

LLUVIAS E INUNDACIONES

José Antonio Aparicio Florido

Máster en Protección Civil y Emergencias – Universidad Politécnica de Valencia

@ Octubre, 2003

I.	LAS INUNDACIONES: GENERALIDADES	1
II.	TIPOS DE INUNDACIONES	2
i.	Inundaciones por precipitaciones in situ.....	2
ii.	Inundaciones por acciones del mar.....	2
iii.	Inundaciones por desbordamientos de los ríos.....	2
iv.	Inundaciones por rotura y operación incorrecta de obras de infraestructura hidráulica.....	3
III.	MAGNITUDES DE UNA INUNDACIÓN	4
i.	Precipitaciones.....	5
ii.	Pendientes	5
iii.	Cubierta vegetal.....	5
iv.	Permeabilidad del suelo	6
v.	Red de drenaje	6
IV.	IDENTIFICACIÓN DEL RIESGO.....	6
V.	LA PREDICCIÓN METEOROLÓGICA.....	7
VI.	ACTUACIONES ANTE LAS INUNDACIONES	8
i.	Actuaciones estructurales.....	8
ii.	Actuaciones no-estructurales	9
iii.	Actuaciones preventivas.....	9
VII.	LOS EMBALSES	10
i.	Función	10
ii.	Elementos de una presa.....	10
iii.	Embalses andaluces.....	12
VIII.	GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	13

I. LAS INUNDACIONES: GENERALIDADES

Anegación, riada, inundación... muchos son los términos empleados para definir la circunstancia en que en un momento y en un lugar determinados el agua ocupa una superficie donde su presencia y su cantidad no son habituales. Este aporte extraordinario puede presentarse en forma circulante o estancada; en este sentido, anegación haría referencia a una acumulación de agua en un lugar determinado sin formación de corrientes y riada, a un caudal circulante con fuertes corrientes por desbordamiento de un río. Cuando son utilizados, no se tiene en cuenta la zona que cubren, ya sea ésta un tramo de carretera, una huerta, un tierra deshabitada y sin uso, o una vivienda. A pesar de la amplia terminología existente y la

propiedad o impropiedad con que se utilizan, aquí vamos a considerar como inundación aquella que es producida por las precipitaciones, las acciones del mar, el desbordamiento de los ríos y la rotura u operación incorrecta de obras de infraestructura hidráulica (presas principalmente), acciones que en no pocas ocasiones tienden a conjugarse con otros factores y a agravar por tanto los resultados.

II. TIPOS DE INUNDACIONES

i. Inundaciones por precipitaciones in situ

Es la que se produce por la acumulación de agua de lluvia en un determinado lugar o área geográfica sin que ese fenómeno coincida necesariamente con el desbordamiento de un cauce fluvial. Este tipo de inundación se genera tras un régimen de precipitaciones intensas o persistentes, es decir, por la concentración de un elevado volumen de lluvia en un intervalo de tiempo muy breve o por la incidencia de una precipitación moderada y persistente durante un amplio período de tiempo. Lógicamente, es el primero de estos casos el que conlleva el mayor peligro para la población y sus bienes y el que plantea los principales inconvenientes a los servicios de coordinación e intervención para prevenir y controlar sus daños. Las precipitaciones torrenciales que se acumulan peligrosamente en un lapso muy breve de tiempo, hacen que el tiempo de respuesta de los servicios de emergencia sea más reducido.

ii. Inundaciones por acciones del mar

Las inundaciones que el mar puede llegar a ocasionar pueden clasificarse en dos tipos de acciones: dinámicas y estáticas. Son acciones dinámicas del mar aquellas que son provocadas por un tsunami o maremoto, siendo un ejemplo anecdótico de ello el maremoto que tuvo lugar en Cádiz a finales del s. XVIII tras registrarse un fuerte sismo en el banco Goringe, una sima marina de más de 4.000 metros de profundidad, al suroeste del Cabo de San Vicente. No obstante, este tipo de inundaciones son prácticamente inexistentes en esta zona del planeta.

