

Círculo de servicios auxiliares

Según antes dijimos, además del circuito principal a 3 000 voltios que alimenta los motores de tracción de la locomotora, existe otro circuito auxiliar a esta misma tensión, para el funcionamiento del motor del grupo motor-generator.

Este grupo, que va montado en el *capot* núm. 2, suministra la corriente a 90 voltios para los motores auxiliares, control, batería de acumuladores, y, por último, excitación de los campos de los motores principales durante la recuperación.

Su puesta en marcha se hace mediante un botón pulsador montado en el panel de instrumentos de cada cabina, que acciona el interruptor situado en el departamento de alta tensión, y que pone en comunicación el motor del grupo con el trole.

El motor del grupo es del tipo bipolar de colector doble, alimentado directamente por la corriente del trole a 3 000 voltios, siendo, por consiguiente, la tensión por colector de 1 500 voltios. Su capacidad normal es de 35 kw a 90 voltios, y 3 000 voltios en el motor.

Círculo a 90 voltios

La corriente a 90 voltios generada por la dínamo del grupo que acabamos de citar alimenta, además del circuito de control, el de alumbrado y la calefacción de la locomotora, los motores auxiliares del compresor, de las dos bombas de vacío y de los ventiladores.

En paralelo con el generador va conectada una batería de acumuladores, destinada a producir la energía necesaria para el control, alumbrado, compresor y una bomba de vacío para caso de socorro. Con objeto de evitar que la batería se descargue sobre el generador cuando la tensión de éste sea menor que la de aquélla, existe un *relais* de corriente invertida. Hay, además, un *relais* de sobrecarga que protege la batería contra cualquier aumento anormal de voltaje en el generador del grupo.

Los ventiladores están situados uno en cada *capot*, y se accionan por motores de 8 1/2 CV a 90 voltios. Suministran aire a los motores principales de tracción y a las resistencias de aceleración.

El compresor de aire, para el control y frenos de la locomotora está movido por un motor idéntico a los de los ventiladores.

Las dos bombas de vacío son rotativas, están situadas una en cada *capot* y sirven para mantener el vacío necesario para el frenado del tren. La bomba situada en el *capot* núm 2 puede funcionar a dos velocidades: rápidamente, para obtener un vacío energético al aflojar los frenos, y a menor velocidad, para mantenerlo y compensar las pérdidas en la tubería de freno.

Durante la recuperación no pueden aplicarse los frenos de la locomotora, y para ello existe una válvula magnética de enclavamiento, del tipo electro-neumático, que no funciona mas que cuando aquélla marcha en recuperación. Los frenos del tren pueden, en cambio, aplicarse y ayudar al frenado obtenido por la marcha en recuperación.

Presas de gravedad y presas de bóvedas múltiples ⁽¹⁾

III

Los defectos que el ingeniero Fantoli atribuye a las presas de bóvedas múltiples (*Energia Elettrica*, octubre 1924) son los siguientes:

1.º Un pequeño desgaste o corrosión en una limitada porción de la bóveda; un material averiado por sí mismo o por el hielo; el asiento parcial de un solo contrafuerte; la fisura de un arco, etc., son causas probables de la ruina de toda la estructura.

2.º Bajo la fuerte carga hidráulica, la permeabilidad dañosa de la pantalla sutil es, con el tiempo, inevitable.

3.º Pueden ser más perjudicadas por posibles acciones violentas e imprevisas, como un golpe de alud, la caída de un bloque desde la ladera, un corrimiento de ésta, el choque de un témpano flotante, el ataque con explosivos por un malvado, una bomba de avión enemigo, etc.

De dos de estos inconvenientes vamos a ocuparnos en este artículo: el de las filtraciones y el del efecto del hielo.

Las presas de bóvedas múltiples, por sus exiguos espesores, y a pesar de la racional dosificación de los elementos aglomerante y áridos del hormigón, están

más expuestas a filtraciones que las presas de gravedad. En éstas se cuida que resulte suficientemente rico y bien dosificado, para dar garantía de compacidad, el hormigón, en un cierto espesor a partir del paramento de aguas arriba; espesor que es mayor que el máximo que tienen en la base las bóvedas del tipo de contrafuertes.

