



**Secretaría de Estado de Aguas y Costas.**

**Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas.**

*Subdirección General de Gestión del Dominio Público Hidráulico.*

## **GUÍA TÉCNICA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS PLANES DE EMERGENCIA DE PRESAS**



***FECHA: JUNIO 2001***

## PRESENTACIÓN

En nuestro país como en otros muchos, debido a la gran importancia que tiene la seguridad en todas las fases de la vida de una presa, se aplican desde hace bastantes años normativas encaminadas a reducir al máximo el riesgo de rotura. Como resultado de ello se han realizado evidentes progresos con la aplicación de criterios de seguridad más exigentes a lo largo del tiempo y se puede indicar que según las estadísticas de la Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD) la probabilidad de rotura de una presa se ha reducido drásticamente en los últimos años, a nivel mundial.

Mientras que las normativas más antiguas se limitaban a aplicar criterios de seguridad uniformes a todas las presas, recientemente se han comenzado a aplicar en diversos países criterios de seguridad más exigentes a aquellas presas que, en caso de accidente, pudieran tener mayores consecuencias para la población situada aguas abajo. Esta aplicación de criterios selectivos exige clasificar las presas en función del riesgo potencial que pudiera derivarse de su posible rotura o de su funcionamiento incorrecto. Atendiendo a esta nueva filosofía en materia de seguridad se han desarrollado en los últimos años en España dos normas, actualmente en vigor:

- La Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones, aprobada por acuerdo del Consejo de Ministros, en su reunión de 9 de diciembre de 1994 (B.O.E. 14 de febrero de 1995).
- El Reglamento sobre seguridad de presas y embalses, aprobado por Orden Ministerial de 12 de marzo de 1966 (B.O.E. 30 de marzo de 1996).

Ambas disposiciones legales establecen la obligatoriedad, por parte de los titulares de las presas, de proponer la clasificación de la presa en función del riesgo potencial en caso de rotura o funcionamiento incorrecto en tres categorías: A, B ó C y para aquellas presas clasificadas en las categorías A ó B la de elaborar e implantar el Plan de Emergencia de la presa.

Tanto la clasificación de las presas en función del riesgo potencial como el Plan de Emergencia constituyen una documentación de seguridad de la presa que no había sido exigida previamente en la legislación española. Esta documentación puede enmarcarse dentro de las actuaciones preventivas en materia de seguridad de presas y debe entenderse como una medida de protección a la población que actúa en una doble vertiente: por una parte, permite analizar las condiciones de seguridad de la presa y su entorno, reduciendo las posibilidades de generar riesgos y, por otra parte, en caso de accidente, reducir al máximo sus consecuencias.

La protección de la población ante cualquier riesgo que pueda presentarse, por muy poco probable que sea, como es el caso de rotura de una presa, constituye una demanda social creciente en cualquier sociedad moderna. Por ello, tanto la Guía Técnica de clasificación de presas en función del riesgo potencial, publicada a finales de 1996, como la presente Guía Técnica para la elaboración de Planes de Emergencia de Presas suponen un esfuerzo de la Administración para dar respuesta a esa demanda social en materia de seguridad que nos colocará, entre los países más avanzados en cuanto a condiciones de protección a la población. Sin embargo, la implantación de estos planes no es tarea fácil, no sólo por el aspecto material de aquella, sino porque implica una nueva cultura de participación ciudadana en tareas colectivas de protección civil.

Por tanto, transmitir un mensaje adecuado en la implantación de los Planes de Emergencia, para evitar malas interpretaciones y posibles alarmas no ajustadas a la realidad, es uno de los objetivos principales de todos los que participamos en este ambicioso proyecto de conseguir las mejores condiciones de seguridad para los ciudadanos potencialmente afectados.

Finalmente, se desea resaltar que la presente Guía Técnica desarrolla la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones en lo relativo a la elaboración de los Planes de Emergencia de Presas y constituye un conjunto de recomendaciones, de criterio y metodológicas, que tienen como finalidad facilitar su tarea a todos los titulares de presas que tienen la obligación de elaborar tales Planes. Se espera que, con la colaboración de todos, se produzca en pocos años un considerable avance en el camino emprendido para mejorar la gestión de la seguridad de las presas en España.

Madrid, junio de 2001

José María Piñero Campos  
Director General de Obras Hidráulicas  
y Calidad de las Aguas

## PREÁMBULO

La presente Guía Técnica ha sido elaborada, atendiendo a lo establecido en el artículo 6.2.b) del Reglamento Técnico sobre Seguridad de Presas y Embalses, por la Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas del Ministerio de Medio Ambiente.

La propuesta inicial ha sido realizada por el siguiente equipo:

- D. Jesús Penas Mazaira, de la Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas.
- D. Luis Berga Casafont, de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona.
- D. Mariano de Andrés Rodríguez-Trelles, de la empresa Ecología y Tecnología del Medio Ambiente, S.A. (ECM).
- D. Israel Sánchez-Palomo García, de la empresa Técnica y Proyectos, S.A. (TYPESA).

A dicha propuesta se han incorporado las sugerencias y comentarios realizados por distintos organismos e instituciones, tarea que ha sido llevada a cabo por D. Luis Berga Casafont y D<sup>ña</sup> Liana Ardiles López, coordinados por D. Jesús Yagüe Córdova.

La finalidad y ámbito de aplicación de la Guía Técnica son los indicados en el Capítulo 1 de la misma.

Los comentarios y observaciones que se deseen hacer al contenido de la Guía Técnica pueden remitirse a la Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas del Ministerio de Medio Ambiente. Plaza San Juan de la Cruz, s/n. 28071 Madrid.

# GUÍA TÉCNICA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS PLANES DE EMERGENCIA DE PRESAS

<b>CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>8</b>
1.1. CONCEPTO Y FUNCIONES BÁSICAS DE LOS PLANES DE EMERGENCIA DE PRESAS.....	9
1.2. OBJETO DE LA GUÍA TÉCNICA.....	10
1.3. ÁMBITO DE APLICACIÓN.....	11
1.4. CONTENIDO DE LOS PLANES DE EMERGENCIA.....	11
1.5. ELABORACIÓN Y TRAMITACIÓN DE LOS PLANES DE EMERGENCIA DE PRESAS.....	11
<b>CAPITULO 2. ANÁLISIS DE SEGURIDAD DE LA PRESA .....</b>	<b>12</b>
2.1. CRITERIOS.....	12
2.2. SITUACIONES Y FENÓMENOS QUE PUEDEN AFECTAR LA SEGURIDAD DE LAS PRESAS .....	12
2.3. IDENTIFICACIÓN DE EMERGENCIAS. INDICADORES .....	13
2.4. INTERPRETACIÓN DE LOS INDICADORES. UMBRALES .....	14
2.5. EVALUACIÓN DE EMERGENCIAS. ESCENARIOS DE SEGURIDAD .....	15
<b>CAPITULO 3. ZONIFICACIÓN TERRITORIAL Y ANÁLISIS DE LOS RIESGOS GENERADOS POR LA ROTURA.....</b>	<b>17</b>
3.1. CRITERIOS.....	17
3.2. ESCENARIOS DE ROTURA O AVERÍA GRAVE.....	17
3.3. ROTURA ENCADENADA DE PRESAS.....	18
3.4. FORMA Y DIMENSIONES DE LA BRECHA. TIEMPOS DE ROTURA.....	20
3.5. DATOS BÁSICOS PARA EL ESTUDIO DE LA PROPAGACIÓN DE LA ONDA DE ROTURA.....	21
3.5.1. Características geométricas del cauce aguas abajo.....	22
3.5.2. Rugosidad.....	22
3.5.3. Obstrucción en el cauce y fenómenos locales.....	23
3.5.4. Límite del estudio aguas abajo.....	23
3.6. ZONIFICACIÓN TERRITORIAL. DELIMITACIÓN DE LAS ÁREAS DE INUNDACIÓN POTENCIAL.....	24
3.7. ESTIMACIÓN DE DAÑOS.....	26
<b>CAPÍTULO 4: NORMAS DE ACTUACIÓN.....</b>	<b>27</b>
4.1. CRITERIOS.....	27
4.2. PROCEDIMIENTOS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN.....	28
<b>CAPÍTULO 5: ORGANIZACIÓN .....</b>	<b>32</b>
5.1. CRITERIOS.....	32
5.2. DIRECTOR DEL PLAN. FUNCIONES .....	33
5.3. ORGANIZACIÓN DE MEDIOS Y RECURSOS .....	36
5.4. COORDINACIÓN EN PRESAS EN CASCADA .....	36
5.5. FORMACIÓN DEL PERSONAL.....	37
5.6. ACTUALIZACIÓN DEL PLAN.....	37
<b>CAPÍTULO 6: MEDIOS Y RECURSOS.....</b>	<b>38</b>
6.1. CRITERIOS.....	38
6.2. EQUIPO HUMANO.....	38
6.3. RECURSOS MATERIALES.....	39
6.4. SISTEMA DE COMUNICACIONES.....	40
6.5. SISTEMAS DE AVISO A LA POBLACIÓN.....	41
6.6. SALA DE EMERGENCIA.....	42
<b>CAPÍTULO 7: FORMA DE PRESENTACIÓN .....</b>	<b>44</b>
7.1. INTRODUCCIÓN .....	44
7.2. ESTRUCTURA GENERAL.....	44
7.3. PORTADA.....	47
7.4. PRESENTACIÓN.....	47
7.5. IDENTIFICACIÓN DEL DOCUMENTO.....	48
7.6. ÍNDICE.....	48
7.7. CAPÍTULO 1. IDENTIFICACIÓN DE LA PRESA.....	49

7.8.	CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN DE LA PRESA, EL EMBALSE Y SU ENTORNO.....	49
7.9.	CAPÍTULO 3. ORGANIZACIÓN GENERAL. MEDIOS Y RECURSOS.....	50
7.10.	CAPÍTULO 4. NORMAS DE ACTUACIÓN EN EMERGENCIAS.....	50
7.10.1.	Concepto del Plan de Emergencia.....	51
7.10.2.	Definición de la emergencia y de sus escenarios.....	51
7.10.3.	Situaciones y fenómenos de declaración de la emergencia.....	52
7.10.4.	Umbrales para las distintas situaciones y fenómenos.....	53
7.10.5.	Actuaciones generales asociadas a los distintos escenarios.....	53
7.10.6.	Actuaciones específicas asociadas a las tipologías de la emergencia.....	54
7.11.	CAPÍTULO 5. ZONIFICACION TERRITORIAL Y ESTIMACIÓN DE DAÑOS.....	54
7.12.	APÉNDICES. ELEMENTOS TIPO Y DIRECTORIOS.....	55
7.13.	ANEJO 1. JUSTIFICACIÓN DEL ANÁLISIS DE SEGURIDAD.....	57
7.13.1.	Posibles situaciones y fenómenos desencadenantes del proceso de fallo.....	57
7.13.2.	Indicadores de situaciones y fenómenos.....	58
7.13.3.	Umbrales para las diferentes situaciones y fenómenos asociados a los Escenarios de Emergencia.....	58
7.14.	ANEJO 2. JUSTIFICACIÓN DE LA ZONIFICACIÓN TERRITORIAL Y ESTIMACIÓN DE DAÑOS.....	59
7.14.1.	Escenarios de rotura o avería grave. Hipótesis de rotura.....	60
7.14.2.	Características de la rotura.....	60
7.14.3.	Análisis hidráulico de la propagación de la onda de rotura a lo largo del cauce.....	61
7.14.4.	Zonificación territorial. Delimitación de las áreas de inundación potencial.....	63
7.14.5.	Estimación de Daños.....	63
7.15.	ANEJO 3. JUSTIFICACIÓN DE LAS NORMAS DE ACTUACIÓN.....	64
7.16.	ANEJO 4. JUSTIFICACIÓN DE LA ORGANIZACIÓN Y DE LOS MEDIOS Y RECURSOS.....	66
7.17.	DOCUMENTO DE OPERATIVIDAD DEL PLAN DE EMERGENCIA.....	67
7.18.	FORMATO.....	71
7.18.1.	Formato de Presentación de los Documentos.....	71
7.18.2.	Formato de Presentación de Planos.....	72
7.18.3.	Soporte Magnético.....	73

## ANEXOS

<b>ANEXO 1. DIRECTRIZ BÁSICA DE PLANIFICACIÓN DE PROTECCIÓN CIVIL ANTE EL RIESGO DE INUNDACIONES.....</b>	<b>75</b>
1. ARTÍCULO 2.1. TIPOLOGÍA DE LAS INUNDACIONES OBJETO DE LA DIRECTRIZ.....	75
2. ARTÍCULO 3.5. PLANIFICACIÓN DE EMERGENCIAS ANTE EL RIESGO DE ROTURA O AVERÍA GRAVE DE PRESAS.....	75
2.1. Artículo 3.5.1. Los Planes de Emergencia de Presas.....	76
2.2. Artículo 3.5.2. Interfase entre el Plan de Emergencia de Presa y los Planes de Protección Civil ante el riesgo de Inundaciones.....	78
<b>ANEXO 2. ANÁLISIS DE SEGURIDAD DE LA PRESA.....</b>	<b>86</b>
1. SITUACIONES Y FENÓMENOS A CONSIDERAR.....	86
2. INDICADORES.....	89
3. ESTABLECIMIENTO DE UMBRALES Y DE LOS ESCENARIOS DE SEGURIDAD Y PELIGRO DE ROTURA DE PRESAS.....	89
3.1. Aspectos hidrológicos.....	91
3.2. Efectos sísmicos.....	94
3.3. Precipitaciones.....	96
3.4. Deslizamiento de laderas.....	97
3.5. Fuego y actos de vandalismo.....	97
3.6. Acciones bélicas y actos de sabotaje.....	97
3.7. Indicadores de comportamiento.....	98
<b>ANEXO 3. ZONIFICACIÓN TERRITORIAL Y ESTIMACIÓN DE DAÑOS.....</b>	<b>128</b>
1. ESTABLECIMIENTO DE LAS HIPÓTESIS DE ROTURA.....	128
2. ESTABLECIMIENTO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA ROTURA.....	129
3. ANÁLISIS HIDRÁULICO DE LA ONDA GENERADA Y DE SU PROPAGACIÓN A LO LARGO DEL CAUCE.....	131
3.1. Selección del modelo.....	131
3.2. Caracterización geométrica del cauce.....	135
3.3. Obstrucciones en el cauce.....	137
3.4. Establecimiento de los parámetros hidráulicos en elementos territoriales relevantes y estimación de daños.....	137

3.5.	<i>Presentación de resultados</i> .....	139
<b>ANEXO 4.</b>	<b>NORMAS DE ACTUACIÓN</b> .....	<b>141</b>
1.	RESPONSABLE DE LA ACTUACIÓN .....	141
2.	MOMENTO DE LA ACTUACIÓN.....	141
3.	PROCESO DE ACTUACIÓN .....	142
3.1.	<i>Actuaciones de vigilancia intensiva e inspección</i> .....	142
3.2.	<i>Medidas de corrección y prevención</i> .....	143
3.3.	<i>Actuaciones de comunicación</i> .....	145
4.	FINALIDAD DE LAS ACTUACIONES.....	146
<b>ANEXO 5.</b>	<b>ORGANIZACIÓN</b> .....	<b>151</b>
1.	PERSONAL DE LA ORGANIZACIÓN .....	152
2.	FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES .....	152
3.	ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO.....	153
4.	FORMACIÓN DEL PERSONAL.....	155
<b>ANEXO 6.</b>	<b>MEDIOS Y RECURSOS</b> .....	<b>156</b>
1.	ACTUACIONES DE INTENSIFICACIÓN DE LA VIGILANCIA.....	158
2.	DESCENSO DEL NIVEL DEL EMBALSE MEDIANTE LOS ÓRGANOS DE DESAGÜE.....	159
3.	OTRAS ACTUACIONES .....	160
4.	COMUNICACIONES .....	161
5.	SISTEMAS DE AVISO A LA POBLACIÓN AFECTADA EN LA PRIMERA MEDIA HORA. ....	162

## CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN

Las grandes presas son estructuras muy seguras, proyectadas, construidas y explotadas reduciendo al máximo posible su probabilidad de fallo. No obstante es inevitable que, pese a todas las precauciones estructurales adoptadas en las distintas fases de la vida de una presa, se mantenga siempre un riesgo residual, muy reducido pero real, de rotura o mal funcionamiento.

La imposibilidad de eliminar completamente mediante medidas estructurales y no estructurales el riesgo de rotura o mal funcionamiento de las grandes presas, unida a la posibilidad de que tales fallos tengan como consecuencia daños de magnitud considerable, conduce a la necesidad de prever qué actuaciones deben ser acometidas para continuar reduciendo el riesgo, y para hacer frente a cada uno de los fallos posibles, introduciendo el concepto de seguridad activa, definido como el establecimiento de mecanismos y procedimientos que, por una parte, permitan la detección temprana de las situaciones de riesgo y las medidas a acometer para mitigarlo y, por otra, en caso de que, pese a las medidas anteriores, se produzca el fallo total o parcial de la estructura, permitan eliminar o reducir en lo posible los efectos sobre la vida humana, los servicios y el medio ambiente.

Estadísticamente es claro que las consecuencias negativas de un fallo se ven muy reducidas si, previamente a la presentación del mismo o de la circunstancia anormal que haga prever el fallo, se han desarrollado sistemas que definan las actuaciones a acometer para su resolución o mitigación.

La planificación de emergencias de presas, según lo establecido en la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el riesgo de inundaciones (en lo sucesivo Directriz), se enmarca en el conjunto de la planificación de emergencias ante el riesgo de inundaciones como un caso particular. En ella se establece (apartado 2.1.c.) como tipo de inundaciones a considerar en la planificación las producidas por rotura o la operación incorrecta de obras de infraestructura hidráulica. Este tipo de inundaciones presenta la peculiaridad de tratarse de riesgos inducidos por estructuras activas que son operadas por un titular determinado, lo que hace que deban ser objeto de un tratamiento singular.

Esta planificación de emergencias ante el riesgo de rotura o avería grave de presas se fundamenta, según establece la Directriz en su apartado 3.5, en tres columnas básicas:

- *Elaboración e implantación de los Planes de Emergencia de Presas por los titulares de las mismas.*



- *Previsión de las actividades de protección de personas y bienes que ante esa eventualidad han de efectuarse en el Plan Estatal, en los Planes de las Comunidades Autónomas y en los de Actuación Municipal cuyo ámbito territorial pueda verse afectado.*
- *Establecimiento de sistemas de notificación de incidentes y de alerta y alarma que permitan a la población y a las organizaciones de los Planes que corresponda intervenir, la adopción de las medidas apropiadas.*

Es por ello que un Plan de Emergencia de presa debe consistir en un documento en el que se sistematicen las actividades que deban ser acometidas para la detección de las situaciones de emergencia y para su tratamiento, de forma que se minimice la probabilidad de fallo o mal funcionamiento y los eventuales daños a ellos asociados.

### **1.1. CONCEPTO Y FUNCIONES BÁSICAS DE LOS PLANES DE EMERGENCIA DE PRESAS**

Los Planes de Emergencia de presas (en lo sucesivo P.E.P.) consisten en el establecimiento de la organización y planificación de los recursos humanos y materiales necesarios, en situaciones de emergencia para controlar los distintos factores de riesgo que puedan comprometer la seguridad de la presa, y con ello eliminar o reducir la probabilidad de la rotura o avería grave.

Asimismo, establecen un sistema de información y comunicación, con los correspondientes escenarios de seguridad y peligro, a las autoridades de Protección Civil competentes, para que se activen un conjunto de actuaciones preventivas y de aviso a la población para reducir o eliminar los daños potenciales en caso de rotura o avería grave de la presa.

Las funciones básicas de los P.E.P. quedan establecidas en el artículo 3.5.1.2. de la Directriz, siendo el objetivo fundamental el de contribuir a eliminar o reducir el riesgo de rotura de la presa, por lo que resulta esencial en cada caso identificar las situaciones que pueden suponer un peligro potencial para su seguridad, junto con la organización de las respuestas y acciones apropiadas. Por ello, se recomienda que, en la elaboración de los mismos, sé de una especial importancia al análisis de seguridad, evaluando en cada caso las circunstancias que pueden comprometerlo (fenómenos naturales, comportamientos anormales de la presa y/o su cimentación, fallos mecánicos y eléctricos, posibles errores humanos, etc.), de manera que resulte de esa evaluación una planificación adecuada de las actuaciones en tales circunstancias excepcionales.

Si a pesar de las actuaciones previstas no fuera posible evitar la rotura o avería grave de la presa, los P.E.P. deberán asimismo prever la comunicación e información a través de los correspondientes sistemas de transmisión, de alertas y alarmas, a las autoridades competentes, y en su caso a la población potencialmente afectada, para que se adopten las medidas oportunas con el fin de reducir o eliminar los daños e impactos aguas abajo.

La base técnica para estas actuaciones es el análisis de la inundación potencial en caso de rotura o avería grave de las presas.

## 1.2. OBJETO DE LA GUÍA TÉCNICA

La presente Guía Técnica tiene como objeto facilitar la elaboración de los planes de emergencia de presas de acuerdo con lo establecido en la Directriz, publicada en el BOE de 14 de febrero de 1995, y en el Reglamento Técnico sobre Seguridad de Presas y Embalses (en lo sucesivo Reglamento), publicado en el BOE de 30 de marzo de 1996.

Esta Guía Técnica presenta unas recomendaciones para la elaboración de los P.E.P. y desarrolla los criterios básicos que pueden considerarse en la elaboración de dichos planes así como un formato tipo para la presentación del Plan. Asimismo, la Guía describe, en una serie de anexos, metodologías actuales que pueden servir de ayuda en la elaboración de los P.E.P.

La Guía se organiza en siete capítulos, de los cuales el primero corresponde a una introducción a la problemática de la planificación de emergencias y los criterios generales que deben ser seguidos en el proceso de elaboración de los Planes. En los capítulos 2 al 6 se definen los criterios de aplicación referidos a cada uno de los apartados que deben contener los P.E.P. según establece la Directriz y en el Capítulo 7 se recoge un formato tipo para la presentación de dichos planes.

Por último la Guía se complementa con 6 anexos, en el primero de ellos se recogen los artículos de la Directriz en relación con los P.E.P. En los anexos 2 al 6 se describen las distintas metodologías que pueden aplicarse en la elaboración de los P.E.P., cuyo objetivo principal es orientar en el desarrollo técnico de los diversos apartados.

Por todo ello, la finalidad de esta Guía Técnica es establecer las recomendaciones, criterios y metodologías a seguir en la elaboración de los planes de emergencia de presas, teniendo en cuenta las singularidades que éstos presentan con respecto a la planificación general de

emergencias ante inundaciones, de modo que se facilite la elaboración de unos planes homogéneos.

### 1.3. ÁMBITO DE APLICACIÓN

De acuerdo con lo establecido en la Directriz, artículo 3.5.1.4., y en el Reglamento, artículo 7.1., el ámbito de aplicación de esta Guía lo constituyen las presas clasificadas en categorías A o B, con independencia de su titularidad.

### 1.4. CONTENIDO DE LOS PLANES DE EMERGENCIA

En general, para la formulación de los planes de emergencia de presas, será suficiente el contenido mínimo indicado en el artículo 3.5.1.6. de la Directriz:

- 1.º *Análisis de seguridad de la presa.*
- 2.º *Zonificación territorial y análisis de los riesgos generados por la rotura de la presa.*
- 3.º *Normas de actuación.*
- 4.º *Organización.*
- 5.º *Medios y recursos.*

No obstante, en algún caso muy singular y a la vista de una situación concreta y específica, podría ser necesario ampliar el contenido del plan al objeto de tener en cuenta algún otro aspecto adicional, como por ejemplo la adaptación del Plan a acontecimientos de especial interés, etc.

### 1.5. ELABORACIÓN Y TRAMITACIÓN DE LOS PLANES DE EMERGENCIA DE PRESAS

Tal y como determina el artículo 3.5.1.5. de la Directriz, y los artículos 7.3 y 7.4. del Reglamento, el titular de cada presa es el responsable de la elaboración de P.E.P., que será aprobado por la Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas (D.G.O.H.C.A.) del Ministerio de Medio Ambiente previo informe de la Comisión Nacional de Protección Civil, o por los órganos de las comunidades Autónomas que ejerzan competencias sobre el dominio público hidráulico para aquellas presas ubicadas en cuencas intracomunitarias, previo informe en este caso de la Comisión de Protección Civil de la Comunidad Autónoma de que se trate.

Por otra parte, el Plan de Emergencia debe tener la consideración de estudio técnico y, como tal, deberá ser redactado y firmado por técnico competente en la materia y sometido a todas las condiciones establecidas para este tipo de trabajos.

## **CAPITULO 2. ANÁLISIS DE SEGURIDAD DE LA PRESA**

### **2.1. CRITERIOS**

El análisis de seguridad de la presa se realizará, de acuerdo con el contenido de los P.E.P. establecido en la Directriz (apartado 3.5.1.6. 1º), con relación a los puntos y apartados siguientes:

- 1.º Situaciones y fenómenos que puedan afectar la seguridad de la presa.
- 2.º Identificación de emergencias. Indicadores.
- 3.º Interpretación de los indicadores. Umbrales.
- 4.º Evaluación de emergencias.
- 5.º Escenarios de seguridad y de peligro de rotura de presas.

### **2.2. SITUACIONES Y FENÓMENOS QUE PUEDEN AFECTAR LA SEGURIDAD DE LAS PRESAS**

En los P.E.P. se realizará una descripción de las situaciones y fenómenos que pueden afectar a la seguridad de la presa y producir una situación de emergencia. Estas situaciones y fenómenos pueden ser diferentes en cada presa y presentarán sus características específicas en cada caso pero, en general, se recomienda realizar un análisis, entre otros, de los siguientes:

- Avenidas, y en particular avenidas extremas.
- Comportamiento anormal de la presa, posibles anomalías en sus deformaciones, estado tensional, cimentación, filtraciones en la presa o en su cimiento, aparición de fisuración, erosión interna fracturación hidráulica o sifonamientos, etc.
- Anomalías en la operación o funcionamiento de los órganos de desagüe, operación de las compuertas, erosiones y cavitaciones hidráulicas.
- Sismos regionales y locales.
- Avalanchas de rocas, nieve o hielo.
- Deslizamientos masivos en el embalse.
- Rotura o avería grave de presas situadas aguas arriba.
- Actos de Sabotaje y Vandalismo.

Para la descripción y análisis de situaciones y fenómenos, en el Anexo N° 2 se presentan una lista de los posibles fenómenos a considerar y, en las tablas N° 1 y 2 del citado anexo, las

causas de deterioro y/o rotura de presas y embalses, ambas elaboradas por ICOLD, con la finalidad de servir de guía orientativa en la identificación de los fenómenos que pueden condicionar la seguridad de la presa.

En el caso de presas en explotación, se recomienda realizar un resumen de la historia de la presa y de la experiencia de su operación con indicación de su comportamiento y de fenómenos que hubieran dado lugar a situaciones de emergencia.

