

Comentarios al artículo

"El proyecto y construcción de la presa de Tous"

por Felipe Mendaña y Manuel Romana.

Publicado en la Revista de Obras Públicas de Junio de 1993.

por César Gómez Caffarena*

Reconozco y admiro la magnífica exposición que nuestros dos compañeros hacen del tema epigrafiado. Sin embargo, me veo obligado a poner dos "peros".

1°. No creo necesario que el artículo pase del capítulo V "Construcción y explotación", toda vez que sus autores no han querido dar como título a su artículo algo así como "Proyecto, Construcción y Destrucción parcial de la Presa de Tous", recalcando que fue parcialmente destruida antes de terminar su construcción total. El suceso del 20 de octubre de 1982 es lógico que sea relatado, más aún por dos de los expertos elegidos por el Instituto de Ingeniería de España, para formar la Comisión que emitiría el Dictamen que figura al final del artículo. Pero esto es sólo una cuestión de forma. Difícilmente se pueden limitar dos miembros de esta Comisión a relatar solamente aquello para lo que se les llamó a formar parte de dicha Comisión.

2°. El "pero" principal, por el que escribo estos comentarios, radica en que no encuentro suficiente el que según el capítulo IV) "Proyecto del aliviadero de la presa", dicho "aliviadero se dimensionó para un caudal máximo de 6.968 m³/seg. En el informe Hidrológico de Avenidas, que se incluye en el Proyecto Reformado, se justifica este caudal por aplicación de la fórmula de Füller"... Füller y no Füller.. para un periodo de retorno de 500

años." El hecho de que "dicho caudal supera ampliamente a los mayores caudales de avenida hasta entonces registrados.", no presupone que el caudal citado de 6.968 m³/seg. sea superior al del periodo de retorno de 500 años. Esto sólo quiere decir que la probabilidad de que suceda en un año tomado al azar, es de aproximadamente 1/500 (uno igual o mayor).

Pero lo cierto es que se da a entender que si dicho caudal supera ampliamente a los mayores caudales de avenida hasta entonces registrados, ya es superior al de periodo de retorno $T > 500$ años, cuando esto es una norma de cálculo vigente en la Instrucción de Grandes Presas, calculable según el estado de nuestros conocimientos, como se verá a continuación.

La fórmula de Füller puede verse en numerosos textos de Hidrología. Uno de los más importantes es el HANDBOOK OF APPLIED HYDROLOGY, de Ven Te Chow, conocido profesor de Ingeniería Hidráulica de la Universidad de Illinois. Este texto con ánimo de desarrollar lo que llama "análisis de frecuencia usando factores de frecuencia K", cita la fórmula de Füller en los siguientes términos de una traducción mía y, por consiguiente, probablemente deficiente (pág.8-23):

"Basado en las observaciones de muchas corrientes, Füller (10.Füller, W.E. "Caudales Fluyentes" Trans. Am Soc. Civil Engr. vol. 77, p.p. 564-617,1914) deri-

vó la **más temprana** fórmula empírica para el análisis de frecuencia de caudales máximos anuales diarios como:

$$x = \bar{x} (1 + 0.8 \log T) \quad (8-I-49)$$

Comparando esta fórmula con la Ec. (8-I-48):

$$(x/\bar{x} = 1 = C_v K) \quad (8-I-48)$$

En la que $C_v = s/x$, siendo

s = Desviación estándar

x = Valor medio de la serie de máximos caudales anuales, el factor de frecuencia puede ser fácilmente encontrado como:

$$K = (0.8/C_v) * \log T \quad (8-I-50)$$

que es la función de C_v y T (periodo de retorno en años)... y así continúa V.T.Chow desarrollando su teoría del "análisis de frecuencia usando factores de frecuencia, K" habiendo partido de una fórmula tan **antigua** como la de Füller.

Mucho más explícito es el gran hidrólogo francés G. Remenieras en su "Tratado de Hidrología aplicada" traducido al español y editado por Editores Técnicos Asociados, S.A. de Barcelona en 1971. Este texto, en sus pág. 488 y 489, explica y aplica la fórmula de Füller así:

"La fórmula "INICIAL" de Füller es la siguiente:

* Dr. ICCP, experto en Hidrología y Presas

$$q(T) = q_1 (1 + 0,8 \log_{10} T) \quad (1)$$

Füller adoptaba para q_1 la media de los caudales máximos de cada año (crecida anual), calculada según las observaciones disponibles."

Continúa Remenieras, especificando los valores que se deducen para $T = 10, 100, 1.000$ y 10.000 años así como que Füller adoptó por su cuenta y riesgo la fórmula que da los picos "instantáneos":

$$q_m = q (1 + 2,66 / A^{0,3}) \quad (2)$$

siendo A el área de la cuenta vertiente en Km^2 ."