Las acciones estáticas del mar no originan por sí mismas las inundaciones pero contribuyen de manera directa a su generación, ya que con marea alta y fuertes índices de pleamar obstaculizan el drenaje de los ríos en sus desembocaduras, es decir, frenan la evacuación de las aguas fluviales al mar abierto, que es su desagüe natural final. Este factor y las fuertes corrientes de aire hacia el interior se suelen unir a las crecidas de los cursos fluviales agravando las consecuencias de sus avenidas, fenómeno que está lejos de ser extraordinario en todo el perímetro costero nacional y principalmente en el litoral atlántico y cantábrico, donde los reflujos de las mareas son más notables e intensos.

iii. Inundaciones por desbordamientos de los ríos

La causa de los desbordamientos de los ríos y los arroyos hay que atribuirla en primera instancia a un excedente de agua, igual que la sequía se atribuye al efecto contrario, la carencia de recursos hídricos. El aumento brusco del volumen de agua que un lecho o cauce es capaz de transportar sin desbordarse produce lo que se denomina como avenida o riada. Una avenida es el paso por tramos de un río, de caudales superiores a los normales, que dan lugar a elevaciones de los niveles de agua. Sus efectos pueden ser tan perniciosos que pueden causar:

- Peligro para la vida de las personas.
- Peligro para la vida animal.
- Daños en las explotaciones agrícolas y ganaderas.
- Inundación de riberas.
- Daños en las vías de comunicación.
- Daños en edificaciones.
- Daños en las presas y otras obras hidráulicas.
- Cambios en el curso de los ríos.

La aportación de agua al suelo se produce como consecuencia de la climatología, es decir, las precipitaciones; sin embargo, esta causa general no debe conducirnos a un error. Los cauces de los ríos y arroyos no permanecen siempre inalterados, no son rectos ni uniformemente anchos, no tienen la misma permeabilidad, no son ajenos a las construcciones antrópicas, sino que en general están afectados por los deslizamientos del terreno, los arrastres de sólidos, la acumulación de sedimentos, los meandros, los estrechamientos, los puentes que se construyen para vadearlos, las represas, las obstrucciones del ramaje, la deforestación...

Pero la razón más importante del desbordamiento de los ríos es sin duda la provocada por las avenidas, fenómeno que sólo o en combinación con las causas anteriormente citadas provocan el rebosamiento de los cauces y la consiguiente inundación de sus márgenes. Son por ello especialmente conflictivas las zonas muy llanas, los meandros y los puntos en los que los ríos se estrechan o pierden profundidad por falta de dragado, especialmente en las desembocaduras donde se acumula el limo y la tierra arrastrada por la corriente.

Hay que considerar de manera muy especial la creciente desaparición de la cubierta vegetal. El agua de lluvia es por naturaleza viajera y desde que se precipita sobre la tierra sufre los procesos de filtración, drenaje, retención, evaporación y consumo. La cubierta vegetal cumple entonces una función muy destacada al evitar el impacto directo de las gotas de agua sobre el terreno, impidiendo su erosión, al mismo tiempo que con sus raíces absorbe una parte de ella o dificulta su avance hacia los ríos, prolongando en éstos su tiempo de concentración. Además colabora en la disminución del transporte de residuos sólidos que posteriormente afectan a los cauces.

Todos estos factores son claramente observables y por consiguiente se pueden prever, aunque no son tan fáciles de controlar. La ocupación de las llanuras de inundación por parte del hombre en su continuo intento de beneficiarse del máximo aprovechamiento de los recursos naturales y establecerse cerca de ellos ha sido determinante y colabora en el aumento de la gravedad del fenómeno. Las implicaciones en estos casos dejan de ser exclusivamente naturales para reportar además una problemática económica, social y política.

iv. Inundaciones por rotura y operación incorrecta de obras de infraestructura hidráulica

Aunque se trata de un hecho circunstancial poco probable y no necesariamente relacionado con los fenómenos meteorológicos, sino más bien con los geológicos o con la técnica, incluimos este tipo de inundación habida cuenta de que así se recoge dentro de la tipología establecida en la legislación española y, en concreto, en la Directriz Básica de planificación de protección civil ante el riesgo de inundaciones. Esta Directriz fija los requisitos mínimos que

deben cumplir los Planes Especiales de protección civil en cuanto a este riesgo y la información que deben contener particularmente los Planes de Emergencia de Presas.

Es evidente que la rotura de una presa, por pequeña que ésta sea, puede llegar a causar una serie de estragos no sólo a la población sino también a sus bienes, a las infraestructuras y al medioambiente. La propagación de la onda de avenida en ese caso resultará tanto más dañina cuanto mayor sea el caudal circulante, el tiempo de propagación y los elementos existentes en la zona de afectación (infraestructuras de servicios esenciales para la comunidad, núcleos de población, espacios naturales protegidos, explotaciones agropecuarias, etc.). Por ello la citada Directriz Básica contempla la planificación de emergencias ante este posible riesgo.

Son funciones básicas de los Planes de Emergencia de Presas:

- Determinar, tras el correspondiente análisis de seguridad, las estrategias de intervención para el control de situaciones que puedan implicar riesgos de rotura o de avería grave de la presa y establecer la organización adecuada para su desarrollo.
- Determinar la zona inundable en caso de rotura, indicando los tiempos de propagación de la onda de avenida y efectuar el correspondiente análisis de riesgos.
- Disponer la organización y medios adecuados para obtener y comunicar la información sobre incidentes, la comunicación de alertas y la puesta en funcionamiento, en caso necesario, de los sistemas de alarma que se establezcan.

