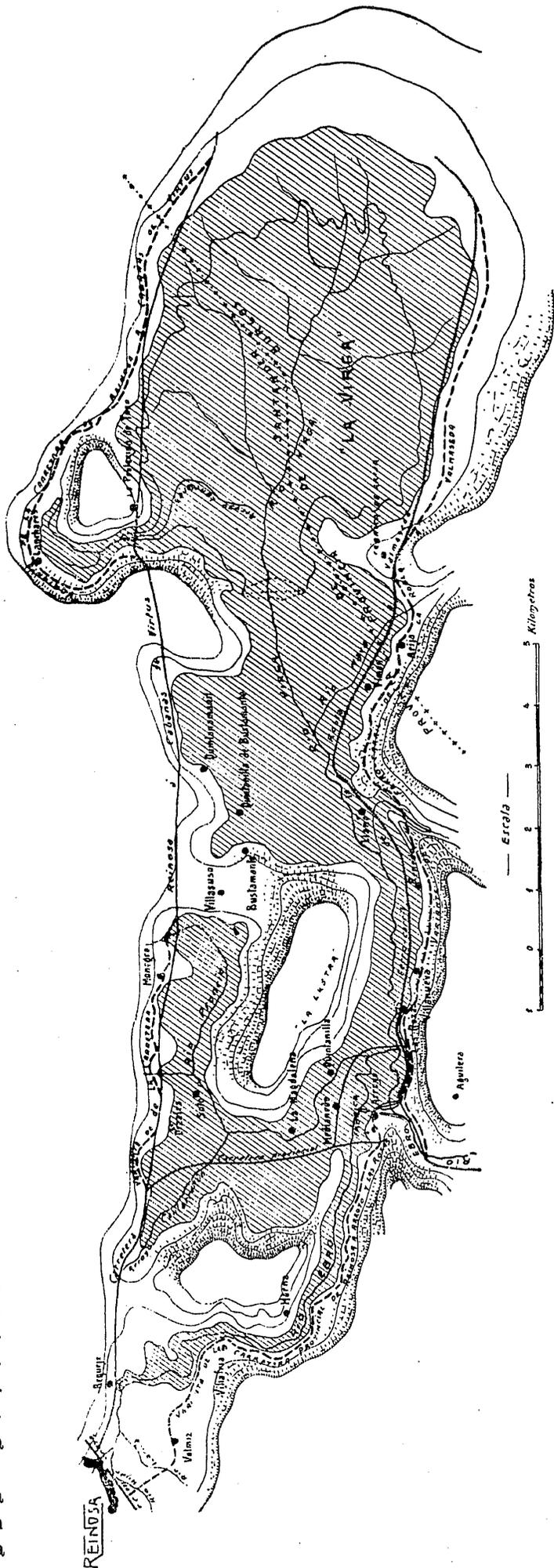
Los dos cauces se reúnen en Reinosa y entra el río, ya formado, en una dilatada vega por donde discurren las aguas con cierta majestad que anuncia las proporciones que el Ebro tendrá más abajo.

A través de esta vega, su curso es sinuoso y después de varias evoluciones se estrecha el valle considerablemente en una angostura que tiene dos kilómetros de longitud, hasta Valdearroyo donde en el fondo de otra amplia llanura se unen al Ebro los ríos Proncio y Virga.

A partir de este lugar, donde el Ebro encuentra su verdadero camino, cambian bruscamente las condiciones topográficas del valle. Desaparecen las tendidas praderas, los yermos dilatados del fondo, los terrenos pantanosos. La inclinación de las laderas se acentúa; á las suaves lomas suceden abruptas y escarpadas laderas; al cauce sinuoso y tranquilo, salpicado de encharcamientos y recodos en reposo cubiertos de vegetaciones acuáticas, un lecho pedregoso y pendiente por el cual el río se precipita violento.

Este brusco cambio señala la situación límite de una presa de embalse cuyo objeto sea aprovechar, para un efecto regularizador, las abundantes aguas de toda aquella cuenca.