Dos efectos cabe separar en las filtraciones: la pérdida de caudal, con las consecuencias dañosas que éste puede producir por su misma pérdida y por el arrastre de partículas a través o por debajo de la presa, y la subpresión. Esta última tiene mucha más importancia en las presas de gravedad. Pero, aparte de que éstas suelen calcularse teniendo en cuenta con importancia más o menos restringida, en los tipos modernos se suelen disponer drenajes cerca del paramento de aguas arriba y en los cimientos, de modo que dicha subpresión queda anulada o muy reducida en la mayor parte de cualquier junta ideal de la presa. En las de bóvedas múltiples esta subpresión tiene escasa importancia, por ejercerse sólo en el espesor escaso de estas bóvedas.

En la presa de Tirso, dice Kambo (*Energia Elettrica*, junio 1925) que el caudal de aguas filtradas alcanzó un máximo de 55 litros por segundo con 53 m de carga de agua (5,4 m por debajo de la máxima admitida en el proyecto).

En una carta que en la *Energia Elettrica* (mayo

(1) Véase REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, números 2 451 y 2 452, páginas 205 y 236.

1925) publica Luigi Cozza, presidente de la Comisión de Inspección de las Presas, nombrada a raíz del desastre de Gleno, se dice que la presa de Tirso se visitó en enero de 1924, y alcanzaba entonces el embalse 46,90 m sobre el fondo, es decir, 11,50 m por debajo del máximo admitido en el proyecto; y se dispuso que no se consintieran sucesivas elevaciones superiores a 0,20 m por día, y que, por de pronto, no se autorizaba mayor elevación total que 53,50 m sobre el fondo del cauce, y observando las posibles deformaciones y aumentos de caudal filtrado con la progresión de la carga; y estas medidas se tomaron vista la sensible pérdida que entonces tenía lugar, que se iría agravando con el aumento del nivel de aguas, como se verificó, en notable medida, en el mes de febrero siguiente, tanto que la Sociedad propietaria de la presa, por su iniciativa, aumentó la apertura de los desagües para hacer descender el nivel aun por bajo del límite previsto por la Comisión, mientras disponía las necesarias reparaciones. De modo que, desde la época de ultimación de dicha presa, en abril de 1923, hasta mayo de 1925, no había alcanzado el nivel del embalse la altura máxima de 58,40 m sobre el fondo del cauce.

Observa Fantoli (*Energia Elettrica*, julio 1925) que del paramento de aguas arriba, vertical en una presa de gravedad, al inclinado en la de bóvedas múltiples de igual altura, la superficie de penetración del agua pasa de 1 a 2 1/4; circunstancia agravada en el segundo caso por lo exiguo de los espesores.

Luigi Kambo dice que esta última es una presa sincera, ya que por su superficie expuesta a la vista, desde aguas abajo, cualquier profano puede enterarse de los defectos; lo que no ocurre con la presa de gravedad. Calcula que dicha superficie guarda con la de igual altura de una presa de este último tipo la relación de 5 : 1. Esto mismo determina un aumento de cuidados en la ejecución y conservación de los paramentos en la presa de bóvedas.

Al generalizarse en estos últimos años la construcción de estas presas, se han hecho algunas ubicaciones inadecuadas, especialmente por lo que afecta a la altitud y consiguientes rigores del clima. Destacan los siguientes ejemplos en Norteamérica:

	Metros de altura	Metros de altitud
Presa del lago Gem.....	25	2 700
» » » Agnew.....	12	2 550
» de Bear Walley.....	21,6	2 023
» del lago Eleanor.....	21	1 400

En la primera de las citadas han tenido lugar graves fenómenos de desintegración del hormigón por efecto de las heladas; y esto ha motivado una reparación importante, que se efectuó recientemente y que la convierte en presa de semi-gravedad. Por considerarlo interesante e instructivo, nos detenemos a detallar estos particulares, que se describen en la Memoria de Dolton y Huber, *Multiple Arch Dam at Gem Lake on Rusk Creek, California*, que se publicó en *Proceedings of the American Society of Civil Engineers* de septiembre de 1925, y su discusión empieza en este número y continúa en otros siguientes, diciembre de 1925, enero, marzo y mayo de 1926. También se trata de esto mismo en *Engineering News Record*, 2 de julio de 1925; *Energia Elettrica*, julio y agosto de 1925, *Le Genie Civil*, 19 de sep-

tiembre de 1925 y *Bulletin Technique de la Suisse Romande* del 10 de abril y 8 de mayo de 1926.

