

COMITÉ NACIONAL ESPAÑOL DE GRANDES PRESAS

PROBLEMÁTICA PARA EL DISEÑO DE PRESAS DE LAMINACIÓN DE AVENIDAS CON LA NORMATIVA ESPAÑOLA

M^a. Gabriela Mañueco ¹

Nuria Segura ²

Armando Molina ³

RESUMEN:

La actual normativa en materia de seguridad de presas, presenta una serie de dificultades para el diseño de la clásica presa de laminación de avenidas usualmente denominada “presa de agujero”, ya que dicha normativa está claramente enfocada al diseño de otro tipo de presas.

Se ilustra el caso con la reciente experiencia obtenida en el proyecto de la Presa de Terrateig redactado por ACUAMED, cuya única finalidad es la laminación de avenidas de la Rambla de Vernissa, al sur de la provincia de Valencia y principal afluente del Río Serpis.

A esta problemática se añaden otras, no tanto normativas como técnicas, relacionadas con los actuales criterios de seguridad, como es el control de la primera puesta en carga..

¹ ACUAMED. C/ Albasanz, 11, MADRID. gmanueco@acuamed.com

² ACUAMED C/ Albasanz, 11, MADRID. nsegura@acuamed.com

³ OFITECO C/ Guzmán el Bueno, 133 – 1º, MADRID. amolina@ofiteco.es

1. INTRODUCCIÓN

No es ninguna novedad que el clima y las necesidades del Territorio Español han hecho de éste un país con tradición en el campo de las infraestructuras hidráulicas y, cómo no, en el de las presas. Esto ha hecho que España sea uno de los países con mayor número de presas del Mundo, sólo superado por Estados Unidos, India y China, todos ellos con mucha mayor extensión y población que la española.

Ocurre que esta coyuntura de la Península Ibérica ha dado un enfoque de las obras hidráulicas prioritariamente encaminado hacia la regulación, por lo que la mayoría de las presas tiene como objetivo principal éste y sólo como objetivo secundario la laminación de avenidas.

Por ello, que la tradición y la experiencia, de la que en parte emanan las normas, se centra en las presas de regulación, excluyendo las presas de laminación puras, como la que se presenta en este artículo.

A continuación se plantea un ejemplo de una presa en la que se persigue la protección frente a avenidas como único objetivo. Esta persecución hace que la optimización del proceso de laminación de avenidas en el embalse pase por el diseño conocido como “presa de agujero”.

2. ANTECEDENTES

La Comarca de la Safor sufre con carácter habitual problemas de inundaciones por presentarse con mucha frecuencia precipitaciones intensas y a veces persistentes en cuencas de cauces con muy poca capacidad. La mayor parte del tiempo estos cauces se encuentran secos y discurren en sus tramos finales por zonas muy llanas. Algunos de estos factores, unidos a que se encuentran en zonas atractivas para el turismo, hacen de esta una comarca de alto riesgo por inundaciones.

La presa proyectada se ubica sobre la Rambla de Vernissa (principal afluente por la margen izquierda del Río Serpis), en un área con ratios entre precipitación máxima diaria y precipitación media anual que habitualmente se sitúan entorno al 30%, es decir, una zona donde la orografía y las condiciones del entorno producen con frecuencia un comportamiento torrencial de las precipitaciones.

Como ejemplo de algunos de los episodios ocurridos en la cuenca del Río Serpis, se pueden citar, los provocados por las precipitaciones superiores a 500 mm entre el 3 y el 8 de diciembre de 2004. En 1986, se produjo un hidrograma con un caudal punta de 770 m³/s en la Presa de Beniarrés (Río Serpis), cuando el caudal medio de los últimos 50 años es inferior a 1 m³/s en este tramo del río. En la mañana del día 12 de octubre de 2007, en menos de 10 horas, se recogieron precipitaciones en numerosos pluviómetros del SAIH, ubicados en la Comarca de La Safor, superiores 300 mm y en algunos de ellos, superiores a 400 mm.