Según el riesgo potencial que presenten, las presas se clasifican en:

- Categoría A: cuando su rotura o funcionamiento incorrecto pueda afectar gravemente a núcleos urbanos o servicios esenciales, o producir daños materiales o medio ambientales muy importantes.
- Categoría B: cuando su rotura o funcionamiento incorrecto pueda ocasionar daños materiales o medio ambientales importantes o afectar a un reducido número de viviendas.
- Categoría C: cuando su rotura o funcionamiento incorrecto pueda producir daños materiales de moderada importancia y sólo incidentalmente pérdida de vidas humanas. En todo caso, a esta categoría pertenecerán todas las presas no incluidas en las Categorías A o B.

De esta clasificación, son las de categoría "A" ó "B" las que obligatoriamente deberán disponer del correspondiente Plan de Emergencia de Presas, cuyo contenido será remitido a los organismos competentes en materia de protección civil de las Comunidades Autónomas que puedan verse afectadas por el mismo, quienes informarán a su vez a las autoridades municipales cuyo territorio pueda ser alcanzado por la onda de avenida. Entre la información mínima que debe figurar en el plan, se realizará un análisis de seguridad de la presa en la que se tendrán en cuenta los posibles comportamientos anormales de la estructura de la presa, las avenidas extremas, anomalías en el funcionamiento de los sistemas de desagüe, los efectos de un movimiento sísmico o el deslizamiento de las laderas del embalse.

III. MAGNITUDES DE UNA INUNDACIÓN

Como se ha dicho anteriormente, la causa primera generadora de las inundaciones es de carácter climatológico, es decir, la intensidad y la concentración de las precipitaciones. Este y otros factores que ayudan a magnificar sus resultados conforman en primer lugar el volumen

de las escorrentías y posteriormente el de las avenidas. A todos estos factores que nos ayudarán a analizar y medir la gravedad de una inundación los vamos a llamar magnitudes.

En el campo de la prevención es de vital importancia tener un perfecto conocimiento no sólo de estas magnitudes sino también de la geografía por la que circulan los ríos y arroyos, desde su nacimiento hasta su desembocadura, pues es allí donde las vamos a observar. El cálculo de los parámetros por los que se rigen las avenidas y las inundaciones en general nos van a ayudar a diseñar unos mapas de riesgo en los que se encuentren perfectamente marcadas las zonas inundables y sus puntos más conflictivos, para lo cual hay que tener siempre muy en cuenta el histórico de inundaciones producidas en unos mismos lugares en lo que se denominan períodos de retorno. Los períodos de retorno, por ejemplo de 50 ó 100 años, suponen una estimación en la que se indica que en un período determinado de tiempo acontece una inundación histórica con un registro de precipitaciones muy superiores a la media estadística. La elaboración de estos mapas de riesgo es uno de los objetivos del Plan Hidrológico Nacional, recogido dentro de las medidas no-estructurales a adoptar para la prevención de avenidas.

i. Precipitaciones

La medición recogida por un pluviómetro, registrada en milímetros o calculada en volumen de agua precipitada por unidad de tiempo (litros por metro cuadrado), es determinante para conocer el alcance de una inundación. Es fácilmente comprensible que un alto índice de precipitaciones en un lapso de tiempo reducido adquiere mayor gravedad en tanto en cuanto las escorrentías superficiales apenas sufren el proceso de filtración y saturan la capacidad de evacuación de los cauces. Lo mismo ocurre en el entorno urbano en donde el sistema de alcantarillado, que es un drenaje artificial, se ha diseñado con una capacidad de evacuación limitada y que no siempre se encuentra en estado óptimo de limpieza o es deficiente por su sección.

ii. Pendientes

Los efectos de las pendientes como factor generador de inundaciones dependen del nivel de inclinación del terreno. Si éste es muy elevado, aumenta rápidamente el flujo de las escorrentías, tanto su cauce como la velocidad de las aguas transportadas. Esto produce entre otros resultados la reducción del tiempo de concentración en los colectores así como la erosión del suelo, arrastrando a su paso elementos sólidos que se depositan en sus lechos y provocando consecuentemente la disminución de la sección de los ríos y arroyos o su total o parcial obstrucción. En determinados casos ni siquiera objetos pesados son capaces de ofrecer resistencia a la fuerza de las escorrentías.