La presa del lago Gem (figs. 1.^a y 2.^a) fué construída en los años 1915 y 1916. Su autor, L. R. Jorgensen, puso en este proyecto a contribución el cálculo y la práctica más completos en este género de obras.

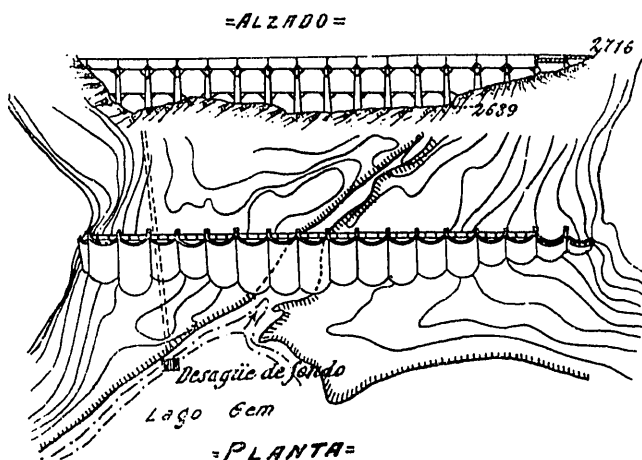


Fig. 1.^a Alzado (lado de aguas abajo) y planta de la presa de Gem.

Por la Memoria en que daba cuenta de dicho proyecto, «Multiple Arch Dam on Rush Creek», publicada en *Transactions of the American Society of Civil Engineers* de 1917, fué agraciado con la medalla Norman por la indicada Sociedad.

Dicha presa está situada en uno de los más apartados sitios del Oeste de Sierra Nevada. Todos los

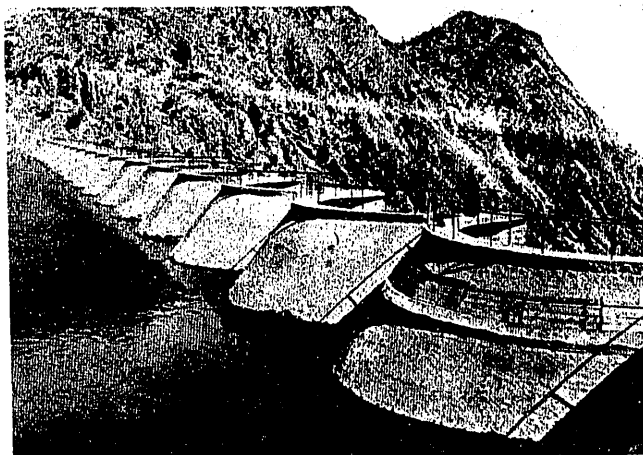


Fig. 2.^a Vista de aguas arriba de la presa de Gem.

materiales, excepto la madera y piedra, hubo que transportarlos desde larguísimas distancias. El cemento tenía que recorrer 500 km de ferrocarril de vía ancha, 135 km de vía estrecha, 110 km de camino en terreno desierto, utilizando tractores tipo oruga, hasta llegar a la casa de máquinas, aguas abajo de la presa. Allí era cargado en el tranvía del lago Agnew y recorría un trayecto de 1 500 metros con desnivel de 375 m. Se trataba luego a barcas que atravesaban el lago dicho; descargado y vuelto a cargar de nuevo en otro tranvía, se ganaba una altura de 165 metros sobre el lago, llegando así a la presa, donde la tonelada de portland resultó a 300 pesetas (7,5 dólares el barril).

Por la crudeza del clima sólo podía durar cuatro o cinco meses la campaña de trabajo.

Dada la carestía de los materiales, se desechó el tipo de presa de gravedad y se eligió el de bóvedas múltiples. La solución de presa de tierra no era posible, por carencia de materiales a propósito. Pero no se concibe no se eligiese el tipo de escollera, utilizando para el macizo el material inmediato y quedando reducido el empleo del hormigón a la pantalla impermeabilizadora.

La presa embalsa 21 millones de metros cúbicos, y consta de 16 bóvedas de 12 m de luz. El espesor de ellas varía entre 0,30 m en la coronación y 1,18 m en el punto más bajo. Los contrafuertes tienen espesores de 0,56 m en la coronación y 3,36 m sobre cimientos. Hay dos series de arriostramientos.