### 2.3. IDENTIFICACIÓN DE EMERGENCIAS. INDICADORES

En la formulación de los P.E.P. se describirán los procedimientos y medios materiales y humanos disponibles en cada presa para poder realizar una identificación fiable, y con el tiempo de antelación suficiente, de las diversas emergencias posibles que se puedan presentar. Así, se señalarán los indicadores de situaciones y fenómenos externos y de datos de comportamiento para cada presa, según sea su tipología, altura, climatología de la cuenca, geología de la cerrada, riesgos aguas abajo, y otras variables, siendo recomendable que en general se contemplen, entre otros, los siguientes:

- *Indicadores de eventos hidrológicos.* Avenidas y en particular de avenidas extremas. Indicadores relacionados con los sistemas de previsión meteorológica y sistemas de previsión de avenidas. Análisis de los datos disponibles en la presa de este tipo de informaciones, y en su caso diagrama de flujo de información de las previsiones que llegan a la presa.
- *Sistemas de auscultación en operación.* Indicadores en relación con los instrumentos colocados y los datos que suministran. Objetivo funcional de la auscultación y selección de los indicadores más importantes.
- *Síntesis de las normas de explotación.* Selección de indicadores que pudieran dar lugar a emergencias e indicadores en situación de avenida (niveles de embalse, y su variación temporal, hidrogramas de entrada).
- *Sistemas de operación de los órganos de desagüe.* Indicadores de fallos de funcionamiento.
- *Sistemas de suministro de energía eléctrica.* Indicadores de emergencia.
- *Accesos y circulación en la presa.* Vialidad en situaciones de emergencia.
- *Plan de vigilancia e inspecciones periódicas de la presa.* Selección de los indicadores que pudieran dar lugar a emergencias.
- *Detección de fenómenos sísmicos.* Indicadores relacionados con la instrumentación sismográfica en el embalse y en la presa.

- *Detección, en su caso, de deslizamientos que pudieran afectar al embalse.* Indicadores en relación con los sistemas de observación.
- *Roturas potenciales de presas agua arriba.* Indicadores de las características de las ondas de rotura de llegada al embalse y flujos de información con los embalses aguas arriba.

Con todo ello, en cada presa se seleccionarán los indicadores más representativos para la identificación de emergencias en cada caso, teniendo en cuenta las experiencias de la explotación en las presas existentes.

Para la identificación de estos indicadores de emergencias se presentan, en las tablas N° 3 y 4 del Anexo N° 2, una lista de posibles indicadores que servirá de guía general para su elección. No obstante, en cada P.E.P. se recomienda analizar la situación y características específicas de la presa.

#### **2.4. INTERPRETACIÓN DE LOS INDICADORES. UMBRALES**

De acuerdo con lo fijado en la Directriz en relación con los P.E.P., se establecerán, en términos cuantitativos o cualitativos, valores o circunstancias “umbrales” a partir de los cuales los fenómenos o anomalías podrían resultar peligrosos. En general, y siempre que sea técnicamente posible, se recomienda que los umbrales de los indicadores sean de tipo cuantitativo, con valores de los datos y/o de su variación con el tiempo. Sin embargo, hay que señalar también la importancia de fijar umbrales de tipo cualitativo que, procedentes de los resultados de la vigilancia y de las inspecciones, pueden ser en la práctica de vital importancia en la detección de emergencias (p.ej. filtraciones en el cuerpo de la presa o en las laderas aguas abajo de la presa, fisuras y fracturas en las presas de hormigón y de materiales sueltos, formación de cavidades y deslizamientos en las presas de materiales sueltos, etc.). En su caso, los umbrales podrán ser variables según sea la época del año dependiendo del régimen de explotación del embalse y de su nivel (p. ej. umbrales de indicadores hidrológicos en los embalses en los que se limita su nivel en épocas de avenidas).

En la definición de los umbrales en las presas en explotación, se tendrá en cuenta la historia del comportamiento de la presa, con los datos de la auscultación, los fenómenos naturales que ha soportado (avenidas y sismos) y los parámetros y reglas indicados en las Normas de Explotación.

En el caso de presas de nueva construcción los umbrales se fijarán con los datos del proyecto, debiéndose revisar y actualizar con los datos de construcción y la posterior explotación de la presa y embalse.

## 2.5. EVALUACIÓN DE EMERGENCIAS. ESCENARIOS DE SEGURIDAD

En función de los indicadores y de los umbrales, los P.E.P. establecerán la organización de los medios humanos y materiales para llevar a cabo las actuaciones previstas en las situaciones de emergencia en relación con los escenarios de seguridad. El personal técnico de vigilancia deberá tener la cualificación técnica y titulación necesaria para poder evaluar el comportamiento de presas y embalse. En los P.E.P., se designará a un Director del Plan que, entre otras funciones, será el responsable de la evaluación de las emergencias y de la calificación de los escenarios de seguridad y peligro.

La Directriz, en su artículo 3.5.2.1., define cuatro escenarios de seguridad y de peligro de rotura de presas para el correspondiente “establecimiento de las normas y procedimientos de comunicación e información con los organismos públicos implicados en la gestión de la emergencia”:

- a) *Escenario de control de la seguridad o “Escenario 0”*: Las condiciones existentes y las previsiones, aconsejan una intensificación de la vigilancia y el control de la presa, no requiriéndose la puesta en práctica de medidas de intervención para la reducción del riesgo.
- b) *Escenario de aplicación de medidas correctoras o “Escenario 1”*: Se han producido acontecimientos que, de no aplicarse medidas de corrección (técnicas, de explotación, desembalse, etc.), podrían ocasionar peligro de avería grave o de rotura de la presa, si bien la situación puede solventarse con seguridad mediante la aplicación de las medidas previstas y los medios disponibles.
- c) *Escenario excepcional o “Escenario 2”*: Existe peligro de rotura o avería grave de la presa y no puede asegurarse con certeza que pueda ser controlado mediante la aplicación de las medidas y medios disponibles.
- d) *Escenario límite o “Escenario 3”*: La probabilidad de rotura de la presa es elevada o ésta ya ha comenzado, resultando prácticamente inevitable el que se produzca la onda de avenida generada por dicha rotura.

Los P.E.P. incluirán la correlación entre los umbrales cuantitativos y cualitativos más significativos y los diferentes escenarios que indica la Directriz, con el fin de sistematizar y

planificar al máximo posible las situaciones de emergencia. Como guía de los fenómenos, situaciones y umbrales que pueden asignarse a los diferentes escenarios se presenta, en el Anexo N° 2, unas orientaciones entre umbrales, situaciones y los diversos escenarios, aunque hay que indicar que en cada caso específico estas asignaciones se realizarán en función del análisis de seguridad de la presa y de las experiencias de su comportamiento y explotación. Es recomendable que las asignaciones y correlaciones de umbrales y situaciones a los diversos escenarios de emergencia sean lo más esquemáticas, sencillas y claras posibles.

No obstante el carácter definitorio que pretende tener la asignación de escenarios para la planificación, en los P.E.P. deberá indicarse que el Director del Plan podrá flexibilizar estas asignaciones de los escenarios de emergencia, teniendo en cuenta la situación real y las previsiones técnicas de evaluación de la situación de emergencia, adoptando en todo caso criterios y actuaciones de tipo conservador.



## CAPITULO 3. ZONIFICACIÓN TERRITORIAL Y ANÁLISIS DE LOS RIESGOS GENERADOS POR LA ROTURA

### 3.1. CRITERIOS

De acuerdo con el artículo 3.5.1.6. (2º) de la Directriz el objetivo de los análisis de la rotura potencial de presas y de la propagación de la onda de rotura en los valles y cauces aguas abajo es el de delimitar las zonas progresivamente inundables con la onda de rotura y los tiempos de llegada de la misma junto con una estimación de daños potenciales. De esta forma, y tras los correspondientes estudios hidrológicos e hidráulicos, se pueden conocer con suficiente aproximación los potenciales efectos que produciría la rotura de la presa, con lo que se podrán planificar un conjunto de actuaciones con el fin de eliminar o reducir los daños en el caso de rotura real. Así pues, en los P.E.P. se definirá la zonificación territorial de los riesgos generados por la rotura de presas para su incorporación a los diversos Planes de Protección Civil.

El criterio general que aplica esta guía a los análisis y estudios a realizar en los P.E.P. es de tipo conservador, por lo que en ella se consideran hipótesis y escenarios extremos que serán los que darán lugar a las situaciones potenciales más desfavorables.

### 3.2. ESCENARIOS DE ROTURA O AVERÍA GRAVE

Del análisis de las diversas causas potenciales de rotura (avenidas, fallos estructurales de los materiales o del cimiento, sismos, etc.), se recomienda que, en general, se consideren únicamente dos escenarios extremos: H1 Rotura sin avenida, y H2 Rotura en situación de avenida, cuyas características serán las siguientes:

- *H1. Escenario de rotura sin avenida.* Embalse en su nivel máximo normal (NMN), que es el máximo nivel que puede alcanzar el agua del embalse en un régimen normal de explotación. Las condiciones de desagüe de la presa serán las correspondientes a su nivel máximo normal de explotación.
- *H2. Escenario de rotura en situación de avenida.* Embalse con su nivel en coronación, y desaguando la avenida de proyecto (en su caso la avenida extrema).

En general, estos dos escenarios se considerarán separadamente dando lugar a dos circunstancias extremas en la inundación potencial, con dos características de inundación diferentes, y velocidades y tiempos de llegada de la onda de avenida diferentes. Sin embargo, en los casos en los que las dos condiciones extremas de inundación sean muy similares, la

zonificación territorial y los mapas de inundación podrán desarrollarse como si se tratara de un único escenario.

Por otra parte, puede existir algún caso muy singular en el que, debido a diversos problemas en el comportamiento de la presa, se haya limitado de forma permanente o temporal el nivel máximo normal de explotación, con lo que los estudios de rotura potencial tendrán en cuenta esta circunstancia, aparte de los dos escenarios extremos anteriores.

En cuanto a las averías graves y su relación con una posible inundación aguas abajo, se recomienda que se tenga en cuenta un único escenario extremo: A1 Escenario de rotura de compuertas. Para ello se analizarán los desagües profundos, intermedios y superficiales. Siendo en general, cuando existan compuertas superficiales, el caso de los aliviaderos de superficie el más desfavorable.

Las características de este escenario serán las siguientes:

- *A1. Escenario de rotura de compuertas.* Embalse inicialmente en su nivel máximo normal (NMN) y en régimen normal de explotación. Rotura de compuertas secuencial y progresiva de 5 a 10 minutos para la totalidad de las compuertas.

### **3.3. ROTURA ENCADENADA DE PRESAS**

Un escenario específico adicional a considerar se presenta en el caso en el que exista una sucesión de presas en el mismo río, en el que hipotéticamente se puede producir una rotura encadenada de presas (efecto dominó), en el que la rotura de una de las presas puede provocar las roturas de las presas aguas abajo. La situación que se crea es compleja y existe una interdependencia mutua en las relaciones entre las presas de aguas arriba y aguas abajo y los posibles daños potenciales y los planes de emergencia de presas, por lo que es necesario contemplar de manera conjunta la propagación y efectos de la onda de avenida o de las diversas ondas de avenida de las diferentes roturas.

Este escenario de rotura encadenada supone una evaluación conjunta de las presas de un tramo por lo que, en la práctica, implica una coordinación e información entre los diversos titulares o explotadores de las distintas presas para la elaboración de los planes de emergencia, siendo en cada caso responsabilidad del titular de la presa la elaboración de su P.E.P.

Por otro lado, si existen dos presas situadas en dos ríos o afluentes diferentes que puedan producir daños potenciales en una misma zona o población no se tendrá en cuenta su rotura simultánea, elaborando los P.E.P. de las presas de manera independiente.

El titular de una presa situada en el tramo de un río que pueda verse afectada por la rotura o roturas de presas aguas arriba, contemplará en la elaboración de su P.E.P. el escenario de rotura encadenada, por lo que será preciso que conozca los análisis y estudios efectuados en la presa inmediatamente aguas arriba. Con ello analizará las siguientes situaciones:

1. *El embalse es capaz de retener la onda de rotura de aguas arriba*, no produciéndose la rotura encadenada, pero sí una situación de emergencia con la posibilidad de desagües de caudales importantes que pueden producir daños aguas abajo. Por ello, esta situación será contemplada en los P.E.P. estableciendo los sistemas de información y coordinación necesarios.
2. *Se puede producir el rebosamiento de la presa*, debiéndose realizar los estudios correspondientes en este nuevo escenario de rotura encadenada.

Para el análisis y estudio de las diferentes presas en un mismo río puede seguirse el siguiente esquema referido a dos presas, que evidentemente es ampliable a cualquier número de presas de forma secuencial. Para la rotura de la presa de aguas arriba se suponen los dos escenarios de rotura citados en el apartado anterior, H1 rotura con embalse a nivel normal y H2 rotura en situación de avenida, calculándose las ondas de rotura y su propagación hasta el embalse de aguas abajo.

Para el análisis del escenario de rotura encadenada, se recomienda tener en cuenta, de acuerdo con los escenarios anteriores, los siguientes criterios:

- En la hipótesis de rotura sin avenida (H1) de la presa de aguas arriba, se simulará la propagación de la onda de rotura y se verá si existe la posibilidad de vertido de la de aguas abajo, tomando como nivel inicial su nivel máximo normal, con lo que se debería considerar, en el caso de vertido por coronación, el escenario de rotura encadenada.
- En el caso de la hipótesis de rotura en situación de avenida (H2) de la presa de aguas arriba, se simulará igualmente la propagación de la onda de rotura hacia el embalse aguas abajo, en el que cabrá considerar las siguientes condiciones iniciales:

- Si las dos presas están próximas, y por lo tanto, es previsible que se presenten avenidas simultáneas, se supondrá que la presa de aguas abajo se encuentra en situación de avenida con su nivel al nivel de la avenida de proyecto (NAP), y desaguando dicha avenida.
- Si las dos presas están suficientemente distantes, y no es probable que se presenten avenidas simultáneas, la situación inicial del embalse de aguas abajo será la de su régimen de explotación con el nivel de embalse en su máximo normal (NMN). Sin embargo, en el caso en que sea probable que se presenten avenidas simultáneas, el nivel del embalse de aguas abajo será el correspondiente a la avenida de proyecto (NAP).

### 3.4. FORMA Y DIMENSIONES DE LA BRECHA. TIEMPOS DE ROTURA

Los criterios generales para fijar las características de la brecha y los modos y tiempos de rotura son los descritos en la Guía Técnica para la Clasificación de Presas en función del Riesgo Potencial, publicada por el Ministerio de Medio Ambiente en 1998, que aquí se reproducen, adaptados al objetivo concreto de la formulación de los P.E.P.

El modo de rotura y la forma y evolución de la brecha dependen del tipo de presa, siendo la hipótesis más común en las presas de hormigón o mampostería que la rotura sea prácticamente instantánea, y total o parcial; usualmente total en las presas bóvedas y parcial por bloques en las presas de gravedad o contrafuertes. En cambio, en las presas de materiales sueltos, la rotura es progresiva en el tiempo y con evolución desde formas geométricas iniciales hasta la práctica totalidad de la presa.

En la actualidad existen diversos modelos que simulan el fenómeno de formación y progresión de la brecha, siendo uno de los más empleados el modelo de la progresión lineal, en el que se contemplan diversos parámetros geométricos y temporales, recomendándose que, en principio, se adopten los modos de rotura y parámetros siguientes:

- **Presas bóveda y arco**

<i>Tiempo de rotura:</i>	Instantánea, asimilable a tiempos entre 5 a 10 minutos.
<i>Forma de rotura:</i>	Completa, siguiendo la forma de la cerrada, admitiéndose la geometrización trapecial.

- **Presas de gravedad y contrafuertes**

*Tiempo de rotura:* Instantánea, asimilable a tiempos de entre 10 a 15 minutos.

*Forma de rotura:* Rectangular.

*Profundidad de la brecha:* hasta el contacto con el cauce en el pie.

*Ancho:* el mayor de los dos valores siguientes:

- 1/3 de la longitud de coronación.
- 3 bloques.

- **Presas de materiales sueltos** ( $V$  = volumen de embalse,  $h$ =altura de presa sobre cauce)

*Tiempo de rotura:*  $T$  (horas) =  $4,8 \cdot V^{0.5} \text{ (Hm}^3\text{)} / h \text{ (m)}$

*Forma de rotura:* Trapezial.

*Profundidad de la brecha:* hasta el contacto con el cauce en el pie.

*Ancho medio de la brecha:*  $b \text{ (m)} = 20 \text{ (} V \text{ (Hm}^3\text{))} \cdot h \text{ (m)}^{0.25}$

*Taludes:* 1: 1 (H:V).

- **Presas mixtas.**

En las presas mixtas se formulará la rotura de cada una de sus partes, seleccionando el modo y tipo de rotura que de lugar a un mayor caudal punta en el hidrograma de rotura.

Sin embargo, en los casos en que existan dudas sobre la forma y características del hidrograma de rotura, puede ser conveniente realizar un análisis de sensibilidad de los parámetros señalados, siendo el juicio ingenieril el que adopte la formulación más adecuada. Para ello, pueden servir de guía y orientación las metodologías empíricas desarrolladas a partir de los datos reales de rotura que se describen en el Anexo N° 3. En general, la forma geométrica de la brecha es el parámetro menos importante, siendo el ancho medio final de la brecha y el tiempo de rotura los que pueden dar lugar a variaciones más significativas.

### 3.5. DATOS BÁSICOS PARA EL ESTUDIO DE LA PROPAGACIÓN DE LA ONDA DE ROTURA

Los estudios de propagación de la onda de rotura se recomienda que se realicen mediante modelos numéricos y solamente en casos muy singulares la realización del análisis se llevará a cabo mediante modelos físicos. Los modelos numéricos generalmente serán de tipo unidimensional en forma completa. En cualquier caso la selección de los parámetros de los modelos se realizará con criterios conservadores para la obtención de valores máximos en los calados de inundación y valores mínimos en los tiempos de propagación y llegada de la onda de rotura.

En general los estudios y análisis de las zonas de inundación potencial de los P.E.P. se realizarán con mayor detalle en las presas con mayores riesgos potenciales y clasificadas como tipo A.

### **3.5.1. Características geométricas del cauce aguas abajo**

En general, la geometría del valle, aguas abajo de la presa, se obtendrá a partir de la topografía existente, la cual será lo más completa y actualizada posible, con fácil localización y lectura de las poblaciones, vías de comunicación, centros asistenciales, etc. Se obtendrán secciones transversales en los puntos más relevantes para el estudio de la propagación de la onda y la evaluación de los daños potenciales.

La topografía, existente u obtenida expresamente, estará realizada por restitución con apoyo de campo a partir de fotografía aérea, no considerándose válido emplear las restituciones expeditas (sin apoyo de campo) por su limitada fiabilidad. Se considerará válida la definición geométrica mediante la obtención de perfiles (longitudinal y transversales) por topografía clásica siempre y cuando se hayan seguido para su realización las normas establecidas por el Ministerio de Medio Ambiente y por el Ministerio de Fomento.

Para la caracterización geométrica del cauce, para los análisis y estudios hidráulicos de la propagación de la onda de rotura, se recomienda tener en cuenta la metodología presentada en el Anexo N° 3.

### **3.5.2. Rugosidad**

El coeficiente de rugosidad se obtendrá en base a la inspección visual de los tramos y a los datos bibliográficos, como por ejemplo el método propuesto por el United State Soil Conservation Service (U.S.S.C.S.) o los valores proporcionados por Ven Te Chow (Hidrología Aplicada, Ven Te Chow, David R. Maidment y Larry W. Mays). En el caso de disponer de datos de propagación real de avenidas, podrá realizarse una calibración de la rugosidad utilizada, teniendo en cuenta la variación de la rugosidad con niveles mayores de inundación. También será conveniente el conocimiento de los valores adoptados en otros casos de simulación de roturas. En general se recomienda adoptar posiciones conservadoras aumentando los valores empleados tradicionalmente en la propagación de avenidas naturales.

### 3.5.3. Obstrucción en el cauce y fenómenos locales

A partir del análisis de la geometría del valle y de la visita del terreno, se localizarán las obras singulares que, por su importancia, pudieran producir obstrucciones significativas en el cauce o dar lugar a fenómenos hidráulicos de naturaleza local que pudieran incidir de manera importante en la propagación de la onda, como por ejemplo terraplenes de infraestructura viarias y puentes. En cada caso se analizarán estas circunstancias y, en general, se considerará que estas estructuras rompen cuando el nivel de las aguas alcance la cota superior del tablero o la cota de coronación del terraplén, esto es, cuando se empiece a producir vertido sobre ellos.

En el caso de preverse que las erosiones o aterramientos puedan tener una incidencia importante en el fenómeno de propagación de la onda de rotura, se realizarán consideraciones de tipo cualitativo para verificar su importancia y las modificaciones que, localmente, puedan suponer para el movimiento.

En caso de que existan diques o muros longitudinales que encaucen los caudales de la onda de rotura, habrá que valorar en que condiciones puede producirse su rotura y, en su caso, ampliar la zona de inundación potencial teniendo en cuenta este fenómeno.

### 3.5.4. Límite del estudio aguas abajo

Los estudios de propagación de la onda de avenida se realizarán hasta donde los cálculos indiquen que ya no existe peligro para las poblaciones y personas situadas aguas abajo.

No obstante existen situaciones que permiten acotar el límite del estudio, entre las cuales pueden señalarse las siguientes:

- No ocupación aguas abajo del punto límite por viviendas, servicios u otros bienes económicos.
- Alcanzar un caudal máximo inferior a la capacidad del cauce, sin producir inundaciones significativas ni en las márgenes ni aguas abajo.
- Desembocadura del cauce en el mar.
- Entrada en un embalse capaz de recibir la onda total de rotura sin producir vertidos importantes aguas abajo, o con el desagüe de caudales que puedan producir daños importantes. En este último caso siempre que la presa que cierre dicho embalse

necesite normativamente disponer de P.E.P. (clasificación de la presa en función del riesgo potencial en las categorías A o B).

- Entrada en un embalse en el que se pueda producir el escenario de rotura encadenada de presas, y que necesite normativamente disponer de P.E.P. (clasificación de la presa en función del riesgo potencial en las categorías A o B).

### **3.6. ZONIFICACIÓN TERRITORIAL. DELIMITACIÓN DE LAS ÁREAS DE INUNDACIÓN POTENCIAL**

Teniendo en cuenta los criterios anteriormente descritos, se calcularán las áreas de inundación potencial para tiempos sucesivos, delimitándose en los mapas de inundación las zonas potencialmente inundables al cabo de los 30 minutos a partir de la rotura, así como los mapas de inundación al cabo de 1 hora, 2 horas, 3 horas, etc., hasta que hayan pasado los efectos potenciales de posibles daños debidos a la rotura. En estos mapas de inundación progresiva, la zona potencialmente inundable en planta se señalará con una trama suficientemente laxa que dará un orden de magnitud aproximado de las áreas potencialmente inundables. En áreas urbanas densas, o en zonas industriales, puede existir cierta dificultad para precisar exactamente la zona, recomendándose que la delimitación de la trama sea trazada con criterios conservadores.

En diversos puntos seleccionados a lo largo del tramo, donde se ubiquen poblaciones, zonas industriales o de servicios y vías de comunicación u otras estructuras significativas, se calcularán los valores de los parámetros hidráulicos del calado, la velocidad y el caudal, junto con su evolución temporal e hidrograma. Igualmente, en estos puntos y zonas se evaluarán los tiempos de llegada de la onda de rotura y del calado máximo. En cada una de estas secciones se indicarán claramente los calados máximos y los tiempos iniciales de llegada y de pico del hidrograma.

También se recomienda la elaboración de un perfil longitudinal a lo largo del tramo con la envolvente de los calados máximos.

Todas las hipótesis y métodos de cálculo empleados, junto con los análisis de los resultados y los planos y datos anteriormente descritos se incorporarán a los P.E.P. en el anejo correspondiente a la zonificación territorial y delimitación de las áreas de inundación potencial. Los planos de zonificación territorial y de delimitación de la zona inundable se elaborarán sobre cartografía oficial entendiendo como tal la editada por el Instituto Geográfico Nacional, por el Servicio Cartográfico del Ejército o por los servicios cartográficos de las Comunidades



Autónomas, en su versión más actualizada. Como criterio general, se establece que la presentación de resultados se realice en los planos oficiales a escala 1:25.000, y en el caso de que no existan, a escalas superiores comprendidas entre 1:10.000 y 1:25.000, si bien en algún caso muy concreto puede justificarse la utilización de escalas distintas. Sin embargo, hay que tener en cuenta que esta cartografía de base utilizada para la presentación de resultados puede no ser la utilizada en el estudio y modelización de la propagación de la onda de rotura, que en general será realizado con mayor detalle, según se indica en las recomendaciones del Anexo N° 3.

Como resumen del análisis de la zonificación territorial y de la delimitación de las zonas potencialmente inundables se presentarán en el Capítulo correspondiente de los P.E.P., de forma simple y resumida, para cada una de las hipótesis de rotura los siguientes mapas:

1. *Mapa con indicación de la envolvente de la zona inundable y de los tiempos de llegada de la onda de rotura.* En este plano se representará la máxima extensión de la zona potencial de inundación a lo largo del tiempo, y sobre esta zona se reflejará, mediante una línea transversal al cauce la posición del frente de onda en intervalos horarios computados desde el momento del inicio de la rotura, y con la salvedad de que la primera hora se dividirá en dos semiintervalos de 30 minutos. En estos mapas y en las secciones o zonas significativas de singular importancia, tales como poblaciones, zonas industriales, servicios esenciales, vías de comunicación y en aquellos puntos que han motivado la clasificación de la presa se indicarán y enmarcarán las cotas de referencia, el calado y cotas máximas, el caudal máximo, la velocidad máxima y los tiempos iniciales y punta de llegada de la onda de rotura.

En cada hoja del plano se indicará claramente el texto de 'Envolvente del área potencialmente inundable y tiempos de llegada de la onda de rotura correspondiente a la Hipótesis de rotura...', incluyéndose la indicación de que sólo son válidos a efectos de planificación de emergencia de rotura de presas.

2. *Mapas de inundación progresiva correspondientes a las áreas potencialmente inundables a los 30 minutos, 1 hora y horas siguientes.* En estos mapas y en las secciones o zonas significativas o de singular importancia, tales como poblaciones, zonas industriales, servicios esenciales, vías de comunicación y en aquellos puntos que han motivado la clasificación de la presa se indicarán y enmarcarán las cotas de referencia, los calados y cotas, los caudales y velocidades correspondientes a los máximos relativos asociados a

una hora determinada, así como a los tiempos de llegada de la onda de rotura y el tiempo punta correspondiente a los máximos relativos temporales.

En cada hoja del plano se indicará claramente el texto de 'Área inundable correspondiente a la hora i y a la Hipótesis de rotura....', incluyéndose la indicación de que sólo son válidos a efectos de planificación de emergencia de rotura de presas.

Además de los mapas de inundación señalados, se presentará en el Capítulo correspondiente de los P.E.P. un esquema con la situación de los puntos o zonas significativos o de singular importancia en los que se indiquen, en forma de tabla, los calados y cotas máximas, junto con los tiempos de llegada y punta de la onda de rotura para las diferentes hipótesis de rotura.