Cuando el grado de la pendiente es muy reducido, casi llano, se produce el efecto contrario pero igualmente pernicioso. Aquí el agua tiende a estancarse y a formar lagunas que son incapaces de evacuarlas o lo hacen muy lentamente, fenómeno aumentado en muchas ocasiones por la escasa permeabilidad o la saturación del subsuelo.

iii. Cubierta vegetal

Si las inundaciones son ya por sí mismas un riesgo natural inevitable, la mano del hombre contribuye en múltiples ocasiones a multiplicar sus efectos. Una de las formas en que colabora en el aumento de las crecidas es por medio de la deforestación.

La cubierta vegetal impide en gran medida la erosión del suelo al retener con sus hojas las gotas de agua y evitar el impacto directo contra la superficie de la tierra. Además de obstaculizar con su presencia la formación y recorrido de la escorrentía absorbe con sus raíces una buena parte de la misma, reduciendo la cantidad del caudal y aumentando el tiempo de concentración del mismo.

Por tanto los esfuerzos de la administración y los movimientos ecologistas en favor de la repoblación no se ciñen meramente a un objetivo estético sino a una necesidad perentoria.

iv. Permeabilidad del suelo

La permeabilidad del suelo contribuye a la disminución de los caudales superficiales en favor de las escorrentías subterráneas y la formación y regeneración de acuíferos, que son vitales en períodos deficitarios o de sequía prolongada. En suelos impermeables, como por ejemplo los compuestos de arcillas, se genera un volumen alto de escorrentía superficial o se forman lagunetas dependiendo del grado de inclinación del terreno. Se trata de un hecho natural a tener muy en cuenta ya que es muy difícil de corregir por medio de obras antrópicas.

v. Red de drenaje

La red de drenaje es la encargada de canalizar las aportaciones de las escorrentías a los colectores y de organizar los flujos de los cauces desde su cabecera hasta su desembocadura. Para ello se construyen grandes obras estructurales como por ejemplo los embalses de regulación de las cuencas que sirven, entre otras razones, para contrarrestar las avenidas y evitar los desbordamientos de los ríos.

Pero no basta con la creación de embalses de laminación para prevenir las inundaciones sino que además las cuencas necesitan de unas labores de mantenimiento como el dragado de los lechos en las llanuras fluviodeltáicas y en las desembocaduras, donde tienden a depositarse los sedimentos sólidos arrastrados por la corriente.

Además es necesario evitar la influencia negativa de las obras antrópicas de infraestructura que pueden obstruir la evacuación natural de las aguas y respetar el dominio público hidráulico y las zonas de policía. El dominio público hidráulico es el constituido por los siguientes bienes de titularidad pública:

- Aguas continentales
- Cauces de corrientes naturales
- Lechos de lagos, lagunas y embalses en cauce público
- Acuíferos, a los efectos exclusivos de disposición o afección de recursos hidráulicos

IV. IDENTIFICACIÓN DEL RIESGO

En Andalucía y, en general, en toda España las inundaciones son el riesgo natural que mayor número de pérdidas económicas y humanas ha causado a lo largo del tiempo. Durante toda su historia la gravedad de su impacto ha ido avanzando en la misma medida en que el hombre se ha ido asentando y extendiendo en esos espacios naturales compartidos por el agua o proclives a albergar agua. Este elemento, sin duda, ha sido el más necesario para el hombre,

que lo ha empleado no sólo para su consumo y la higiene, sino también para su desarrollo económico (agricultura, ganadería, piscicultura, aguas medicinales y curativas...). Del agua se ha aprovechado hasta la energía cinética que ofrecen los cursos fluviales y las corrientes marinas, con la creación de centrales hidroeléctricas, molinos de harina, batanes, etc.

Esta necesidad del agua ha derivado en una degradación total de la convivencia entre el hombre y el medio, al ocupar aquél sus territorios naturales que el agua siempre ha reclamado para sí. En este sentido, el agua busca siempre su sitio natural en íntima complicidad con la vegetación y la geomorfología del terreno. Desoyendo esta premisa, la población ha ido ocupando paulatinamente las llanuras de inundación sin la protección de obras hidráulicas. Para ello se han amparado en los largos períodos secos que tienen lugar en ocasiones. En esos períodos, las zonas teóricamente inundables permanecen inalteradas y secas, lo que da a entender que el fenómeno ha dejado de existir. Luego, cuando se han construido edificaciones, instalado recintos para el ganado, cultivado el suelo, llega un período hidrológico extraordinario y las avenidas vuelven a generarse en lo que se conocen como períodos de retorno. Los daños en estos casos son muy cuantiosos tanto económicos como, en ocasiones, en vidas humanas.