La presa se cubrió aguas arriba con un enlucido de mortero con dosificación 1 : 2, aplicado con el cañón de cemento. El espesor de esta capa variaba de 6 mm en la coronación a 19 mm en la base.

Al ponerse en carga la presa sólo se notaron pequeñas exudaciones. Durante los dos primeros años de

temperatura era transmitida a través de la bóveda, determinando la congelación del agua, y, por tanto, el hielo de la superficie del embalse no era la única causa del daño.

Se pensó remediar el mal haciendo completamente impermeable el paramento de aguas arriba. Se ensayaron con tal objeto doce composiciones hidrófugas, y se decidió aplicar el producto llamado «Ironite». Antes de esto se quitó todo el hormigón dañado, hasta en espesores de 0,20 m en algunos puntos. Al principio se obtuvo completa impermeabilidad; no obstante, se presentaron en el enlucido grietas pelo. Al volver las bajas temperaturas, la deterioración se originó de nuevo y hubo que adoptar remedios más enérgicos.

Un examen minucioso de la presa, en 1924, demostró que la parte superior de las bóvedas, en una profundidad de 9 m desde la coronación, estaba en perfectas condiciones. La parte inferior de las bóvedas tenía escaso daño, y en la parte intermedia el hormigón resultó desintegrado y con escasísima resistencia. Golpes dados con el pico en la parte deteriorada no producían los sonidos de campana característicos del hormigón en buenas condiciones, y sí otros análogos a los que se originan al golpear la arcilla.

Desde aguas abajo se abrieron agujeros en dicho hormigón (fig. 3.^a), que fué fácilmente separado en profundidad que no disminuyese mucho la resistencia, ya que el embalse quedaba a nivel superior a ellos, llegando en la perforación más allá de la armadura metálica.

El examen de todo ello produjo el convencimiento de que el daño fué causado por filtraciones de agua a través del hormigón y congelación subsiguiente. Las temperaturas invernales llegaron a -25° Fahrenheit, o sean -31° centígrados.

Recordando las circunstancias en que tales temperaturas se produjeron, se llegó a la deducción de que el nivel del embalse, en aquel entonces, se encontraba alrededor de 9 m debajo de la coronación, lo que explicaba el buen estado del hormigón en la parte superior. El de los contrafuertes no había sufrido daño. Y la zona inferior resultó poco deteriorada, por quedar protegida por la capa de nieve que se almacenaba junto a ella.

La reparación de la presa se llevó a cabo en 1924, en una sola campaña. Se pensó en adosar a los arcos un macizo resistente de escollera, quedando las bóvedas como pantalla impermeabilizadora. Pero se desistió por la mucha cantidad de escollera necesaria, lo que haría imposible terminar la reparación en una sola campaña; cosa que convenía para no paralizar más tiempo la explotación del salto.

Se decidió adosar desde 9 m, a partir de la coronación hacia abajo, un macizo de hormigón en masa, detrás de las bóvedas. La sección adoptada se representa en la figura 4.^a. Si se hubiese elegido una sección de relleno de más altura, las cantidades de hormigón requeridas no hubieran podido colocarse en una campaña. La parte superior de las bóvedas y los contrafuertes estaban en buen estado y no necesitaron refuerzo. No es improbable que se presente alguna grieta en las bóvedas junto al perfil de gravedad; pero es de esperar que no sea importante.

Algunos ingenieros que intervienen en la discusión de la citada Memoria opinan que la porosidad del hormigón fué debida a la defectuosa arena empleada en su confección. Esta arena procedía en tres cuartas



Fig. 3.^a Exploración en la cara de aguas abajo de la presa de Gem.

funcionamiento, las filtraciones siguieron con muy escasa importancia, y no hubo cambios de estructura aparente. En el tercer año aumentaron algo dichas filtraciones y se notaron concreciones blancas en el intradós de las bóvedas. En los dos años siguientes tuvieron lugar serias desintegraciones del hormigón de las bóvedas, sin duda a causa de la acción de los hielos. Este fenómeno aumentó de importancia con el transcurso del tiempo.