Figura 1. Situación de la Presa

Las inundaciones sufridas en la década de los 80, motivaron la creación de la Comisión Técnica encargada de la elaboración del Plan de Defensas contra las Avenidas en la Comarca de La Safor. Esta Comisión Técnica estaba formada por representantes de las tres administraciones competentes: Confederación Hidrográfica del Júcar, Consejería de Obras Públicas, Urbanismo y Transportes de la Generalitat Valenciana y Mancomunidad de Municipios de La Safor.

La Comisión Técnica decidió poner en marcha un Plan de Defensa contra las Avenidas en la Comarca de la Safor, que se materializó en un documento redactado en 1995 donde figuraba la Presa de Terrateig entre otras actuaciones.

Recogiendo parte de las obras contempladas en este Plan Director, se redactó el Proyecto Constructivo de las obras de control y laminación de avenidas en la cuenca media del Río Serpis (Valencia) en diciembre de 2006.

Dentro de este proyecto, desarrollado por ACUAMED, se definen una serie de actuaciones coordinadas, encaminadas a la defensa contra avenidas, que incluyen la Presa de Terrateig, cuya finalidad es la laminación de avenidas de la Rambla de Vernissa, principal afluente del Río Serpis.

3. DESCRIPCIÓN DE LA PRESA

La presa es de gravedad, de planta recta, con la coronación a la cota 181,5, cota de cimientos a la 155,0 y la cota del cauce a la cota 159. Por tanto, la altura sobre cimientos es de 26,50 m y sobre el cauce, de 22,5 m.

Las características principales de la presa son las siguientes:

Tipo:	Gravedad
Planta:	Recta
Fecha del Proyecto:	2006
Clasificación propuesta:	A
Cota de coronación:	181.5 m.s.n.m.
Nivel de la Avenida T=5000:	181.22 m.s.n.m.

Nivel de la Avenida de Proyecto:	179.83 m.s.n.m.
Nivel Máximo Normal	162 m.s.n.m.
Cota del labio de aliviadero 1:	176.5 m.s.n.m.
Cota del labio de aliviadero 2:	175 m.s.n.m.
Cota del labio de aliviadero 3:	162 m.s.n.m.
Cota del desagüe de fondo:	160,5 m.s.n.m.
Altura sobre el cauce:	22.5 m
Altura sobre cimientos:	26.5 m
Longitud de coronación:	400 m

Dada la finalidad a que se destina la presa, los órganos de desagüe tienen una configuración especial, optimizando la laminación de avenidas en función de las restricciones impuestas por el entorno.

4. DISEÑO DE LOS DESAGÜES

Además del análisis conjunto de actuaciones planteadas (defensas urbanas, trasvases de cauces de escasa capacidad, al Río Serpis, repoblación forestal y construcción de la presa), lógicamente, se analizó de forma individual la presa, buscando la máxima reducción de caudales.

Para ello, la presa dispone de tres aliviaderos a distintas cotas y un desagüe de fondo. Para la laminación de avenidas se cuenta con la intervención de uno, dos o los tres aliviaderos, para lo cual se estudiaron más de 250 hipótesis, variando configuraciones, dimensiones y cotas de aliviaderos, obteniéndose unas curvas comparativas que permitieron seleccionar la solución óptima.

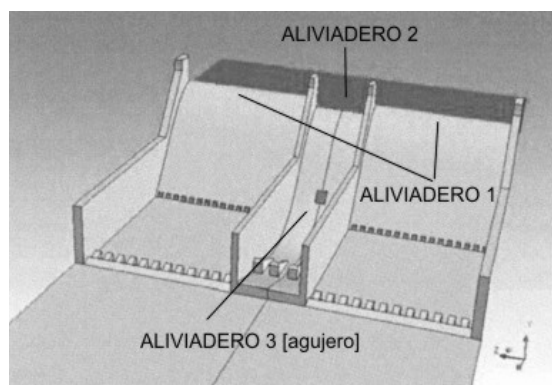


Figura 2. Vista tridimensional de los aliviaderos

El aliviadero nº 1 está compuesto por dos vanos de 25 m de longitud, a la cota 176,5, el número 2 tiene una longitud de 10 m a la cota 175 y el número 3 es de sección cuadrada de 2x2 m, con el umbral a la cota 162.