Tal embalse ha de ser, en lo futuro, el nuevo origen del Ebro conquistado por el ingenio de los hombres.



CROQUIS GENERAL DEL EMBALSE

La cuenca alimentadora del pantano.

Supongamos detenido al río Ebro en este punto. Nos hallamos en el límite de las provincias de Santander y Burgos.

Ante nosotros se extiende la cuenca del pantano, que es un acentuado ensanchamiento del valle de unos 14 kilómetros de latitud por unos 46 kilómetros de longitud.

Son montes de suaves ondulaciones, prados de fresco verdor, en donde padece el ganado vacuno, abundantísimo en la comarca.

En algunas franjas de terreno, bien oreadas, hay patatares y maizales que distraen la eterna monotonía de las praderas. De vez en cuando limita el horizonte un macizo de arbustos, cuyo verdor más intenso pone una nota grave en el paisaje.

A lo lejos azulean las enormes montañas con sus picachos coronados por jirones de niebla.

Sobre ese fondo pintoresco se destacan los caseríos de Campóo de Suso, Campóo de Enmedio, Reinosa, Las Rozas, Campóo de Yuso, Valdebezana, Alfoz de Santa Gadea, Hoz de Arriba y Alfoz de Bricia, nombres que evocan las escenas montañosas de Pereda, el quejido de las gaitas, la zambra de las romerías y el chirriar de las carretas cargadas de oloroso heno.

En toda la cuenca hay unos 14.000 habitantes y en la zona más afectada por el pantano 1.300. Viven de los pastos, de la ganadería y del trabajo en las minas y las importantes fábricas de vidrio y cristal de Arroyo y Arijá, que utilizan las limpiísimas arenas del Virga.

Por el valle cruzan el ferrocarril y la carretera de Madrid á Santander, el ferrocarril hullero de La Robla á Valmaseda y otras vías secundarias.

Esta es la cuenca donde ha de estar contenido el embalse. Ese es el lugar que ocupará el pantano.

Pero éste no ha de formarse exclusivamente con las aguas del Ebro. Detenido nuestro río en el punto que hemos citado, se formaría, en su valle, el correspondiente embalse, pero éste hallaríase forzosamente limitado por la especial situación de Reinosa y por la línea del ferrocarril del Norte, cuya variante es poco menos que imposible.

Ha sido necesario, por consiguiente, utilizar no sólo el valle del Ebro, sino también los valles de Proncio y del Virga, contenidos dentro de la inmensa cuenca de que hemos hablado. Por estos tres valles irán las principales corrientes alimentadoras del pantano.

Por el Oeste entrarán en el pantano el Híjar y el Ebro con sus primeros afluentes. El Híjar despeñado, rápido saltarán con sus aguas espumosas que forman blancos encajes sobre los enormes pedruscos de su accidentado lecho y que se aquieta, se ensancha y se pacifica cerca ya de Reinosa, dejando atrás en su camino el temible bagaje de sus cargadales. El Ebro de más suave pendiente y de aguas cristalinas que llevará su aportación á la masa común.

Por el Norte descargará en el pantano el Proncio, que tiene su origen en un amplio ensanchamiento del valle y que discurre sin precipitación arrastrando mansamente sus aguas transparentes.

Y por el Este vendrá el Virga, encerrado en su estrecho cauce, desde aquellos inmensos páramos de su nombre donde se extiende en cien ramales distintos culebreando con sus aguas plomizas por entre la enfermiza vegeta-

ción hasta encontrar su cauce único y definido para unirse con el Ebro.

Todos estos ríos unidos, más sus pequeños afluentes, serán detenidos por la presa, y acrecentados por el agua de lluvia de barrancos y torrenteras, formarán un inmenso lago, de nivel variable, análogo al Costanza, al Leman, al Mayor, al Nyanza que aseguran una alimentación constante y un régimen útil al Rhin, al Ródano, al Tessino, al Póo, al Nilo....

Capacidad del vaso.