Se creyó primero que el daño era causado por el hielo que se formaba en la superficie del agua en un espesor de 0,75 a 1 m. Este hielo, adherido al paramento de aguas arriba, al bajar el nivel del agua quedaría colgado, y al desgarrarse, presumiblemente, arrastraría el enlucido. Pero se desechó esta creencia, porque se perforó un agujero a través del hielo, cerca de la presa, y se vió que en 2,50 a 3 m debajo de la superficie la cara de la presa quedaba cubierta con una delgada capa de hielo, lo que probaba que la baja

partes del lago, y el resto de la obtenida triturando la roca inmediata, que proporcionaba un material barato, pero con partículas delgadas, planas y de superficie lisa, que en el mortero hacían el mismo efecto que la mica.

O'Shaughnessy recuerda el caso ocurrido en la presa que lleva su nombre, en que para la ejecución de 300 000 m³ de hormigón el contratista quiso em-

daba el ácido tánico procedente de un robleal de la cuenca superior. Y por ello obligaron al contratista a emplear arena excelente, encontrada a 5 km aguas arriba de la presa. Y esto afirma en el citado ingeniero la opinión de que son dudosas las ventajas de contratar esta clase de construcciones.

La presa de Agnew fué proyectada y construída por el mismo ingeniero Jorgensen, y al mismo tiempo

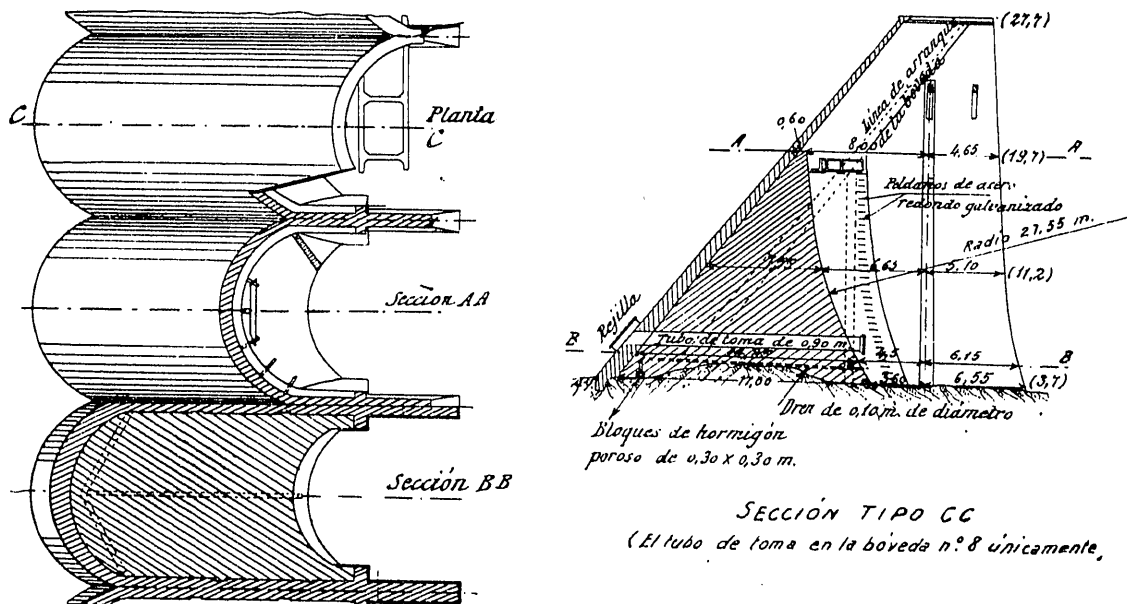


Fig. 4.ª Planta y cortes de la presa de Gem.

plear arena extraída, con escaso coste, de punto cercano; pero los ensayos de probetas hechas con ella revelaron escasa resistencia y compacidad. Análisis químicos determinaron que la arena estaba cubierta por una capa negra de un compuesto en que abun-

que la de Gem. En altitud difieren ambas presas sólo en 150 m, que queda más baja la primera. Los rigores del clima son análogos. La arena empleada en Agnew fué de la misma o peor clase que la de Gem, e igual la dosificación, de 1,5 barriles por yarda cú-