El diseño de los desagües se realizó persiguiendo el objetivo de minimizar los caudales vertidos por la presa. Para ello, dentro de unos límites razonables, que hicieran viable la construcción de la presa, se llegó a la solución de plantear 3 aliviaderos, que funcionan conjuntamente, pero cumplen primordialmente con las siguientes finalidades:

- El aliviadero nº 1 (aliviadero superior), cumple la función de posibilitar la evacuación de caudales muy elevados, correspondientes a períodos de retorno altos, con el fin de salvaguardar la seguridad de la presa frente a grandes avenidas, sin olvidar el objetivo de minimizar los caudales evacuados.
- El aliviadero nº 2 (aliviadero intermedio), cumple la función de reducir sustancialmente los caudales intermedios, con períodos de retorno entorno a 50 – 100 años, salvaguardando la integridad de los bienes y personas en el entorno del cauce aguas abajo.
- El aliviadero nº 3 (aliviadero inferior o agujero), tiene la función de reducir al mínimo los caudales de las avenidas de gran frecuencia, que se producen en este cauce. Incluso para las avenidas calculadas con períodos de retorno de 25 años, sería el único aliviadero que entraría en funcionamiento, reduciendo caudales punta de entrada cercanos a 300 m³/s a caudales de salida de sólo 50 m³/s.

Tras el diseño y dimensionamiento de la solución, se llevaron a cabo las comprobaciones hidráulicas mediante un modelo tridimensional para una gama de caudales, que han dado como resultado el diseño final del conjunto.

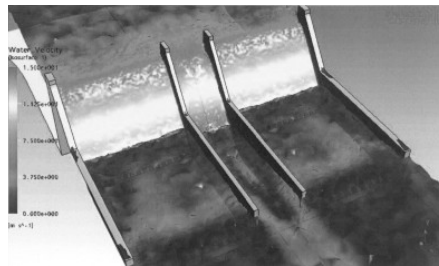


Figura 3. Imagen renderizada del campo de velocidades del modelo

Como ejercicio, tras la redacción del proyecto, se simuló el efecto que produciría la presa en la avenida que se produjo en la Rambla de Vernissa entre los días 11 y 13 de octubre de 2007, utilizando como dato de entrada el hidrograma medido por el SAIH del Júcar.

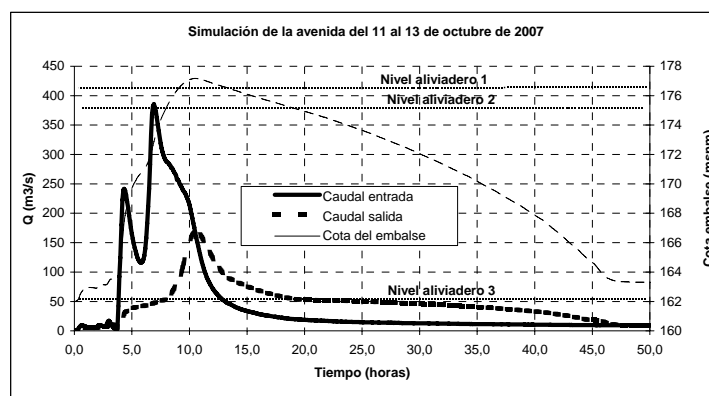


Figura 4. Simulación del episodio de octubre de 2007.

Como se puede observar, el hidrograma de entrada presenta una punta cercana a los 400 m³/s y el de salida, de 165 m³/s. También se aprecia que el Hidrograma de entrada presentó dos picos, lo cual añade una dificultad para obtener un buen resultado en el ratio caudal punta de salida / caudal punta de entrada, ya que el volumen asociado al primer pico reduce notablemente el volumen disponible en el embalse y por tanto, su capacidad de laminación.

5. PROBLEMÁTICA PLANTEADA

En general, se puede decir que el espíritu del “Reglamento Técnico sobre seguridad de Presas y Embalses” de 1996 está orientado a la explotación de presas más que al proyecto y construcción de las mismas, por lo que la “Instrucción para el Proyecto, Construcción y Explotación de Grandes Presas” de 1967, sigue siendo una buena referencia incluso en aquellas presas a las que les es de aplicación el Reglamento.

Esta evolución normativa parece lógica en España, donde se ha pasado de unas décadas en las que tenía un papel destacado la construcción de presas, a disponer de un gran patrimonio de presas que es necesario mantener y explotar, habiendo disminuido sustancialmente la construcción de nuevas presas.

