

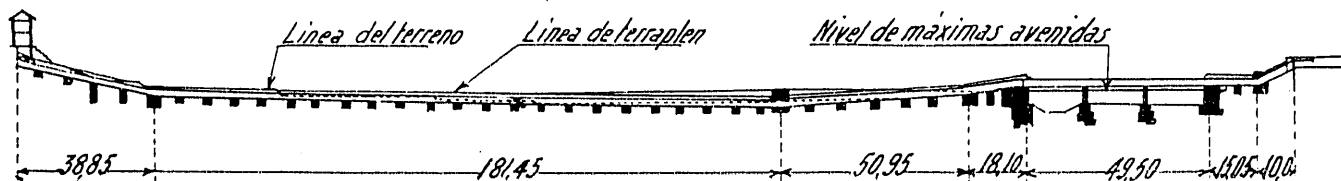
# Canal auxiliar de los riegos de Urgel<sup>1</sup>

## III

La obra de fábrica más importante de todo el canal es aquella con que se salva la hondonada del río Sió. Este río nace en la alta Segarra, sirviendo de colector de los riegos de su estrecho valle, formado por las vertientes Norte y Sur de las sierras Monclar y Almenara, y que domina el Canal de Urgel, entre-

mayor peligro que siempre hubiera ofrecido la obra y las dificultades para la descarga y limpia del sifón por la suave pendiente del río en aquel tramo, decidieron el que se adoptase esta última solución, máxime teniendo ya presente que iba a proyectarse obra de hormigón armado.

La sección transversal o, mejor dicho, las secciones transversales, pues son distintas las del sifón y la



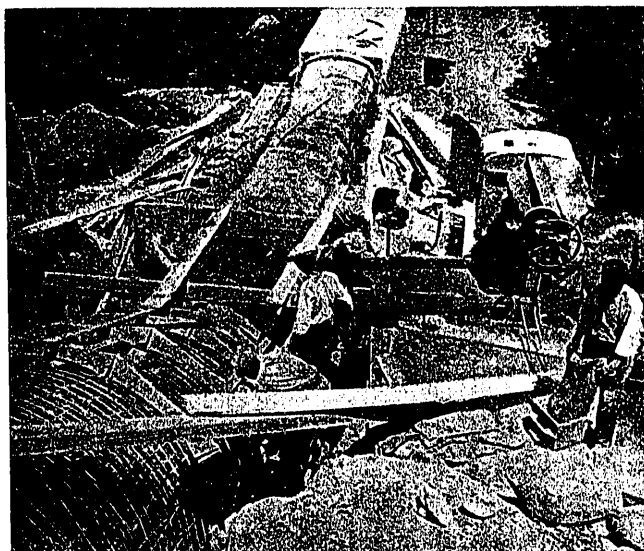
Perfil longitudinal del sifón y acueducto sobre el río Sió

gando sus aguas al Segre poco antes del pueblo de Balaguer; su caudal, escaso de ordinario, alcanza cifras del orden de los 400 m<sup>3</sup> en las avenidas extraordinarias, y han destruido sus aguas obras de importancia, entre ellas el primer acueducto de fábrica construido para dar paso al Canal de Urgel.

Se estudió detenidamente el terreno en toda la zona prácticamente posible de paso de la obra de riego y se abrieron catas, eligiéndose, después de varios tanteos, el punto más estrecho, que coincidía con el de mejores condiciones para la cimentación de la obra.

La conformación del valle indicaba claramente, sin estudios previos, que la solución mejor, por ser la más económica, era la de establecer un sifón acomodado al terreno en toda la parte que no fuera invadida por las aguas ordinarias, y quedaba solamente la duda sobre si convenía continuar el sifón en di-

del puente-sifón, se proyectaron con miras a la economía de la obra y se partió de un desnivel del agua en los pozos de entrada y salida, de unos dos metros, calculándose la pérdida de carga por la fórmula de Levy. Después de varios tanteos, en los que se tuvo en cuenta, naturalmente, las pérdidas por cambio de



Hormigonado de la tubería del sifón del Sió

cha parte, plegado al terreno, o construir sobre el cauce un puente, a la altura superior a las máximas avenidas, que sirviera de paso a las aguas. La costosa cimentación del sifón en dicho trozo de cauce, el



Trozo terminado de la tubería del sifón

sección y dirección, se adoptó diámetro de dos metros para el sifón y lado de metro setenta para la sección del puente.