Fórmula tan arriesgada como increíble, para cualquier hidrólogo que se precie.

Continúa Remenieras:

Numerosas fórmulas del tipo de la de Fuller han sido utilizadas; la más simple es la de reemplazar el coeficiente 0,8 por un "coeficiente de crecida B " variable de la cuenca a otra.

Así COUTAGNE, estudiando gráficamente la correlación entre $q(T)$ y $\log(T)$, ha obtenido las fórmulas siguientes (q en $l/s/km^2$ y T en años):

- Para el Cere, en Laroquebrou:

$$q(T) = 200 (1 + 0,8 \log T) \quad B = 0,8$$

- Para el Truyère, en La Cadene:

$$q(T) = 83 (1 + 1,7 \log T) \quad B = 1,7$$

- Para el Tarn, en el Pinet:

$$q(T) = 140 (1 + 1,1 \log T) \quad B = 1,1$$

Para el Maronne, en el puente de los Estouros (A.C. = $533 km^2$) hemos comprobado que los caudales de la "crecida anual" observados de 1918 a 1932, se agrupan medianamente en torno a una recta media que responde a la ecuación

$$q(T) = 205 (1 + 1,2 \log T) \quad (.../...)$$

Según el Sr. Coutagne el coeficiente de crecida " B ", generalmente del orden

de 0,7 a 0,8, es tanto mayor cuanto más pequeña e irregularmente es mojada la cuenca por las lluvias; puede sobrepasar de 2 para las regiones semiáridas como Kansas; valores de 4 a 5 habrían sido comprobados en California meridional para muy pequeñas cuencas".

Me temo que nadie haya hecho un estudio serio de adaptabilidad de la fórmula de Füller a la cuenca baja del Júcar, pero pienso que, si se hiciese, nos daría muchas sorpresas.

Y Remenieras termina el capítulo:

"Mediante una elección conveniente de " B " las fórmulas del tipo Fuller son más que suficientes para calcular pequeñas obras como alcantarillas, cunetas, etc."

Esto y todo lo anterior es más que suficiente para desacreditar el uso de la fórmula de Füller en una presa de la importancia de la de Tous

Y lo mismo debió pensar el resto de la citada Comisión cuando en lugar de lo transcrito del capítulo IV), "Proyecto de aliviadero de la presa", en el VIII), "Conclusiones", dicen:

"8". De acuerdo con el Informe Hidrológico de Avenidas que se incluye como Anejo en el Proyecto Reformado, se dimensionó el aliviadero para evacuar $6.968 m^3/seg.$, que se estima cubre el máximo caudal que puede esperarse de las mayores avenidas del Júcar de los que se tiene noticia, en el emplazamiento de Tous."

En esta frase, remarcada, es mucho más sutil que "...se justifica este caudal por aplicación de la fórmula de Füller, para un periodo de retorno de 500 años."

A mi juicio, nunca debió aplicarse la fórmula de Füller en Tous, sino métodos estadísticos basados en los análisis de frecuencia de las avenidas: la ley de Gauss, la de Galton Gibrat, (que por cierto hemos aplicado con gran frecuencia uno de los comisionados, José Luis Gui-

tart y yo, lo que nos llevó a presentar como R.64, Q63 (págs. 1089 a 1091) en el 16º Congreso de Grandes Presas, San Francisco, 1988, la expresión

$$Q = R + S T^Z$$

siendo R, S y T parámetros determinables y

$$P(Q) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^z \text{Exp} \left(-\frac{z^2}{2} \right) dz$$

donde:

Q = Caudal variable con el periodo de retorno T en la función anterior

$P(Q)$ (T = función de distribución de Q).

Este método nos ha dado siempre o casi siempre valores más ajustados que la ley de Gumbel, la de Frèchet, las leyes de Person etc., incluso la de Lombardi, expuesta en el mismo Congreso citado.

Y con todo esto no quiero apuntar en lo más mínimo que la presa de Tous se haya arruinado por defecto de capacidad de aliviadero, sino porque sus compuertas no pudieron abrirse. Estoy convencido de que siempre se podría haber encontrado un momento, en el cual, si las compuertas se hubieran abierto, aunque los males podrían haber sido mayores, la presa hubiera resistido sin caerse.

Lo único que quiero advertir con mi segundo "pero", es que hay que dar una importancia enorme a los estudios hidrológicos de las avenidas en las presas de materiales sueltos con compuertas, de la importancia que tenía la antigua presa de Tous y creo que esto se ha conseguido en el Proyecto de la Nueva Presa de Tous que, además de no tener compuertas en el aliviadero y, sin necesidad de entrar en cifras, como muestra la contraportada interior y última de la Revista, que tendrá una capacidad de laminación mediante caudales y resguardos mucho mayores que los que tenía la que es ahora objeto de estos comentarios.■