En el proyecto se hace un minucioso estudio acerca de la impermeabilidad del vaso. Claro es que sin esa circunstancia sería absolutamente inútil que se contase con toda el agua del mundo. Pero el problema se halla resuelto satisfactoriamente después de mil complicadas y escrupulosas experiencias.

Dejando aparte todas esas intrincadas comprobaciones científicas que han dado admirable resultado, baste saber á nuestros lectores que hay hechos prácticos que atestiguan de una manera convincente dicha impermeabilidad como el de la permanencia del agua sobre la superficie del terreno á niveles distintos; la circunstancia de no perderse el curso de pequeños caudales de escasa velocidad y pendiente; las reducidas y cortas variantes de las pocas filtraciones que hay que agotar para la explotación de las minas de lignito, algunas de cuyas galerías avanzan por bajo del fondo del valle, no obstante quedar éste inundado en algunas ocasiones; y otros muchos detalles por el estilo.

Asegurada la impermeabilidad del vaso, claro es que no ha de faltar agua para que el pantano cumpla con su sagrada misión. En el proyecto consta el proceso detallado de los innumerables trabajos hechos con el fin de llegar á las siguientes conclusiones halagüeñas.

La capacidad máxima del pantano es de 540 millones de metros cúbicos; el efecto regulador de esta capacidad, representa 79 metros cúbicos por segundo.

Apreciadas las pérdidas ó faltas de aprovechamiento podrá contarse con un caudal virtual en Zaragoza, de modo seguro y constante, de 65 metros cúbicos por segundo.

Para apreciar la diferencia entre ese resultado y la penuria que ahora sufrimos, conviene apuntar que en el estiaje suelen pasar por el Bocal unos 12 metros cúbicos por segundo y que en toda la zona media del río faltan 14 metros cúbicos para la dotación legal de las obras de riego más importantes.

El dique.

Recordarán nuestros lectores que al fijar el emplazamiento del embalse del pantano del Ebro hablábamos de una angostura donde cambia con brusquedad la naturaleza del terreno.

Allí es donde hay que detener el río engrosado ya por unos cuantos afluentes; allí es donde los hombres tienen que alzar una verdadera montaña artificial que contenga las aguas y forme el gigantesco remanso.

Cuidadosamente se ha elegido el punto más favorable para la obra que ha de construirse. Se establecerá el dique en el tramo del río que media entre la desembocadura del Virga, último afluente de los más importantes de la región

superior de la cuenca y el sitio donde cambia de pronto su pendiente longitudinal.

No podía ser antes ni podía ser después; el examen concienzudo del terreno ha determinado de una manera precisa el emplazamiento obligado y conveniente.

¿Y cómo se construirá el colosal dique?