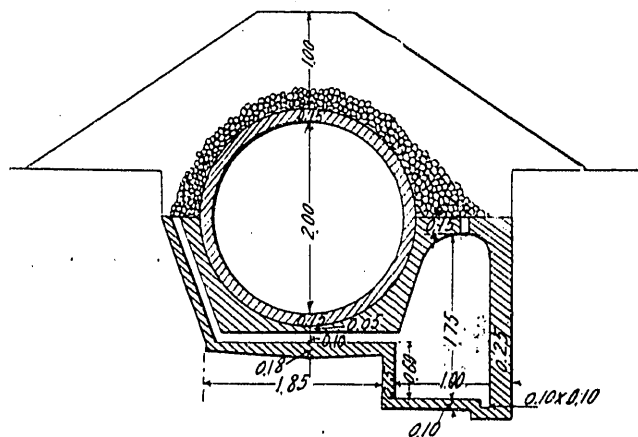
Se acompaña un croquis del perfil longitudinal de la obra, y en él puede observarse que se proyecta el puente dejando un metro libre entre las máximas avenidas y solera, y ello exige que este puente no ocupe la parte más baja del perfil, y aunque de esta forma las aguas altas llegarán a invadir parte del sifón, no es causa de preocupaciones, porque dicha parte se apoya en macizos profundizados lo suficiente para evitar socavaciones, es sitio ya algo alejado del cauce madre y, por tanto, donde las velocidades quedarán muy reducidas, y, además, existe como defensa contra estas inundaciones un malecón de tierras, construido por varios propietarios de terrenos colindantes. Esta solución se estimó más adecuada, y

<sup>1</sup> Véase el número de 1.º de junio, página 251

desde luego más económica, que la de continuar la línea de puentes de forma que sólo hubiesen quedado en sifón las partes más altas que la línea de máximas avenidas.

La tubería se proyectó y se ha construido de hormigón armado, y se tuvo en cuenta en su cálculo las

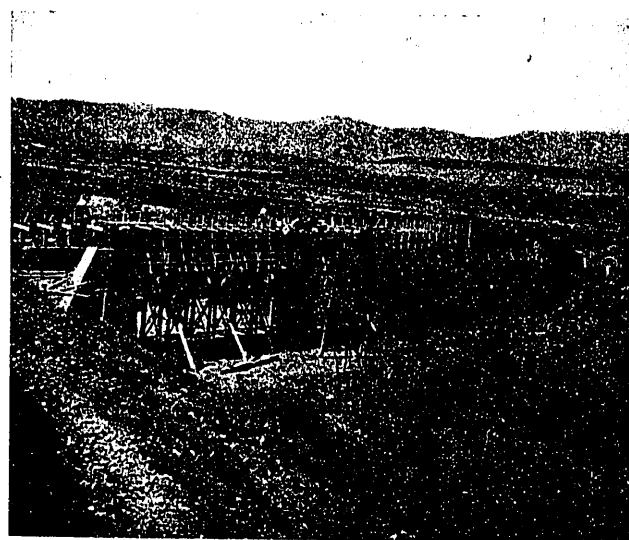
Este puente-sifón consta de tres tramos de 16,50 metros de luz, y se han calculado los momentos flectores y esfuerzos cortantes como viga continua y por tanteos se han obtenido los hierros necesarios en cada sección, siguiendo el procedimiento general para determinar por cálculo deductivo la profundidad de la



Corte transversal del tubo y de la galería de filtraciones

tensiones producidas por la carga de agua, que en los puntos máximos era de 11 000 kilos por  $m^2$ , y las flexiones transversales que se desarrollan en la tubería por el propio peso, el del agua y el de la sobrecarga de tierra; además, en los tramos que pueden llegar a ser inundados por las avenidas se tuvieron en cuenta las flexiones longitudinales que se producen en el tubo, considerándolo como viga apoyada en macizos distanciados seis metros.