En cualquier caso, si el P.E.P. finaliza en una presa situada aguas abajo en la que otro titular debe redactar su correspondiente plan de emergencia, esta circunstancia se indicará expresamente en todos los planos, considerando a esta presa como punto significativo e indicando en la sección de entrada al embalse todos los valores hidráulicos relevantes, hidrograma de llegada, tiempos, velocidades y caudales.

### **3.7. ESTIMACIÓN DE DAÑOS**

En base a los estudios y análisis de la rotura potencial y con los mapas de inundación y los valores de las variables hidráulicas, se estimarán las áreas de población afectada y las áreas de zonas industriales y de servicios, así como las zonas agrícolas potencialmente inundables. Con ello, y en un anejo del Plan, se realizará una descripción cualitativa de la estimación de los daños potenciales.

Estas afecciones y daños potenciales serán función de las variables hidráulicas obtenidas con la modelación hidráulica de la propagación de la onda de rotura teniendo que evaluar, en general, los efectos del calado y la velocidad.

En el P.E.P. no se trata de evaluar el valor esperado de los daños o afecciones, determinado como la suma de los productos daño potencial por su probabilidad de presentación, sino de expresar el término de daño potencial, entendiendo como tal los daños que podrían producirse caso de rotura, al margen de razonamientos que podrían permitir evaluar el valor esperado de los daños. Precisamente uno de los objetivos fundamentales de los P.E.P. y de los Planes de Emergencia de Protección Civil frente a la rotura de presas es la reducción significativa de los daños potenciales y en particular de los impactos y afecciones a la vida de las personas.

## CAPÍTULO 4: NORMAS DE ACTUACIÓN

### 4.1. CRITERIOS

De acuerdo con el artículo 3.5.1.6 (3º) de la Directriz, en el P.E.P. se establecerán las normas que resulten más adecuadas para la reducción o eliminación del riesgo. Por ello en su formulación debe prestarse una especial atención y dar gran importancia a las actuaciones preventivas y a su planificación para hacer frente a las emergencias.

El fundamento de las normas de actuación de las medidas preventivas a adoptar será el Análisis de Seguridad realizado en los planes. Mediante este análisis, se habrán identificado unos indicadores, con sus umbrales, que habrán servido de base técnica para la clasificación de la emergencia según los diferentes escenarios. En las situaciones que hayan conducido al escenario de emergencia de control de la seguridad, o Escenario 0, habrá de intensificarse la vigilancia de la presa, con el personal suficiente y técnicamente preparado, indicando las situaciones que puedan llevar a su presencia continuada. En este caso, y para cada uno de los indicadores más significativos, en los P.E.P. figurarán los objetivos de la vigilancia intensiva, con la especificación de los controles que se tienen que efectuar, las inspecciones a realizar y su frecuencia, y los procedimientos, instrumentos e información a emplear. Evidentemente en la formulación de los planes se indicará que esta situación de vigilancia intensiva, deberá continuar y en su caso reforzarse, en los escenarios progresivos al Escenario 0.

En las actuaciones en que los indicadores, con sus umbrales, hayan conducido en el Análisis de Seguridad a la clasificación de la emergencia como Escenario 1, o escenario de aplicación de medidas correctoras, se indicarán las actuaciones preventivas y las medidas correctoras que conviene adoptar para que la situación pueda solventarse con seguridad, y así eliminar el riesgo de rotura o avería grave. Para ello, para cada evento y situación plasmado como indicador que sea significativo para la seguridad, se detallarán las medidas preventivas y de corrección que podrían aplicarse. La naturaleza y características de estas medidas dependerán del tipo de indicador, y pueden ser múltiples y variadas. Así, pueden ir desde actuaciones a nivel de cuenca con gestión conjunta de los diversos embalses, a medidas técnicas y correctoras en la propia presa, a medidas de explotación con reducción del nivel de embalse o la realización de desembalses anticipados y de emergencia, para lo que, en este caso, se deberán tener en cuenta los riesgos de daños aguas abajo. Tal como se ha indicado, la casuística es muy amplia y variada, y en el Anexo N° 4 se incluyen una serie de recomendaciones y un listado de posibles actuaciones de respuesta frente a los problemas

potenciales o indicadores que pueden presentarse. Estos listados o cuadros no pretenden ser exhaustivos y completos, debiéndose analizar para cada presa las actuaciones específicas.

Las medidas correctoras se establecerán para cada indicador significativo, dando los tiempos aproximados de respuesta frente a cada emergencia, y se traducirán en la disponibilidad de medios y recursos que se detallarán según lo indicado en el artículo 3.5.1.6. (5º) de la Directriz.

En los casos extremos de emergencia en los que, con la vigilancia intensiva y la aplicación de las medidas correctoras, se prevea que pueda existir peligro de rotura o avería grave no pudiéndose asegurar con certeza que pueda ser controlado (Escenario excepcional o Escenario 2), deberán indicarse en los P.E.P. la necesidad de utilizar todas las medidas técnicas posibles y todos los recursos disponibles, dándose prioridad a la seguridad de la presa frente a otros riesgos posibles aguas abajo.

En la situación en que el análisis de seguridad conduzca al Escenario límite o Escenario 3, en el que la probabilidad de rotura de la presa es elevada o ésta ya ha comenzado, se indicarán las actuaciones necesarias para controlar el incidente en la presa y los medios para evaluar o limitar en su caso el desarrollo de la rotura, dándose prioridad a los desembalses, si es que pueden efectuarse, y en todas las otras actuaciones a la seguridad de la presa.

#### **4.2. PROCEDIMIENTOS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN.**

En cuanto a los procedimientos de información y comunicación con los órganos públicos implicados en la gestión de la emergencia, se realizarán de acuerdo con los Escenarios de seguridad y de peligro de rotura de presas, definidos por el Director del Plan.

Según señala la Directriz en su artículo 3.5.2.2.: *En el plan de Emergencia de Presa se especificarán, asimismo, los procedimientos y canales para transmitir la información a los órganos que en cada caso correspondan. Como mínimo se definirá un medio de comunicación primario y otro secundario. En general se utilizarán sistemas de comunicación directa (líneas telefónicas punto a punto) como medio primario, y se reservarán otros medios (teléfono convencional, radio, etc.) como secundarios.*

Los sistemas de comunicación que se especifiquen serán fiables, incluso en situaciones extremas de emergencia, y redundantes.

El flujo de información y el esquema de comunicación de incidentes por la Dirección del P.E.P. que se desarrolle en las Normas de Actuación seguirá lo establecido en el artículo 3.5.2.2. de la Directriz, que señala:

*“Desde el momento en que las previsiones o acontecimientos extraordinarios aconsejen una intensificación de la vigilancia de la presa (Escenario 0), el director del Plan de Emergencia de la misma lo habrá de poner en conocimiento del órgano o servicio que a estos efectos se establezca por la Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas, o en el caso de cuencas intracomunitarias, por la Administración Hidráulica de la Comunidad Autónoma.*

*Dicho órgano o servicio deberá ser permanentemente informado hasta el final de la emergencia por el director del P.E.P. acerca de la evolución de la situación, valoración del peligro y medidas adoptadas para el control de riesgo. El órgano o servicio aludido prestará asesoramiento técnico al director del Plan de Emergencia de Presa, en los casos que lo requieran.*

*Ante situaciones que, aun siendo controlables con seguridad, requieran pasar de la mera vigilancia intensiva a la adopción de medidas tales como un vaciado parcial del embalse o la realización de reparaciones de importancia, se constituirá el Comité Permanente previsto en el artículo 49 del Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica (Real Decreto 927/1988, de 29 de julio), o el órgano que se establezca por la Administración Hidráulica de la Comunidad Autónoma, en el ámbito de sus competencias.*

*Salvo casos de inmediata e inaplazable necesidad, corresponderá a este Comité Permanente decidir el momento y las condiciones en que hayan de producirse los desembalses extraordinarios.*

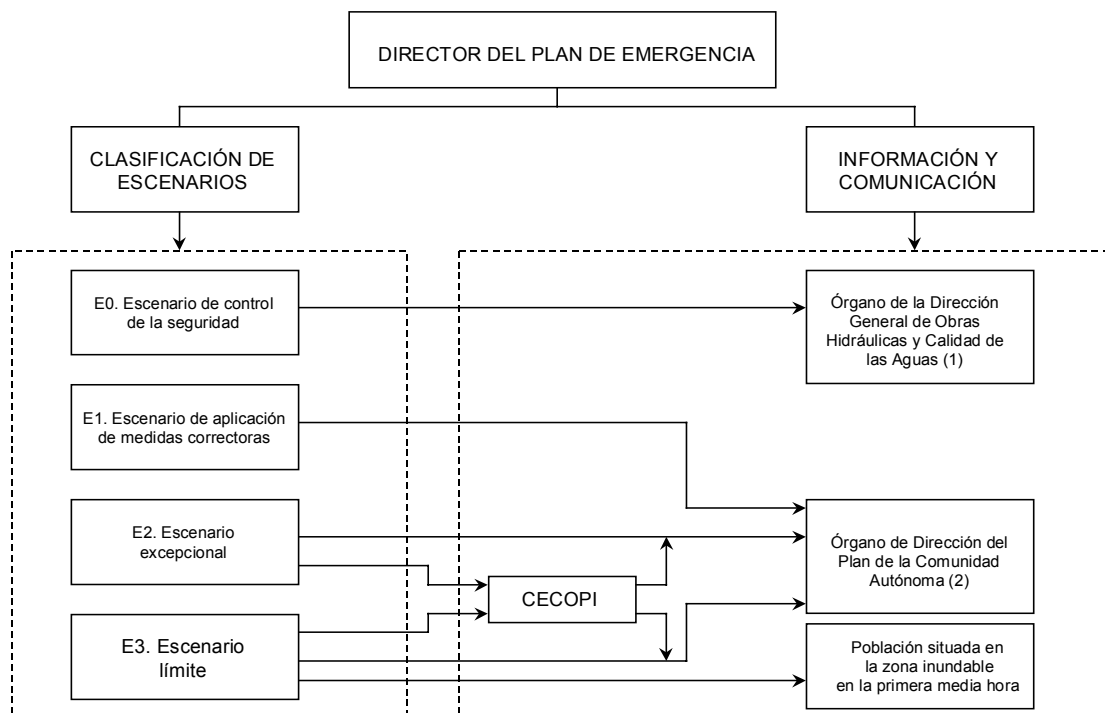
*Desde el momento en que las circunstancias existentes en la presa requieran la aplicación de medidas correctoras (Escenario 1), el director del Plan de Emergencia de Presa habrá de comunicarlo al órgano de dirección del Plan de la Comunidad Autónoma, en cuyo ámbito territorial esté ubicada la presa. Cuando el área inundable a consecuencia de la rotura de la presa pueda alcanzar, en la hipótesis más desfavorable, a más de una Comunidad Autónoma, dicha comunicación habrá de efectuarse asimismo a la Delegación del Gobierno de la provincia en que la presa se encuentre ubicada.*

En caso de que la situación evolucione a un Escenario 2, el director del Plan habrá de comunicarlo a los mismos órganos y autoridades que para el Escenario 1, si bien las informaciones al órgano de dirección del Plan de Comunidad Autónoma y, en su caso, a la Delegación del Gobierno, se canalizarán a través del correspondiente Centro de Coordinación Operativa Integrado (CECOPI), desde el momento en que éste se constituya.

Hasta el final de la emergencia, el director del Plan mantendrá permanentemente informados al órgano u órganos anteriormente citados, sobre la evolución de los acontecimientos y las medidas adoptadas.

Cuando la situación en la presa reúna las condiciones definidas como de Escenario 3, el director del Plan de Emergencia de Presa, sin perjuicio de facilitar la información al órgano de dirección del Plan de Comunidad Autónoma y, en su caso, a la Delegación del Gobierno, habrá de dar inmediatamente la alarma a la población existente en la zona que, de acuerdo con la zonificación territorial efectuada, pueda verse inundada en un intervalo no superior a treinta minutos, mediante el sistema previsto en el correspondiente Plan de Emergencia de Presa”.

Así pues, el flujo de información que se desarrolle en los P.E.P. deberá seguir el esquema representado en la figura adjunta.



(1) En cuencas intracomunitarias: Administración hidráulica de la Comunidad Autónoma.

(2) Además (en el caso en el que el área inundable pueda alcanzar a más de una Comunidad Autónoma), a la Delegación del Gobierno de la provincia en que se ubica la presa.

La finalización de la emergencia se producirá cuando pueda afirmarse, con razonable seguridad, que han desaparecido las causas que motivaron la declaración. Será el Director del Plan quien podrá determinar, a la vista de los resultados de la vigilancia e inspección que se desarrolló durante la emergencia, el momento en el que se produzca la desaparición de las causas que originaron la emergencia, dando por finalizada la misma y notificando a los organismos y organizaciones implicados.

El proceso de cierre de la emergencia quedará recogido en el Plan y será inverso al de declaración de los distintos escenarios.

El Director del Plan informará a los mismos organismos a los que haya debido comunicar la declaración de cada uno de los escenarios de emergencia de que, a su juicio y de acuerdo con lo establecido en el Plan, se han producido las circunstancias que motivan el cierre de la emergencia o la declaración de un escenario de seguridad inferior.

## CAPÍTULO 5: ORGANIZACIÓN

### 5.1. CRITERIOS

De acuerdo con el artículo 3.5.1.6 (4º) de la Directriz, en el P.E.P. se establecerá *la organización de los recursos humanos y materiales necesarios para la puesta en práctica de las actuaciones previstas.*

*La dirección del Plan estará a cargo de la persona a la que corresponda la dirección de la explotación de la presa.*

Las funciones básicas del director del P.E.P. serán las siguientes:

- a) Intensificar la vigilancia de la presa en caso de acontecimiento extraordinario.*
- b) Disponer la ejecución de las medidas técnicas o de explotación necesarias para la disminución del riesgo.*
- c) Mantener permanentemente informados a los organismos públicos implicados en la gestión de la emergencia.*
- d) Dar la alarma, en caso de peligro inminente de rotura de presa o, en su caso, de la rotura de la misma, mediante comunicación a los organismos públicos implicados en la gestión de la emergencia.*

Además de las funciones anteriores, la Directriz establece en su artículo 3.5.2.2. que, cuando la situación en la presa reúna las condiciones definidas como de Escenario 3, el Director del Plan, sin perjuicio de facilitar la información al órgano de dirección del Plan de Comunidad Autónoma y, en su caso, o a la Delegación del Gobierno correspondiente, habrá de dar inmediatamente la alarma a la población existente en la zona que, de acuerdo con la zonificación territorial efectuada, pueda verse inundada en un intervalo no superior a treinta minutos.

Los criterios generales a seguir en la organización del P.E.P. son los siguientes:

- La organización ha de garantizar la realización de las funciones básicas que la Directriz especifica para el Director del P.E.P. y que se acaban de exponer.
- La organización se basará en el principio de la unidad de mando, de tal forma que las funciones y responsabilidades de los elementos que configuran el plan sean claras y



concretas, y puedan ejecutarse en situaciones de emergencia de forma rápida y sin dar lugar a equívoco alguno. La cadena de mando ha de ser unívoca.

- La estructura organizativa será segura, es decir, ha de reducirse al mínimo el riesgo de fallo en la gestión de la emergencia, En general, esta seguridad puede conseguirse por distintos procedimientos, como puede ser realizar un diseño con la idea general de redundancia, (existencia de medios o sistemas de seguridad que puedan reemplazar a los planteados como primarios) o mediante el establecimiento de mecanismos de comunicación de decisiones que cierren también al nivel de los receptores de la orden.
- Los aspectos organizativos y de operación descritos en el Plan de Emergencia han de ser, además de completos, lo más concisos y claros posible, única manera de garantizar que, bajo condiciones especialmente difíciles, Escenarios 2 y 3, se consiguen los resultados buscados en los plazos debidos.

En el momento de elaborar el P.E.P. se tendrán presentes, simultáneamente, las Normas de Actuación, la Organización y los Medios y Recursos, puesto que todos estos aspectos están íntimamente ligados.

Hay que considerar, desde el punto de vista organizativo y en conexión con el aspecto relativo a la forma de actuación, que es conveniente que figure en el P.E.P. una relación donde se incluyan, de una manera simple, las acciones a acometer en función de la situación que se produzca, caracterizada por el escenario y por el indicador que desencadena la declaración del escenario correspondiente.

## **5.2. DIRECTOR DEL PLAN. FUNCIONES**

La Directriz especifica las funciones generales del Director del Plan, no descendiendo al detalle que ha de tener la organización que ponga en marcha las acciones especificadas en dicho Plan, ya que las necesidades de organización dependen en gran manera de cada presa concreta. Sin embargo, siguiendo la Directriz, se presentan a continuación unas recomendaciones generales para definir funciones y personas responsables, así como los criterios generales que abarcan ambos aspectos, que pueden servir de guía para la redacción de los P.E.P.

Las relaciones entre las funciones del Director del Plan y los escenarios de la Directriz se muestran en la tabla adjunta.

La primera de ellas: a) *Intensificar la vigilancia de la presa en caso de acontecimiento extraordinario*, supone el paso al Escenario 0, como mínimo, lo que presupone que ha existido una vigilancia en la situación normal previa. Es necesario que la organización de la explotación de la presa en situación normal pase a ser parte de la organización en situación de emergencia, independientemente de que fuera necesario incrementarla en personas, medios y frecuencias, al pasar a esta última situación.

Situación	Funciones del Director del Plan				Notas
	a) Intensificar vigilancia.	b) Disponer ejecución medidas.	c) Mantener informado a organismos públicos.	d) Dar alarma en caso de peligro inminente e) Dar aviso a población	
Explotación normal					Existe vigilancia y control que permite pasar al escenario 0
Escenario 0	✓		Organo designado por la DGOHCA o la CCAA		
Escenario 1	✓	✓	DIRECTOR PLAN CCAA / DELEGACIÓN DEL GOBIERNO	Informar Presas aguas abajo.	El comité permanente decidirá desembalses extraordinarios.
Escenario 2	✓	✓	DIRECTOR PLAN CCAA / DELEGACIÓN DEL GOBIERNO CECOPI	Informar Presas aguas abajo.	
Escenario 3	✓	✓	DIRECTOR PLAN CCAA / DELEGACIÓN DEL GOBIERNO CECOPI	Informar presas aguas abajo y población afectada en 30 minutos.	

En cuanto a la función b) *“Disponer la ejecución de las medidas técnicas o de explotación necesarias para la disminución del riesgo”*, es más improbable que disponga de una organización estable, dentro del sistema de explotación en situación normal de la presa, para realizar todas las tareas que puedan considerarse análogas a las necesarias en situación de emergencia; por lo que puede ser necesario la incorporación de otros elementos de apoyo.

En relación con las funciones de la Directriz: c) *“Mantener permanentemente informados a los organismos públicos implicados en la gestión de la emergencia”*, d) *“dar la alarma, en caso de peligro inminente de rotura de presa o, en su caso, de la rotura de la misma, mediante comunicación a los organismos públicos implicados en la gestión de la emergencia”*, y e) *“aviso a la población existente en un intervalo no superior a treinta minutos”*, implican una necesidad de comunicaciones. En la explotación normal de la presa existe un sistema de comunicaciones, que puede y debe ser integrado en la organización del P.E.P., independientemente de que éste necesite un sistema de comunicaciones mejorado y, adicionalmente, un sistema de aviso a la población situada en zona inundable en un tiempo no superior a treinta minutos desde el comienzo de la rotura, que será específico del Plan de Emergencia.

El P.E.P. ha de establecer claramente la organización para cada una de las funciones específicas del Director del Plan, de forma que responda a un planteamiento de escenarios progresivos en función de la severidad del evento y su naturaleza, del momento en el que éste ocurra y de su previsible evolución en el tiempo. Se pasa de explotación normal a Escenario 0 cuando se detecta que ocurre algo anormal que puede significar un riesgo para la seguridad de la presa sin necesitar de ninguna actuación especial para la reducción del riesgo, pasándose a Escenario 1 cuando ya son necesarias medidas para la reducción del riesgo, etc.

Por ello, la organización ha de estar estructurada de forma que, en explotación normal, puedan activarse con rapidez medidas de intensificación de vigilancia y control y, del mismo modo, que una vez establecido el Escenario 0 pueda activarse rápidamente la realización de medidas correctoras, lo que puede conseguirse haciendo formar parte de la organización a la propia organización de la explotación.

Pero, además, en el momento de establecer la organización, deberá tenerse en cuenta que, en algunos casos, no será posible el establecimiento de escenarios progresivos, debiendo plantearse la eventualidad de que puedan darse actuaciones que corresponden a un escenario concreto sin haber pasado por escenarios anteriores.

En la redacción del P.E.P. se especificará que el Director del Plan tiene directamente la responsabilidad de las funciones citadas anteriormente, así como que ha de tomar las decisiones para la declaración de los escenarios de emergencias y de realizar las notificaciones prescritas. El Director del Plan es responsable de la adopción de las medidas necesarias para la gestión interna de la emergencia. En el P.E.P. se indicará que el Director del Plan ha de evaluar, durante la emergencia, la necesidad o conveniencia de introducir modificaciones y/o adaptaciones a lo establecido en el Plan, así como plantear posibles actuaciones ante eventuales circunstancias no previstas en el mismo. Todo ello conduce a que el Director de Plan tenga una capacitación técnica y conocimiento de la presa suficiente.

En la mayoría de las presas, las funciones definidas en el Plan de Emergencia serán asumidas directamente por el Director del Plan pero, en función de los parámetros a controlar, importancia de la presa, etc., puede ser conveniente establecer Responsables de Área que faciliten la gestión de la emergencia si bien la responsabilidad última está en manos del Director del Plan.

Debe considerarse que las figuras del Director del Plan y de las personas responsables, son elementos fundamentales del P.E.P. y por tanto se ha de garantizar que los puestos que representan estén cubiertos en todo momento.

### **5.3. ORGANIZACIÓN DE MEDIOS Y RECURSOS**

En el P.E.P. se incluirá un organigrama en el que se defina, de manera concreta, la organización de todo el personal que se adscribe al Plan, con indicación de sus funciones y dependencias jerárquicas y en cuya cabeza se situará el Director del Plan/Director de Explotación. Asimismo, deberá adjuntarse la relación de las personas que estarán bajo las órdenes del Director del Plan de Emergencia, junto con sus funciones, domicilios y procedimientos de localización.

Igualmente, se definirá con detalle la organización de las comunicaciones tanto internas como externas, estableciendo específicamente los procedimientos para el establecimiento de las comunicaciones, los elementos de transmisión y recepción asignados al Plan, con exclusividad o sin ella, la relación de personas y organismos con los que deberá establecerse comunicación y el esquema del contenido de las notificaciones a transmitir.

### **5.4. COORDINACIÓN EN PRESAS EN CASCADA**

La existencia de presas en cascada es una situación muy común en los ríos españoles que incide en la organización de su Plan de Emergencia, por lo que al elaborar éste deberán incorporarse las particularidades que se derivan de la existencia de otras presas agua arriba y/o agua abajo.

Considerando una situación en la que existan tres presas en cascada que deban disponer, de acuerdo con la Directriz, de Plan de Emergencia y denominadas desde aguas arriba hacia aguas abajo como 1, 2 y 3, en la elaboración del Plan de Emergencia de la presa 2, habrán de tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

- La organización del Plan de la presa 2 ha de prever la necesidad de recibir notificaciones de los eventuales escenarios de emergencia desde la presa 1. La recepción de estas notificaciones pueden conducir a establecer un determinado escenario de emergencia en la presa 2, si de la rotura o el funcionamiento incorrecto de la presa 1 pueden derivarse daños agua abajo de la presa 2. En la definición del eventual escenario de emergencia de

- la presa 2 se tendrá en cuenta el escenario de emergencia establecido en la presa 1, adicionalmente a otras circunstancias reales (nivel de embalse, por ejemplo).
- Asimismo, la organización del Plan de la presa 2 ha de prever la comunicación a la presa 3 de la declaración de alguno de los escenarios de emergencia cuando aquella se produzca, para que, si es necesario, se active el Plan de Emergencia de la presa 3.
  - Estos sistemas de comunicación y su organización han de cumplir los mismos requisitos que los establecidos para las comunicaciones con los órganos públicos implicados en la gestión de la emergencia.

### **5.5. FORMACIÓN DEL PERSONAL**

El Plan de Emergencia únicamente se activa en determinadas circunstancias (emergencia), por lo que los medios humanos requieren una formación suficiente para que, en el momento necesario, pueda ser puesto en práctica y funcione correctamente.

En el P.E.P. figurará un programa de formación indicando que la formación se realizará para todo el personal que forma parte del Plan en el momento de su incorporación a él, poniendo de manifiesto la organización diseñada y las capacitaciones técnicas necesarias de cada uno de los componentes del Plan.

### **5.6. ACTUALIZACIÓN DEL PLAN**

El P.E.P. debe considerarse como algo dinámico que será puesto al día y corregido según la práctica vaya demostrando que resulta necesario. El titular incorporará al P.E.P. las modificaciones necesarias para mantenerlo permanentemente actualizado y las notificará a los destinatarios de los ejemplares del P.E.P.

Se recomienda tener en cuenta una serie de circunstancias, entre otras posibles, tales como:

- Cambios en la morfología o instalaciones en la presa.
- Cambios en la geomorfología de la cuenca vertiente al embalse.
- Cambios en la presencia de población aguas debajo de la presa.
- Cambios en los sistemas de comunicación.
- Detección de fallos en la redacción del Plan o en la implantación o puesta en práctica.

## CAPÍTULO 6: MEDIOS Y RECURSOS

### 6.1. CRITERIOS

La Directriz en su artículo 3.5.1.6 (5º) señala que en el P.E.P. se harán constar los medios y recursos, materiales y humanos con que se cuenta para la puesta en práctica del mismo.

Los criterios generales que se recomiendan a modo de guía para el establecimiento de medios y recursos en el P.E.P. son los siguientes:

- Disponer de un equipo humano con la calificación técnica suficiente para ser capaz de realizar y supervisar todas las actuaciones necesarias para controlar la emergencia.
- Disponer de los elementos materiales necesarios para realizar las actividades que requieran las anteriores actuaciones.
- Disponer de un sistema de comunicaciones rápido y seguro para avisar y tener al corriente de la situación a todos los organismos implicados en el P.E.P.
- Disponer de sistemas de señalización acústica u otros sistemas alternativos para avisar a la población existente en la zona inundable en un intervalo no superior a treinta minutos.

El paso a situación de emergencia Escenario “0” se realizará, en general, desde la situación de explotación Normal o de explotación en situación Extraordinaria, por lo que parece razonable que los medios a emplear, al menos en las primeras actuaciones, sean los que se encuentran adscritos a la explotación de la presa. En cualquier caso se evaluarán las situaciones de emergencia, vigilancias intensivas y actuaciones necesarias que puedan requerir la permanencia de parte de los recursos humanos de forma continuada.

### 6.2. EQUIPO HUMANO

La elección y organización del equipo humano ha de hacerse en función de las actividades que se hayan definido para cada escenario de emergencia en las Normas de Actuación.