Aunque el riesgo de inundaciones está presente en toda la geografía andaluza y española, la vertiente mediterránea es la más peligrosa del país. Aquí pueden llegar a registrarse lluvias que pueden incluso superar los 500 mm. (500 l/m²) en uno o pocos días o especialmente intensas con más de 100 mm en una hora.

Zonas de riesgo potencial de inundaciones				
CUENCA	ZONAS DE RIESGO			
	Máximo	Intermedio	Mínimo	TOTAL
Norte	16	39	68	123
Duero	15	20	48	83
Tajo	6	12	70	88
Guadiana	4	9	47	60
Guadalquivir	15	21	68	104
Sur	6	21	60	87
Segura	3	5	10	18
Júcar	13	28	91	132
Ebro	18	45	220	283
Pirineo Oriental	7	16	36	59
TOTAL	103	216	718	1.037

Finalizaremos este apartado diciendo que la mayoría de los desastres naturales pueden prevenirse y por ello debemos trabajar y colaborar todos para que ese factor sorpresa que tienen otras emergencias se reduzca a cero.

V. LA PREDICCIÓN METEOROLÓGICA

Como hemos dicho anteriormente, la principal causa generadora de las inundaciones es la lluvia, que se cataloga según su cantidad, duración en el tiempo y extensión geográfica.

Según su cantidad:

DEBIL	menor o igual a 2 l/m ²
MODERADA	entre 2 y 15 l/m ²
FUERTE	entre 15 y 30 l/m ²
MUY FUERTE	entre 30 y 60 l/m ²
TORRENCIAL	mayor de 60 l/m ²

Según su duración:

OCASIONAL	Duración menor del 30% del período de predicción
PERSISTENTE	Duración mayor del 60% del período de predicción

Según su extensión geográfica:

AISLADA	Afecta entre el 10% y el 30% del ámbito geográfico de la predicción
GENERALIZADA	Afecta al 60% o más del ámbito geográfico de la predicción

Por último hay que decir que los umbrales a partir de los cuales, las precipitaciones empiezan a ser adversas están entre los 30 l/m² en una hora o los 60 y 80 l/m² en un período de 12 horas continuadas.

VI. ACTUACIONES ANTE LAS INUNDACIONES

Las actuaciones encaminadas a hacer frente a las inundaciones y sus efectos podrían dividirse primero en dos grandes bloques: las preventivas y las emergentes. Las actuaciones emergentes son aquellas que se derivan de la propia situación de emergencia. La mayoría de ellas comportan la evacuación de viviendas y el rescate y salvamento de vidas como objetivo preferente, y posteriormente la reparación de los daños y el restablecimiento de la situación original.

Pero, sin duda, el bloque de medidas en el que Protección Civil ha de trabajar intensamente es en el de la prevención, objetivo primordial para el correcto cumplimiento de su cometido. Dentro de estas actuaciones preventivas debemos distinguir tres subgrupos: actuaciones estructurales, actuaciones no-estructurales y planificación.

i. Actuaciones estructurales

Se aplican con el objeto de obstaculizar, en la medida de lo posible, los fenómenos de formación y propagación de las avenidas. Se denominan estructurales porque suponen la construcción de una obra hidráulica o implican una manipulación del terreno por donde discurre el agua. Dentro de estas actuaciones destacamos algunas:

- Trabajos de conservación de suelos y corrección de cuencas (reforestación y ordenación de cultivos).
- Corrección y regulación de cauces (limpiezas de cauces, dragados, etc.).
- Construcción y explotación de embalses de laminación y regulación.

- Obras hidráulicas de protección de riberas, encauzamiento, cortas, espigones, etc.
- Drenajes.

Las actuaciones estructurales son sinceramente costosas pero, desde luego, no menos costosas que la reparación de los daños, que, al fin y al cabo, es un dinero a fondo perdido y no una inversión que garantice que lo que ha ocurrido una vez no volverá a suceder en el futuro, al menos, con la misma magnitud o virulencia. De hecho, en muchos países, sobre todo del Tercer Mundo, las pérdidas causadas han anulado el crecimiento económico de tal manera que han involucionado a épocas ya pasadas y superadas.

ii. Actuaciones no-estructurales

Estas actuaciones van encaminadas a impedir, reducir, minimizar o incluso anular los daños generados por las inundaciones. No suponen, como en el caso anterior, una intervención física del hombre sobre la red hidrológica, sino una predicción del fenómeno y un cálculo de probabilidades de aparición en el tiempo y afección del entorno. Este cálculo emplea normalmente períodos de retorno de 100 y 50 años.

Entre estas medidas no-estructurales destacan las siguientes:

- Elaboración de mapas de riesgo (mínimo, medio o alto).
- Identificación y zonificación de las áreas inundables.
- Aplicación de la normativa legal sobre aguas.
- Contratación de seguros.