Desde luego la solución más económica y adecuada para el puente-sifón, dadas las dimensiones de la obra, era la de proyectar un tubo de sección circular o rectangular que, apoyado sobre las pilas, resistiera como viga. Para el caso que describimos de cargas de agua moderadas (0,5 kg por  $cm^2$ ) y sección trans-

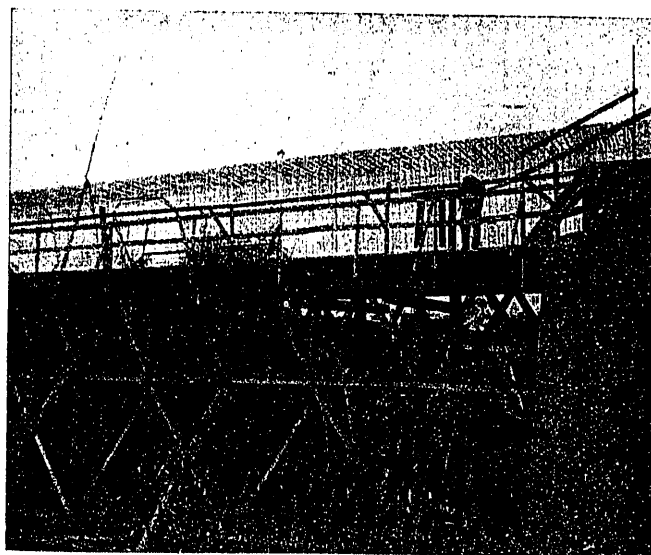


Hormigonado del acueducto sobre el río Sió

fibra neutra y las cargas del hormigón y armadura, que se han tomado inferiores a 30 y 1 000  $kg/cm^2$ , respectivamente.

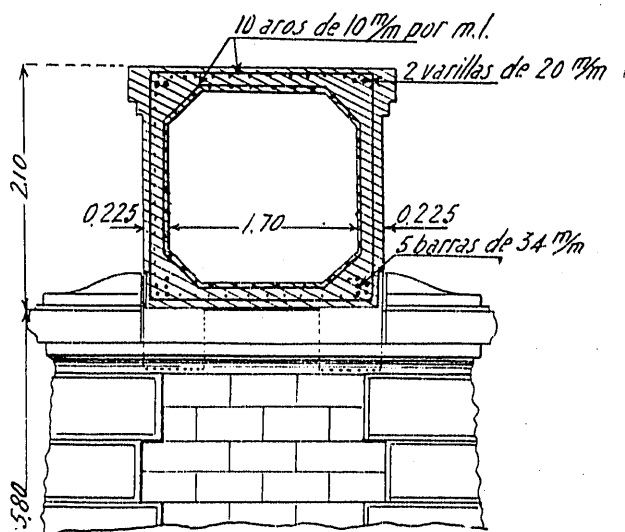
Se tuvieron en cuenta, como es de suponer, las cargas tangenciales y las flexiones transversales más desfavorables producidas por el peso propio, peso del agua y viento y carga del agua sobre la parte superior de la sección, proporcionando a la sección las armaduras necesarias para resistir estos esfuerzos.

En el dibujo puede verse la sección del puente-sifón por el punto de máximo momento flector positivo de los tramos.



Armadura metálica del acueducto sobre el río Sió

versal pequeña, tiene ventaja, aunque no sea grande, la solución de tipo rectangular chaflanado, pues domina la flexión longitudinal, para la que tiene una mejor disposición aquella sección, a la transversal producida por la carga de agua, y que con el tubo circular no se produce.