El actual Reglamento, desde el año 1996, ha sido ampliamente debatido en muchos aspectos. Por ello, en este artículo, no se trata de abundar en cuestiones ya conocidas, sino de exponer las dificultades específicas surgidas al proyectar un tipo de presa como la que aquí se está tratando.

A continuación se plantean una serie de reflexiones derivadas de la redacción del Proyecto de la Presa de Terrateig, en relación con la normativa vigente, aunque también con otros aspectos, no tan condicionados por la normativa.

Como se observa, a lo largo del presente artículo, se llama aliviadero nº 3 al “agujero”, el cual podría haberse denominado desagüe de fondo o simplemente desagüe profundo.

Esto viene motivado por el condicionante legal que supone la actual normativa, ya que, como se dijo anteriormente, en ella el tratamiento de las presas está orientado a un tipo de presa que excluye el concepto de presa de laminación pura, con el sistema de “agujero”. Es por esto que resulta confuso el modo de diseñar una presa de estas características.

Dado que el Reglamento no establece una nueva definición de desagüe profundo, se podría acudir a la Instrucción para el Proyecto, Construcción y Explotación de Grandes Presas que establece:

20.1.- Se denominan "desagües profundos" aquellos cuyo dintel de toma está a cota inferior a la del umbral más bajo de los desagües de superficie.

Por otra parte, la Guía Técnica nº 5 “Aliviaderos y desagües”, en su capítulo 10 indica:

Se consideran como profundos los desagües situados en los dos tercios inferiores del embalse. Los aliviaderos con compuertas con su dintel bajo el N.M.N. con carga moderada se consideran como superficiales sumergidos, pero no como profundos.

Si se considera como aliviaderos de superficie los aliviaderos nº 1 y 2 de la Presa de Terrateig, por estar previstos para funcionar en lámina libre, a diferencia del aliviadero nº 3, atendiendo al artículo 20.1, el aliviadero nº 3 o agujero, es un desagüe profundo.

Si atendemos a lo indicado en la Guía Técnica, esto sería discutible, ya que en una presa de agujero, el N.M.N. debe fijarlo precisamente la cota del agujero, por lo que no sólo no estaría en los dos tercios inferiores del embalse, sino que estaría incluso por encima del tercio superior.

Por el contrario, si se considera al “agujero” como desagüe de fondo, por encontrarse a una cota tal que el volumen embalsado por debajo es despreciable, o si tan sólo lo consideráramos desagüe profundo, nos encontramos ante un problema, ya que de acuerdo con el Reglamento:

15.4.- En las presas de las categorías A y B, los desagües profundos constarán, al menos, de dos conductos provistos cada uno, como mínimo, de dos elementos de cierre colocados en serie.

Aunque la denominación lógica para el “agujero”, podría ser la de “desagüe de fondo”, ya que cumple la función de vaciado del embalse, por almacenarse un volumen de agua despreciable a la cota de su umbral, la única posibilidad para hacer reglamentariamente viable la presa de agujero, parece ser denominar aliviadero al “agujero”, fijando además la cota de N.M.N. en el umbral del mismo.

Por otra parte, aunque el Reglamento no lo indique expresamente, parece asumir la existencia del desagüe de fondo en la presa, como por ejemplo en el artículo 14.4, que establece:

14.4.- Los desagües profundos de las presas, incluyendo los desagües de fondo, estarán dimensionados para facilitar, conjuntamente con las tomas de agua, el control del nivel de embalse, en particular durante su primer llenado.

Por su parte, la Instrucción, en su artículo 20.4 establecía:

20.4. En cada presa se proyectarán como mínimo dos desagües de fondo.

Además de lo anterior, asumiendo el artículo 20.4 de la Instrucción como una “regla de buenas prácticas” y dado que a raíz de las disquisiciones realizadas, el “agujero” pierde su condición de desagüe de fondo, aunque cumpliera en parte las funciones que le son propias, parece adecuada la incorporación de otro desagüe más, que en un principio podría no haberse considerado necesario.