La selección del equipo humano, bajo la dirección del Director del Plan, se realizará con los siguientes criterios:

- *Capacidad de coordinación general de todas las actividades descritas en las Normas de Actuación del Plan de Emergencia.*
- *Capacidad para llevar a cabo todas las funciones de vigilancia, auscultación e interpretación de los datos obtenidos durante la emergencia.* Debe tenerse en cuenta que,

el número de datos y medidas recabadas durante la emergencia, respecto de la explotación normal, pueden aumentar considerablemente e incluso pueden existir datos referentes a nuevos parámetros de control que durante la explotación normal de la presa no son medidos.

- *Capacidad de llevar a cabo las acciones correctoras adecuadas a la situación de emergencia en que se encuentre la presa.*
- *Comunicación del estado de la situación a los organismos pertinentes, comenzando por el paso de la situación normal al Escenario 0 de emergencia y, a partir de esta situación, de cualquier otra que ocurra, en tiempo real.*
- *Aviso a la población existente en la zona inundable en un intervalo no superior a treinta minutos.*

### 6.3. RECURSOS MATERIALES

Los elementos materiales adscritos al Plan de Emergencia han de cumplir con los siguientes criterios:

- Ser adecuados para la funcionalidad que de ellos se pretende, de acuerdo con la actividad en la que serán empleados.
- Ser suficientes para la realización, en tiempo, de la actividad asignada.
- Ser acordes al equipo humano necesario para su operación, tanto en la cualificación de éste último como en su número.
- Ser movilizables en el tiempo previsto en el Plan.

Los diferentes medios y recursos que figurarán en la elaboración del P.E.P., pueden clasificarse en las siguientes categorías:

- *Medios Propios de Explotación:* Corresponden a este grupo todos aquellos recursos, tanto humanos como materiales, que están integrados en la explotación normal de la presa y que, como tales, están a disposición permanente del Director del Plan de Emergencia. Estos medios pueden considerarse con una disponibilidad inmediata y segura.
- *Medios Propios Específicos del Plan de Emergencia:* Corresponderán a este grupo los recursos que, estando en manos del titular, están adscritos a la emergencia de la presa correspondiente y a disposición permanente del Director de Plan. Estos medios pueden considerarse con una disponibilidad inmediata y segura.
- *Medios Propios No específicos:* En este grupo se englobarán aquellos medios y recursos, tanto humanos como materiales, que pertenecen a la organización titular de la presa y

que pueden estar disponibles para una emergencia, no teniendo el P.E.P. autonomía completa para usar estos medios. En este caso la disponibilidad de estos elementos es rápida y probable.

- *Medios Ajenos Específicos:* Corresponderán a este grupo aquellos recursos que no forman parte de la organización titular de la presa pero en los que su disponibilidad para la emergencia se ha fijado mediante algún tipo de relación específica (contractual, por ejemplo). Su puesta en marcha o utilización está en manos del Director del Plan. Puede considerarse que estos medios tienen una disponibilidad rápida y probable.
- *Medios Ajenos Disponibles:* En este grupo se engloba a los medios existentes en el entorno de la presa que pueden ser utilizados en un plazo reducido de tiempo, pero respecto a los que no se dispone de ninguna relación específica que permita asegurar de alguna manera su empleo. Estos medios pueden considerarse como posiblemente disponibles.

En cualquier caso, debe señalarse que el P.E.P. aquí tratado se refiere a actuaciones ante emergencias internas (salvo en el caso de aviso a la población en la zona inundable en un intervalo no superior a 30 minutos), quedando por tanto los efectos hacia el exterior en manos de los organismos responsables. Por esta razón, en la elaboración del Plan no se considerará la inclusión de aquellos medios y recursos que se integren en otros organismos, como pueden ser Guardia Civil, Protección Civil, etc., con responsabilidad en la emergencia externa.

Se considerarán los medios necesarios para la realización de las actividades enumeradas en las Normas de Actuación referentes a: vigilancia e inspección intensiva, medidas correctoras y comunicación a los organismos implicados.

En el caso de los medios de inspección y vigilancia, se considerará, no sólo los aparatos de lectura instalados o los que sean necesarios instalar para la emergencia, sino también los elementos de análisis, interpretación, etc. de dichos datos.

El P.E.P. también contemplará los medios necesarios para que los aparatos de medida y control puedan realizar su función garantizando la toma de datos y la accesibilidad para llevar a cabo su medida, si ésta se realiza de forma no automática.

#### **6.4. SISTEMA DE COMUNICACIONES**



Los objetivos de los sistemas de comunicaciones son:

- Avisar y comunicar con todos los organismos involucrados en la gestión de la emergencia.
- Comunicar la información de los datos recabados, incidentes, alertas, y cualquier flujo de información que se produzca entre todos los integrantes del P.E.P.
- La inexistencia de falsas alarmas, que permitan una total seguridad de que la comunicación es válida y por tanto es totalmente necesario la realización de la actuación correspondiente.

El sistema de comunicaciones ha de estar constituido, según indica la Directriz, por un sistema primario y otro secundario.

En general, se recomienda emplear como medios primarios de comunicaciones, con los órganos que en cada caso corresponda, sistemas de comunicación directa (línea telefónica punto a punto). También podrán emplearse otros medios de comunicación disponibles en la actualidad que presenten una garantía y fiabilidad en dicha comunicación.

En cualquier caso los sistemas a definir e implantar para realizar las comunicaciones se ajustarán a criterios de garantía en su funcionamiento y control por parte del Director del Plan. En general estos criterios son los siguientes:

- *Los sistemas han de estar permanentemente preparados.*
- *La redundancia en sistemas se obtiene disponiendo dos, tal como indica la Directriz.*
- *El sistema conjunto ha de ser absolutamente fiable, incluso en las situaciones de emergencia más problemáticas, como puede ser, en general, las correspondientes al Escenario 3. Esto significa que, por ejemplo, en los sistemas terrestres por cable, ha de comprobarse que en ningún punto de su trazado puede interrumpirse la conexión por avenidas, deslizamientos, etc. Análogamente en los sistemas aéreos (radio, microondas) asegurará su fiabilidad en circunstancias similares.*

## **6.5. SISTEMAS DE AVISO A LA POBLACIÓN**

Los sistemas de señalización acústica u otros sistemas alternativos para avisar a la población existente en la zona inundable en un intervalo no superior a 30 minutos, tienen como fin primordial una comunicación rápida a la población de la zona inundable por rotura de la presa, permitiendo aplicar, por parte de la población, las medidas de autoprotección. Esta finalidad debe relacionarse con la disminución de los daños que pueden producirse, caso de rotura de

la presa, en relación, exclusivamente, con las vidas humanas y no con daños económicos, medioambientales o de cualquier otro tipo.

Dentro del P.E.P. ha de contemplarse únicamente el aviso a la población sin considerar otros aspectos, como vías de evacuación, localización de puntos conflictivos, control de accesos a la zona, información previa a la población, etc., que están bajo la responsabilidad de otros organismos competentes.

Los sistemas de aviso a la población seguirán los siguientes criterios:

- *Han de estar permanentemente preparados.*
- *Han de estar operativos* incluso en circunstancias extremas de emergencia, por lo que se deberá prestar especial atención a su alimentación eléctrica, puesta en marcha y localización física de los elementos en la zona inundable.
- *Han de ser activados por el Director del P.E.P.* desde la sala de Emergencia.
- *Han de ser capaces de alcanzar a la población existente en la zona inundable en la primera media hora.*
- *La señal de alarma garantizará su diferenciación frente a otra señal*, así, en el caso de alarma acústica, deberá tener una cadencia y sonido característicos y totalmente identificables.
- *Quedará garantizada la inexistencia de falsas alarmas* que puedan provocar situaciones indeseables a la población existente, con el consiguiente riesgo de que una situación de no emergencia sea considerada como tal y origine riesgos para las vidas o las propiedades, dando lugar también a una pérdida de confianza en el sistema.

## **6.6. SALA DE EMERGENCIA**

La disposición de una sala de emergencia, como consecuencia de lo establecido en la Directriz, debe entenderse como obligatoria para cada presa.

Sin embargo, en el caso en que un mismo embalse esté formado por una presa principal y uno o varios cierres o diques del collado, puede considerarse, dependiendo de la naturaleza e importancia de éstos diques, el disponer de una única sala de emergencia para el embalse desde la que sean controlados todos los elementos de cierre existentes en éste.

La Sala de Emergencia deberá ser específica del Plan aunque pueden desarrollarse en ella otras actividades de la explotación normal, siempre y cuando éstas se encuentren

subordinadas a la gestión de la emergencia y no interfieran negativamente en ella. En la Sala de Emergencia se ubicará el Centro de Comunicaciones y toda la documentación básica y técnica del P.E.P., así como los ejemplares de la última redacción aprobada del Plan.

La Sala de Emergencia responderá a los siguientes criterios:

- *Su ubicación ha de ser segura* incluso en emergencias, por lo cual se situará adecuadamente fuera de posibles riesgos, en las proximidades de la presa.
- *El acceso a la sala de emergencia estará convenientemente garantizado.*
- *El suministro de energía eléctrica estará garantizado para el funcionamiento de todos los equipos*, tanto de comunicación como de control de los elementos de medida.
- *El espacio útil de la sala permitirá una gestión y control de la emergencia adecuado*, teniendo en cuenta los medios humanos y materiales que se alojarán y serán empleados durante la emergencia.

## CAPÍTULO 7: FORMA DE PRESENTACIÓN

### 7.1. INTRODUCCIÓN

En la elaboración de los P.E.P. se recomienda seguir lo establecido en los capítulos precedentes de la presente Guía Técnica, desarrollándose en este capítulo un esquema formal para su presentación, que responde a los siguientes condicionantes básicos:

- Dar cumplimiento a lo establecido en la Directriz.
- El P.E.P. tendrá un cuerpo normativo claro, concreto y conciso, que pueda ser aplicable de forma directa.
- El P.E.P. es un documento técnico y, como tal, y para su tramitación, debe incluir las justificaciones que sean necesarias, sin comprometer su operatividad directa. Debe ser un documento completo.
- Al margen de su uso interno, determinados aspectos del P.E.P. están destinados a su difusión externa, por lo tanto será posible extraer de él un documento de operatividad más reducido con entidad propia.
- Debe permitir, de una manera fácil y segura, las actualizaciones necesarias.
- Debe permitir su integración en el conjunto de las Normas de Explotación de la presa.

### 7.2. ESTRUCTURA GENERAL

Se recomienda que el contenido del P.E.P. contemple, al menos, los siguientes aspectos:

- *Elementos identificativos y de control*, en los que se identifique la presa y el documento y se articulen los mecanismos de control del Plan.
- *Elementos informativos*, en los que se proporcione la información básica necesaria para gestionar la emergencia.
- *Elementos organizativos*, en los que se establezca la organización de los medios y recursos humanos y materiales del Plan de Emergencia.
- *Elementos operativos*, en los que se reflejen las actuaciones a realizar en situaciones de emergencia.
- *Elementos tipo*, en los que se recojan aquellos elementos que deben responder a una estructura tipo, como pueden ser textos de los mensajes a transmitir, por ejemplo.
- *Elementos de referencia*, en los que se recojan las relaciones de personal, los directorios, etc.
- *Elementos justificativos*, en los que se detallen los trabajos de base de que se ha dispuesto para la elaboración del Plan de Emergencia.

- *Elementos divulgativos*, donde se recojan los aspectos que deben ser puestos a disposición de entidades, organismos o particulares distintos de la D.G.O.H.C.A., de la Dirección General de Protección Civil y de los Centros de Coordinación Operativa Integrada (CECOPI).
- *Elementos de integración*, donde se reflejen aquellas cuestiones que provengan de las Normas de Explotación y hayan tenido reflejo en el Plan de Emergencia o, a la inversa, se deriven del Plan de Emergencia y deban reflejarse en otros apartados distintos de las Normas de Explotación.

El conjunto de los elementos identificativos y de control, informativos, organizativos, operativos, tipo y de referencia debe constituir un documento individual integrable en las Normas de Explotación de la presa, que permita gestionar la eventual emergencia en la parte que le corresponde al titular.

Del mismo modo, los elementos divulgativos también deben constituir un documento individual que puede ser distribuido y comprendido por el resto de agentes implicados en una eventual emergencia. El núcleo central de este documento está constituido por los planos derivados de la zonificación territorial.

Los elementos justificativos y de integración forman parte del P.E.P. pero no tienen la consideración de documentos individuales, si bien sí deben ser comprensibles en sí mismos aún cuando pueden contener referencias a otros apartados del Plan. Se prevé su reflejo como Anejos.

Los elementos justificativos deben desarrollar individualmente los cinco conceptos que constituyen el contenido mínimo de los P.E.P. de acuerdo con la Directriz Básica, tratados en los Capítulos 2 a 6 de la presente Guía Técnica. Constituyen el cuerpo básico de P.E.P. y deben ser los primeros en ser abordados por cuanto de ellos se debe extraer toda la información que se refleja en los restantes apartados.

Como consecuencia, la estructura general que se recomienda para la presentación de los Planes de Emergencia de presas es la siguiente:

- Portada.
- Presentación.
- Identificación del documento.
- Índice general.

- Capítulo 1. Identificación de la presa.
- Capítulo 2. Descripción de la presa, el embalse y su entorno.
- Capítulo 3. Organización general. Medios y recursos.
- Capítulo 4. Normas de actuación en emergencias.
- Capítulo 5. Zonificación Territorial y estimación de daños.
- Apéndice 1. Formularios tipo.
- Apéndice 2. Directorio de personal propio asignado al Plan.
- Apéndice 3. Directorio de medios propios asignados al Plan.
- Apéndice 4. Directorio de recursos humanos y materiales ajenos asignados al Plan.
- Apéndice 5. Directorio de organismos y organizaciones relacionadas con el Plan.
- Anejo 1. Justificación del análisis de seguridad de la presa.
- Anejo 2. Justificación de la zonificación territorial y estimación de daños.
- Anejo 3. Justificación de las Normas de actuación.
- Anejo 4. Justificación de la Organización y de los Medios y Recursos.
- Documento de operatividad del Plan de Emergencia.

El proceso de elaboración del P.E.P. se recomienda iniciarlo mediante el desarrollo de los Anejos 1 a 4, cuyo contenido y alcance ha sido tratado en los capítulos 2 a 6 de la presente Guía Técnica. Las conclusiones de los Anejos se reflejarán en los apartados correspondientes a los capítulos 1 a 5. Las conclusiones del Anejo 2 junto con los aspectos necesarios extraídos de los capítulos 1 a 4 conformarán el Documento de operatividad del Plan de Emergencia.

Los capítulos 1 a 5 y todos los Apéndices serán claros y concretos, no debiendo incluir aspectos de carácter justificativo, siendo directamente operativos en eventuales situaciones de emergencia.

Por su parte, el conjunto de Anejos será esencialmente justificativo, presentando una síntesis de los análisis que haya sido necesario realizar en el P.E.P.

En relación con el Documento de operatividad del P.E.P., será comprensible por personal no especializado y contendrá toda y exclusivamente la información que puede ser de utilidad para la gestión de la emergencia externa a la presa.

Sobre la estructura expuesta, en los puntos que siguen se desarrolla con más detalle el contenido de cada uno de ellos.

En el caso de embalses en los que el cierre del mismo se produce mediante una presa principal y uno o varios diques de cierre de collado, el Plan de Emergencia preverá el fallo o avería de cada uno ellos, por lo que la estructura de presentación se modificará convenientemente de forma que permita establecer con claridad a qué estructura de las que cierran en el embalse se trata en cada momento.

### 7.3. PORTADA

Directamente en la portada se presentará como denominación del documento el de “Plan de Emergencia de la presa de XXX” nombrándose la presa por su denominación oficial de inventario. En el caso que el embalse tenga una denominación distinta al de la presa se añadirá la expresión “que cierra el embalse de XXX”. En esta portada se reseñara la denominación del titular de la presa, su dirección y número de teléfono.

También se incluirán en la portada la fecha y la numeración correlativa, en su caso, de la revisión. La fecha será la de final de la redacción del Plan de Emergencia y el número de revisión será un número de orden correlativo que comenzará en el cero y se irá incrementando en las sucesivas revisiones.

### 7.4. PRESENTACIÓN

Como primeras páginas del documento, previo incluso al índice, se presentará una fotografía general de la presa, y la situación de la presa sobre cartografía oficial 1:50.000 (con indicación del número de hoja, y sus coordenadas X, Y en el huso correspondiente), y sobre el mapa oficial de carreteras.

A continuación se adjuntará una presentación general, mediante un texto del tipo:

*“El presente documento constituye el Plan de Emergencia de la presa de (denominación) que cierra el embalse de (denominación). Ha sido elaborado por (denominación) como titular de la citada presa para dar cumplimiento a lo establecido al respecto en la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el riesgo de inundaciones aprobada por acuerdo de Consejo de Ministros de 31 de enero de 1995 publicado en el BOE de 14 de febrero del mismo año y en el Reglamento Técnico sobre Seguridad de Presas y Embalses, aprobado por Orden Ministerial de 12 de marzo de 1996 publicada en el BOE de 30 de marzo del mismo año. Contiene las actuaciones que habrán de llevarse a cabo por el titular de la presa para hacer frente a eventuales situaciones de emergencia.*

*La información en él contenida ha sido elaborada con el fin exclusivo de establecer medidas preventivas de reducción de riesgo, que se concretan en el Plan de Emergencia”.*

## 7.5. IDENTIFICACIÓN DEL DOCUMENTO

En la identificación del Documento del P.E.P. se incluirá los siguientes datos:

- *Fecha inicial de redacción del Plan.*
- *Números de revisión y de actualización*, con indicación de las fechas. Estos números serán correlativos crecientes en ediciones sucesivas y comenzarán por el cero. En las actualizaciones distintas de la inicial (actualización “0”) se expresará el histórico de cambios desde la revisión inicial.
- *Lista de distribución*, en la que se relacionarán todos los destinatarios de los ejemplares controlados del Plan de Emergencia. Esta lista no incluirá más ejemplares que los que sean necesarios para la gestión de la emergencia y la tramitación oficial del Plan. Se destinarán 3 ejemplares para su tramitación administrativa y dos adicionales destinados a la Sala de Emergencia y al Archivo Técnico de la presa, más aquellos otros que, en función de la estructura organizativa del titular, sean necesarios para la correcta gestión de las eventuales emergencias.
- *Destinatario del ejemplar.* Los destinatarios serán los referenciados en la lista de distribución. No obstante, en el caso de realizar reproducciones adicionales, en ellas se hará constar claramente una expresión semejante a:  
*“Ejemplar no oficial. El documento original se actualiza regularmente pero no está previsto el reflejo de las actualizaciones sucesivas en este ejemplar que, por tanto, no tiene la consideración de válido y operativo”.*
- *Registro de firmas.* Se reflejará en página independiente y en él se recogerá en forma tabular la denominación del puesto y la fecha y dos columnas destinadas a recibir la firma del ocupante del puesto anterior y encabezadas con los títulos de “conocido” y “conforme”. La firma de conforme únicamente será necesaria en los puestos para los que lo exija el propio Plan y en todo caso figurará el nombre y firma del Director del Plan.

## 7.6. ÍNDICE

A continuación se presentará el índice general del Plan de Emergencia en el que se relacionarán todos los capítulos, apéndices, anejos y documento de Operatividad del Plan de Emergencia, desarrollando el contenido de todos ellos e incluyendo adicionalmente los índices de planos, tablas y figuras.



## 7.7. CAPÍTULO 1. IDENTIFICACIÓN DE LA PRESA

En este Capítulo 1 se indicarán los siguientes aspectos:

- *Nombre oficial de la presa y del embalse.* Caso de estar en uso otros nombres distintos, éstos se reflejarán entre paréntesis, indicando expresamente su carácter no oficial. En el resto del documento se utilizará exclusivamente el nombre oficial.
- *Identificación del titular.*
- *Identificación del Director del Plan,* con expresión de su titulación profesional.
- *Referencia a la concesión que da lugar a la titularidad de la presa.*
- *Situación de la presa y el embalse,* con expresión de la cuenca hidrográfica, río, comunidad(es) autónoma(s), provincia(s) y municipio(s) en que se ubica, coordenadas geográficas de la presa y hoja 1:50.000 en que se sitúa. Esta hoja 1:50.000 se reproducirá también indicando en ella la situación de la presa y el embalse.
- *Clasificación de la presa en función del riesgo potencial,* adjuntando copia de la resolución correspondiente.
- *Descripción general de los usos y usuarios de la presa.*
- *Relación de presas situadas agua arriba y agua abajo,* alcanzando al menos hasta las inmediatas que hayan sido en su caso clasificadas en función del riesgo potencial en las categorías A o B.

## 7.8. CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN DE LA PRESA, EL EMBALSE Y SU ENTORNO

Debe reflejar la información general de las estructuras, instalaciones y equipos y zonas que sea necesaria para la comprensión del Plan y para la gestión de las eventuales emergencias. Esta información debe ser lo más semejante posible, en contenido y estructura, a las contenidas en otros documentos y en especial en el Inventario de Presas y Embalses y en las Normas de Explotación, incorporando adicionalmente aquellos aspectos específicamente relacionados con la gestión de las eventuales emergencias.

Los aspectos que conviene incluir son los siguientes:

- Ubicación y características de la sala de emergencia.
- Accesos, incluyendo las posibles limitaciones en circunstancias especiales (nieve, inundaciones, etc.) y acompañado de la reproducción del mapa oficial de carreteras, donde se situará la presa.
- Descripción de la presa y su cimentación, el embalse y sus instalaciones vitales, incluyendo entre éstas al menos las siguientes:

- Órganos de desagüe y sus elementos de actuación.
  - Instrumentación.
  - Elementos de comunicación interna y externa.
  - Sistema de aviso a la zona inundable en la primera media hora.
  - Sistema de alimentación eléctrica y de iluminación.
- 
- Características hidrológicas y sísmicas del emplazamiento, con referencia a las presas situadas agua arriba.
  - Características hidráulicas del cauce agua abajo, con especial referencia a su capacidad sin daños y con daños poco significativos y estableciendo las presas situadas agua abajo.
  - Historia sucinta del comportamiento de la presa, y si es aplicable, con indicación de los incidentes y accidentes acaecidos, de las medidas adoptados para su corrección y del resultado de estas medidas.

### **7.9. CAPÍTULO 3. ORGANIZACIÓN GENERAL. MEDIOS Y RECURSOS**

En la organización del P.E.P., se reflejarán tanto la organización establecida para la explotación fuera de emergencia como la establecida en el P.E.P., así como los medios y recursos asignados al Plan, extraído todo ello de los Anejos correspondientes (Justificación de la Organización y de los Medios y Recursos).

Se reflejará el organigrama funcional del P.E.P. y el organigrama de explotación fuera de emergencias, referido a las actuaciones que guarden relación con la detección y gestión de las emergencias, con indicación genérica de sus funciones, responsabilidades y dependencias jerárquicas.

Se incluirá asimismo la relación de medios y recursos humanos y materiales clasificados según lo establecido en el Capítulo 6 de la presente Guía Técnica. Se reflejarán, en forma tabular, todos los medios y recursos, indicando sus características básicas (volumen disponible de material, por ejemplo), su disponibilidad y el tiempo de respuesta estimado para su puesta a disposición del Plan.

### **7.10. CAPÍTULO 4. NORMAS DE ACTUACIÓN EN EMERGENCIAS**

Se reflejará el conjunto individualizado de actuaciones que deben ser acometidas en función de los fenómenos desencadenantes y circunstancias existentes en cada momento y estableciendo por quién y cómo se deben realizar dichas actuaciones. Toda la información aquí obtenida se derivará de lo expuesto en los Anejos correspondientes (Justificación del

Análisis de seguridad, Justificación de las Normas de actuación, Justificación de la Organización y de los Medios y Recursos).

En relación con la estructura de este capítulo se recomienda que contemple los puntos siguientes:

1. Concepto del Plan de Emergencia.
2. Definición de la emergencia y de sus escenarios.
3. Situaciones y fenómenos de declaración de la emergencia.
4. Umbrales para las distintas situaciones y fenómenos, relacionados con los distintos escenarios.
5. Actuaciones generales asociadas a los distintos escenarios.
6. Actuaciones específicas asociadas a las tipologías de la emergencia.

A continuación se tratan individualmente cada uno de los puntos citados.

#### **7.10.1. Concepto del Plan de Emergencia**

Se presentará el concepto del Plan de Emergencia, derivado directamente de lo establecido en el punto 3.5.1.1. de la Directriz Básica, pudiendo redactarse un párrafo semejante al siguiente:

*“El presente Plan de Emergencia de la presa de \*\*\*\* establece la organización de los recursos humanos y materiales necesarios para el control de los factores de riesgo que pueden comprometer la seguridad de la presa y para facilitar la puesta en disposición preventiva de los servicios y recursos que han de intervenir para la protección de la población en caso de rotura o avería grave de la presa, mediante los sistemas de información alerta y alarma establecidos en él, y así posibilitar que la población potencialmente afectada adopte las oportunas medidas de autoprotección”.*

#### **7.10.2. Definición de la emergencia y de sus escenarios**

Se establecerán en este punto, de manera genérica, las condiciones que conducen a la situación de emergencia y a cada uno de los escenarios considerados, para lo que se puede adoptar un texto semejante al siguiente, derivado del Artículo 3.5.2.1. de la Directriz Básica:

*“Se producirá una situación de emergencia en la presa de \*\*\* cuando así haya sido declarado por el Director del Plan, cuya declaración se producirá por presentarse, a su juicio y en función de lo establecido en el presente Plan de Emergencia, las circunstancias que dan lugar a que la presa se encuentre en alguno de los escenarios de seguridad siguientes:*

- a) *Escenario de control de la seguridad o “Escenario 0”. Las condiciones existentes y las previsiones, aconsejan una intensificación de la vigilancia y el control de la presa, no requiriéndose la puesta en práctica de medidas de intervención para la reducción del riesgo.*
- b) *Escenario de aplicación de medidas correctoras o “Escenario 1”: Se han producido acontecimientos que, de no aplicarse medidas de corrección (técnicas, de explotación, desembalse, etc.), podrían ocasionar peligro de avería grave o de rotura de la presa, si bien la situación puede solventarse con seguridad mediante la aplicación de las medidas previstas y los medios disponibles.*
- c) *Escenario excepcional o “Escenario 2”: Existe peligro de rotura o avería grave de la presa y no puede asegurarse con certeza que pueda ser controlado mediante la aplicación de las medidas y medios disponibles.*
- d) *Escenario límite o “Escenario 3”: La probabilidad de rotura de la presa es elevada o ésta ya ha comenzado, resultando prácticamente inevitable el que se produzca la onda de avenida generada por dicha rotura.*

*Es función del Director del Plan la declaración de la emergencia y de sus escenarios”.*

### **7.10.3. Situaciones y fenómenos de declaración de la emergencia**

Se reflejarán en este punto, en forma de listado, las posibles situaciones y fenómenos de declaración de los distintos escenarios, entendidas éstas de forma genérica, sin expresión de umbrales concretos, esto es, mediante una definición conceptual de acuerdo con lo indicado en el apartado 2.2 de esta Guía. Todas las situaciones y fenómenos aquí incluidos estarán reflejados como elementos a controlar, medir o inspeccionar en la explotación ordinaria, proviniendo del Anejo correspondiente a la Justificación del Análisis de seguridad.