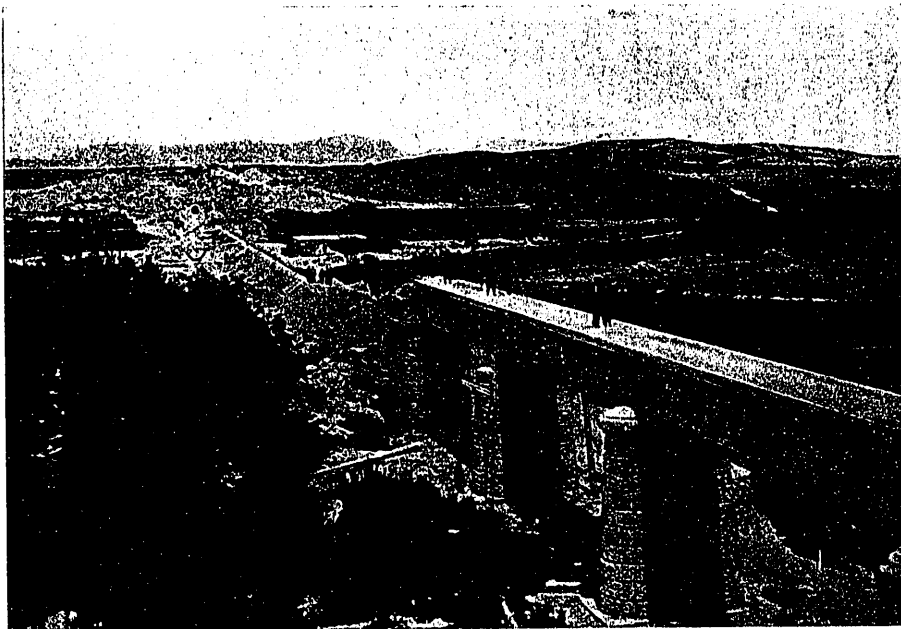
Corte transversal del acueducto y proyección de la pila

La cantidad de hierro que ha entrado en todo el puente ha sido de 14 096 kilos, que supone por metro lineal del mismo 275 kilos.

El puente se apoya en las pilas por intermedio de rodillos de acero fundido y se separa del resto de obra por juntas de dilatación formadas por aros de

cobre sujetos al conjunto de la obra por anillos de hormigón armado, consiguiéndose juntas muy sencillas y que hasta la fecha han dado excelente resultado.

Las pilas son de hormigón con un revestimiento



Canal auxiliar. Vista general de la obra sobre el río Sió

de sillería, para darle a la obra un mejor aspecto.

Para aislar el sifón del trozo anterior de canal en caso de avería de la obra, se ha dispuesto la colocación de una compuerta en la misma boca, que sirve también para mantener constante la altura de agua en la cabeza del sifón, evitando los rápidos que se forman en dichas obras cuando el caudal que circula por el canal es inferior al máximo para el que se ha calculado la obra. Un desagüe de fondo abierto en la parte derecha del cajero del canal inmediatamente antes de la entrada al sifón conduce las aguas sobrantes al río Sió, aguas abajo del puente-sifón, y a aquel mismo cauce vierte un aliviadero proyectado para evitar desbordes en el canal, caso de descuidos del encargado del servicio, y la válvula de descarga del sifón, que está formada por una tubería de fundición con su llave de paso y otros dos tubos adicionales para facilitar el manejo de la misma cuando se han depositado sedimentos que obstruyen el paso.

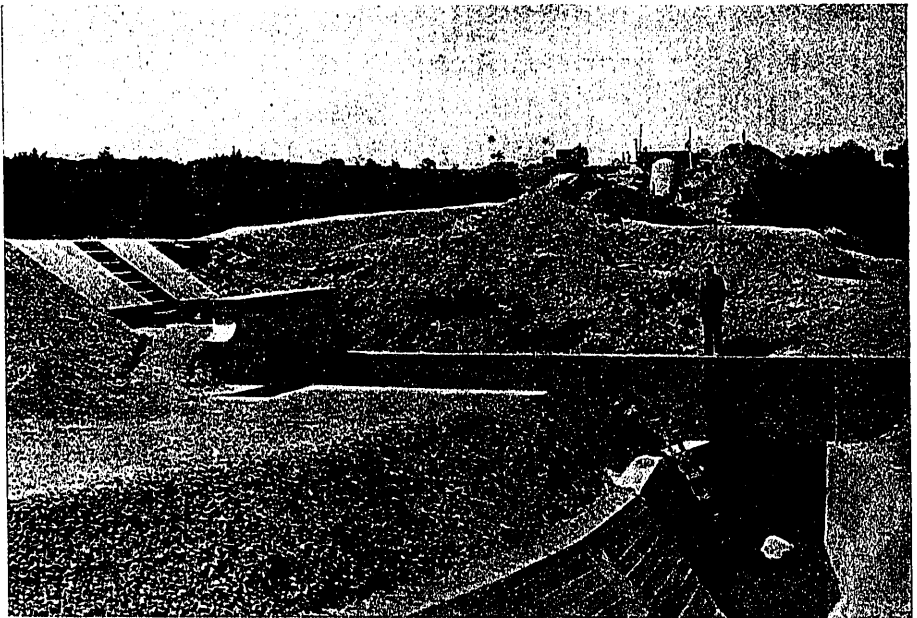
Una galería visitable y de recogida de filtraciones va a todo lo largo del sifón adosado al mismo, constituyendo un todo con el tubo, y se han colocado los drenes convenientes para recoger las humedades que pudiera dar el tubo y las que dé el terraplén que lo protege, procedentes de lluvias o de avenidas del río.