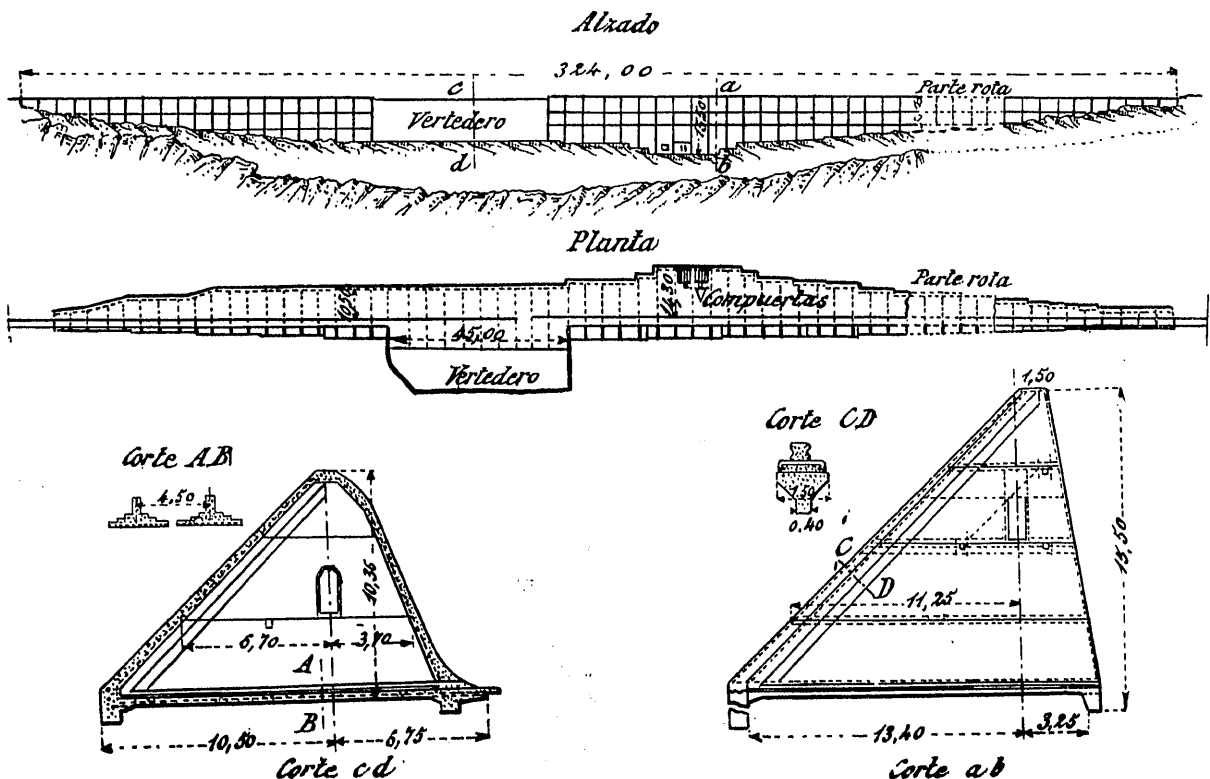


Fig. 5.ª Presa de Stony River (Virginia).

bica de árido (o sea 335 kg por metro cúbico). Y, no obstante, el hormigón de la presa de Agnew se conserva en buen estado.

Se atribuye esto a que esta presa (de sólo 9 m de altura máxima sobre el fondo), en invierno, queda, aguas abajo, completamente cubierta por la nieve, que la abriga contra grandes descensos de temperatura.

El ilustre ingeniero O'Shaughnessy, al intervenir en la discusión de la citada Memoria, dice, respecto a la presa de bóvedas múltiples del lago Eleanor: «Aunque exigencias financieras y de tiempo determinaron en 1917-1918 construir la presa de bóvedas múltiples, embalsando 35 millones de metros cúbicos con coste de 300 000 dólares (0,06 pesetas por metro cúbico embalsado, aproximadamente), se está ultimando el proyecto definitivo para, prácticamente, suprimir esta presa, adosándole detrás otra de escollera, y que la actual de bóvedas servirá para impermeabilizar los 21 m del pie del paramento de aguas arriba...»

Esta presa de bóvedas múltiples, según el citado ingeniero, no ha sufrido deterioración. La presa de escollera alcanzará de 45 a 52,5 m (*Engineering News Record*, 4 de septiembre de 1919), contra 21 m que tiene la de bóvedas. De modo que O'Shaughnessy estima que para aquella altura el tipo de bóvedas es antieconómico o de escasa seguridad.