La implantación de estas medidas, no obstante, se enfrenta a numerosas dificultades. Por una parte, la ocasionalidad de las inundaciones, que, como hemos dicho, pueden aparecer a intervalos de tiempo relativamente amplios, llevan al hombre a menospreciar la posibilidad de que efectivamente suceda algún día (tarde o temprano acabará sucediendo). Por otro lado, elaborar mapas de riesgo y restringir los usos del suelo es incompatible con el crecimiento urbanístico y el desarrollo económico e industrial de territorios con grandes limitaciones geográficas. En último lugar, cabe recordar que la aplicación y el respeto de este tipo de medidas debe ser labor de todas las administraciones públicas y ello supone realizar un alarde de coordinación que hoy por hoy está lejos de ser ejemplar por la complejidad del propio sistema y de las relaciones políticas.

iii. Actuaciones preventivas

Su objetivo es el de prever el riesgo y sus efectos para estar preparados en caso de intervención. Entre ellas se encuentran las siguientes:

- Implantación y control del Sistema Automático de Información Hidrológica (SAIH).
- Elaboración de planes especiales de Protección Civil.

Horas y días antes de acontecer la catástrofe podemos adelantarnos a sus efectos acometiendo una serie de actuaciones preventivas de urgencia:

- Alertar a la población ribereña.
- Evacuación preventiva de las zonas inundables.
- Creación de defensas provisionales con sacos de arena u otros materiales más sólidos.
- Restricción de la circulación por carretera.
- Desalojo de maquinaria agrícola y otros bienes costosos.
- Traslado del ganado estabulado hacia zonas altas.
- Desembalses para contrarrestar las avenidas.

VII. LOS EMBALSES

i. Función

Los embalses suponen un elemento regulador muy importante en toda cuenca. Su función más destacada, además del uso del agua para abastecimiento, riego, usos industriales y producción de energía eléctrica, es la de laminación de avenidas, es decir, la disminución de la cantidad y la velocidad del agua de un río crecido por efecto de las fuertes lluvias. Pero cuando la cantidad de agua embalsada se aproxima a los niveles de seguridad de las presas se hace necesario arrojar una parte del contenido sobre una cuenca que puede encontrarse ya en un nivel alto de saturación. Por eso es conveniente para los servicios de emergencia realizar un seguimiento continuo de la evolución de los embalses en los períodos húmedos. En este sentido, los datos que conviene saber en esos momentos son los siguientes:

- Volumen embalsado en hectómetros cúbicos.
- Aportación de la cuenca en las últimas 24 horas.
- Aportación de la lluvia en las últimas 24 horas medida en milímetros.
- Desembalses en hectómetros cúbicos.

ii. Elementos de una presa

a) Aliviaderos

Es la obra que permite derivar el caudal del río que llega a la presa para conducirlo a un punto de aguas abajo de la misma, procurando que esta devolución de agua al río no provoque ningún problema en la estabilidad de la presa ni del cauce. De esta manera se consigue pasar el agua de un régimen rápido a un régimen lento, haciendo que el agua pierda energía y velocidad.

Generalmente el caudal excedente se toma de la parte alta del embalse y se lleva de nuevo por un canal artificial al río. Los caudales normales son retenidos en el embalse y derivados por dispositivos de toma o evacuados a través de los desagües, con lo que el aliviadero no tiene

necesidad de entrar en funcionamiento. Pero en grandes avenidas no son suficientes estos medios de evacuación de las aguas y es cuando el aliviadero se acciona.

Las partes fundamentales de un aliviadero son:

- Toma: lugar donde se desvía el agua del embalse.
- De labio fijo: el vertido es natural automático, no se puede ejercer ningún control voluntario. El labio permanece siempre abierto a una determinada cota. Cuando el agua llega hasta ese nivel, se vierte por sí sola.
- De compuertas: permiten desaguar a voluntad y pueden ser manuales o automáticas.
- Conducción: transporta el agua derivada desde la toma hasta un punto alejado donde se reintegra al río.
- Reintegro al cauce: obras situadas al final de la conducción, su objetivo es hacer que la restitución al río sea lo menos violenta posible para evitar cualquier tipo de daños.

b) Desagües

El desagüe sirve para evacuar el agua almacenada en un embalse de forma regulada. Actúa como regulador de avenidas evacuando el agua almacenada temporalmente en otra zona destinada a la laminación, o bien desaguando el volumen necesario con anticipación a la llegada de la avenida. Se desagua también para vaciar el embalse y realizar inspecciones o para destruir especies perjudiciales de peces, etc.