La obra la completa una casilla para vivienda del encargado de la conservación y manejo y una casa de compuertas para alojar los mecanismos de las dos que allí hay instaladas, la de entrada al sifón y la de descarga, manejándose desde aquel sitio también la reja formada por grupos de barras que pueden deslizarse sobre viguetas apoyadas en los cajeros.

La construcción de la tubería y del puente no originó dificultad seria alguna, ni siquiera en los enlaces de una y otra parte, que son de secciones tan diferentes, haciéndose dicho acuerdo con gran suavidad, sin que el agua encuentre cambio brusco alguno.

Se empezó la tubería colocando los arcos y varillas longitudinales mantenidos en su posición por cuñas metálicas apoyadas en la cama de aquélla; se procedió a la limpia de dicha cámara, previamente enlucida, operación que resultó algo dificultosa por el entorpecimiento que representaba todo el varillaje instalado, y a continuación se hormigonó, empezando por los puntos más hondos de la tubería.

El hormigón se echaba primeramente al punto inferior de la sección sin molde alguno, dándole a mano la forma que debía tener, y cuando ya eso no era posible, se colocaban tableros encima de la parte hormigonada, que servían para apoyo de las cer-



Válvula y cauce de descarga de la obra

chas interiores, sobre las que iban las citadas tablas, de 10 cm de ancho, que formaban el molde interior del tubo, echándose el hormigón entre dichas tablas y la cama hasta llegar al diámetro horizontal, y a partir de aquel punto se colocaba molde interior y exte-

rior y se rellenaba tabla por tabla, apisonando con mucho esmero el hormigón.

El hormigonado del puente se llevó a cabo volcando el hormigón desde la cubierta del mismo por entre moldes de las paredes del cajero, una vez colocada toda la trama metálica y las tablas de madera con sus refuerzos, cerchas y tornapuntas, que constituían el molde sobre los andamios correspondientes, dejando refluir el hormigón por la parte inferior, formándose así la solera, que sólo tenía molde exterior, y luego siguiendo sin interrupción las paredes y cubierta, que sólo tenía molde interior. Este sistema resultó mejor que el seguido al principio de formar la solera independiente, echando el hormigón directamente a la misma y luego llenando las paredes del cajero, pues la unión de ambos elementos no resultó tan perfecta.

Las proporciones de los diversos elementos del hormigón fueron de 450 kilos de cemento, 550 litros de arena de río y 650 litros de grava de río, tamaño medio de dos centímetros, para la tubería, proporción que nos dio la máxima impermeabilidad, modificándose ligeramente las proporciones a favor de la gravilla para el puente.

El hormigón se fabricaba en la cabeza de salida del sifón, donde se instalaron las clasificadoras de gravilla, los depósitos de limpia de los materiales por medio de agua corriente, las hormigoneras y tren de vagonetas que lo trasladaban al lugar de empleo, sacándose muestras de vez en cuando, con las que se fabricaban probetas.