#### **7.10.4. Umbrales para las distintas situaciones y fenómenos**

En este punto se reflejarán los umbrales de los indicadores más significativos de tipo cualitativo y/o cuantitativo en función de la tipología de los sucesos, organizados éstos por escenarios de seguridad progresivos, es decir, para los distintos tipos de indicadores o eventos se relacionan los umbrales que definen los distintos escenarios de seguridad.

El listado de indicadores y sus umbrales, cualitativos o cuantitativos, que dan lugar a la declaración de escenarios de emergencia, se clasificarán por grupos homogéneos entre los que necesariamente se individualizarán los relativos a avenidas, sismos, lecturas de la instrumentación y resultados de la inspección.

Los indicadores y sus umbrales provendrán del Anejo correspondiente a la Justificación del Análisis de seguridad. Cuando se reflejen valores numéricos, éstos serán siempre concretos y commensurables, no siendo válidas referencias indirectas como pueden ser los períodos de retorno o la capacidad de desagüe sin daños de la avenida, por ejemplo. Cuando la observación que se asocia a un umbral implique el recurso a medios cuya operatividad no resulte completamente segura (dependencia de la alimentación eléctrica o de las comunicaciones exteriores, por ejemplo), se incluirá un indicador alternativo basado en observaciones realizables directamente en la presa incluso en condiciones extremas para su uso en caso de fallo del principal.

#### **7.10.5. Actuaciones generales asociadas a los distintos escenarios**

Se reflejarán en este punto las actuaciones a acometer como consecuencia de la declaración de los distintos escenarios de seguridad, independientemente de sus causas y organizadas por escenarios progresivos. En general se referirán a vigilancia y control, avisos de alerta a los medios humanos implicados en el Plan y comunicaciones y alerta a la población situada en la zona inundable en la primera media hora.

La información aquí presentada se extraerá de los correspondientes Anejos (Justificación de las Normas de actuación, Justificación de la Organización y de los Medios y Recursos). Se presentará en forma tabular, mediante una tabla por escenario, con tres columnas en la primera de las cuales recogerá la actuación, la segunda expresará a quien corresponde la responsabilidad de la actuación, definido por puesto

en la organización, expresándose en la tercera la denominación y ubicación del procedimiento a seguir.

Para conseguir la garantía de unión entre este apartado y el siguiente, en la última fila de cada una de las tablas, si es procedente, se incluirá una referencia del tipo:

- *Actuación:* Desarrollo de medidas específicas en función del fenómeno desencadenante de la emergencia.
- *Responsable:* Director del Plan.
- *Procedimiento:* Actuaciones específicas.

#### **7.10.6. Actuaciones específicas asociadas a las tipologías de la emergencia**

En este punto se reflejarán las actuaciones concretas que se derivan de la situación en un escenario de seguridad definido en función de los fenómenos que lo determinan. Se organizará en forma de listados clasificados por situaciones (avenidas, sismos, lecturas anormales de la instrumentación, etc.).

Para cada circunstancia individualizada se expresará en primer lugar la identificación de la circunstancia y el escenario que se le asocia, seguido por las actuaciones a acometer con indicación del responsable de su realización, del procedimiento a seguir y de su localización y de los medios y recursos a movilizar. Deberán clasificarse por tipología en los grupos siguientes:

- Vigilancia y control.
- Medidas correctoras.
- Comunicaciones, avisos y alarmas.

#### **7.11. CAPÍTULO 5. ZONIFICACION TERRITORIAL Y ESTIMACIÓN DE DAÑOS**

En este punto se presentará la delimitación de las zonas potencialmente inundables, de forma simple y resumida, sobre cartografía oficial a escala 1:25.000, siguiendo las recomendaciones dadas en el punto 3.3 y 3.6 de esta Guía. Así, para cada una de las hipótesis de rotura que se hayan considerado se presentarán los siguientes planos:

1. Mapa con indicación de la envolvente de la zona inundable y de los tiempos de llegada de la onda de rotura.

2. Mapas de inundación progresiva correspondientes a las zonas potencialmente inundables a los 30 minutos, 1 hora y horas siguientes.

En estos mapas se unirá la información que se señala para cada caso en el punto 3.6. de la presente Guía.

También se incluirá una tabla para cada escenario, asociada a su plano correspondiente, donde se indique para cada uno de los puntos o zonas significativas, los calados y cotas máximas, velocidad y tiempos de llegada y punta de la onda de rotura.

## 7.12. APÉNDICES. ELEMENTOS TIPO Y DIRECTORIOS

En el Apéndice 1 se reflejarán los formularios tipo de las comunicaciones y aquellos otros elementos que puedan ser tipificables.

Para facilitar su referencia, cada uno de los formularios tipo tendrá su correspondiente código único.

Son indispensables los formularios tipo asociados a la declaración o cambio de escenarios de seguridad. Este puede responder a la estructura siguiente:

*“Urgente. Mensaje derivado de la aplicación del Plan de Emergencia de la presa de \*\*\*. Este es un mensaje de (declaración de /cambio en el) escenario de seguridad en la presa de \*\*\* que cierra el embalse de \*\*\*. La presa estaba en situación (normal/de emergencia Escenario X), comunicado en (fecha y hora), habiéndose declarado por el Director del Plan el paso a escenario de seguridad X en (fecha y hora).*

*Este mensaje se (envía/ha enviado) simultáneamente a \*\*\* (no) habiendo recibido notificación de la recepción.*

*La causa de la declaración es (descripción mínima de la causa).*

*Las circunstancias concurrentes hacen que sean de aplicación los planos de zonificación territorial denominados \*\*\* de código \*\*\*.*

*Acusen recibo de esta comunicación a \*\*\* mediante teléfono en el número \*\*\*, fax en el número \*\*\*...*

*(Se plantea la posibilidad de/se ha decidido) la realización de las medidas (descripción mínima de las medidas), que (no tienen/pueden tener/tienen) repercusiones en el exterior de la presa y el embalse.*

*El siguiente mensaje se enviará dentro de X horas, si no se detectan circunstancias actualmente no previstas.*

*Fin del mensaje”.*

En el Apéndice 2 se presentará el directorio del personal propio del titular adscrito al Plan de Emergencia, con indicación de los siguientes datos:

- Puesto en la organización del Plan.
- Nombre y apellidos.
- Dirección de trabajo y particular.
- Forma de localización.

En el Apéndice 3 se presentará el directorio de los medios materiales propios del titular adscritos al Plan de Emergencia, con indicación de los siguientes datos:

- Descripción del recurso.
- Ubicación física.
- Observaciones, donde se expresarán, si existen, las circunstancias que puedan afectar a la disposición del recurso.

En el Apéndice 4 se presentará la relación de los medios y recursos ajenos al titular adscritos al Plan, agrupados por tipología (proveedores de materiales, de equipos, etc.) y con indicación de los siguientes datos:

- Denominación de la empresa o compañía.
- Ubicación.
- Medios disponibles.
- Disponibilidad.
- Personas de contacto.
- Forma de comunicación.



En el Apéndice 5 se presentará la relación de las organizaciones distintas del titular implicadas en el Plan de Emergencia, con indicación de los siguientes datos:

- Denominación de la organización.
- Persona(s) de contacto.
- Forma de comunicación.

### 7.13. ANEJO 1. JUSTIFICACIÓN DEL ANÁLISIS DE SEGURIDAD

Dada la complejidad del proceso se ha recomendado abordar el análisis de seguridad de la presa a partir de las posibles situaciones y fenómenos desencadenantes, de los indicadores de eventos y de comportamiento, de los umbrales y de los escenarios de emergencias, y de las posibles causas últimas.

Así, atendiendo a los diferentes aspectos definidos anteriormente, se organizará este anejo en los siguientes puntos:

- Posibles situaciones y fenómenos desencadenantes del proceso de fallo.
- Indicadores de situaciones y fenómenos.
- Umbrales para los diferentes escenarios de Emergencia.

#### 7.13.1. Posibles situaciones y fenómenos desencadenantes del proceso de fallo

Se enumerarán las situaciones o fenómenos que pueden reducir la seguridad de la presa justificando razonadamente la existencia de este fenómeno.

Al final de la justificación y estudio de los diferentes fenómenos y como resumen del estudio realizado se presentarán los fenómenos agrupados por tipos o categorías, según el modelo siguiente.

<i>Fenómeno</i>	<i>Breve descripción y justificación</i>

En caso de ser necesario el estudio de la combinación de fenómenos que pueden darse conjuntamente, se incorporará en la tabla anterior.

### 7.13.2. Indicadores de situaciones y fenómenos

Para las situaciones y fenómenos definidos anteriormente se establecerán razonadamente los diferentes indicadores significativos a controlar para conocer si el fenómeno se está o no produciendo. Estos indicadores pueden o no existir en la presa, debiendo destacar que la no existencia de indicadores fundamentales y necesarios requerirá la consideración de su instalación en el momento de la implantación del P.E.P.

En este sentido y como resumen de la justificación realizada se recopilará la información analizada de acuerdo con el modelo de la tabla adjunta donde se reflejarán los indicadores en función del fenómeno desencadenante, permitiendo así una identificación clara y concreta.

<i>Fenómeno desencadenante</i>	<i>Indicador Asociado</i>	<i>Tipo de Indicador</i>	<i>Disponible ó A Instalar</i>

### 7.13.3. Umbrales para las diferentes situaciones y fenómenos asociados a los Escenarios de Emergencia

De cada uno de los indicadores significativos que afectan a los diferentes fenómenos hay que establecer, en términos cuantitativos o cualitativos, los valores o circunstancias umbrales en función del escenario de emergencia en que se encuentren. De esta manera se podrá sistematizar y planificar al máximo las posibles situaciones de emergencia.

Como resumen de la justificación de los valores adoptados para cada uno de los indicadores y para cada escenario se presentará la siguiente tabla de doble entrada, con el valor del umbral fijado para cada indicador en función del escenario de emergencia considerado:

	<i>Umbrales</i>			
	<i>Escenario 0</i>	<i>Escenario 1</i>	<i>Escenario 2</i>	<i>Escenario 3</i>
<b><i>Indicador 1</i></b>				
<b><i>Indicador 2</i></b>				
<b><i>Indicador 3</i></b>				

Es posible que algunos umbrales dependan de las condiciones iniciales en las que se encuentre la presa considerada, en cuyo caso se realizará, si es necesario, una tabla de valores representativos en función de las condiciones iniciales que sustituirá a la celda correspondiente debiendo referenciar tal circunstancia en la tabla anterior. Además de esto y dada la complejidad del problema, se recomienda abordar con criterios conservadores (respecto a los indicadores y umbrales significativos) la declaración de escenarios.

También se recomienda presentar, siguiendo el modelo de la tabla adjunta, un resumen del análisis realizado, donde se reflejará los diversos indicadores cualitativos y/o cuantitativos en función de la tipología de las situaciones y fenómenos, organizados éstos por escenarios de seguridad progresivos, es decir, para los distintos tipos de indicadores o eventos se relacionan los umbrales que definen los distintos escenarios de seguridad.

<i>Fenómeno desencadenante</i>	<i>Indicador Asociado</i>	<i>Parámetro a controlar</i>	<i>Escenario</i>	<i>Umbral</i>

#### **7.14. ANEJO 2. JUSTIFICACIÓN DE LA ZONIFICACIÓN TERRITORIAL Y ESTIMACIÓN DE DAÑOS**

Teniendo en cuenta los aspectos relacionados con la Zonificación Territorial, se recomienda organizar este anejo en los siguientes puntos:

- Escenarios de rotura o avería grave. Hipótesis de rotura.
- Características de la rotura.
- Análisis hidráulico de la propagación de la onda de rotura a lo largo del cauce.
- Zonificación Territorial. Delimitación de las Areas de Inundación Potencial.
- Estimación de Daños.

### 7.14.1. Escenarios de rotura o avería grave. Hipótesis de rotura

Se realizará un análisis de los escenarios de rotura o avería grave que se han recomendado en el Capítulo 3 de esta Guía y en su caso la justificación de la reducción de los mismos en el caso de que alguno de ellos no vaya a ser analizado por su similitud con otro escenario propuesto.

Como resumen de las justificaciones realizadas se presentará una tabla, según modelo adjunto, en la que se indicará cada escenario analizado, si será o no contemplado en la simulación posterior, un breve resumen de la justificación realizada para no contemplarlo, y los parámetros más significativos del escenario a simular.

<i>Definición del Escenario</i>	<i>Se analiza (SI/NO)</i>	<i>Justificación</i>	<i>Parámetros</i>
<b><i>Rotura sin Avenida</i></b>			
<b><i>Rotura con Avenida</i></b>			
<b><i>Rotura compuertas</i></b>			

### 7.14.2. Características de la rotura

En función de la tipología de la presa se adoptarán los parámetros necesarios para establecer la forma, dimensiones, y tiempo de desarrollo de la brecha según las formulaciones recomendadas en el Capítulo 3 de la presente Guía Técnica. Se justificarán los parámetros adoptados o la elección de métodos alternativos si son empleados para el análisis de la formación de la brecha.

El resumen de la justificación realizada se recomienda que se presente en una tabla según el formato siguiente, en donde se tendrán en cuenta los escenarios considerados.

<i>Escenarios</i>	<i>Forma de la Brecha</i>	<i>Parámetros Adoptados</i>	<i>Tiempo de Desarrollo de la Brecha</i>	<i>Hidrograma de Rotura</i>

### 7.14.3. Análisis hidráulico de la propagación de la onda de rotura a lo largo del cauce.

#### 7.14.3.1. Selección del Modelo Numérico

En este apartado se desarrollará la justificación de la adopción del modelo numérico.

#### 7.14.3.2. Caracterización Geométrica del Cauce

La elección de la escala de trabajo adecuada, que servirá de base para la modelización hidráulica en el modelo numérico elegido, dependerá de varios factores. Así es posible que, en función de la morfología y del calado de análisis, pueda ser necesario la introducción de varias escalas de trabajo e incluso la realización de trabajos de topografía clásica o restitución de perfiles a partir de fotografía aérea.

En estas condiciones se recomienda presentar un cuadro resumen según el formato siguiente que reflejará todos los tramos y las características de la cartografía empleada.

<i>Tramo (<math>Pk_i-Pk_j</math>)</i>	<i>Tipo Cartografía</i>	<i>Escala</i>	<i>Equidistancia máxima (m)</i>	<i>Distancia entre perfiles</i>	<i>Calado mínimo de análisis (m)</i>

#### 7.14.3.3. Caracterización Hidráulica del Cauce

Se presentará una justificación del coeficiente de rugosidad adoptado para la simulación hidráulica. En el caso de adoptar valores diferentes en función de los tramos y/o datos de calados se presentará una tabla resumen del estudio realizado sobre este parámetro.

#### 7.14.3.4. Límite de Estudio Aguas Abajo

Se presentará la justificación realizada para la determinación del límite de estudio aguas abajo de la presa. Como resumen a esta justificación se recomienda presentar una tabla en la que se indiquen los escenarios considerados y el límite de estudio de cada uno de ellos, según el modelo siguiente:

<i>Escenarios</i>	<i>Distancia Total desde la presa (Pk) (0+000)</i>

#### 7.14.3.5. Realización de la Modelización

Con los datos de partida anteriores se procederá a la simulación numérica con el modelo elegido, para cada uno de los escenarios de rotura considerados. La justificación de la modelización realizada contendrá claramente los siguientes puntos:

- Alimentación del modelo con los datos necesarios.
- Resultados obtenidos.

Cabe destacar que los parámetros de entrada al modelo pueden dividirse en dos grupos bien diferenciados:

- *Datos generales*, que servirán para cualquiera de los escenarios de rotura considerados. En un apéndice se recogerán los datos de entrada al modelo numérico seleccionado y que son comunes a todos los escenarios de rotura a simular. Dentro de este apéndice por ejemplo se presentarán las secciones transversales elegidas para realizar la modelización.
- *Datos propios del escenario de rotura*. En un apéndice se recogerán los parámetros de entrada que cambiarán en función del escenario a simular, por lo que se deberán reflejar claramente los parámetros de entrada al modelo numérico elegido para cada uno de los escenarios de rotura considerados.

Una vez realizada la simulación numérica se obtendrán los resultados del cálculo que serán presentados en forma sintética en apéndices, uno por cada uno de los escenarios de rotura considerados. Estos resultados servirán de datos de partida para realizar la Justificación de la zonificación territorial y la estimación de daños.

En el caso que se haya fijado como límite de estudio la entrada a un embalse cuya presa se ha clasificado en la categoría A o B, se presentarán claramente los hidrogramas de llegada a dicho embalse en cada una de las hipótesis de rotura consideradas.

#### **7.14.4. Zonificación territorial. Delimitación de las áreas de inundación potencial**

Los planos de delimitación se elaborarán a partir de los resultados obtenidos en la simulación realizada por los métodos numéricos del punto anterior y se seguirán los criterios y recomendaciones indicados en el capítulo 3 de la Guía Técnica. Los planos aquí recogidos se considerarán planos de trabajo en el formato apropiado para su posterior traspaso sobre cartografía oficial actualizada y escala apropiada.

En el capítulo 5 del P.E.P. y en el documento de operatividad del Plan de Emergencia se presentarán, como resumen del análisis de la zonificación territorial y de la delimitación de las zonas potencialmente inundables, sobre cartografía oficial a escala 1:25.000, los siguientes planos:

- Mapa con indicación de la envolvente de la zona inundable y de los tiempos de llegada.
- Mapas de inundación progresiva correspondientes a las áreas potencialmente inundables a los 30 minutos, 1 hora y horas siguientes.

En estos planos, en las secciones o zonas significativas de singular importancia, tales como poblaciones, zonas industriales, servicios esenciales, vías de comunicación y en aquellos puntos que han motivado la clasificación de la presa, se indicarán y enumerarán el calado sobre la afección, los caudales y velocidades correspondientes a los máximos relativos asociados a una hora determinada, así como los tiempos de llegada de la onda de rotura y el tiempo punta correspondiente.

#### **7.14.5. Estimación de Daños.**

Se presentará el listado completo de los puntos localizados en los planos, indicando todos los valores hidráulicos reflejados en el Capítulo 3 de la Guía Técnica (hidrograma de llegada, tiempos de llegada, velocidad, y caudales).

En el Capítulo 5 del P.E.P. y en el Documento de operatividad del Plan de Emergencia se presentará una tabla para cada escenario, asociada a su plano correspondiente, donde se indique para cada uno de los puntos o zonas significativas localizados en el plano, las coordenadas x,y de dicho punto y los parámetros hidráulicos más significativos (calado máximo en la afección, velocidad, el tiempo de llegada de la onda y tiempo en el que se alcanza el nivel máximo).

En este Anejo se realizará la descripción cualitativa de la estimación de los daños potenciales.

Como resumen se presentará una tabla por cada zona significativa o de singular importancia en el que se reflejarán para cada uno de los escenarios simulados los parámetros hidráulicos, la descripción cualitativa del daño y la calificación del mismo según los criterios indicados en la Guía Técnica de Clasificación de presas en función del riesgo potencial, indicando el tipo de afección (Núcleos urbanos, viviendas, servicio esencial, daños material, etc.), que se reproducen en el Anexo N° 3.

<i>Punto de Análisis:</i>		<i>Distancia a la presa:</i>		<i>Coordenadas x, y del punto:</i>		
<i>Escenario</i>	<i>Calado máximo en la afección</i>	<i>Velocidad máxima</i>	<i>Tiempo de llegada de la onda</i>	<i>Tiempo de llegada de nivel máx</i>	<i>Descripción Calificación</i>	<i>Tipo de Afección</i>
<b>R1</b>						
<b>R2</b>						
<b>R3</b>						

### 7.15. ANEJO 3. JUSTIFICACIÓN DE LAS NORMAS DE ACTUACIÓN

En este Anejo se razonarán y justificarán las diferentes normas de actuación a realizar en función de los diferentes fenómenos que se produzcan y el escenario en que se encuentren.

Las Normas de actuación se dividen en tres grandes tipologías:

- De vigilancia intensiva e inspección.
- De comunicación.
- De corrección y prevención.

Los dos primeros no dependen de las condiciones concretas sino que se derivan directamente de la situación en un determinado escenario de seguridad, mientras que el último depende directamente del fenómeno concreto causante de la declaración del escenario de seguridad.



De esta manera y como resumen del análisis realizado se presentarán dos tablas en función de la tipología de las Actuaciones.

La primera de ellas estará asociada directamente a los escenarios de seguridad, y por tanto, incluirá las Normas de Actuación de Comunicación y Vigilancia Intensiva e Inspección, que será realizada según el formato siguiente:

	<i>Normas de Actuación De Comunicaciones</i>	<i>Normas de Actuación De Vigilancia e Inspección</i>
<b>Escenario 0</b>		
<b>Escenario 1</b>		
<b>Escenario 2</b>		
<b>Escenario 3</b>		

La segunda tabla resumen se asocia a los fenómenos causantes de la declaración del escenario de seguridad y de las condiciones iniciales en las que se encuentre, según el modelo siguiente:

<b>FENÓMENO</b>		<b>ESCENARIO</b>	
<b>VIGILANCIA Y CONTROL</b>			
<i>Actuación</i>	<i>Responsable</i>	<i>Procedimiento</i>	<i>Medios y Recursos</i>
<b>MEDIDAS CORRECTORAS</b>			
<i>Actuación</i>	<i>Responsable</i>	<i>Procedimiento</i>	<i>Medios y Recursos</i>
<b>COMUNICACIONES, AVISOS Y ALARMAS</b>			
<i>Actuación</i>	<i>Responsable</i>	<i>Procedimiento</i>	<i>Medios y Recursos</i>

Así se tendrá, para cada fenómeno y su escenario asociado, las normas de actuación a acometer con indicación del responsable de su realización, del procedimiento a seguir y de su localización y de los medios y recursos a movilizar, todo ello clasificado por la tipología

de actuaciones: Vigilancia y Control, Medidas correctoras y Comunicaciones, avisos y alarmas.

#### **7.16. ANEJO 4. JUSTIFICACIÓN DE LA ORGANIZACIÓN Y DE LOS MEDIOS Y RECURSOS**

La organización se dividirá en dos subapartados, presentándose en el primero de ellos la organización establecida para la explotación fuera de emergencias (ordinaria y en avenidas) y en el segundo la organización del P.E.P.

En relación con la explotación fuera de emergencias únicamente se reflejarán el organigrama, funciones y activaciones que guarden relación con la detección y gestión de las emergencias.

En la organización del P.E.P., del análisis de las diferentes actividades que se realizan dentro de las Normas de actuación se desprende el conjunto de elementos organizativos necesarios, tanto humanos como materiales.

En este anejo se justificará la organización de todo el personal que se adscribe al Plan, en cuya cabeza figura el Director del Plan, con unas funciones y responsabilidades señaladas en el apartado 5.2 de esta Guía. En el P.E.P. se incluirá un organigrama de todo el personal junto con sus funciones y objetivos a cubrir, e indicando la actividad o actividades de las que forman parte, así como su cualificación técnica.

Igualmente se justificarán y describirán con detalle la organización de las comunicaciones internas y externas, según las recomendaciones dadas en los Capítulo 5 y 6 de esta Guía (apartados 5.3 y 5.4, 6.4 y 6.5).

Del análisis de las necesidades de las diferentes actividades se deducirán los medios y recursos necesarios para hacer frente a las emergencias, según se desarrolla en el Capítulo 6 de esta Guía. Como resumen de la justificación se presentaran varias tablas en las que se señalarán los recursos materiales adscritos o disponibles con indicación de las actividades en las que serán utilizados según se recomienda en el punto 6.3 de esta Guía.

Igualmente se justificarán, en su caso, la selección de los sistemas de aviso a la población en la zona de la media hora. Finalmente se analizará la implantación de la sala de emergencia del Plan. Todo ello según las recomendaciones expuestas en el Capítulo 6 de la Guía.

### 7.17. DOCUMENTO DE OPERATIVIDAD DEL PLAN DE EMERGENCIA

Constituye un documento específico del Plan de Emergencia que está destinado a la divulgación externa y, como tal, debe constituir un documento comprensible por sí solo, sin apoyo de otros documentos.

Incluirá la siguiente información:

a) *Introducción.*

*Se presentará una introducción del tipo de la siguiente:*

*“El presente documento contiene la información básica operativa que es útil a la población, a las autoridades y a los organismos y organizaciones implicados en relación con el Plan de Emergencia de la presa de \*\*\* que cierra el embalse de \*\*\*.*

*El Plan de Emergencia de la citada presa ha sido elaborado por \*\*\* como titular de ella para dar cumplimiento a lo establecido al respecto en la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el riesgo de inundaciones aprobada por acuerdo de Consejo de Ministros de 31 de enero de 1995 publicado en el BOE de 14 de febrero del mismo año y en el Reglamento Técnico sobre Seguridad de Presas y Embalses aprobado por Orden Ministerial de 12 de marzo de 1996 publicada en el BOE el 30 de marzo del mismo año.*

*La información contenida en este documento ha sido elaborada con el fin exclusivo de posibilitar el establecimiento de las medidas de protección y autoprotección convenientes, encaminadas a la reducción del riesgo”.*

b) *Plano de situación de la presa en cartografía oficial 1:50.000.*

c) *Datos del titular.*

Se incluirá un texto semejante al siguiente:

*“El titular de la presa de \*\*\*\* es \*\*\*\* y como tal es responsable de su seguridad.*

*Dirección del titular, Nº teléfono, Nº fax, e-mail.*

*Datos del Director del Plan de Emergencia.*

*Datos de los Servicios de la Presa.*

*La normativa española establecida respecto a las eventuales emergencias de presas hace depender las relaciones con la población de la organización de protección civil y no del titular.*

*Por la razón anterior y con el objeto de no afectar negativamente a la organización prevista en circunstancias especialmente difíciles, cualquier tipo de comunicación que sea preciso establecer durante las eventuales situaciones de emergencia debe ser canalizada a través de la organización de protección civil, evitando dirigirla directamente al titular. Las comunicaciones relacionadas con la seguridad, fuera de eventuales situaciones de emergencia, se recibirán por el titular de la presa en el teléfono \*\*\*”.*

d) *Definición de la emergencia y de sus escenarios.*

Se incluirá un texto semejante al siguiente.