Tomas o desagües de explotación: están relacionados con el verdadero objetivo del embalse; a través de ellas se evacua agua para riego, abastecimiento, central hidroeléctrica, etc. Estas tomas están situadas por debajo del nivel mínimo de explotación del embalse para que la carga sea suficiente para desaguar el caudal necesario.

Desagüe de superficie: suele usarse para casos de avenidas aunque para este fin se usan últimamente los de fondo. Este desagüe está situado por debajo de los aliviaderos pero por encima de la toma de explotación.

Desagüe de medio fondo o profundo: tienen la toma a una cota inferior que las tomas de explotación.

Desagüe de fondo: sirve para bajar el nivel por debajo de las tomas, para limpiar sedimentos y para el momento de la obra.

Los desagües están compuestos por canales, tuberías y compuertas que permiten la evacuación controlada.

c) Cómo y cuándo se desembalsa

La Dirección General de Presas no permite que el embalse sobrepase el 90% de su capacidad; por tanto, llegado a este nivel, el embalse comienza a desalojar agua a través de los desagües de fondo. Debido a fuertes lluvias el embalse puede llegar hasta su nivel o cota máximos y los desagües pueden no ser suficientes para mantener el nivel de seguridad; es entonces cuando el agua se evacúa a través de los aliviaderos.

iii. Embalses andaluces

Cuenca del Guadalquivir		Cuenca del Sur		Cuenca del Guadiana	
Embalse	Capacidad	Embalse	Capacidad	Embalse	Capacidad
Aguascebas	6 Hm3	Benínar	70 Hm3	Chanza	386 Hm3
Alcalá del Río	21 Hm3	Béznar	56 Hm3	Corumbel	19 Hm3
Almodóvar	5 Hm3	Charco Redondo	82 Hm3	Los Machos	12 Hm3
Aracena	127 Hm3	Concepción	61 Hm3	Odiel	8 Hm3
Arcos	14 Hm3	Conde-Guadalhorce	83 Hm3	Olivargas	29 Hm3
Aznalcóllar	20 Hm3	Cuevas de Almanzora	168 Hm3	Piedras	60 Hm3
Barbate	228 Hm3	Guadalhorce	312 Hm3	Sancho	58 Hm3
Bembézar	347 Hm3	Guadarranque	87 Hm3	TOTAL	572 Hm3
Bermejales	103 Hm3	Limonero	24 Hm3		
Bolera, La	53 Hm3	Viñuela, La	170 Hm3		
Bornos	200 Hm3	TOTAL	1.113 Hm3		
Breña, La	103 Hm3				
Cala	58 Hm3				
Canales	71 Hm3				
Cantillana	21 Hm3				
Carpio, el	18 Hm3				
Celemín	43 Hm3				
Colomera	42 Hm3				
Cordobilla	34 Hm3				
Cubillas	21 Hm3				
Doña Aldonza	23 Hm3				
Encinares	15 Hm3				
Fco. Abellán	58 Hm3				
Fernandina, La	244 Hm3				
Fresneda	13 Hm3				
Gergal	36 Hm3				
Giribaile	475 Hm3				
Guadalcacín	800 Hm3				
Guadalén	163 Hm3				
Guadalmellato	145 Hm3				
Guadalmena	346 Hm3				
Guillena	5 Hm3				
Hornachuelos	18 Hm3				
Huesna	135 Hm3				
Hurones, Los	135 Hm3				
Iznájar	981 Hm3				
Jándula	322 Hm3				
José Torán	113 Hm3				
Malpasillo	6 Hm3				
Marmolejo	13 Hm3				
Martín Gonzalo	18 Hm3				

Minilla, La	60 Hm3				
Montoro	45 Hm3				
Negratín	546 Hm3				
Pedro Marín	19 Hm3				
Pintado, El	202 Hm3				
Puebla Cazalla	87 Hm3				
Puente Nuevo	286 Hm3				
Quentar	14 Hm3				
Quiebrajano	32 Hm3				
Retortillo	73 Hm3				
Retortillo Deri.	8 Hm3				
Rumblar	126 Hm3				
San Rafael	157 Hm3				
San Clemente	120 Hm3				
Sierra Boyera	41 Hm3				
Torre del Aguila	66 Hm3				
Tranco de Beas	500 Hm3				
Vadomojón	163 Hm3				
Villafranca	6 Hm3				
Yeguas	22 Hm3				
Guadalete	223 Hm3				
Ribera del Huelva	179 Hm3				
TOTAL	8.574 Hm3				

VIII. GLOSARIO DE TÉRMINOS

Acuífero: formación geológica permeable por la que circula o puede circular agua.

Aguas continentales: las estancadas o corrientes superficialmente, así como las subterráneas renovables con independencia del tiempo de renovación.