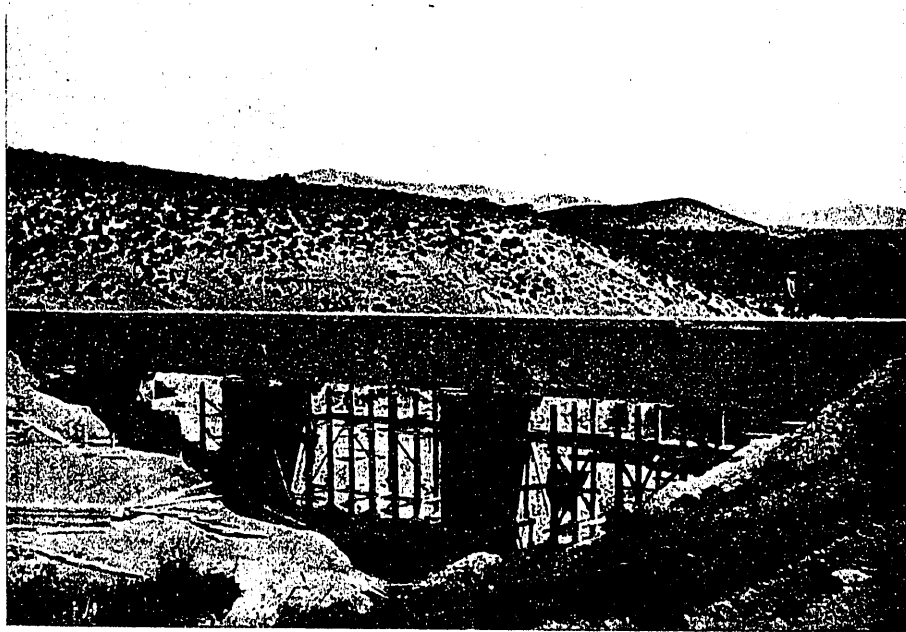
Todo el interior de la tubería y puente ha quedado protegido por un enlucido rico de cemento portland y el exterior del puente revocado con el mismo material y pintado, lo que le da un aspecto uniforme y agradable, a lo que quiere contribuir la forma de la sección transversal.

La obra, terminada ya, ha funcionado el verano pasado con toda regularidad y sin el menor contratiempo, desapareciendo rápidamente la poca humedad observada los primeros momentos, sin que se haya producido la más ligera grieta en el sifón ni en el puente, funcionando perfectamente todos los mecanismos de compuertas, descarga y ventosa y las

juntas de dilatación, que han llegado a tener variaciones de tres milímetros en un solo día.

El presupuesto total de la obra, con las accesorias y complementarias, fué de 372 153 pesetas, y el coste ha sido de 309 311,24, deducida ya la baja del contratista.

La otra obra que sigue en importancia a ésta es el acueducto sobre el barranco Salat, el cual se ha pro-



Canal auxiliar. Acueducto sobre el río Salat

yectado también de sección rectangular con chaflanes y cerrado, pues, teniendo en cuenta el ancho de la misma, que era de 2,30 m, se consideró solución más económica que la rectangular abierta y que la semicircular, pues en ambas precisaba una pasadera de un metro de ancho, cuando menos, que encarecía la solución, sin que mejorase el aspecto de la obra.

Para el cálculo de ese acueducto se siguió procedimiento idéntico al del puente del Sió, prescindiendo, naturalmente, de la carga de agua sobre el acueducto, que aquí no existe. El acueducto consta de tres tramos de 12,50 m de luz, apoyado por intermedio de rodillos sobre pilas de hormigón revestidas de sillería; el peso del metro lineal de acueducto sin carga es del orden de 4,400 toneladas, y con agua, de 9,230 toneladas, siguiéndose en su construcción los mismos procedimientos empleados en el puente-sifón del Sió, y siendo el coste de la misma de pesetas 53 774,76.

Carlos VALMAÑA  
Ingeniero de Caminos

## Algunas consideraciones sobre el régimen hidráulico al pie de presas y su aplicación a los ensayos del vertedero del Esla<sup>1</sup>

SEGUNDA SERIE DE ENSAYOS

*Objeto de los ensayos.*—Los realizados primeramente en el canal de vidrio del Laboratorio, que

<sup>1</sup> Véase el número del 15 de agosto, página 349.

se han descrito, señalan algunos de los fenómenos que habrán de producirse a la salida de las compuertas del vertedero y en el canal de éste. Pero no dan la visión del conjunto, y especialmente la influencia que puede tener el desagüe del canal del vertedero