

sería un carácter secundario, no esencial, pero que podría ser susceptible de aplicaciones técnicas, tanto desde el punto de vista de la medida, como de la determinación de otros elementos o disposiciones de los proyectos.

Aun podría ocurrir que en el mismo sitio pudieran reconocerse dos tipos distintos o un tipo mezclado, según la altura que se hubiera de dar a la presa, por alcanzar ésta una u otra terraza de las originadas por la corriente en su evolución geológica.

Es ésta una materia que aquí no hacemos más que apuntar, y para cuyo estudio sería preciso un material más completo de casos prácticos. Reduciéndonos al punto de vista de la medida, que es el que tratamos de desarrollar en estos artículos, sólo haremos observar que, en los casos de nuestros esquemas, sería la media de las áreas la que estaría indicada para los dos primeros, la fórmula tronco-cónica para el tercero, que parece ser el más frecuente entre nos-

otros, y en el caso de que el exponente fuera 4, se podría utilizar una expresión de la forma

$$V = \frac{\varepsilon}{4} \left( S_0 + S_1 + \sqrt[3]{S_0 S_1} \left( \sqrt[3]{S_0} + \sqrt[3]{S_1} \right) \right).$$

La fórmula general para un  $m$  fraccionario sería

$$V = \frac{\varepsilon}{m} \cdot \frac{S_1 \sqrt[m]{S_1} - S_0 \sqrt[m]{S_0}}{\sqrt[m]{S_1} - \sqrt[m]{S_0}}$$

Son tan sencillas las demostraciones, que no creemos necesario desarrollarlas.

En un próximo artículo procuraremos deducir las consecuencias de aplicación práctica que pudieran derivarse de lo que llevamos dicho.

Pedro M. GONZALEZ QUIJANO.

## Las obras de fábrica para la urbanización de la Ciudad Universitaria

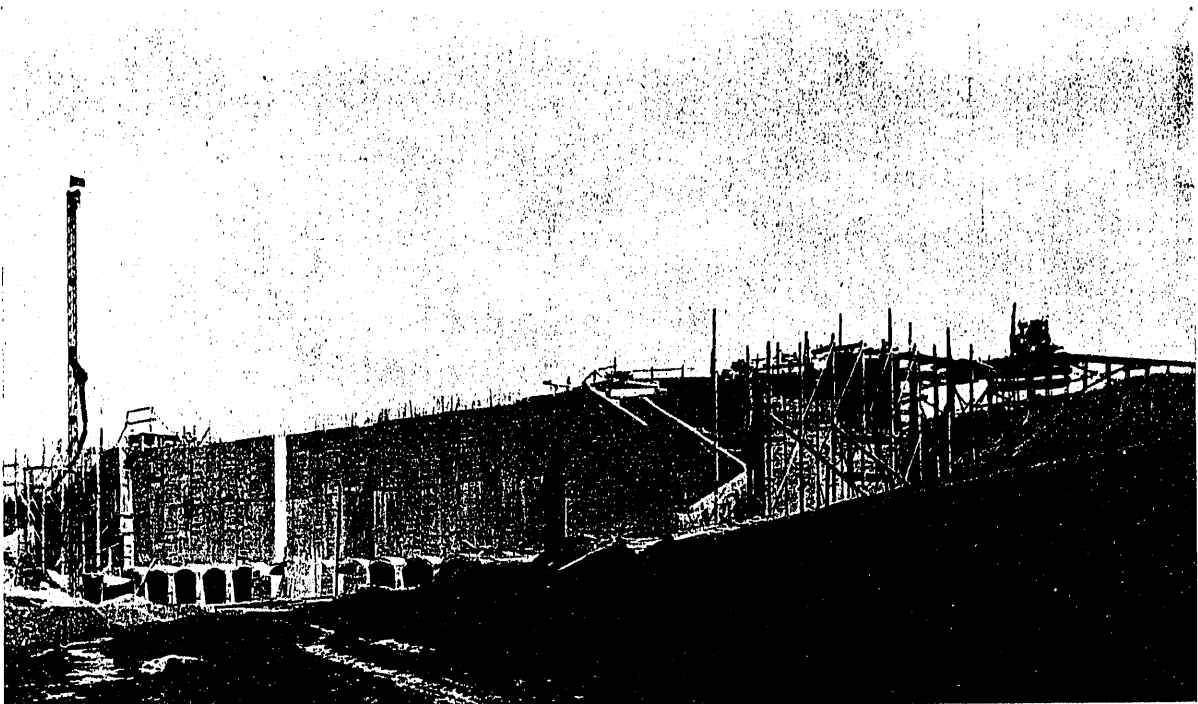
Entre las obras de ingeniería ejecutadas en la Ciudad Universitaria, destacan, por estar más a la vista, las obras de fábrica de su urbanización, y en especial los viaductos, pasos inferiores y muros de contención de las calles.