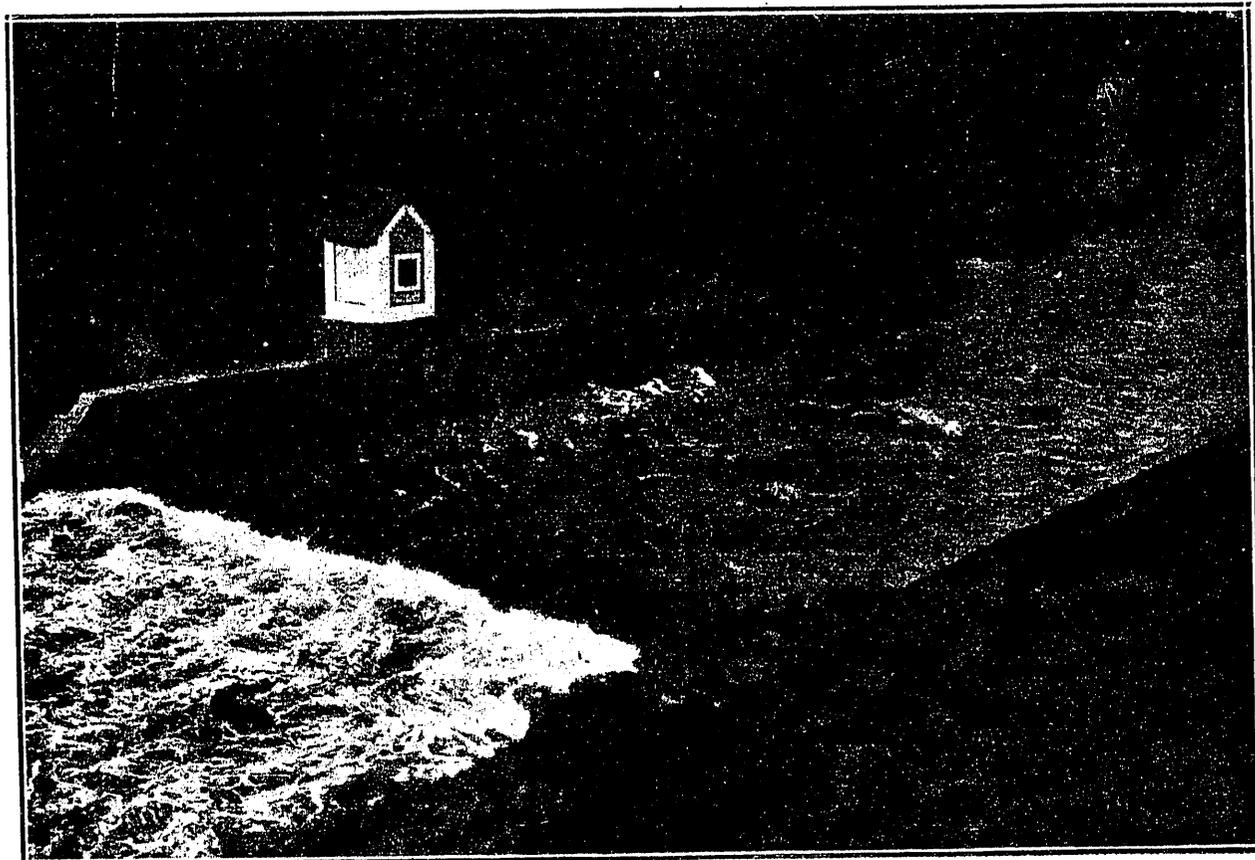
El resultado de los sondeos que al efecto se practicaron demostró la imposibilidad de construir un dique de fábrica que pudiera ofrecer las necesarias garantías de estabilidad y firmeza.

También tuvo que desecharse el dique de tierras porque el terreno de fundación no daba seguridades bastantes para servir de asiento á un terraplén formidable sometido á cargas descompasadas; además no podía contarse

la masa general de la escollera podrá sufrir asientos, deslocarse, cambiar de forma, dar lugar á filtraciones, pero siempre constituirá un obstáculo para el paso del agua si los cantos que forman la presa tienen las suficientes dimensiones.

Así son las presas de Zúñi, de más de 20 metros de altura en el río Indian; las del valle de Pecos, lagos de Avalón y de Mar-Millan de 14 y 15 metros de altura; las del río Suaki de más de 20 metros y la proyectada presa japonesa, en el río Oigawa, que tendrá 99 metros de altura máxima.

Será, pues, el dique del pantano del Ebro una obra de titanes en la que hará el milagro la prodigiosa industria moderna, de tapar un valle con pedazos de una montaña



TRAMO DE AFORO

allí con el volumen de materiales adecuados para formarlos sin el concurso de elementos extraños

Se adoptó, en su consecuencia, el tipo de dique mixto de escollera y tierra que conviene por igual á la naturaleza del subsuelo en que ha de apoyarse y á la proporción en que el país ofrece los materiales necesarios.

Este sistema es el mejor. Los diques ó presas de fábrica tienen el inconveniente de que si por un accidente cualquiera llegan á desquiciarse ó romperse, dan origen fatalmente á una brusca irrupción de las aguas por la brecha abierta, en forma de tromba arrolladora que empuja y arrastra cuanto encuentra en su camino, incluso enormes trozos del mismo dique.