*“El Plan de Emergencia de la presa de \*\*\*\* establece la organización de los recursos humanos y materiales necesarios para el control de los factores de riesgo que pueden comprometer la seguridad de la presa y para facilitar la puesta en disposición preventiva de los servicios y recursos que han de intervenir para la protección de la población en caso de rotura o avería grave de la presa, mediante los sistemas de información, alerta y alarma establecidos en él, y así posibilitar la adopción de las oportunas medidas de protección y autoprotección.*

*Se estará en situación de emergencia en la presa de \*\*\* cuando así haya sido declarado por Director del Plan de Emergencia de la presa, cuya declaración se producirá por presentarse, a su juicio y en función de lo establecido en el Plan de Emergencia, las circunstancias que dan lugar a que la presa se encuentre en alguno de los escenarios de seguridad siguientes:*

- *Escenario de control de la seguridad o “Escenario 0”. Las condiciones existentes y las previsiones, aconsejan una intensificación de la vigilancia y el control de la presa, no requiriéndose la puesta en práctica de medidas de intervención para la reducción del riesgo.*
- *Escenario de aplicación de medidas correctoras o “Escenario 1”: Se han producido acontecimientos que de no aplicarse medidas de corrección (técnicas, de explotación, desembalse, etc.), podrían ocasionar peligro de avería grave o de*

*rotura de la presa, si bien la situación puede solventarse con seguridad mediante la aplicación de las medidas previstas y los medios disponibles.*

- *Escenario excepcional o “Escenario 2”: Existe peligro de rotura o avería grave de la presa y no puede asegurarse con certeza que pueda ser controlado mediante la aplicación de las medidas y medios disponibles.*
- *Escenario límite o “Escenario 3”: La probabilidad de rotura de la presa es elevada o ésta ya ha comenzado, resultando prácticamente inevitable el que se produzca la onda de avenida generada por dicha rotura”.*

e) *Actuaciones del titular respecto al exterior.*

Se incluirá un texto semejante al siguiente:

*“Las actuaciones previstas por el titular en función del escenario de seguridad declarado y respecto al exterior de las instalaciones son las siguientes:*

- *Escenario 0*

*(Relación esquemática de las actuaciones previstas para este escenario y respecto a los agentes externos, extraídas del Capítulo 4 del Plan).*

- *Escenario 1*

*(Relación esquemática de las actuaciones previstas para este escenario y respecto a los agentes externos, extraídas del Capítulo 4 del Plan).*

- *Escenario 2*

*(Relación esquemática de las actuaciones previstas para este escenario y respecto a los agentes externos, extraídas del Capítulo 4 del Plan).*

- *Escenario 3*

*(Relación esquemática de las actuaciones previstas para este escenario y respecto a los agentes externos, extraídas del Capítulo 4 del Plan).*

f) *Alerta en la zona inundable en la primera media hora por parte del titular.*

Se incluirá un texto semejante al siguiente:

*“En el momento de declaración del escenario de seguridad 3, el titular alertará a la población situada en la zona inundable en la primera media hora mediante (descripción del sistema de comunicación, del mensaje y de la situación de los elementos).*

La definición de la zona inundable en la primera media hora se presenta en el plano adjunto” (adjuntar plano en cartografía oficial”).

g) *Áreas inundables*

Se incluirá un texto semejante al siguiente:

*“En la elaboración del Plan de Emergencia de la presa de \*\*\* se han considerado (número de situaciones consideradas) situaciones posibles típicas (incluir las realmente consideradas):*

- *Eventual rotura en tiempo seco.*
- *Eventual rotura en coincidencia con avenidas.*
- *Eventual rotura de compuertas.*

*.....*

*La eventual rotura en tiempo seco corresponde a la situación en que no se está presentando simultáneamente a la eventual rotura una avenida o riada natural importante, siendo la eventual onda de inundación debida exclusivamente a la movilización del agua embalsada.*

*La eventual rotura en coincidencia con avenida corresponde a la situación en que simultáneamente a ella se está presentando una avenida o riada de gran magnitud, siendo la eventual onda de inundación debida a la superposición de los efectos derivados de la avenida o riada natural y de la movilización del agua embalsada.*

*La eventual rotura de compuertas corresponde a la situación en que se produce desde la presa una onda de inundación motivada por la rotura de las compuertas de su aliviadero.*

*Para cada una de las situaciones anteriores se ha elaborado una colección de planos que reflejan la zona potencialmente inundable establecidos a intervalos horarios (la primera hora se divide en dos subintervalos de media hora cada uno). Como síntesis de cada una de estas colecciones de planos se ha elaborado uno de conjunto en el que se refleja toda la zona potencialmente inundable con indicación del momento de llegada de la onda de avenida. Se incluyen en los planos las características fundamentales de la potencial inundación en puntos significativos de la zona.*

*Estos planos se adjuntan a continuación organizados por situaciones.*

*La elaboración de estos planos y su difusión responde a la necesidad de dar cumplimiento a los requisitos legales actualmente vigentes en materia de protección civil para la planificación de emergencias derivada del riesgo potencial de rotura o avería grave de presas, no se refiere en absoluto al alto nivel de seguridad existente en la presa de XXX”.*

## **7.18. FORMATO**

En relación con el formato del documento conjunto, este debe ser organizado por tomos o volúmenes, en función del objetivo que se pretende alcanzar con cada uno de ellos, derivado de su contenido. Así se tendrán los siguientes:

- *Tomo 1:* Contendrá todos los elementos que son susceptibles de ser utilizados durante una situación de emergencia, corresponde, por tanto, hasta el capítulo 5, incluidos los apéndices, de la estructura general presentada anteriormente.
- *Tomo 2:* Contendrá el denominado “Documento de operatividad del Plan de Emergencia”
- *Tomos 3:* Conforman la parte justificativa del Plan de Emergencia y contendrá todos y cada uno de los Anejos identificados en la estructura general.

### **7.18.1. Formato de Presentación de los Documentos**

Todos los documentos, a excepción de los planos, se presentarán en formato UNE DIN A-4, con margen adecuado en el borde lateral izquierdo.

Con objeto de facilitar las posibles actualizaciones y/o revisiones de determinadas partes del mismo se presentará encuadernado en un sistema de hojas intercambiables o de anillas.

Todas las páginas irán numeradas individualmente en cada capítulo o anexo, con referencia al número total de páginas.

En el pie o cabecera de todas las páginas figurará el título de *“Plan de Emergencia de la presa de \*\*\*”*, acompañado de la denominación del capítulo o anejo al que correspondan, la fecha y el número de revisión. En los Apéndices se incluirá adicionalmente el número y la fecha de la actualización.

Todos los documentos, salvo los Apéndices irán firmados por el técnico competente que los haya elaborado.

#### **7.18.2. Formato de Presentación de Planos**

Los Planos empleados para la realización de las justificaciones realizadas serán entregados en forma UNE, todos ellos convenientemente identificados y con el número de hojas que sean necesarias.

En cuanto a los Planos que formarán parte del Capítulo 5 del Plan y del denominado Documento de operatividad del Plan de Emergencia y que serán elaborados a partir de los resultados obtenidos en el Anejo 2, se presentará una colección de Planos en formato no superior al UNE DIN-A3 para cada uno de los escenarios considerados.

La representación de la zona inundada se realizará sobre cartografía oficial actualizada realizando una colección de planos por cada uno de los diferentes escenarios de rotura considerados. Cada una de las colecciones se organizará del siguiente modo:

- El primer plano de la colección se denominará “Distribución de Hojas”. Se presentará como guía para la localización de la hoja correspondiente de cada uno de los planos de Inundación del escenario considerado. Este plano será de la escala adecuada para identificar correctamente cada hoja del Plano de Inundación con los elementos geográficos que permitan una rápida localización de la zona a consultar. Podrá contener las hojas que sean necesarias.
- Planos de Inundación. Cada uno de ellos corresponderá al tiempo transcurrido desde la rotura. Se presentarán las áreas potencialmente inundables a los 30 minutos, 1 horas y siguientes.
- Como resumen del escenario se presentará el Plano de Envoltentes de la zona inundable.

Tanto los Planos como las hojas que contengan se identificarán correctamente y se indicará en todos los laterales de las hojas, de forma clara y legible, la hoja adyacente.



Además de definir las zonas de inundación, en los planos aparecerán reflejados los puntos o zonas significativas o de singular importancia sobre los que se realizará la estimación de Daños o Análisis de Riesgos. Éstos se identificarán claramente con una nomenclatura específica para su referenciación y localización.

### **7.18.3. Soporte Magnético**

Se recomienda que toda la documentación presentada en soporte escrito, se entregue además en soporte magnético que garantice la durabilidad de la información con el paso del tiempo (CD-ROM, por ejemplo), según la siguiente especificación:

- Los documentos de texto serán compatibles con los sistemas de la D.G.O.H.C.A.
- Los planos se archivarán unitariamente, con formato compatible con los sistemas de la D.G.O.H.C.A., con los elementos existentes dentro del mismo debidamente georeferenciados, de modo que sirvan de base para su integración en un Sistema de Información Geográfica.
- Caso de que haya sido necesario la realización de una cartografía digital por restitución de un vuelo se facilitará la información correspondiente a la elaboración de la misma en formato compatible con los sistemas de la D.G.O.H.C.A.

## **ANEXOS**

## ANEXOS

<b>ANEXO 1. DIRECTRIZ BÁSICA DE PLANIFICACIÓN DE PROTECCIÓN CIVIL ANTE EL RIESGO DE INUNDACIONES .....</b>	<b>75</b>
1. ARTÍCULO 2.1. TIPOLOGÍA DE LAS INUNDACIONES OBJETO DE LA DIRECTRIZ.....	75
2. ARTÍCULO 3.5. PLANIFICACIÓN DE EMERGENCIAS ANTE EL RIESGO DE ROTURA O AVERÍA GRAVE DE PRESAS.....	75
2.1. <i>Artículo 3.5.1. Los Planes de Emergencia de Presas</i> .....	76
2.2. <i>Artículo 3.5.2. Interfase entre el Plan de Emergencia de Presa y los Planes de Protección Civil ante el riesgo de Inundaciones</i> .....	81
<b>ANEXO 2. ANÁLISIS DE SEGURIDAD DE LA PRESA.....</b>	<b>86</b>
1. SITUACIONES Y FENÓMENOS A CONSIDERAR.....	86
2. INDICADORES.....	89
3. ESTABLECIMIENTO DE UMBRALES Y DE LOS ESCENARIOS DE SEGURIDAD Y PELIGRO DE ROTURA DE PRESAS .....	89
3.1. <i>Aspectos hidrológicos</i> .....	91
3.2. <i>Efectos sísmicos</i> .....	94
3.3. <i>Precipitaciones</i> .....	96
3.4. <i>Deslizamiento de laderas</i> .....	97
3.5. <i>Fuego y actos de vandalismo</i> .....	97
3.6. <i>Acciones bélicas y actos de sabotaje</i> .....	97
3.7. <i>Indicadores de comportamiento</i> .....	98
<b>ANEXO 3. ZONIFICACIÓN TERRITORIAL Y ESTIMACIÓN DE DAÑOS .....</b>	<b>128</b>
1. ESTABLECIMIENTO DE LAS HIPÓTESIS DE ROTURA .....	128
2. ESTABLECIMIENTO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA ROTURA .....	129
3. ANÁLISIS HIDRÁULICO DE LA ONDA GENERADA Y DE SU PROPAGACIÓN A LO LARGO DEL CAUCE.....	131
3.1. <i>Selección del modelo</i> .....	131
3.2. <i>Caracterización geométrica del cauce</i> .....	135
3.3. <i>Obstrucciones en el cauce</i> .....	137
3.4. <i>Establecimiento de los parámetros hidráulicos en elementos territoriales relevantes y estimación de daños</i> .....	137
3.5. <i>Presentación de resultados</i> .....	139
<b>ANEXO 4. NORMAS DE ACTUACIÓN .....</b>	<b>141</b>
1. RESPONSABLE DE LA ACTUACIÓN .....	141
2. MOMENTO DE LA ACTUACIÓN.....	141
3. PROCESO DE ACTUACIÓN .....	142
3.1. <i>Actuaciones de vigilancia intensiva e inspección</i> .....	142
3.2. <i>Medidas de corrección y prevención</i> .....	143
3.3. <i>Actuaciones de comunicación</i> .....	145
4. FINALIDAD DE LAS ACTUACIONES.....	146
<b>ANEXO 5. ORGANIZACIÓN .....</b>	<b>151</b>
1. PERSONAL DE LA ORGANIZACIÓN .....	152
2. FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES .....	152
3. ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO.....	153
4. FORMACIÓN DEL PERSONAL.....	155
<b>ANEXO 6. MEDIOS Y RECURSOS .....</b>	<b>156</b>
1. ACTUACIONES DE INTENSIFICACIÓN DE LA VIGILANCIA .....	158
2. DESCENSO DEL NIVEL DEL EMBALSE MEDIANTE LOS ÓRGANOS DE DESAGÜE.....	159
3. OTRAS ACTUACIONES .....	160
4. COMUNICACIONES .....	161
5. SISTEMAS DE AVISO A LA POBLACIÓN AFECTADA EN LA PRIMERA MEDIA HORA. ....	162

# **1 DIRECTRIZ BÁSICA DE PLANIFICACIÓN DE PROTECCIÓN CIVIL ANTE EL RIESGO DE INUNDACIONES**

A continuación se desarrollan los artículos de la Directriz en relación con la Planificación de Emergencias ante el riesgo de rotura o avería grave.

## **1.1 artículo 2.1. Tipología de las inundaciones objeto de la directriz**

A los efectos de la presente Directriz se considerarán todas aquellas inundaciones que representen un riesgo para la población y los bienes, produzcan daños en infraestructuras básicas o interrumpan servicios esenciales para la comunidad, y que puedan ser encuadradas en alguno de los tipos siguientes:

- a ) Inundaciones por precipitación “in situ”.
- b ) Inundaciones por escorrentía, avenida o desbordamiento de cauces, provocada o potenciada por:
  - Precipitaciones.
  - Deshielo o fusión de nieve.
  - Obstrucción de cauces naturales o artificiales.
  - Invasión de cauces, aterramientos o dificultad de avenamiento.
  - Acción de las mareas.
- c ) Inundaciones por rotura o la operación incorrecta de obras de infraestructura hidráulica.

## **1.2 artículo 3.5. planificación de emergencias ante el riesgo de rotura o avería grave de presas**

La Planificación de emergencias ante el riesgo de rotura o avería grave de presas se fundamentará en la elaboración e implantación de los Planes de Emergencia de Presas por los titulares de las mismas, en la previsión de las actividades de protección de personas y bienes que ante esa eventualidad han de efectuarse en el Plan Estatal, en los Planes de las Comunidades Autónomas y en los de Actuación Municipal cuyo ámbito territorial pueda verse afectado, y en el establecimiento de sistemas de notificación de incidentes y de alerta y alarma que permitan a la población y a las organizaciones de los Planes que corresponda intervenir, la adopción de las medidas apropiadas.

### 1.2.1 Artículo 3.5.1. Los Planes de Emergencia de Presas

#### *Artículo 3.5.1.1. Concepto*

Los Planes de Emergencia de Presas establecerán la organización de los recursos humanos y materiales necesarios para el control de los factores de riesgo que puedan comprometer la seguridad de la presa de que se trate, así como mediante los sistemas de información, alerta y alarma que se establezcan, facilitar la puesta en disposición preventiva de los servicios y recursos que hayan de intervenir para la protección de la población en caso de rotura o avería grave de aquella y posibilitar el que la población potencialmente afectada, adopte las oportunas medidas de autoprotección.

#### *Artículo 3.5.1.2. Funciones básicas*

Serán funciones básicas de los Planes de Emergencia de Presas, las siguientes:

- a) 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.
- b) 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.
- c) 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.

#### *Artículo 3.5.1.3. Clasificación de las presas en función del riesgo potencial.*

En función del riesgo potencial que pueda derivarse de la posible rotura o funcionamiento incorrecto de cada presa, esta se clasificará en una de las siguientes categorías:

- *Categoría A:* corresponde a las presas cuya rotura o funcionamiento incorrecto puede afectar gravemente a núcleos urbanos o servicios esenciales, o producir daños materiales o medioambientales muy importantes.
- *Categoría B:* corresponde a las presas cuya rotura o funcionamiento incorrecto puede ocasionar daños materiales o medioambientales importantes o afectar a un reducido número de viviendas.
- *Categoría C:* corresponde a las presas cuya rotura o funcionamiento incorrecto puede 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.

Dicha clasificación se efectuará mediante resolución de la Dirección General de Obras Hidráulicas o de los órganos de las Comunidades Autónomas que ejerzan competencias sobre el dominio público hidráulico, para aquellas presas que se ubiquen en cuencas hidrográficas comprendidas íntegramente dentro de su territorio.

A partir de los seis meses siguientes a la fecha de entrada en vigor de la presente Directriz, será preceptivo para la aprobación de proyectos de construcción de presas, la incorporación a los mismos del correspondiente estudio sobre estimación de los daños derivados de una eventual rotura, avería grave o funcionamiento incorrecto, con la información suficiente para que el órgano competente pueda decidir sobre la clasificación.

Los titulares de presas ya existentes deberán enviar al órgano competente para resolver, en el plazo que este fije, no superior a un año, su propuesta de clasificación de la presa respecto al riesgo, acompañada de la información necesaria para que dicho órgano decida acerca de la clasificación que corresponda.

La Dirección General de Obras Hidráulicas informará a la Comisión Nacional de Protección Civil acerca de sus resoluciones de clasificación de presas y los órganos competentes de las Comunidades Autónomas informarán sobre las propias a la Comisión de Protección Civil de la respectiva Comunidad Autónoma.

#### *Artículo 3.5.1.4. Presas que han de disponer de Plan de Emergencia.*

Deberán disponer de su correspondiente Plan de Emergencia todas las presas que hayan sido clasificadas en las categorías A ó B.

#### *3.5.1.5. Elaboración y aprobación del Plan de Emergencia de Presa.*

La elaboración del Plan de Emergencia de Presa será responsabilidad del titular de la misma.

Serán asimismo obligaciones del titular, la implantación, mantenimiento y actualización del Plan de Emergencia de la Presa. En el caso de que la explotación de la Presa sea cedida o arrendada a otra entidad o persona física o jurídica, el cesionario o arrendatario asumirá las obligaciones del titular, si bien éste será responsable subsidiario de las mismas.

Los Planes de Emergencia de Presa serán aprobados por la Dirección General de Obras Hidráulicas, previo informe de la Comisión Nacional de Protección Civil, o por los órganos de las Comunidades Autónomas que ejerzan competencias sobre el dominio público hidráulico, para aquellas presas ubicadas en cuencas intracomunitarias. En este último caso, el informe previo a la aprobación de dichos Planes habrá de efectuarse por la Comisión de Protección Civil de la Comunidad Autónoma de que se trate.

El órgano de la Administración hidráulica en cada caso competente, remitirá una copia de la resolución de aprobación de cada Plan de Emergencia de Presa, junto con un ejemplar del mismo, a los órganos competentes en materia de protección civil de la Comunidad o Comunidades Autónomas cuyo territorio pueda verse afectado por la inundación generada por la rotura de la presa y a la Dirección General de Protección Civil. Los órganos competentes en materia de protección civil de las Comunidades Autónomas proporcionarán a las autoridades municipales información detallada acerca de los Planes de Emergencia de Presas que les afecten y, en todo caso, un ejemplar de cada uno de dichos Planes a las autoridades de los municipios cuyo ámbito territorial pueda verse alcanzado por la onda de rotura en un intervalo no superior a dos horas.

Los titulares de presas construidas antes de la puesta en vigor de la presente Directriz y que hayan sido clasificadas en la categoría A habrán de presentar los correspondientes Planes de Emergencia al órgano competente para su aprobación, antes de dos años contados a partir de la fecha en que se produjo la resolución de clasificación. Este plazo será de cuatro años para las presas clasificadas en la categoría B.

A partir de la fecha de puesta en vigor de esta Directriz será preceptivo para la aprobación de proyectos de construcción de presas, la incorporación a las mismas del correspondiente estudio sobre zonificación territorial y análisis de riesgos, elaborado de conformidad con lo especificado en el apartado 2º del punto 3.5.1.6.

Asimismo, a partir de esa misma fecha, será condición para la puesta en explotación de nuevas presas que hayan sido clasificadas en las categorías A ó B, la previa aprobación y la adecuada implantación del correspondiente Plan de Emergencia de Presa.

#### *Artículo 3.5.1.6. Contenido mínimo de los Planes de Emergencia de Presas.*

Los Planes de Emergencia de Presas tendrán el siguiente contenido mínimo:

##### *1º Análisis de seguridad de la presa:*

El análisis comprenderá el estudio de los fenómenos que puedan afectar negativamente a las condiciones de seguridad consideradas en el proyecto y construcción de la presa de que se trate o poner de relieve una disminución de tales condiciones.

En general estos fenómenos serán:

- Comportamiento anormal de la presa, detectado por los sistemas de auscultación de la misma o en las inspecciones periódicas que se realicen, y que muestren anomalías en lo concerniente a su estado tensional, deformaciones, fisuración, fracturación o filtraciones en la presa o en su cimentación.
- Avenidas extremas o anomalías en el funcionamiento de los órganos de desagüe.
- Efectos sísmicos.
- Deslizamiento de las laderas del embalse, o avalanchas de rocas, nieve o hielo.

El análisis de seguridad deberá establecer en términos cuantitativos o cualitativos, valores o circunstancias “umbrales”, a partir de los cuales dichos fenómenos o anomalías podrían resultar peligrosos, así como los sucesos que habrían de concurrir, conjunta o secuencialmente, para que las hipótesis previamente formuladas, pudieran dar lugar a la rotura de la presa.

## *2º Zonificación territorial y análisis de los riesgos generados por la rotura de la presa.*

Este apartado del Plan tendrá por objeto la delimitación de las áreas que puedan verse cubiertas por las aguas tras esa eventualidad y la estimación de los daños que ello podría ocasionar.

La delimitación de la zona potencialmente inundable debida a la propagación de la onda de rotura se establecerá utilizando diversas hipótesis de rotura, según las diferentes causas potenciales (avenidas, sismos, fallos estructurales de los materiales o del cimiento, etc.), estableciéndose en cada caso los mapas de inundación con la hipótesis más desfavorable.

Se estudiarán además de las zonas de inundación, los diversos parámetros hidráulicos (calados de la lámina de agua y velocidades), y en todo caso los tiempos de llegada de la onda de rotura, delimitándose las áreas inundadas en tiempos progresivos de hora en hora, a excepción de la primera que se dividirá en dos tramos de 30 minutos, a partir del fenómeno de la rotura.

En los casos que así lo requieran, deberá contemplarse la hipótesis de rotura encadenada de presas.



La delimitación del área inundable, con detalle de las zonas que progresivamente quedarían afectadas por la rotura, así como toda la información territorial relevante para el estudio del riesgo, se plasmará en planos, confeccionados sobre cartografía oficial, de escala adecuada, que figurarán como documentos anexos al Plan.

### *3º Normas de actuación:*

Tomando como fundamento el Análisis de Seguridad, en el Plan habrán de especificarse las normas de actuación que resulten adecuadas para la reducción o eliminación del riesgo, y en particular:

- a) Situaciones o previsiones en las que habrá de intensificarse la vigilancia de la presa.
- b) Objetivos de la vigilancia intensiva en función de las distintas hipótesis de riesgo, con especificación de los controles o inspecciones a efectuar y los procedimientos a emplear.
- c) Medidas que deben adaptarse para la reducción del riesgo, en función de las previsibles situaciones.
- d) Procedimientos de información y comunicación con los organismos públicos implicados en la gestión de la emergencia.

### *4º Organización.*

En el Plan se establecerá la organización de los recursos humanos y materiales necesarios para la puesta en práctica de las actuaciones previstas.

La dirección del Plan estará a cargo de la persona a la que corresponda la dirección de la explotación de la misma.

Serán funciones básicas del director del Plan de Emergencia de Presa, las siguientes:

- a) Intensificar la vigilancia de la presa en caso de acontecimiento extraordinario.
- b) Disponer la ejecución de las medidas técnicas o de explotación necesarias para la disminución del riesgo.
- c) Mantener permanentemente informados a los organismos públicos implicados en la gestión de la emergencia.
- d) Dar la alarma, en caso de peligro inminente de rotura de presa o, en su caso, de la rotura de la misma; mediante comunicación a los organismos públicos implicados en la gestión de la emergencia.

### *5º Medios y recursos.*

En el Plan se harán constar los medios y recursos, materiales y humanos, con los que se cuenta para la puesta en práctica del mismo.

Deberá disponerse de una Sala de Emergencia, convenientemente ubicada en las proximidades de la presa y dotada de los medios técnicos necesarios para servir de puesto de mando al director del Plan de Emergencia de la Presa y asegurar las comunicaciones con los organismos públicos implicados en la gestión de la emergencia.

Para cumplir con el objetivo de comunicación rápida a la población existente en la zona inundable en un intervalo no superior a 30 minutos, el Plan de Emergencia de Presa deberá prever la implantación de sistemas de señalización acústica u otros sistemas de aviso alternativo, sin perjuicio del sistema de avisos que se contempla en el punto 3.5.2.3. de esta Directriz.

#### **1.2.2 Artículo 3.5.2. Interfase entre el Plan de Emergencia de Presa y los Planes de Protección Civil ante el riesgo de Inundaciones.**

##### *Artículo 3.5.2.1. Definición de los escenarios de seguridad y de peligro de rotura de presas.*

Para el establecimiento de las normas y procedimientos de comunicación e información con los organismos públicos implicados en la gestión de la emergencia, en los Planes de Emergencia de Presas los distintos escenarios de seguridad y de peligro se calificarán de acuerdo con las definiciones siguientes:

*a) Escenario de control de la seguridad o “Escenario 0”*

Las condiciones existentes y las previsiones, aconsejan una intensificación de la vigilancia y el control de la presa, no requiriéndose la puesta en práctica de medidas de intervención para la reducción del riesgo.

*b) Escenario de aplicación de medidas correctoras o “Escenario 1”*

Se han producido acontecimientos que de no aplicarse medidas de corrección (técnicas, de explotación, desembalse, etc.), podrían ocasionar peligro de avería grave o de rotura de la presa, si bien la situación puede solventarse con seguridad mediante la aplicación de las medidas previstas y los medios disponibles.

*c) Escenario excepcional o “Escenario 2”*

Existe peligro de rotura o avería grave de la presa y no puede asegurarse con certeza que pueda ser controlado mediante la aplicación de las medidas y medios disponibles.

d) *Escenario límite o “Escenario 3”*

La probabilidad de rotura de la presa es elevada o ésta ya ha comenzado, resultando prácticamente inevitable el que se produzca la onda de avenida generada por dicha rotura.

*Artículo 3.5.2.2. Comunicación de incidentes por la dirección del Plan de Emergencia de Presa.*

Desde el momento en que las previsiones o acontecimientos extraordinarios aconsejen una intensificación de la vigilancia de la presa (Escenario 0), el director del Plan de Emergencia de la misma lo habrá de poner en conocimiento del órgano o servicio que a estos efectos se establezca por la Dirección General de Obras Hidráulicas, o en el caso de cuencas intracomunitarias, por la Administración Hidráulica de la Comunidad Autónoma.

Dicho órgano o servicio deberá ser permanentemente informado hasta el final de la emergencia, por el director del Plan de Emergencia de Presa, acerca de la evolución de la situación, valoración del peligro y medidas adoptadas para el control de riesgo. El órgano o servicio aludido, prestará asesoramiento técnico al director del Plan de Emergencia de Presa, en los casos que lo requieran.

Ante situaciones que, aun siendo controlables con seguridad, requieran pasar de la mera vigilancia intensiva a la adopción de medidas tales como un vaciado parcial del embalse o la realización de reparaciones de importancia, se constituirá el Comité Permanente previsto en el artículo 49 del Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica (Real Decreto 927/1988, de 29 de julio), o el órgano que se establezca por la Administración Hidráulica de la Comunidad Autónoma, en el ámbito de sus competencias.