Aliviadero: es la zona superior de la presa por la que se desalojan las aguas superficiales del embalse. Los aliviaderos no necesariamente deben disponer de compuertas, por ejemplo, embalses como Charco Redondo, Barbate o Celemín carecen de ellas. En estos casos cuando las aguas del embalse superan una determinada cota, los aliviaderos dejan pasar todo el agua que alcance dicha cota. El vertido es natural automático y no puede ejercerse ningún control voluntario sobre el mismo. Este tipo de aliviaderos se denomina de "labio fijo".

Aliviar: es la operación mediante la cual se desaloja agua del embalse a través de los aliviaderos o vanos abiertos en la parte superior de la presa. Estos aliviaderos pueden estar dotados, aunque no necesariamente, de unas compuertas que se abren en caso necesario siempre y cuando las aguas del embalse superen una determinada cota (altura).

Avenida: paso por tramos de un río, de caudales superiores a los normales, que dan lugar a elevaciones de los niveles de agua.

Capacidad máxima del embalse: es la cantidad máxima de agua que puede albergar el vaso de un embalse.

Cauce de corriente natural: terreno cubierto por las aguas en las máximas crecidas ordinarias (Ley de Aguas, art. 4), correspondientes al máximo caudal en régimen natural, producido en periodos de diez años, que sea representativo.

Comunidad de Regantes: la conducción del agua suele ser competencia de la Confederación Hidrográfica, y la distribución y aplicación, de una Comunidad de Regantes.

Cota: Es la altura que alcanzan las aguas de un embalse desde el lecho.

Desaguar: es la operación mediante la cual se desaloja agua del embalse a través de unas conducciones que se encuentran por debajo de los aliviaderos. Las aguas se toman del fondo del embalse y a veces se utiliza para evitar el asiento de los sedimentos sólidos y limpiar el lecho.

Desagüe de fondo: es la conducción subterránea de la que disponen los embalses para extraer agua del fondo de los mismos. Habitualmente es de túnel bajo presa, con sección circular y una o más compuertas deslizantes como válvulas de cierre.

Dominio Público Hidráulico: es el constituido por los siguientes bienes de titularidad pública:

- Aguas continentales
- Cauces de corrientes naturales
- Lechos de lagos, lagunas y embalses en cauce público
- Acuíferos, a los efectos exclusivos de disposición o afección de recursos hidráulicos.

Evaporación: es la cantidad de agua que se evapora del embalse por calentamiento de la masa líquida.

Embalse: es el volumen de agua retenida por una o más presas, incluyendo márgenes, laderas y toda obra necesaria para su explotación.

Inundación: sumersión temporal de terrenos normalmente secos, como consecuencia de la aportación inusual y más o menos repentina de una cantidad de agua superior a la que es habitual en una zona determinada.

Lecho o fondo de embalse superficial: terreno cubierto por las aguas cuando los ríos que lo alimentan alcanzan sus máximas crecidas ordinarias (Ley de Aguas, art. 9.2.).

Lecho o fondo de lago o laguna: terreno ocupado por sus aguas, cuando alcanzan su mayor nivel ordinario (Ley de Aguas, art. 9.1.), correspondiente a las máximas crecidas ordinarias de los ríos que lo alimentan.

Plan Hidrológico Nacional y Plan Hidrológico de Cuencas: son el desarrollo del mandato de la Ley de Aguas (1985).

Presa: se denomina presa a cualquier barrera o estructura que es capaz de retener el agua incluyéndose todas las obras e instalaciones anexas.

Tsunami o maremoto: término científico procedente del japonés, por haberse localizado allí y otras áreas del Océano Pacífico los mayores desastres naturales de este tipo. Los tsunamis o maremotos son grandes olas que van alcanzando mayor altura a medida que se aproximan a la costa.

Vaso: es la superficie total estimada que pueden ocupar las aguas de un embalse cuando éste alcanza su capacidad máxima.

Volumen del vertido: es la cantidad total de agua que se desaloja de un embalse ya sea a través del desagüe de fondo, a través del aliviadero, de ambos a la vez o por medio de central hidroeléctrica.

Volumen máximo de explotación (VME): se llama volumen máximo de explotación a la cantidad de agua que alberga un embalse cuando éste alcanza el 90% de su capacidad máxima. Cuando se alcanza este porcentaje se llega a lo que se llama el nivel de seguridad de la presa. El 10% restante se utiliza como resguardo en circunstancias excepcionales para retener caudales importantes y laminar las avenidas, evitando los desbordamientos del cauce de los ríos sobre los que se ubican. Cuando se alcanza el VME el embalse comienza a desalojar agua de forma controlada para mantener el nivel de seguridad y no aprovechar excesivamente el 10% de resguardo.