Análogos peligros ofrecen las presas de tierra, y aun cuando estas catástrofes han ocurrido muy raras veces en España, no obstante la antigüedad y relativa profusión de sus obras hidráulicas, conviene prevenirse contra el riesgo y eludirlo en lo posible.

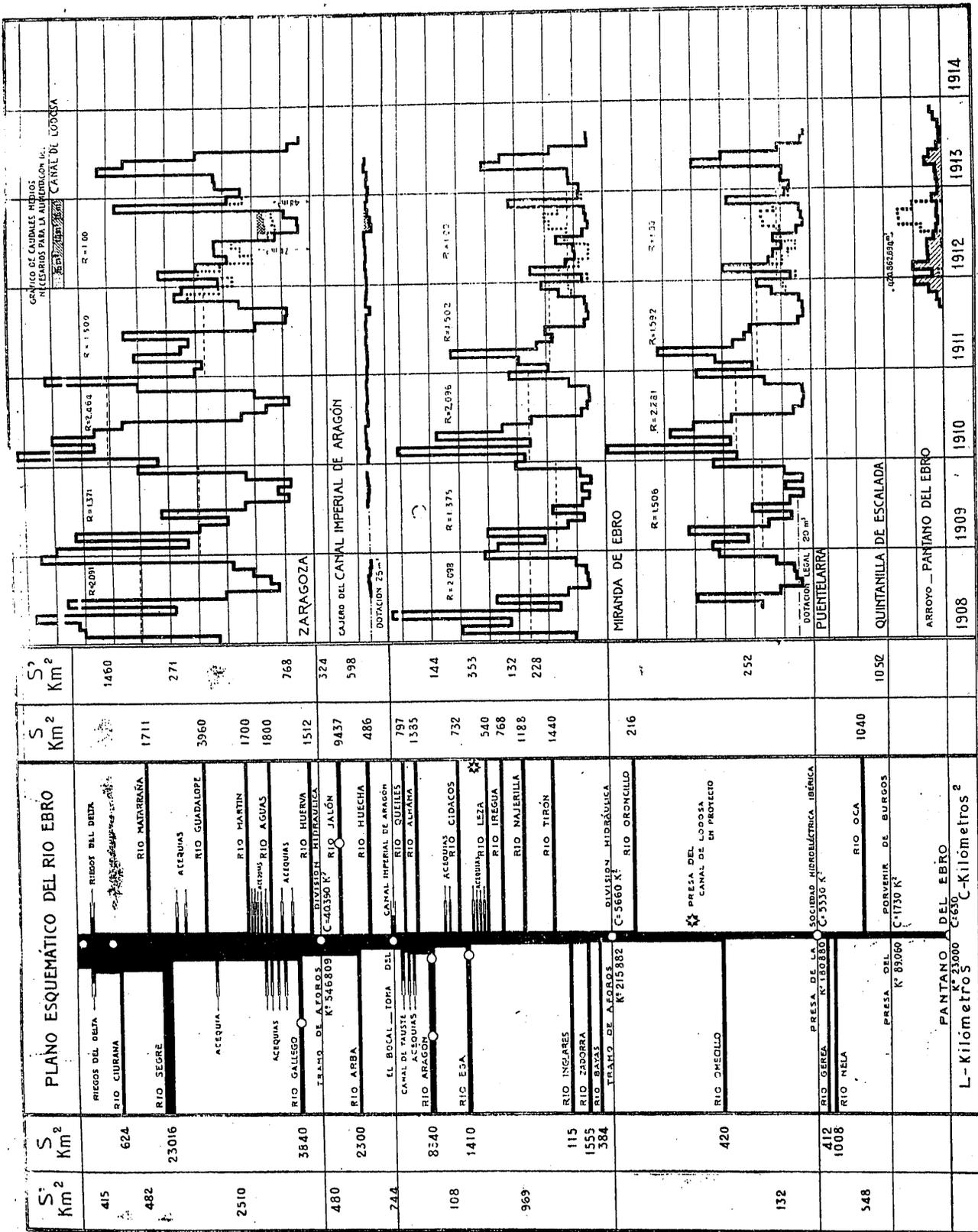
Con las presas de escollera, ó con las mixtas donde ese material intervenga en gran cantidad, no hay miedo de que sucedan tan terribles accidentes. En un caso extremo

para crear un lago capaz de nutrir y regularizar, de una manera constante, el caudal del Ebro.