Salvo casos de inmediata e inaplazable necesidad, corresponderá a este Comité Permanente decidir el momento y las condiciones en que hayan de producirse los desembalses extraordinarios.

Desde el momento en que las circunstancias existentes en la presa requieran la aplicación de medidas correctoras (Escenario 1), el director del Plan de Emergencia de Presa, habrá de comunicarlo al órgano de dirección del Plan de la Comunidad Autónoma, en cuyo ámbito territorial esté ubicada la presa. Cuando el área inundable a consecuencia de la rotura de la presa pueda alcanzar, en la hipótesis más desfavorable, a más de una Comunidad Autónoma, dicha

comunicación habrá de efectuarse asimismo al Gobierno Civil de la provincia en que la presa se encuentre ubicada.

En caso de que la situación evolucionara a un Escenario 2, el director del Plan de Emergencia de Presa, habrá de comunicarlo a los mismos órganos y autoridades que para el Escenario 1, si bien las informaciones al órgano de dirección del Plan de Comunidad Autónoma y, en su caso, al Gobierno Civil, se canalizarán a través del correspondiente CECOPI, desde el momento en que éste se constituya.

Hasta el final de la emergencia, el director del Plan de Emergencia de Presa mantendrá permanentemente informados al órgano u órganos anteriormente citados, sobre la evolución de los acontecimientos y las medidas adoptadas.

Cuando la situación en la presa reúna las condiciones definidas como de Escenario 3, el director del Plan de Emergencia de Presa, sin perjuicio de facilitar la información al órgano de dirección del Plan de Comunidad Autónoma y, en su caso, al Gobierno Civil, habrá de dar inmediatamente la alarma a la población existente en la zona que, de acuerdo con la zonificación territorial efectuada, pueda verse inundada en un intervalo no superior a 30 minutos, mediante el sistema previsto en el correspondiente Plan de Emergencia de Presa.

En el Plan de Emergencia de Presa se especificarán, asimismo, los procedimientos y canales para transmitir la información a los órganos que en cada caso correspondan. Como mínimo se definirá un medio de comunicación primario y otro secundario, para cada órgano. En general se utilizarán sistemas de comunicación directa (Líneas telefónicas punto a punto) como medio primario y se reservarán otros medios (teléfono convencional, radio, etc.) como secundarios.

*Artículo 3.5.2.3. Comunicación entre autoridades y organismos públicos con responsabilidad en la gestión de las emergencias.*

La comunicación de incidentes ocurridos en las presas, entre las autoridades responsables en la gestión de las emergencias tendrá por finalidad el alertar a los servicios que, en su caso, hayan de intervenir y el informar a la población potencialmente afectada sobre el riesgo existente y las medidas de protección a adoptar.

Desde el momento en que el Gobierno Civil de la provincia en cuyo ámbito esté ubicada la presa, reciba la información sobre el acaecimiento de sucesos que requieran la aplicación de medidas correctoras (Escenario 1), transmitirá inmediatamente dicha información a los órganos de dirección de los Planes de las Comunidades Autónomas cuyo ámbito territorial pueda verse

afectado por la onda de rotura de la presa, a los Gobierno Civiles de las provincias potencialmente afectadas y a la Dirección General de Protección Civil.

Los órganos de dirección de los Planes de las Comunidades Autónomas potencialmente afectadas trasladarán la información a las autoridades locales de los municipios comprendidos en el área que pudiera resultar inundada por la rotura de la presa y las mantendrán informadas de la evolución de la emergencia.

El órgano de dirección del Plan de la Comunidad Autónoma, en cuyo ámbito territorial esté situada la presa y, en su caso, el Gobierno Civil, contarán con el asesoramiento técnico de los órganos, a estos efectos, designados por la Dirección General de Obras Hidráulicas o por la Administración Hidráulica de la Comunidad Autónoma, en su caso, competente.

#### *Artículo 3.5.2.4 Constitución de Centros de Coordinación Operativa Integrados.*

Cuando en una presa concurren las circunstancias definidas como “Escenarios” 2 ó 3, en cada una de las Comunidades Autónomas potencialmente afectadas habrá de quedar constituido al menos un Centro de Coordinación Operativa Integrado, con las características especificadas en el apartado 3.2. de la presente Directriz.

Uno de estos Centros, constituido en la Comunidad Autónoma en cuyo territorio esté ubicada la presa, mantendrá desde el momento de su constitución, comunicación directa con la Sala de Emergencias de la Presa, recibiendo de ella las informaciones sobre la evolución del suceso, y asumirá las funciones de comunicación de incidentes especificadas en el apartado 3.5.2.3. anterior.

#### *Artículo 3.5.2.5. Previsiones de los Planes de Protección Civil ante el riesgo de Inundaciones.*

Los Planes Especiales de Protección Civil ante el riesgo de Inundaciones de las Comunidades Autónomas cuyo ámbito territorial pueda quedar afectado por inundaciones generadas por rotura de presas, de acuerdo con la delimitación de las áreas inundables que se efectúen en los respectivos Planes de Emergencia de presas, habrán de prever los procedimientos de alerta de sus propios servicios ante dicha eventualidad, así como las actuaciones necesarias para el aviso a las autoridades municipales y a la población, y para la protección de las personas y de los bienes. Estas actuaciones serán dirigidas y coordinadas mediante los Centros de Coordinación Operativa Integrados a que se ha hecho referencia en el apartado 3.5.2.4 anterior, los cuales habrán de quedar previstos en los correspondientes Planes de Comunidades Autónomas.

En los Planes de Actuación Municipal cuyo ámbito territorial pueda verse afectado en un intervalo de tiempo de dos horas o inferior, contando desde el momento hipotético de la rotura, habrán de contemplarse los aspectos siguientes:

- Delimitación de las zonas de inundación, de acuerdo con lo establecido en el correspondiente Plan de Emergencia de Presa.
- Previsión de los medios y procedimientos de alerta y alarma a la población y de comunicación con el órgano de dirección del correspondiente Plan de Comunidad Autónoma.
- Previsión de las vías y medios a emplear por la población para su alejamiento inmediato de las áreas de peligro.

En el Plan Estatal se establecerán los procedimientos organizativos para que, en caso necesario, una autoridad estatal pueda ejercer la dirección y coordinación de las actuaciones del conjunto de las Administraciones Públicas en toda el área que pueda verse afectada por la rotura de una presa, cuando dicha área supere el ámbito territorial de Comunidad Autónoma en la que la presa se encuentra ubicada y la emergencia sea declarada de interés nacional.

## 2 ANÁLISIS DE SEGURIDAD DE LA PRESA

El análisis de la seguridad de la presa, a los efectos de la elaboración de los P.E.P., implica fundamentalmente considerar los siguientes aspectos:

- Establecimiento de las situaciones y de los fenómenos que pueden, individual o conjuntamente, conducir a la reducción de las condiciones de seguridad de la presa y como consecuencia produzca un incremento del riesgo.
- Identificación de las emergencias. Establecimiento de los indicadores.
- Establecimiento de unos umbrales a partir de los cuales los fenómenos pueden ser considerados como peligrosos.

Dado que estos aspectos son función de cada presa analizada, no pueden establecerse métodos de análisis generales y comunes para todos ellos. No obstante, es conveniente que en la elaboración de los P.E.P. se tengan en cuenta las siguientes recomendaciones:

- a ) Se considerarán todas aquellas situaciones y fenómenos que pueden afectar negativamente a las condiciones de seguridad, incluyendo las situaciones extremas. Este análisis se orienta a saber ¿qué pasa sí...? para establecer qué hacer en ese supuesto desde el punto de vista de evitar la rotura o el mal funcionamiento de la presa y, si esto no es posible, de minimizar los daños agua abajo.
- b ) Lo anterior se aplica a la concatenación de fenómenos. Se analizarán aquellos fenómenos simultáneos o concatenados que sean posibles, independientemente de la probabilidad que se asocie al fenómeno conjunto.
- c ) Los fenómenos a considerar serán aquellos respecto de los cuales exista la posibilidad de establecer umbrales, aún cuando sean cualitativos o incluso tan solo se reduzcan a la detección, superados los cuales, los fenómenos deben considerarse como peligrosos.
- d ) Se considerarán tanto los fenómenos originados en el comportamiento de la propia presa como los originados por circunstancias externas.
- e ) El análisis será tan completo como sea posible.

### 2.1 Situaciones y fenómenos a considerar

En general se tendrá en cuenta que el proceso de fallo o rotura de una presa es complejo, con la posibilidad de presentación de múltiples circunstancias concurrentes cuyo origen preciso no siempre es posible determinar.

La aproximación al análisis de seguridad de la presa podría realizarse a partir de cualquiera de los siguientes conceptos:

- a) A partir de un censo de posibles causas desencadenantes pueden evaluarse las circunstancias que deben concurrir para hacer peligroso el proceso y analizar los indicadores que deben controlarse para seguir su evolución, llegando hasta la causa inmediata del fallo.
- b) A partir de un censo de circunstancias posibles pueden establecerse las causas que, caso de producirse, originarían el fallo y los indicadores que permitirían detectar la situación, finalizando en la causa inmediata de la rotura.
- c) A partir de un censo de indicadores puede establecerse el conjunto de causas y circunstancias que pueden conducir a la presentación de dichos indicadores y las posibles consecuencias (causas finales).
- d) A partir de un censo de posibles causas finales puede recorrerse el camino inverso al indicado en (a).

Dada la complejidad del proceso, es recomendable abordar el análisis de la seguridad de la presa a partir de las posibles causas desencadenantes, de los indicadores de situaciones y de comportamiento, de los umbrales y de los escenarios de emergencias y de las posibles causas últimas.

Como una primera aproximación, se presenta en la Tabla N° 1 de este anexo la clasificación de las causas de deterioro de las presas y embalses elaborada por ICOLD (Deterioration of dams and reservoirs. Examples and their analysis. ICOLD. 1983). Una mejor aproximación a las causas que puedan dar lugar a fallos graves o a la rotura de la presa, la constituye el estudio realizado por ICOLD en su Boletín N° 99, en la que se establece una clasificación de las causas de rotura de presas, mostrada en la Tabla N° 2 del presente anexo. Estas listas de casuísticas de roturas deben entenderse únicamente como referencia general y como guía y ayuda para la definición de las situaciones y fenómenos a considerar en cada presa a la hora de elaborar su P.E.P.

En la redacción de los P.E.P., se recomienda tener en cuenta, en cualquier caso, las siguientes situaciones o fenómenos:

- Rebosamiento.
- Erosión interna de la presa o del cimiento.
- Movimientos en la cimentación.
- Deslizamientos en los estribos.



- Filtraciones y subpresiones en la cimentación o en la presa. Filtraciones turbias.
- Deformaciones anormales de la presa o de su cemento. Asentamientos.
- Fisuras, grietas o cavidades.
- Deslizamientos en la presa. Desplazamientos de las escolleras. Asientos.
- Agua en galerías y drenajes. Humedades.
- Erosiones y cavitaciones. Turbulencias.
- Operaciones de los equipos. Energía y accesos.

Y las situaciones y fenómenos externos siguientes:

- Avenidas naturales extremas.
- Tormentas extremas.
- Sismos extremos.
- Deslizamiento de laderas en embalse.
- Sueltas repentinas agua arriba. Rotura o avería grave de presas agua arriba.
- Fuego y actos de vandalismo.
- Acciones bélicas y actos de sabotaje.
- Otras causas externas.

En general, en España la presentación de avenidas naturales constituye la causa desencadenante de mayor entidad y la que ha producido mayor número de roturas, por lo que será considerada con especial atención. Se trata de un evento que puede ser anticipado en mayor o menor medida. Cabe señalar que no se trata del análisis teórico del estudio de avenidas asociadas a determinados períodos de retorno sino que, por el contrario, se abordará el análisis de qué avenida, en unas circunstancias concretas de la vida de la presa, no puede ser manejada con absoluta seguridad. Asimismo, conviene considerar los posibles sistemas de previsión de avenidas existentes en la cuenca donde este ubicada la presa.

La presentación de fenómenos sísmicos, en general, no puede ser anticipada en el tiempo, por lo que únicamente se evaluará qué sismo podría comprometer la seguridad de la presa.

La ocurrencia de actos de vandalismo o los efectos derivados de acciones bélicas tienen en común que son sucesos no previsibles que tienen consecuencias que pueden ser tratadas desde el punto de vista del comportamiento de la presa. Únicamente podrán definirse situaciones en las que es superior la probabilidad de presentación de dichos sucesos.

El tratamiento de sueltas repentinas agua arriba será muy semejante al de avenidas naturales ya que, en ambos casos se trata de entradas al embalse de magnitud elevada.

## 2.2 Indicadores

Los indicadores pueden clasificarse, en términos generales, en dos grandes grupos: indicadores cuantitativos, consecuencia de la lectura de las instrumentaciones establecidas, e indicadores cualitativos, consecuencia de la interpretación de las inspecciones visuales y de la interpretación de las inspecciones periódicas.

Aún cuando la lectura de la instrumentación ofrece resultados numéricos y, aparentemente, de mayor interés, no puede olvidarse en el proceso la evaluación de las inspecciones visuales, únicamente cualitativas pero de gran interés, por cuanto, en muchas ocasiones, es la única posible y, en otras, permite la detección más temprana de los procesos de deterioro a que están sometidas las presas.

En las tablas N° 3 y 4 de este anexo se presenta una clasificación general de indicadores cuantitativos y cualitativos, respectivamente, que puede servir de ayuda para la selección, en cada presa concreta, de los indicadores más significativos.

No obstante, en cada caso se analizarán las características y propiedades de la instrumentación disponible, evaluando asimismo la necesidad de ampliar o modificar los sistemas de auscultación instalados.

## 2.3 Establecimiento de umbrales y de los escenarios de seguridad y peligro de rotura de presas

Una vez evaluadas las situaciones y fenómenos que, solas o concurrentes, pueden implicar una disminución de la seguridad de la presa y de los indicadores más significativos asociados, es preciso, en la formulación de los P.E.P., establecer los umbrales que, además, se relacionarán con la definición de escenarios, de modo que se establezca el umbral de salto de la situación de normalidad al Escenario 0, entre este y el Escenario 1 y así sucesivamente.

En este apartado se presentan unas recomendaciones generales para el establecimiento de umbrales y su correlación con los escenarios de seguridad. Sin embargo, hay que tener en cuenta que estas recomendaciones deben entenderse tan solo como guía para la formulación del P.E.P. Tal como ya se ha indicado en el Capítulo 2, el establecimiento de umbrales y su asignación a los distintos escenarios se realizarán en cada caso en función del análisis de seguridad de la presa y de las experiencias en su comportamiento y explotación.

En la determinación de umbrales, es preciso considerar de manera simultánea la gravedad de la circunstancia y la velocidad de desarrollo del proceso, esta última relacionada con la frecuencia de lectura de la instrumentación y de la inspección y el momento de la posible detección. A modo de ejemplo, se presentan tres de las diversas categorías posibles:

- *Situaciones que progresan de una manera lenta en el tiempo, no suponiendo un riesgo inminente, pero cuya regularización implica una intervención* (por ejemplo proceso de inicio de sufusión). En estas situaciones únicamente parece necesario el establecimiento del Escenario 0 de control de la seguridad o del Escenario 1 de aplicación de medidas correctoras, definiendo los indicadores a controlar intensivamente.
- *Situaciones que puedan progresar rápidamente, pero que solo en determinadas circunstancias pueden dar lugar a riesgos de avería grave o rotura* (fallos en el aliviadero, por ejemplo, que únicamente resultarían peligrosos en situación de avenida). En estas situaciones únicamente parece necesario el establecimiento del Escenario 0 de control de la seguridad o del Escenario 1 de aplicación de medidas correctoras, definiendo los indicadores a controlar intensivamente, entre los cuales será preciso incluir aquellos relativos a las circunstancias que representen un incremento de riesgo específico (por ejemplo, con el aliviadero inútil deberá ser controlado específicamente el riesgo de avenida, abordar las medidas correctoras necesarias y, si el riesgo se concreta, decretar inmediatamente un escenario superior).
- *Situaciones en que coincide un progreso rápido del deterioro con posibles consecuencias de riesgo de rotura* (aparición de síntomas claros de erosión interna, por ejemplo). En estos casos será necesario el establecimiento de escenarios superiores al 0, de control de la vigilancia.

Desde el punto de vista metodológico, el establecimiento de los umbrales se puede abordar según dos esquemas diferenciados más un tercero, híbrido de los otros dos. En cualquier caso, estos métodos intentan establecer una relación entre un grupo de variables externas (nivel de embalse, temperatura, insolación, etc.) y otro de consecuencias o variables internas (movimientos de la presa o su cimiento, presiones totales o efectivas, caudales de filtración, etc.), de tal manera que pueda establecerse un campo en el que el comportamiento de la presa puede considerarse seguro.

Estos métodos son los siguientes:

- a) *Método estadístico*. La relación entre las variables externas e internas se establece a partir de procedimientos de correlación aplicados a las series cronológicas de las observaciones reales, por lo que únicamente puede aplicarse a presas ya en servicio durante un período

largo de tiempo. Cabe señalar que no se está planteando un análisis estadístico simple de evaluación de los parámetros muestrales de la población de las medidas u observaciones sino que, por el contrario, se plantea el desarrollo de un verdadero modelo estadístico de comportamiento de la presa, en el que se incorporarán las variables explicativas que puedan tener incidencia significativa en el resultado de las medidas u observaciones. Entre estas variables explicativas se contemplarán siempre la posibilidad de incluir, al menos, el nivel de embalse (correspondiente al momento de las medidas o teniendo en cuenta niveles anteriores para incluir el efecto de posibles retardos en la respuesta), la temperatura (que puede ser sustituida en muchos casos por la época de año) y el tiempo desde la construcción o puesta en carga.

- b) *Método determinístico*. La relación entre variables externas e internas se establece mediante la modelización del comportamiento de la presa, por lo que únicamente puede aplicarse a presas en que sea posible caracterizar con fiabilidad la realidad estructural de la presa y su cimiento y su comportamiento y, por tanto, los parámetros que lo condicionan (deformabilidad, elasticidad, características térmicas, permeabilidad, porosidad, etc.). Por el contrario, es el único método aplicable a las presas de nueva construcción.
- c) *Métodos mixtos*. Implican la utilización simultánea de los dos métodos anteriores. Permiten la consideración estadística de parámetros o funciones de comportamiento no modelizables y el establecimiento de la variabilidad de los resultados del método determinista.

En todo caso para el establecimiento de los umbrales de los indicadores, se recomienda el análisis del comportamiento histórico de la presa y las experiencias de su operación, siendo en cada caso el juicio ingenieril el que fijará los intervalos para los umbrales.

Adicionalmente, a pesar de que el tratamiento de cada uno de los indicadores presenta particularidades, a continuación se describen los más singulares, si bien debe señalarse que en el P.E.P: se referirán todos los indicadores significativos en relación con magnitudes o sucesos directamente observables.

### 2.3.1 Aspectos hidrológicos

Se incluyen aquí tanto los aspectos relativos a procesos naturales (avenidas generadas por precipitaciones o deshielo) como a procesos artificiales (sueltas o avería grave o rotura de presas situadas aguas arriba).

Constituyen, en general, uno de los aspectos fundamentales a considerar, tanto por número de roturas por ellos causadas como por la velocidad del proceso y su dificultad de control. Su consecuencia más típica es el rebosamiento de la estructura, con o sin rotura de la presa.

Desde el punto de vista de la seguridad hidrológica de la presa, será necesario considerar al menos, en las presas en las que sea de aplicación el Reglamento Técnico sobre Seguridad de Presas y en Embalses de 1996, dos avenidas específicas, coincidentes con las definidas como de proyecto y extrema: *máxima avenida que debe tenerse en cuenta para el dimensionamiento del aliviadero, los órganos de desagüe y las estructuras de disipación de energía, de forma que funcionen correctamente (avenida de proyecto) y la mayor avenida que la presa puede soportar. 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 (avenida extrema)*. En el resto de las presas se considerarán las avenidas para las que fueron proyectadas.

En el caso de presas en explotación, además de las avenidas anteriores, debe establecerse la situación actual de la presa, consecuencia del proyecto original y de toda la historia de la explotación de la obra. También se evaluarán las avenidas que la presa puede soportar sin problemas de seguridad y las condiciones de explotación y resguardos vigentes.

Asimismo, en relación con las presas existentes, es preciso definir como situaciones características aquellas asociadas con la superación del nivel de embalse máximo registrado y con la superación del caudal vertido máximo registrado, así como la de situación del embalse en su nivel máximo normal.

Una vez establecidas las avenidas (naturales o artificiales) a considerar expresadas en términos probabilísticos, en la elaboración del P.E.P. es preciso convertir la definición anterior en magnitudes observables en la presa, teniendo en cuenta las características de ésta y del embalse, así como las condiciones hidrológicas y pluviométricas existentes en la cuenca donde se sitúa el embalse.

Así, mientras en las presas de materiales sueltos el nivel máximo de embalse en condiciones de seguridad puede estar condicionado por la cota del elemento impermeable por un lado y por otro por la altura del oleaje, en presas de fábrica puede guardar relación sólo con la cota de coronación (vertidos sobre coronación consecuencia de olas pueden no ser especialmente peligrosos). Del mismo modo, en una presa con aliviadero regulado por compuertas, con vertido no previsto sobre ellas, incluyendo aireación, hay que considerar específicamente la

posibilidad de su rotura caso de producirse su rebosamiento, conjuntamente con la eventual imposibilidad de operación de las compuertas.

Se tendrán en cuenta que, si bien los indicadores que motivan la declaración del Escenario 0 de control de la seguridad pueden ser complejos y basados en herramientas elaboradas y observaciones próximas y remotas (se parte de una situación de funcionamiento correcto de los elementos vitales), la tipificación de los indicadores asociados a escenarios de seguridad superiores serán directamente observables en el embalse o al menos estar estos establecidos para su utilización directa en el supuesto del fallo de los sistemas complejos (no es posible partir, en circunstancias especialmente adversas, del funcionamiento correcto de la alimentación de energía, de las comunicaciones o de los sistemas informáticos).

A continuación se presenta, con criterio general, una posible definición de umbrales, siendo necesario para cada caso analizar su adecuación y su posible aplicación.

a ) *Umbrales de definición del Escenario 0 de control de la seguridad.*

- Se ha alcanzado o está previsto que se alcance el nivel máximo registrado en la vida de la presa, sin que se prevean riesgos para la seguridad de la misma.
- Se ha alcanzado o está previsto que se alcance el caudal máximo vertido registrado en la vida de la presa, sin que se prevean riesgos para la seguridad.
- Con el embalse a su nivel máximo normal, está entrando en el embalse o se prevé que entre una avenida próxima pero inferior a la avenida de proyecto.
- Con el embalse a su nivel actual y con la avenida entrante y sus previsiones junto con las medidas de explotación y desembalse se prevé llegar, pero no superar, el nivel de la avenida de proyecto.

b ) *Umbrales de definición del Escenario 1 de aplicación de medidas correctoras.*

- Con el embalse a su nivel máximo normal está entrando en el embalse o se prevé que entre una avenida igual o superior a la avenida de proyecto, sin llegar a la avenida extrema.
- En la situación actual del nivel de embalse, superior o inferior al nivel máximo normal, y con la avenida entrante y sus previsiones junto con las medidas de explotación y desembalse se prevé superar el nivel de la avenida de proyecto pero no agotar los resguardos.
- Se prevé el vertido sobre las compuertas por la imposibilidad de su accionamiento, pero no su rotura por estar diseñadas para soportar la altura de vertido prevista.

c ) *Umbrales de definición del Escenario 2, excepcional.*

- Con el embalse a su nivel máximo normal está entrando en el embalse o se prevé que entre una avenida igual o superior a la avenida extrema.
- En la situación actual del nivel de embalse, superior o inferior al nivel máximo normal y con la avenida entrante y sus previsiones, junto con la aplicación de las medidas de explotación, desembalses y medios disponibles no se puede asegurar que no se agoten los resguardos existentes y se produzca el rebosamiento de la presa.
- Se prevé el vertido sobre las compuertas por la imposibilidad de su accionamiento, junto a su rotura por no estar diseñadas para soportar dicho vertido.

d ) *Umbrales de definición del Escenario 3, límite.*

- En la situación actual del nivel del embalse, superior al nivel de la avenida de proyecto, o en su caso superior a la avenida extrema y con la avenida entrante y sus previsiones, junto con las medidas de explotación, desembalses y medios disponibles, se prevé que se produzca el rebosamiento de la presa y su rotura.
- Se está produciendo el rebosamiento de la presa con riesgo de rotura inminente y se prevé o ya se ha iniciado la rotura de la presa.

Respecto a las definiciones anteriores cabe señalar que en cualquier caso se expresarán en el P.E.P. como criterios concretos y sistemáticamente numéricos (los caudales y niveles serán cuantificados) y las previsiones serán lo más cuantificables posibles, si bien esto depende de los sistemas realmente instalados, pudiendo moverse desde expresiones cualitativas (previsión de grandes precipitaciones, de deshielo importante, etc.) hasta indicadores cuantitativos (ascenso en el nivel de embalse superior a determinados centímetros por hora, previsión numérica derivada del SAIH, etc.). En cualquier caso, en la definición de los umbrales de los Escenarios 1 y superiores, se desarrollará en el P.E.P. una descripción que pueda ser interpretada en la propia presa, incluso en caso de fallo de los sistemas de energía, comunicaciones e informáticos.

### 2.3.2 Efectos sísmicos

La actividad sísmica (natural, provocada por explosiones fuertes o inducida por el embalse) no es anticipable en el tiempo, por lo que el plan de emergencia, en lo relativo a este aspecto, únicamente puede plantearse en función de la detección del suceso y de los resultados de una inspección posterior.

Como sismos de referencia, en general, únicamente es posible considerar el máximo registrado durante la vida de la presa en condiciones semejantes o peores de carga (nivel de

embalse y subpresiones superiores) a aquellas en las que se encuentre realmente y el de diseño o máximo soportable en condiciones teóricas de seguridad de la presa y de sus estructuras auxiliares.

En ausencia de mejores datos y de análisis, una posible orientación para la definición de los umbrales puede ser la siguiente:

a ) *Umbrales de definición del Escenario 0 de control de la seguridad.*

- Se ha sentido en la presa o en sus proximidades un terremoto incluso en el interior de las edificaciones, con vibraciones apreciables (nivel IV en la escala MKS o Mercalli Modificada), o se ha producido un terremoto de magnitud 3,5 en la escala de Richtter, o se ha registrado una aceleración sísmica prefijada. En todo caso estos valores deberán ser establecidos en cada caso concreto en función de la tipología de la presa y de las características de ésta y de la zona.
- Se ha sentido en la presa o en sus proximidades, producido o registrado un terremoto superior al mayor anteriormente soportado sin daños para la presa.

b ) *Umbrales de definición del Escenario 1 de aplicación de medidas correctoras.*

- Se ha sentido, producido o registrado en la presa o en sus proximidades un terremoto de aceleración pico igual al 50 % del máximo que es capaz de soportar la presa en condiciones de seguridad.
- Se ha sentido, producido o registrado en la presa o en sus proximidades un terremoto y la inspección visual inmediata de la presa o la consulta de los instrumentos de auscultación permite detectar cualquier tipo de desorden en los órganos vitales de la presa.

c ) *Umbrales de definición del Escenario 2 excepcional.*

- Se ha sentido, producido o registrado un terremoto en la presa o en sus proximidades y la inspección visual inmediata de la presa permite detectar desordenes graves en los órganos vitales de la presa (presencia de síntomas de pérdidas de agua no controladas en el embalse tales como vórtices en superficie del embalse o descenso del nivel no justificable por pérdidas normales, movimiento de taludes, roturas de los elementos de hormigón, asientos importantes, aparición de nuevas salidas concentradas de agua, presentación repentina de turbidez en las filtraciones u otras).

d ) *Umbrales de definición del Escenario 3 límite.*

- Se ha sentido, producido o registrado un terremoto y la inspección visual inmediata de la presa aprecia síntomas de rotura estructural inminente.