El mismo ingeniero (1) decía en una carta a Fantoli (*Energia Elettrica*, octubre de 1924): «Estoy profundamente convencido de la sana lógica de vuestra posición en favor del tipo moderno de gravedad con planta curva. Donde las cimentaciones y otras ca-

(1) O'Shaughnessy es constructor de numerosas presas de todos los tipos, entre las que descuellan: la que lleva su nombre, para abastecimiento de San Francisco, de 105 m de altura, elevable a 129, de gravedad; la Alpine y la Lower Otay, de este mismo tipo; la de Morena, de escollera, de 79 m de altura desde el punto más bajo del rastrillo, que tiene mucha importancia, y la de bóvedas múltiples del lago Eleanor.

racterísticas son favorables, yo creo que *este es el solo tipo que debe adoptarse* cuando hay que pensar en las vidas humanas y en las propiedades inferiores...»

Scheidenhelm (*Proceedings*, marzo de 1926) cita otro caso de desintegración ocurrido en la presa de Stony (Virginia), de bóvedas múltiples planas, con altura de 24,7 m sobre fondo de cimientos, y situada a una altitud de 1 020 m. Fué construída en 1912-13, y en 1914, a los seis meses de terminada, sufrió una rotura de 20 m de longitud, a causa de que el rastrillo no llegaba a la roca; las aguas filtrantes inferiores arrastraron las capas de apoyo y determinaron dicho hundimiento (fig. 5.^a). En el mismo año se reparó y se bajó el rastrillo hasta apoyarlo completamente sobre la roca. En 1919 empezó a presentarse la desintegración del hormigón, que se atribuyó a defectuosa ejecución de éste, que, además, en la parte desintegrada se vertió durante la época de heladas. En 1924 se ha llevado a cabo una reparación de las zonas destruídas.

Por lo indicado anteriormente se saca el convencimiento de que la presa de bóvedas múltiples no es apropiada para grandes altitudes, sujetas por su situación a muy rigurosos descensos de temperatura. Y aun en otros sitios más apropiados, antes de decidirse por el tipo indicado debe hacerse una comparación concienzuda de su coste con el de presa de gravedad o de otro tipo inferior (tierra o escollera).

Luigi Kambo, tan ardiente defensor de dicho tipo de bóvedas múltiples, dice: «Despojado de las exageraciones de los neófitos y de los incompetentes, el tipo de presa de bóvedas es digno de la mayor confianza. Estoy convencido de que está destinado a un seguro éxito, con tal, naturalmente, de que la obtención de mayores alturas se haga por grados y siguiendo el criterio de que a todo aumento de altura corresponda un notable incremento de dimensiones; y que sólo cuando se tenga la necesaria experiencia se puede proceder a emplearla en embalses más importantes, o con mayores alturas, o a una disminución de espesores a paridad de altura.»

José Luis GÓMEZ NAVARRO
Profesor de la Escuela de C., C. y P.

Proyectos de puente sobre el río Turia, en Nazaret (Valencia)

En virtud del acta levantada por la Comisión formada por representaciones del Ayuntamiento y de la Junta de Obras del puerto, en la que se comprometía el primero a ensanchar el actual camino de Nazaret hasta 39 m de anchura, y la segunda a construir un puente sobre el río Turia, en el extremo de dicho camino ensanchado, para darle acceso al puerto, se han estudiado, por los ingenieros de la Dirección facultativa de las obras, dos proyectos que por la Comisión permanente de la Junta han sido informados favorablemente desde el punto de vista administrativo, acordando someterlos a la aprobación de la Superioridad para que ésta decida sobre cuál de los dos proyectos ha de ejecutarse.

El sitio del puente que se proyecta está a 165 m

aguas abajo del puente de hierro hoy existente en el poblado de Nazaret.

La longitud real del puente es de 174,85 m, y su anchura, de 25 m, distribuídos en la siguiente forma (fig. 1.^a):

	Metros
Una zona central con dos vías, para tranvía y ferrocarril de vía estrecha.	5,40
Dos zonas laterales para tres carros o automóviles, de 7,30 m cada una.	14,60
Dos aceras para peatones, de 2,50 m cada una ..	5
TOTAL.	25

La altura de la rasante sobre el nivel ordinario del río es de 5,50 m.