El proceso de la construcción ha de ser el siguiente: Se comenzará por la apertura de las galerías de derivación; con ella se simultaneará la ejecución de las obras del canal de descargo ó incorporación al Ebro de las aguas derivadas, en su parte más baja, á fin de impedir el retroceso de dichas aguas al lugar del emplazamiento de las obras. Se construirá la presa provisional de derivación y una vez que se haya logrado desviar la corriente, se procederá á la ejecución del antedique que tendrá 75.000 metros cúbicos. Comenzarán los trabajos en este antedique en cuanto el caudal sea inferior al máximo de lo que las galerías puedan conducir, sin dar lugar á que las aguas viertan sobre la coronación de la presa provisional.

Y una vez enrasado el antedique, podrá ser acometida la ejecución del dique definitivo, sin limitación alguna en el tiempo ó época y sin que sea de temer cualquier interrupción ó retraso en la marcha de los trabajos.

Entonces, los modernos ciclopes podrán entregarse con fruición á la tarea de ir amontonando 300.400 metros cúbicos



PANTANO DEL EBRO
DE LA
REPRESENTACION GRAFICA
INFLUENCIA DEL EMBALSE
SOBRE EL
REGIMEN DEL RIO EBRO

Estacion de aforos
Volúmenes retenidos en el embalse
Volumen derivado por el canal de Lodosa
Caudales medios por años
Linea representativa del régimen virtual

RELACION DEL CAUDAL MEDIO DE LOS DIVERSOS AÑOS
AL CORRESPONDIENTE A 1912 TOMADO COMO UNIDAD
CUENCAS DE LOS AFUENTES DE 1^o ORDEN
CUENCAS QUE VIERTEN DIRECTAMENTE AL RIO PRINCIPAL
CUENCAS CORRESPONDIENTES A LAS ESTACIONES DE AFORO
SITUACION DE ESTAS SEGUN EL ITINERARIO DEL RIO

- O
- ▨
- ▧
-
-
- R
- S
- C
- L

bicos de piedra y tierra que será el volumen aproximado del gran dique.

Desagües y descargas.

En esta clase de obras del Pantano, hay que distinguir: los desagües de fondo, las obras de toma y las descargas superficiales.

Los desagües de fondo pueden dividirse en tres partes; siguiendo el curso de las aguas nos encontraremos primero con un trozo de canal, á cielo abierto, que arrancará del estribo derecho de la presa provisional de derivación, y que tendrá 25 metros de anchura en la solera. Después con un trozo en túnel del que partirán tres galerías con sólidos revestimientos de fábrica.

Y, por último, con dos galerías destinadas á evacuar el caudal á que pueden dar salida los cuatro vanos de desagüe que han sido agrupados simétricamente. Entre los trozos 2.º y 3.º van los cierres que serán compuertas de fundición.

La evacuación del caudal derivado por las tomas exige dos galerías independientes. Cada una de ellas corresponde á dos vanos ó compuertas que pueden arrojar un caudal de más de 80 metros cúbicos por segundo.

En el conjunto de estas obras de toma y de los desagües superficiales pueden señalarse dos trozos: un canal á cielo abierto de sección escalonada y una serie de galerías que forman un haz paralelo y rectilíneo. Separando esos dos trozos irá el macizo general de fábrica donde se alojarán los órganos de cierre y los mecanismos necesarios para su maniobra.

Todas las galerías, tanto las procedentes de las tomas y descargas superficiales como las de evacuación de los desagües de fondo, se reunirán en un mismo lugar, situado en la ladera derecha del Ebro á unos 250 metros aguas abajo del dique.