Las tres obras más importantes han venido impuestas por la necesidad de establecer tres vías cruzando la vaguada de Cantarranas; dos de ellas, la Avenida de Puerta de Hierro y la línea independiente del tranvía, salvan la vaguada en viaducto, y por el contrario, el paso de la Avenida Universitaria se hace

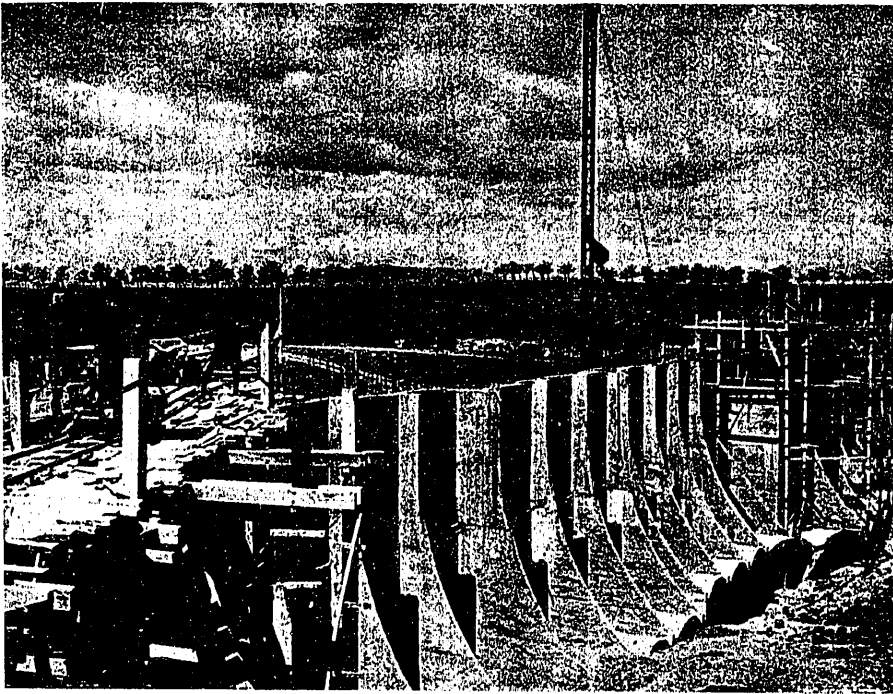
mediante un terraplén contenido por un importante muro de fábrica.

La elección de esta última solución vino impuesta por la mayor anchura de la vía, por su menor cota sobre el fondo de la vaguada y por la conveniencia de establecer por uno de los lados del terraplén varias terrazas a distintas cotas. Con estas condiciones resultaba ya más económica la contención del terraplén por el otro lado, y completamente obligada la solución de muro de contención.

Este muro tiene unos 22 metros de altura desde



Paramento exterior del muro de contención.



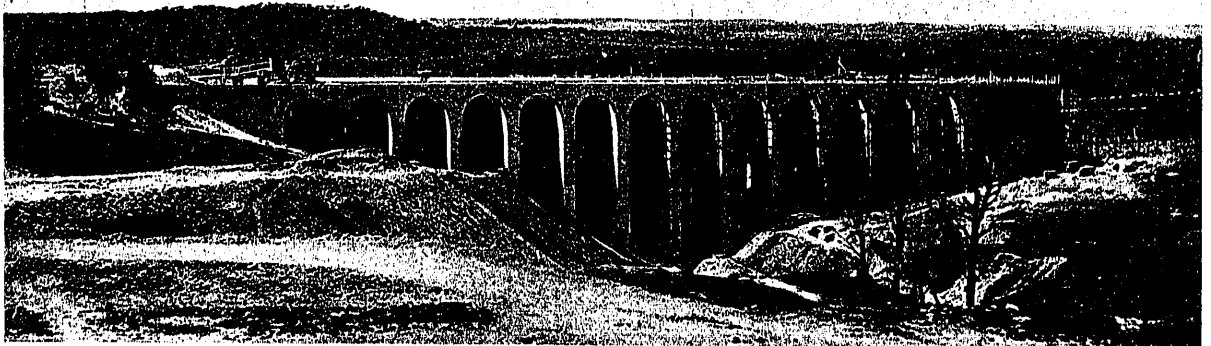
Vista posterior del muro de contención.

la cota de la calle hasta la cimentación en su parte central; pero de estos 22 metros, aproximadamente la mitad quedan terraplenados por los dos lados, y por consiguiente, la altura de contención se reduce a 11 metros.

La contención de la obra justificaba, naturalmente, el estudio de diferentes soluciones comparativas, después de lo cual se adoptó como solución más conveniente la de una pantalla de hormigón armado con contrafuertes. La separación de éstos debía quedar comprendida entre cuatro y seis metros para obtener pantallas económicas, y se eligió la de 4,50 para mejor ajustarse a las conveniencias ornamentales del paramento visto. La pantalla de contención entre los contrafuertes baja solamente hasta el nivel del relleno de aguas abajo y tiene 25 cms. de espesor en la parte

central, gracias a la disposición curva y en desplome de estos pilarotes.

Su cimentación se hizo por medio de zapatas de hormigón armado de forma trapezoidal, para obtener un reparto uniforme de cargas sobre el terreno. Como la obra tiene más de 100 metros de longitud, era necesario establecer juntas de dilatación y se adoptó el sistema de colocar dos de ellas en cada pantalla al quinto de la luz, para obtener la máxima economía en el régimen de flexión; de este modo, los trozos de pantalla contiguos al nervio forman la cabeza de compresión del mismo, y la pantalla central apoya sobre estas otras partes laterales mediante una junta inclinada, en la que se dejaron algunas barras pasante de sujeción, de tal forma, que aun cuando la junta pueda parecer insuficiente para permitir el movimien-



Viaducto de Quince Ojos.

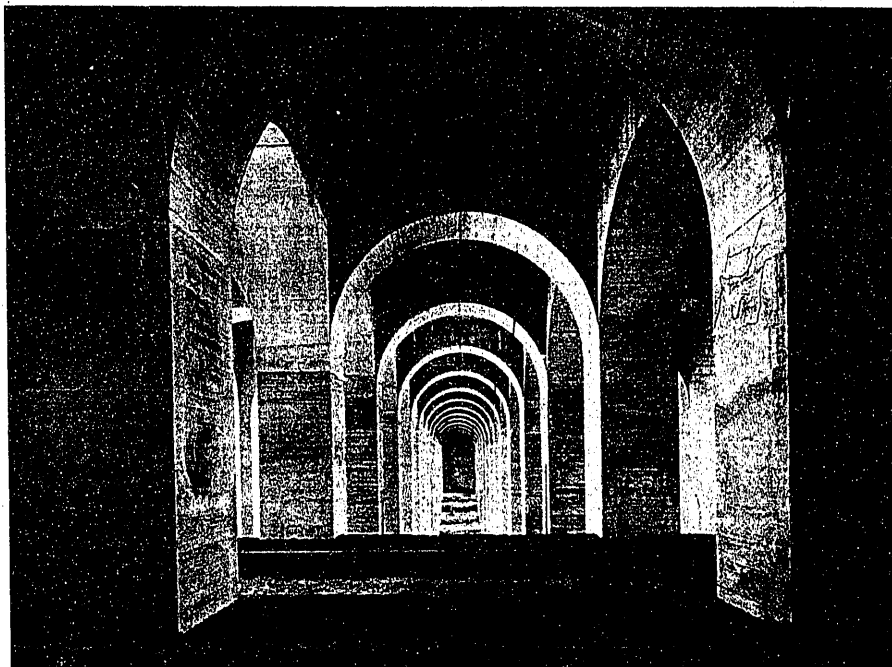
to, ha dado perfectos resultados en la práctica gracias a la proximidad y repetición de estas juntas.

El conjunto de la estructura ha resultado, gracias a esta disposición, muy económico, pues su coste no ha pasado de 200 pesetas por metro cuadrado de contención, aun incluyendo en el precio la cimentación que, como hemos dicho, representa una altura análoga a la de contención, y el comportamiento de la obra ha sido hasta la fecha completamente satisfactorio.

El otro cruce de la vaguada aguas abajo de éste, es el llamado Viaducto de Quince Ojos, para el paso de la Avenida de Puerta de Hierro.

La necesidad de proyectar un viaducto cuyas líneas armonizaran con las del muro de contención antedicho, y cuya ornamentación proyectada por los arquitectos de la Ciudad Universitaria, y todavía sin ejecutar, presenta multitud de perspectivas comunes con el viaducto, obligaron a salvar la vaguada con una arcada múltiple de bastante masa compuesta por quince arcos de siete metros de luz con pilas de 1,70 metros en sentido longitudinal, y tres arcos iguales en sentido transversal con pilas centrales de 1,70 metros de anchura y las laterales de 6,80 para alcanzar el total de 35,00 metros de anchura de la vía.

La gran longitud y rigidez de esta estructura obligaba también a establecer juntas frecuentes, cuya posición no perjudicase el efecto estético, adoptándose como menos perjudicial la solución de colocarlas en las mismas claves, convirtiendo así los arcos en dobles ménsulas, de modo que la unidad estructural está formada por una pila bastante esbelta, de la cual arrancan en la parte alta los cuatro medios arcos en forma de ménsula, que sirven de apoyo en unión de las ménsulas de los pilares contiguos a cada una de las losas cuadradas de hormigón armado que forman el tablero del viaducto. Como la luz de los arcos



Vista interior del Viaducto de Quince Ojos.

es muy pequeña, no resultaba esta solución tan anti-económica como pudiera pensarse, pues bastan unas ligeras armaduras para soportar las cargas de las ménsulas.

De los estribos, uno de ellos en que el terreno sube rápidamente, está formado por muros en ménsula empotrados sobre una zapata inferior y formando una especie de caja de contención del terraplén interno, mientras que el otro estribo que tiene gran altura y ha de ir acompañado por los terraplenes, se ha resuelto más económicamente, continuando la misma estructura en arcada del viaducto y cerrando lateralmente estos arcos con ligeras pantallas, siguiendo la ya clásica solución ideada por el maestro D. J. E. Ribera, y con la cual el terraplén vierte por igual por el exterior que por el interior de las pantallas, compensándose los empujes de tierra sobre las mismas.

Terminaremos en otro artículo la descripción de estas obras.

**Eduardo TORROJA,**  
Ingeniero de Caminos.

## Solución general del problema de la deformación plana

En mi *Elasticidad y Resistencia de los Materiales*, tomo II, páginas 362 y siguientes, he demostrado que el método general de solución del problema elástico, consistente en reducirlo a una ecuación integral, se aplica a la deformación plana. Pero esta aplicación supone un paso al límite, puesto que hay que integrar para un cilindro indefinido, siendo, por tanto, de un gran interés teórico estudiar de una manera directa el caso de dos dimensiones, como han hecho siempre los autores en los problemas análogos de Neumann y Dirichlet.

Por otra parte, este estudio directo ofrece también gran interés práctico por la aplicación a las presas de gravedad y a otros muchos casos importantes, ya que es siempre más fácil aplicar una teoría sencilla, propia del caso especial, que otra mucho más complicada referente a otro más general.

Consideremos, pues, un cuerpo limitado por una superficie cilíndrica indefinida; tomemos un triedro de referencia levógiro tal, que  $OX$  y  $OY$  estén contenidos en el plano de la sección y que  $OZ$  sea paralelo al eje. El supuesto fundamental es que las ten-