Por tanto, se añade a la presa un desagüe más, al que llamamos “desagüe de fondo”, con dos conductos y dos elementos de cierre en serie en cada uno de ellos, de acuerdo con el Reglamento, para lo cual además es necesario ejecutar una cámara de válvulas con las instalaciones electromecánicas adecuadas, además de incurrir en unos costes de mantenimiento y operación que

podrían evitarse, ya que la concepción de la presa es tal, que el desagüe de caudales sólo debe producirse en situaciones de avenida y debe ser totalmente autónomo, es decir, el agua debe salir exclusivamente por los aliviaderos.

En cuanto a las avenidas a considerar, la Guía Técnica Número 4 de Seguridad de Presas, recoge algunos aspectos de especial interés respecto a la evaluación de la seguridad hidrológico-hidráulica de acuerdo con la filosofía del Reglamento.

Dicho Reglamento recoge en su articulado una serie de niveles y avenidas a considerar tanto en fase de Proyecto como de Explotación de presas. Así, si nos centramos en lo relativo a la avenida extrema:

Nivel para la Avenida Extrema (NAE): Es el máximo nivel que se alcanza en el embalse si se produce la avenida extrema, habida cuenta de la acción laminadora del mismo.

Avenida Extrema: La avenida extrema es la mayor avenida que la presa puede soportar, y supone un escenario límite al cual puede estar sometida la presa sin que se produzca su rotura, si bien admitiendo márgenes de seguridad más reducidos.

A la vista de lo expuesto, debe entenderse por Avenida Extrema de una presa, aquella que conduzca a una elevación en el nivel de la lámina de agua tal que, una vez superado el mismo, se produjese la rotura de la presa.

En particular, para todas aquellas presas cuya clasificación de riesgo corresponda a la Categoría A, la mencionada Guía Técnica Número 4 recomienda que la para la Avenida Extrema se adopte en un rango de periodos de retorno entre 5.000 y 10.000 años.

Existen una serie de cuestiones confusas en la norma, complementada por las guías técnicas, que en algunos casos, conducen a conclusiones erróneas.

Por ejemplo, la Guía Técnica para la Elaboración de Planes de Emergencia, propone que para la hipótesis de rotura con avenida, H2, la rotura se produzca al alcanzarse el nivel de coronación, asociando esta cota a la Avenida Extrema. H2 se define literalmente como: *Embalse con su nivel en coronación y desaguando la avenida de proyecto (en su caso la avenida extrema).*

Así, la Guía Técnica en este punto está al menos incurriendo en una cierta contradicción, al citar por un lado el término avenida de proyecto, es decir, la empleada para tener en cuenta el dimensionamiento de los aliviaderos y los sistemas de desagüe, y por otro lado sitúa el nivel de cota de agua en coronación.

En el caso de tratarse de una avenida de proyecto, no debería haber llegado el agua a la cota de coronación, salvo que se haya producido una situación extraordinaria además de la propia avenida.

En el caso de tratarse de una avenida extrema, parece asociar la avenida extrema con el vertido por coronación, aunque es evidente que en la mayor parte de los casos, el vertido por coronación en una presa de hormigón no es una situación extrema para la estructura.

Ante la confusión que supone el tratamiento de estos conceptos en la normativa, se suele adoptar un criterio conservador, tanto en el análisis de la seguridad de las presas, como en el diseño de nuevas presas, consistente en la comprobación (en las presas de categoría A), de que los desagües sean capaces de evacuar una avenida con período de retorno de entre 5.000 y 10.000 años, sin llegar a producirse el vertido por coronación, con lo cual, prácticamente acaba por adoptarse como avenida de proyecto una avenida con período de retorno entre 5.000 y 10.000 años.

Con este criterio conservador se ha actuado en este caso, de forma que, además de obtener un resultado óptimo para la laminación de avenidas, se comprueba que, reduciendo el resguardo a menos de 30 cm, la presa es capaz de evacuar una avenida de $T=5.000$ años por los aliviaderos, sin llegar a verter por coronación.

Este criterio no responde a lo indicado en el Reglamento y en la Guía Técnica, pero implica en este caso que la avenida extrema es muy superior a la de $T=5.000$ años, ya que con el nivel alcanzado para una avenida de ese período de retorno, los coeficientes de seguridad siguen siendo muy superiores a la unidad. Por tanto, la solución adoptada es mucho más conservadora que la norma, y cumple sobradamente el Reglamento y lo establecido en la Guía Técnica.