Será única la obra de descarga ó caída anterior al cauce, siguiendo el cual han de incorporarse de nuevo las aguas retenidas en el pantano, al cauce primitivo del Ebro.

De manera que las aguas procedentes de las galerías superiores irán recorriendo todos los peldaños de la obra general escalonadas.

Con aquellas aguas se reunirán, á su paso por el escalón correspondiente, las derivadas por las compuertas de toma y evacuadas por las galerías intermedias, y ambas se sumarán á las que puedan proceder de los desagües de fondo en el cauce general de incorporación.

Tal es el sistema de tomas y vertederos adoptado en el proyecto y desarrollado allí con gran copia de datos y extremado lujo de detalles sobre los cuales nosotros no podemos formular más que estas leves y rápidas referencias.

Obras accesorias.

Aparte de las edificaciones que tendrán que ser alzadas con destino á depósitos de materiales y herramientas, cuartel para la Guardia civil, alojamiento para obreros, viviendas para la dirección y personal facultativo, oficinas, laboratorio, etc., etc., habrá necesidad también de realizar obras muy importantes para desviar los ferrocarriles, carreteras y caminos que hoy atraviesan la cuenca del pantano y para asegurar la comunicación de los pueblos que quedan á sus orillas.

En virtud de dichas obligadas variantes, quedará circundado el embalse por las siguientes vías:

Carretera de Reinosa á Cabañas de Virtus.

Carretera de Logroño á Cabañas de Virtus y de Burgos á Peñacastillo y Santander.

Carretera del valle de Pas.

Ferrocarril de La Robla á Valmaseda.

Carretera de Cilleruelo de Bezana á Las Rozas y de Reinosa á Las Rozas.

Ferrocarril del Norte, sección de Alar del Rey á Santander.

Carretera de Madrid á Santander.

De esta enumeración se deduce que además de quedar establecida una vía completa de circunvalación, las comunicaciones que pudiéramos llamar longitudinales, y que llevan la dirección de Este á Oeste, quedan perfectamente atendidas.

Sólo las comunicaciones transversales, es decir, las que cruzan el valle por los lugares donde es más estrecho, facilitando el acceso de los habitantes de la parte septentrional á las fábricas y minas de la zona meridional, sólo éstas quedarán interrumpidas. Tales son los caminos que utilizan los obreros de la Cristalería Española residentes en La Riva, Lanchares y la población del Yuso, y el que comunica á La Costana, Bustamante, Quintanamanil, Quintanilla de Bustamante y Villasuso, con Llano y Renedo.

Estos caminos serán sustituidos con gran ventaja por barcas de paso que asegurarán una comunicación fácil y constante, mientras que ahora se interrumpe muchas veces al año por los temporales y el consiguiente encharcamiento del terreno.

Pero ¿todo esto—dirán los lectores—costará muchos millones llevarlo á cabo?

No hay que asustarse. La gran sorpresa que ofrece el proyecto es el pequeño sacrificio que requiere en comparación con los inmensos beneficios que ha de producir, como verá otro día el lector curioso.

(Continuará.)

ELECTROMETALURGIA

PRODUCCIÓN DIRECTA DEL ACERO PARTIENDO DEL MINERAL

POR

E. HUMBERT Y A. HETHEY

(The Electrician.)

En el Congreso anual del Iron and Steel Institute, los autores de este artículo han relatado los experimentos que han efectuado, relativos á la producción directa del acero en el horno eléctrico partiendo directamente de distintos minerales. Las operaciones se han practicado en un horno Heroult normal de seis toneladas, funcionando con corriente monofásica. Los experimentos pueden dividirse en tres series:

A) Reducción directa del mineral silíceo de hierro de Suecia:

1.º Una fusión de acero duro.

2.º Una fusión de acero de carriles.

3.º Una fusión de acero dulce.

B) Reducción directa de mineral de Suecia, silíceo y no silíceo, con adición en la carga del 30 por 100 de hierro viejo.

C) Reducción directa de mineral de hierro del Brasil.

Los materiales empleados tenían la composición siguiente: