

# Revista de revistas

## *Los esfuerzos ejercidos por las olas en los diques de tipo vertical*

El ingeniero chileno Lira ha escrito, en *Le Génie Civil* de 8 de abril de 1933, un interesante artículo, como todos los de este distinguido profesor, sobre el cálculo de los esfuerzos ejercidos por las olas en los diques de tipo vertical, y, entre otras conclusiones que detallaremos más adelante, dice que el método de cálculo de Sainflou<sup>1</sup> es preferible al suyo, y que, a su juicio, es el que se debe de emplear.

Esta conclusión es importante, porque todavía no existe un criterio de carácter general para el cálculo de esos esfuerzos, pues la Comisión que se constituyó en el Congreso de El Cairo, formada por cinco ingenieros, para estudiar la manera de medir los esfuerzos ejercidos por las olas contra los diques, y su cálculo, aun no pudieron dar un informe definitivo. Y todavía ofrece más interés por formar parte Lira de esa Comisión, y ser su método<sup>2</sup> uno de los que más se han utilizado en los últimos años.

Empieza Lira diciendo que la teoría desarrollada por Sainflou tiene el mismo punto de partida que su método, con la ventaja de que Sainflou no recurre a una simplificación arbitraria. Por otra parte, la teoría de Sainflou conduce a resultados más desfavorables<sup>3</sup>, lo que es preferible desde el punto de vista de la seguridad de la obra, siendo, por otra parte, de fácil aplicación, pues no exige más que construcciones gráficas y cálculos sin dificultad.

A continuación estudia, utilizando este método, los accidentes ocurridos en los últimos años en los diques de Valencia, Antofagasta y Catania, y, finalmente, establece las siguientes conclusiones:

La aplicación del método de Sainflou permite explicar todos los accidentes ocurridos en esos diques, y, a juicio de Lira, es el que se debe de adoptar para lo sucesivo. La única incertidumbre que se encuentra consiste en la determinación de los datos de cálculo.

La comparación de las características de las olas que se han observado en los accidentes, y otras observaciones, permiten establecer, según él, que las olas procedentes de tempestades lejanas, que llegan a la costa después de haber recorrido largas distancias, son de mucha mayor longitud y más regulares y, en consecuencia, más peligrosas que las debidas a tempestades próximas, que se encuentran todavía bajo el efecto del viento que las produce. En las costas de Chile cree que se puede aceptar, para olas debidas a la propagación de tempestades lejanas, longitudes de 300 a 400 m, con alturas de 7 a 8 m; para olas producidas por tempestades de la costa las longitudes son del orden de 100 a 150 m,

<sup>1</sup> Expuesto en los *Annales des Ponts et Chaussées*, tomo IV, 1928, y en *Le Génie Civil* de 26 de enero de 1929.

<sup>2</sup> Dado a conocer en el Congreso de Navegación de El Cairo y en los números de 5 de febrero de 1927 y 24 de noviembre de 1928 de *Le Génie Civil*.

El malogrado profesor Sr. Hernández Mateos tenía gran preferencia por este método, y en el año 1928 publicó en la Revista varios artículos, muy documentados, divulgándolo y comparándolo con el de Gaillard, que era acaso el más empleado hasta entonces.

<sup>3</sup> En algunos estudios comparativos que hemos hecho, utilizando los métodos corrientes, los esfuerzos más desfavorables resultaron por este orden: Sainflou, Benezit, Lira y Gaillard.

con las mismas alturas. Para las olas de la costa africana del Atlántico se debe de contar con olas del primer género, y en el Mediterráneo con las del segundo, lo que concuerda bien con las observadas en Valencia y Catania. En la Mancha cree que las olas son menos violentas.

En cuanto al cálculo, además de la fijación de las características de las olas, encuentra dos puntos sobre los que aún dice que existe indecisión: el valor que se debe de asignar a la profundidad  $H$ <sup>1</sup> y la manera como se deben de considerar las subpresiones.

Respecto al valor de  $H$ , cuando la base del muro vertical apoya directamente sobre el fondo, o por intermedio de un cimiento de muy poca altura, entonces ese valor es evidentemente el de la profundidad del nivel del reposo, medida al pie del muro. Si el dique tiene un cimiento alto (por existir, por ejemplo, una amplia base de escollera), entonces ya surge la duda de si el valor de  $H$  es el de la profundidad al pie del muro vertical, o bien si es la profundidad medida hasta la base del cimiento, o un valor intermedio entre estos dos<sup>2</sup>. En los diques mencionados los accidentes se explicaron por el cálculo, como si en Valencia la profundidad  $H$  se midiese al pie de su parte vertical; en Antofagasta al pie de su escollera y en Catania al punto medio entre esos dos niveles.

En cuanto a las subpresiones, pudo apreciar Lira que se acusaron en esos accidentes de una manera clara. Es más, en bastantes casos sólo se pudieron explicar las averías tomando en consideración las hipótesis de subpresión más desfavorables. Por lo tanto, en los cálculos que se hagan para comprobar la estabilidad de los diques, será prudente, a su juicio, tener sobre ese particular un criterio pesimista, debiendo adoptarse los mayores valores calculados dentro de las hipótesis racionales que se hagan, sobre todo si se trata de diques contruídos a base de bloques artificiales, que están en contacto con interposición de agua, o de bloques que apoyan sobre escollera<sup>3</sup>.

C. C. F.

<sup>1</sup> Altura del nivel de reposo.

<sup>2</sup> No hay que olvidar que, aun dentro de cada vertical, el valor de  $H$  no es fijo, sino que depende de la altura de la marea.

<sup>3</sup> Como resumen de estas conclusiones, entendemos que la manera de operar en la práctica debe ser la siguiente: Si el muro vertical reposa sobre el fondo, el valor de  $H$  ya se puede apreciar sin dificultad. Si tiene un cimiento alto se pueden calcular dos series de esfuerzos: una para el valor de  $H$  medido al pie del muro, y otra para el valor de  $H$  al pie del cimiento. Y si éste fuese muy alto, aún podía tomarse en consideración un nivel intermedio.

La envolvente de los máximos esfuerzos calculados con esos valores de  $H$ , con las distintas hipótesis de olas que se puedan establecer, determinará la línea de los esfuerzos sobre el dique, que debe servir de base para el cálculo de su estabilidad.

Estos cálculos deben de establecerse, a su vez, para los casos límites de p. m. v. e. y b. m. v. e., o bien, si se trata del estudio de un accidente determinado, para la altura del nivel de reposo en la hora en que ocurrió.

Finalmente, los coeficientes de seguridad que se adopten deben de variar, en nuestra modesta opinión, con la organización del muro y, sobre todo, con su cimentación, pues es evidente que, a igualdad de esfuerzos solicitantes, los muros de bloques apoyando sobre escollera, y ésta a su vez sobre terreno poco firme, necesitan mayores dimensiones que los macizos cimentados directamente sobre roca dura.