Adicionalmente, al estar limitada la capacidad del embalse por la cota del aliviadero nº 3, la puesta en carga de forma controlada se puede llevar a cabo sólo hasta la cota del N.M.N., que corresponde a 162 m.s.n.m., cuando la cota de coronación es la 181,5 m.s.n.m.

Esto lleva a que el planteamiento de la puesta en carga de acuerdo con el artículo 28 del Reglamento, pueda realizarse formalmente correcto de manera muy sencilla, dado que el planteamiento que se hace del proceso en dicho artículo establece únicamente unas directrices, que dejan muy abierto al criterio del Ingeniero el diseño de la puesta en carga. En este caso, dada la enorme variedad de casos que se pueden presentar en función del tipo de presa, pero sobre todo, en función del tipo de río, parece muy adecuado que el Reglamento únicamente marque unas directrices generales.

De hecho, al ser aplicable el Reglamento incluso a algunas balsas, se da una enorme variedad de casos donde el planteamiento de la puesta en carga ha de ser muy diferente, ya que en España hay presas en ríos con caudales medios relativamente altos, otras en cauces de caudal intermitente, balsas que se recargan por bombeo, balsas que se recargan por derivación de un cauce, que a su vez puede ser de caudal intermitente (Balsa de Regulación de Excedentes del Río Belcaire en Vall D'uixó, Provincia de Castellón).

Todas las presas están sujetas a la incertidumbre que supone durante la puesta en carga, el desconocimiento de las aportaciones futuras, pero además, La Presa de Terrateig se encuentra en el cauce de La Rambla de Vernissa, que es un cauce de caudal intermitente, de forma que la mayor parte del tiempo el caudal es nulo, pasando a veces en unos minutos a caudales de cientos de metros cúbicos por segundo, como se observa en el anterior gráfico de la avenida del pasado mes de octubre de 2007.

Precisamente es este comportamiento hidrológico de la Rambla el que justifica la propia existencia de la Presa de Terrateig.

Por tanto, los condicionantes naturales y la concepción de la presa, hacen difícilmente viable una puesta en carga como tal vez sería deseable, ya que es altamente probable que se produzca un llenado y vaciado más rápido de lo que sería deseable.

Es evidente que este conflicto se plantea más por condicionantes técnicos que normativos y una vez más surge la tentación de abandonar la idea de proyectar una “presa de agujero” y sustituir el agujero por un desagüe al uso, controlado por compuertas, que desvirtuaría por completo el concepto inicial. No obstante, dado el escaso volumen que es capaz de embalsar la presa, las características hidrológicas del cauce en que se encuentra y el condicionante social y ambiental de toda obra y de esta en particular, dotar el desagüe de compuertas tendría muchos inconvenientes, aunque aportaría la posibilidad de controlar la velocidad de descenso del embalse tras una avenida durante la fase de puesta en carga.

6. RESUMEN Y CONCLUSIÓN

Desde su nacimiento, el Reglamento de 1996 ha sido fuente de debate. Como se ha indicado, este Reglamento, complementado con las Guías Técnicas presenta ciertas incertidumbres, tratándose de una norma falta de definición en algunos aspectos, e incluso en ocasiones ambigua.

Por otra parte, fruto de la madurez española en el ámbito de las presas, es una norma muy orientada a la explotación y mantenimiento de presas existentes, frente a la antigua Instrucción de 1967, más enfocada al proyecto y construcción de presas.

En el caso que se ha presentado, se ponen de manifiesto algunas dificultades que aparecen al aplicar una norma como el Reglamento a un tipo de presa de laminación pura (presa de agujero) con poca tradición, en comparación con presas como las de regulación.

Desde el punto de vista del ingeniero, puede resultar gratificante una norma poco restrictiva, por la libertad y la creatividad que ello permite. No obstante, en este caso, la aplicación de la norma supone una dificultad añadida en el diseño de la solución.

REFERENCIAS

Editorial. Revista de Obras Públicas nº 3466 Mayo 2006.

Evaluación de la seguridad hidrológica de presas (A. Molina, I. Escuder, J.L. Utrillas, V. Ayllón). Junio 2002.