### 2.3.3 Precipitaciones

La presentación de precipitaciones intensas en el entorno de la presa es un suceso que, en sí mismo, no debe representar riesgo especial para la presa. Únicamente en concomitancia con otras circunstancias (posibilidad de deslizamiento de taludes en el vaso, saturación del cuerpo de presa en las de materiales sueltos, etc.) puede considerarse de interés en relación con el P.E.P. Distinto es el caso en que las precipitaciones en el entorno de la presa puedan ser indicadores de avenidas.

No obstante, dado que la presentación de grandes precipitaciones constituye una circunstancia esencial en otros procesos (circunstancias meteorológicas especialmente adversas pueden condicionar tanto el estado de la presa y el embalse como la posibilidad de una explotación normal), es conveniente incluir esta circunstancia en el P.E.P:

Normalmente, se establecerá únicamente el umbral de definición del Escenario 0 de control de la seguridad, que obliga a una inspección detallada y frecuente, viniendo definidos los umbrales de escenarios superiores por la superación de umbrales relativos a otros indicadores (indicadores asociados a movimientos o presiones intersticiales, por ejemplo).

El umbral de definición del escenario de emergencia vendrá caracterizado por la precipitación (en forma de lluvia o nieve) en uno o varios períodos de tiempo. El establecimiento de estas precipitaciones es completamente dependiente del caso concreto y será evaluado en función de las características siguientes que sean aplicables:

- Máxima precipitación histórica que ha soportado la presa sin anomalías de funcionamiento.
- Máxima precipitación histórica que ha soportado el vaso del embalse sin síntomas de deslizamiento de laderas.
- Dimensionamiento del drenaje de las instalaciones vitales de gestión de la explotación (sala de emergencias, instalaciones eléctricas, instalaciones de comunicaciones, etc.).
- Máximas precipitaciones que son capaces de soportar, manteniendo su funcionalidad, las vías de acceso a la presa.
- Máximas precipitaciones que son capaces de evacuar las estructuras de tierras (terraplenes, cuerpo de presa en el caso de las de materiales sueltos, etc.), sin comprometer su seguridad (sin producir incrementos apreciables de presiones intersticiales o saturación de zonas habitualmente no saturadas).

### 2.3.4 Deslizamiento de laderas

Esta situación puede ser vista desde dos perspectivas. La primera, desde el punto de vista de los indicadores, lo que será tratado más adelante, y la segunda desde el punto de vista de la ocurrencia que se aborda aquí.

La definición de umbrales en relación con la presentación de un deslizamiento de ladera en el vaso del embalse se realizará en función del volumen deslizado o llegado al vaso y de la cercanía a la propia presa o sus órganos vitales. En particular, se tendrá en cuenta la existencia de zonas deslizadas o con riesgo de deslizar en las proximidades de la presa, o en el embalse, que se estime puedan dar lugar a la activación de estos deslizamientos por causa de fuertes precipitaciones u otras causas.

Se establecerá el umbral de definición del Escenario 0 de control de la seguridad asociado a un volumen deslizado determinado en las cercanías de las estructuras vitales de la presa.

Únicamente parece necesario definir umbrales de escenarios superiores cuando se pueda establecer, a priori, afecciones aguas abajo ya que, en general, los riesgos se producirán a través de efectos sobre la presa, incluido un eventual vertido sobre la estructura. Será la inspección inmediata de la presa la que conduzca o no a la declaración de escenarios superiores, en función de otros indicadores.

### 2.3.5 Fuego y actos de vandalismo

La ocurrencia de estas circunstancias en general deberá ser motivo de la declaración del Escenario 0 de control de la seguridad, lo que motivará la realización inmediata de una inspección, cuyo resultado es el que puede dar lugar a la declaración de un escenario superior.

Únicamente cuando el fuego o el resultado de los actos de vandalismo puedan dar lugar a la degradación rápida de la estructura, en función del elemento afectado, debería establecerse directamente un Escenario 1 de aplicación de medidas correctoras o superior.

### 2.3.6 Acciones bélicas y actos de sabotaje

Caso de producirse alguna de estas circunstancias deberá establecerse el Escenario 0 de control de la seguridad, que conduce a la intensificación de las labores de inspección. Los resultados de estas inspecciones serán los que motiven, en su caso, la declaración de un escenario superior.

### 2.3.7 Indicadores de comportamiento

En general, para la elaboración del P.E.P. deberán revisarse todos los indicadores cuantitativos y cualitativos significativos y la instrumentación instalada, para lo que pueden servir de guía las tablas Nº 3 y Nº 4 de este anexo. La evaluación debe realizarse en función de la gravedad y de la velocidad de desarrollo del proceso al que aplica cada indicador concreto.

En general, cualquier cambio significativo que pueda tener un efecto negativo sobre la seguridad y no sea explicable directamente en función de otros parámetros (nivel de embalse, temperatura, etc.) debe considerarse causa suficiente para la declaración del Escenario 0 de control de la seguridad.

Como umbrales de definición del Escenario 1, de aplicación de medidas correctoras, se establecerán aquellos indicadores de sucesos de mayor gravedad o de proceso de desarrollo más rápido, como pueden ser la detección de subpresiones importantes y anormales en el cuerpo de presa o en el cimiento, el crecimiento rápido del caudal de filtración o la detección de arrastres de finos, la existencia de indicadores de erosión interna, la aparición de nuevas grietas apreciables en la propia presa o en las estructuras vitales, la aparición de deformaciones de magnitud considerable, la detección de inoperatividad de los órganos del desagüe, etc.

Como umbrales de definición del Escenario 2, excepcional, se establecerán aquellos relativos a indicadores que pongan de manifiesto un elevado riesgo de rotura, por su gravedad y presentación súbita o repentina, que, en general, están asociados a grandes cambios de los indicadores entre lecturas sucesivas o a combinaciones de ellos, como pueden ser el incremento de filtraciones acompañado por síntomas de pérdida apreciable de material y/o de detección de remolinos en la superficie del embalse, la detección de un descenso apreciable de nivel de embalse no explicable por los procesos de evaporación y filtraciones, la aparición de nuevas fuentes o surgencias con caudal apreciable, el incremento de filtraciones en los contactos entre estructuras rígidas y relleno acompañadas por deformaciones en las alineaciones del contacto, la aceleración de los procesos asociados a los umbrales del Escenario 1 (movimientos, filtraciones, etc.), la inoperatividad de los órganos de desagüe en circunstancias en que son necesarios, etc.

Los umbrales de definición del Escenario 3, límite, se referirán a síntomas claros de rotura (deformaciones muy importantes, filtraciones muy grandes y concentradas, con o sin turbidez,

desarrollo progresivo muy rápido de las grietas, síntomas de deslizamiento de los taludes en las presas de materiales sueltos, etc.), o, en su caso, al inicio del propio fenómeno de rotura, progresiva o rápida.

A continuación se presenta una posible definición genérica de umbrales, a modo de referencia, de la que se estudiará con detalle las variaciones necesarias para su aplicación a casos concretos.

Únicamente se tratan los umbrales asociados a los Escenarios 0 de control de la seguridad y 1 de aplicación de medidas correctoras, ya que el Escenario 2, excepcional, por su propia definición (“existe peligro de rotura o avería grave de la presa y no puede asegurarse con certeza que pueda ser controlado mediante la aplicación de las medidas y medios disponibles”), será abordado directamente en cada caso concreto, al ser dependiente su establecimiento tanto de la frecuencia de las medidas e inspecciones y de la evolución temporal como de la posible aplicación de las medidas correctoras y de la disponibilidad real de los medios necesarios para corregir la situación. En general, los indicadores de definición del Escenario 2 serán los mismos que se hayan establecido para la definición del Escenario 1 con umbrales modificados en función de que la evolución sea hacia el agravamiento de la situación y de que no sea razonablemente seguro que, mediante la aplicación de las medidas correctoras disponibles, pueda invertirse la tendencia.

**a ) Indicadores cualitativos.**

- *Umbrales de definición del Escenario 0 de control de la seguridad (salvo que se asocien a escenarios superiores).*
  - Aparición de fisuras o grietas, locales o generales y superficiales o profundas, en presas de hormigón, que puedan afectar a la seguridad de la presa.
  - Aparición de humedades significativas en el paramento aguas abajo de presas de hormigón.
  - Aparición de filtraciones significativas concentradas a través de las presas de fábrica o de su cimiento.
  - Modificación, significativa y apreciable de vista, en los caudales de filtración a través de las presas de fábrica o de su cimiento.
  - Aparición de síntomas de burbujeos en el pie de presas de fábrica o de dolinas en el cauce aguas abajo.
  - Aparición de síntomas de turbidez en las filtraciones a través de las presas de fábrica o de su cimiento.

- Aparición de síntomas de movimientos observables de vista en presas de fábrica o en su pie, de irregularidades o pérdidas de alineación en su coronación.
- Aparición de síntomas de desajustes superficiales (erosiones o movimientos) en cualquiera de los paramentos de las presas de materiales sueltos.
- Aparición de síntomas de turbidez en las filtraciones a través de las presas de materiales sueltos o de su cimientó.
- Aparición de síntomas de burbujeo o dolinas en el paramento agua abajo de las presas de materiales sueltos, en el pie o en el cauce agua abajo.
- Aparición de síntomas de humedad o indicios de vegetación hidrófila en el paramento agua abajo de las presas de materiales sueltos.
- Aparición de filtraciones significativas y concentradas a través de las presas de materiales sueltos o de su cimientó.
- Modificación significativa, apreciable de vista, en el caudal de filtración a través de las presas de materiales sueltos o de su cimientó.
- Aparición de síntomas de hundimientos o grietas de cualquier tipo y morfología en los paramentos o la coronación de presas de materiales sueltos.
- Aparición de síntomas de deformaciones apreciables de vista en los paramentos, la coronación o en el pie de las presas de materiales sueltos o de desalineaciones en su coronación.
- Aparición de síntomas de erosiones significativas en el aliviadero.
- Aparición de síntomas de movimientos, agrietamiento o roturas estructurales en el vertedero, la solera, los cajeros o la estructura de disipación de energía del aliviadero, que puedan afectar a su capacidad de desagüe con seguridad.
- Detección de obstrucciones en la embocadura del aliviadero que puedan afectar a su capacidad de desagüe.
- Detección de problemas de accesibilidad a los mecanismos, fuentes de energía, y elementos electromecánicos que puedan afectar significativamente a su funcionamiento normal.
- Detección de síntomas de actos de vandalismo.
- Aparición de síntomas de dolinas sobre las alineaciones de los conductos o de filtraciones o depósitos de finos a su salida.
- Aparición de síntomas de deformaciones en las alineaciones de los conductos o en sus juntas.
- Detección de la no operatividad de válvulas o compuertas o síntomas de mal funcionamiento (pruebas o inspección visual) que puedan afectar a la seguridad de la presa.
- Detección de fallos en la alimentación de energía que puedan afectar a la seguridad de la presa.

- Detección de problemas de accesibilidad a la presa y sus estructuras vitales que puedan afectar a la seguridad de la presa.
  - Aparición de indicios de agrietamiento u otros síntomas de deslizamiento en las laderas del vaso o en el entorno de la presa que puedan afectar a la seguridad de la presa.
  - Desajustes significativos en el balance de masa del agua embalsada.
  - Aparición de indicios de turbulencias inexplicadas en el embalse.
  - Aparición de indicios de nuevas fuentes en las inmediaciones de la presa o el embalse o de incremento del caudal de las existentes.
  - Aparición de indicios de erosiones en el cauce en las proximidades de la presa o de sus estructuras vitales.
  - En general, detección de síntomas de cualquier alteración en las condiciones de la presa, el embalse y de sus estructuras asociadas que puedan afectar a su seguridad.
- *Umbral de definición del Escenario 1 de aplicación de medidas correctoras (salvo que se asocien a escenarios superiores).*
- En general, cualquiera de los aspectos que se asocian al Escenario 0, cuando su nivel sea superior al de simple síntoma o sospecha, adquiriendo un nivel de desarrollo apreciable que haga necesaria la adopción de medidas correctoras para restablecer en su totalidad la seguridad de la presa.
  - Aparición de grietas profundas en el cuerpo de las presas de fábrica que afecten a su integridad y comportamiento estructural.
  - Existencia de filtraciones importantes y concentradas con caudal apreciable a través de las presas de fábrica o de su cimiento.
  - Incremento apreciable y brusco de las filtraciones a través de las presas de fábrica o de su cimiento que sean indicativos de posibles problemas importantes para la seguridad de la presa.
  - Existencia de burbujes en el pie de presas de fábrica o de dolinas en el cauce agua abajo.
  - Existencia de turbidez apreciable en las filtraciones a través de las presas de fábrica o de su cimiento.
  - Desarrollo de movimientos apreciables en coronación de las presas de fábrica o en su pie.
  - Desarrollo de erosiones superficiales o de movimientos en las capas de protección en los paramentos de las presas de materiales sueltos que puedan comprometer la estabilidad.
  - Existencia de turbidez apreciable en las filtraciones a través de las presas de materiales sueltos o de su cimiento.

- Existencia de burbujeo o dolinas en el paramento agua abajo de las presas de materiales sueltos, en el pie o en el cauce agua abajo.
- Existencia de humedades importantes o de vegetación hidrófila en el paramento agua abajo de las presas de materiales sueltos.
- Existencia de filtraciones concentradas con caudal apreciable a través de las presas de materiales sueltos o de su cimientó.
- Incremento apreciable y brusco del caudal de filtración a través de las presas de materiales sueltos o de su cimientó que sean indicativos de posibles problemas importantes para la seguridad de la presa.
- Existencia de hundimientos o grietas de cualquier tipo y morfología en los paramentos o la coronación de presas de materiales sueltos o de abombamientos en su talud agua abajo.
- Existencia de deformaciones apreciables de vista en los paramentos, la coronación o en el pie de las presas de materiales sueltos o pérdida de alineaciones en su coronación.
- Existencia de erosiones, movimientos, agrietamiento o roturas estructurales en el vertedero, la solera, los cajeros o la estructura de disipación de energía del aliviadero que supongan una limitación significativa en los caudales de evacuación.
- Existencia de obstrucciones en la embocadura del aliviadero que impidan su normal funcionamiento, cuando no sean eliminables de forma inmediata.
- Existencia de problemas de accesibilidad a los mecanismos, fuentes de energía y elementos electromecánicos, cuando no sean solventables de forma inmediata y puedan afectar de manera importante a la operación y seguridad de la presa.
- Existencia de deformaciones importantes en las alineaciones de los conductos o en sus juntas.
- Detección de la no operatividad de válvulas o compuertas o de su mal funcionamiento cuando no sea reversible la situación de manera inmediata o coincida con situaciones que impliquen la posibilidad de la necesidad de su actuación y puedan afectar de manera importante a la seguridad de la presa.
- Detección de fallos en la alimentación de energía cuando no sean subsanables de manera inmediata y puedan afectar de forma importante a la seguridad y operación de la presa.
- Existencia de problemas de accesibilidad a la presa y sus estructuras vitales cuando no sean subsanables de forma inmediata y puedan afectar de forma importante a la seguridad y operación de la presa.
- Existencia de grietas o áreas de deslizamiento en las laderas del vaso o en el entorno de la presa que supongan un peligro potencial importante para la seguridad de la presa.

- Desajuste en el balance de masas del agua embalsada no explicable por causas conocidas.
- Existencia de turbulencias apreciables e inexplicables en el embalse.
- Aparición de nuevas fuentes significativas e importantes en las inmediaciones de la presa o el embalse o incremento importante de caudal de las existentes, no explicable por el incremento en el nivel de embalse ni por el régimen de precipitaciones.
- Existencia de erosiones en el cauce en las proximidades de la presa o de sus estructuras vitales que puedan afectar de manera importante a la seguridad de la presa.

## **b ) Indicadores cuantitativos**

Es preciso distinguir dos casos diferentes, en función de que se trate de una presa nueva o de una presa en explotación. En el primer caso, será el proyecto, evaluado a la luz de las observaciones deducidas del primer llenado, el que establezca los umbrales de los indicadores cuantitativos correspondientes a los distintos escenarios. Para ello se evaluará el comportamiento previsto de la presa en relación con los movimientos, deformaciones, filtraciones, presiones intersticiales y subpresiones fundamentalmente y, con criterios conservadores, establecer un rango de variabilidad admisible en torno de las previsiones. Son de aplicación los métodos usuales de análisis del comportamiento.

En el caso de presas en explotación, para el establecimiento de los umbrales se aplicará la metodología descrita en el punto 3 del presente anexo. Con ello, se establecerá el campo de comportamiento normal de la presa y se dispondrá de un sistema de detección de anomalías. En general, y a título puramente indicativo, puede establecerse que el paso al Escenario 0 de control de la seguridad puede corresponder a semiintervalos de tolerancia de amplitudes comprendidas entre una y dos veces la desviación típica, aunque, como se ha indicado, ello será función de las circunstancias concurrentes (nivel de embalse, estado térmico, etc.) que reducen la variabilidad no explicada de las observaciones, debiendo tenerse en cuenta en cada presa sus características propias y la evolución temporal de los indicadores.

Adicionalmente a las consideraciones anteriores que, tal como se ha indicado, serán evaluadas individualmente en función de las circunstancias concurrentes en cada caso concreto, pueden señalarse las peculiaridades siguientes:

- a ) En el análisis estadístico se recomienda tener en cuenta todas las circunstancias y actuaciones que se hayan producido a lo largo de la vida de la presa. Por ejemplo, la



realización de una campaña de inyecciones puede cambiar sustancialmente el comportamiento.

- b) En el establecimiento del umbral de los indicadores del Escenario 0 de control de seguridad se recomienda tener en cuenta la situación de la presa y el embalse. Desviaciones relativamente importantes en situaciones de embalse bajo pueden ser mucho menos significativas que desviaciones menores en situaciones de embalse lleno.
- c) Fundamentalmente en los casos de indicadores con desviación típica pequeña, deben introducirse en el análisis las características de precisión de la instrumentación instalada, estableciendo valores absolutos mínimos de la desviación observada para la declaración de los distintos escenarios de emergencia.
- d) El análisis de tendencia temporal presenta peculiaridades significativas. Por ejemplo, la detección de una tendencia temporal hacia la inseguridad en situaciones de embalse bajo y temperaturas normales podría ser motivo de declaración, al menos, del escenario de emergencia 0 de control de la seguridad, mientras que en situaciones de embalse alto o temperaturas extremas podría ser motivo de declaración del Escenario 1 de establecimiento de medidas correctoras.
- e) Se recomienda no considerar válido un análisis exclusivamente estadístico, sino que se incluirá en el análisis la consideración de los procesos físicos que se desarrollan a lo largo de la vida de la presa, teniendo en cuenta las experiencias de explotación de la presa y el juicio ingenieril para la discriminación de los diversos escenarios del Plan de Emergencia.

**TABLA N° 1:  
CLASIFICACIÓN DE LAS CAUSAS DE DETERIORO DE PRESAS.  
(ICOLD)**

<b>PRESAS DE HORMIGÓN INCLUYENDO SUS CIMENTACIONES.</b>	
<b>Tipología</b>	<b>Causa del deterioro.</b>
PROYECTO INADECUADO	Cualquier aspecto
DEBIDO A LAS CIMENTACIONES	Reconocimientos incompletos o inadecuados
	Deformaciones y asentos
	Resistencia al corte
	Filtración
	Erosión interna
	Degradación (incluso hinchamiento)
	Estado inicial de tensiones
	Tensiones de tracción en el pie agua arriba de aguas arriba
	Preparación de la superficie del cimiento
	Tratamiento de consolidación
	Pantallas de inyección y otros dispositivos de estanqueidad
	Sistemas de drenaje
	Obtención de galerías, pozos y taladros de investigación
DEBIDO AL HORMIGÓN	Reacción entre componentes del hormigón (incluida reacción alcali - árido)
	Reacción entre componentes del hormigón y el ambiente (incluida disolución de cal)
	Resistencia al hielo - deshielo
	Ataque por bacterias
	Resistencia a compresión
	Resistencia a tracción
	Permeabilidad
	Hormigonado (incluido orden de hormigonado entre bloques)
	Resistencia al corte
	Enfriamiento
	Juntas de construcción (incluidos los dispositivos de estanqueidad)
	Disposición de refuerzos y anclajes
	Envejecimiento del hormigón
DEBIDO A ACCIONES IMPREVISTAS O DE EXCEPCIONAL MAGNITUD	Presión hidrostática o de aterramientos (incluido hielo)
	Subpresión
	Sismos (naturales o provocados)
	Variación de temperatura exterior
	Variación de temperatura debida a hidratación
	Variación de humedad
	Rebosamiento
	Deterioro del contacto roca -hormigón
COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE PRESAS BÓVEDA.	Forma y contacto con el valle
	Tensiones de tracción
	Concentración de tensiones debida a singularidades de forma en la superficie del cimiento
	Concentración de tensiones alrededor de huecos y singularidades de forma
	Estribos artificiales y cimiento
	Distribución y tipo de juntas
	Paramentos

Tipología	Causa del deterioro.
COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE PRESAS DE GRAVEDAD Y CONTRAFUERTE	Forma y contacto con el valle
	Tensiones de tracción
	Concentración de tensiones debida a singularidades de forma en la superficie del cimiento
	Concentración de tensiones alrededor de huecos y singularidades de forma
	Distribución y tipo de juntas
	Paramentos
DEBIDA A LA INSPECCIÓN	Dispositivos o interpretación inadecuados
DEBIDA A LA CONSERVACIÓN	Inspecciones periódicas
	Limpieza de drenes
	Control de caudales de filtración
	Bombeo de aguas de filtración
	Deterioro de la instrumentación

<b>PRESAS DE MATERIALES SUELTOS, INCLUYENDO SUS CIMIENTOS.</b>	
<b>Tipología</b>	<b>Causa del deterioro.</b>
PROYECTO INADECUADO	Cualquier aspecto
DEBIDO A LAS CIMENTACIONES	Reconocimientos incompletos o inadecuados
	Deformaciones y asentos
	Resistencia al corte
	Filtración
	Erosión interna (tubificación)
	Degradación (incluso hinchamiento)
	Estado inicial de tensiones
	Licuefacción
	Permafrost
	Tratamiento de la superficie del cimiento
	Recogida de aguas de filtración durante la construcción
	Tratamiento de consolidación
	Compactación
	Secado
	Taludes provisionales
	Helado de rellenos
Reactivación de antiguos deslizamientos.	
DEBIDO A LOS MATERIALES Y A LA EJECUCIÓN DEL RELLENO, EXCLUYENDO FILTROS Y DRENES.	Arcillas finas
	Arcillas orgánicas
	Arcillas dispersivas
	Limos y arenas finas uniformes
	Suelos solubles
	Suelos expansivos
	Suelos residuales con cantos
	Rocas descompuestas
	Rocas alterables
	Granulometría
	Contenido de agua
	Colocación
	Compactación
	Secado
	Taludes temporales
	Helado de rellenos

Tipología	Causa del deterioro.
DEBIDO A ACCIONES IMPREVISTAS O DE EXCEPCIONAL MAGNITUD	Presión hidrostática y empuje de sedimentos (incluso hielo)
	Subpresión
	Presión intersticial
	Precipitación
	Olas en el embalse
	Hielo – deshielo
	Sismos (naturales o provocados)
	Rebosamiento
	Rotura de presa agua arriba
	Retrasos en la construcción
DEBIDO AL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA PRESA.	Forma y contacto con el valle
	Núcleo impermeable
	Otros sistemas de estanqueidad
	Zonas de transición
	Estribos
	Sistemas de drenaje
	Protección de taludes
	Filtros
	Contacto entre estructuras rígidas y terraplenes
	Movimientos diferenciales (incluso transferencia de carga, fisuración, efecto arco, fractura hidráulica)
	Filtración
	Erosión interna (tubificación)
	Licuefacción
	Deslizamiento agua arriba
Deslizamiento agua abajo	
Rotura o flujo anormal en conductos en el interior de la presa	
DEBIDO A LA AUSCULTACIÓN	Dispositivos o interpretación inadecuados
DEBIDO AL MANTENIMIENTO	Inspecciones periódicas
	Limpieza de drenes
	Control de caudales de filtración
	Mantenimiento de la protección de taludes
	Minado por animales
	Brecha voluntaria para evitar el rebosamiento

<b>PRESAS DE MAMPOSTERÍA INCLUYENDO SUS CIMENTACIONES</b>	
<b>Tipología</b>	<b>Causa del deterioro.</b>
PROYECTO INADECUADO	Cualquier aspecto
DEBIDO A LAS CIMENTACIONES	Reconocimientos incompletos o inadecuados
	Deformaciones y asentamientos
	Resistencia al corte
	Filtración
	Erosión interna
	Degradación (incluso hinchamiento)
	Estado inicial de tensiones
	Tensiones de tracción en el pie de aguas arriba
	Tratamiento superficial del cimiento
	Tratamiento de consolidación
	Pantallas de inyección y otros dispositivos de estanqueidad
	Sistemas drenaje
DEBIDO AL MORTERO	Reacción entre componentes de la mampostería (incluida reacción alcalí-árido)
	Reacción entre componentes de la mampostería y el ambiente (incluida disolución de cal)
	Resistencia al hielo-deshielo
	Ataque por bacterias
	Resistencia a la compresión
	Resistencia al corte
	Resistencia a tracción
	Permeabilidad
	Construcción de la mampostería (incluido el orden)
	Juntas de construcción (incluidos dispositivos de estanqueidad)
DEBIDO A LOS MAMPUESTOS	Alterabilidad
	Juntas entre mampuestos
DEBIDO A ACCIONES IMPREVISTAS O DE EXCEPCIONAL MAGNITUD	Presión hidrostática y de aterramientos (incluido hielo)
	Subpresión
	Sismos (naturales o provocados)
	Variación de la temperatura ambiente
	Variación de humedad
	Rebosamiento
	Rotura de presa agua arriba
DEBIDO AL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL	Forma y contacto con el valle
	Tensiones de tracción
	Concentración de tensiones debida a singularidades de forma en la superficie del cimiento
	Concentración de tensiones alrededor de huecos y singularidades de forma
	Distribución y tipo de juntas
	Paramentos
DEBIDA A LA INSPECCIÓN	Dispositivos o interpretación inadecuados

Tipología	Causa del deterioro.
DEBIDA AL MANTENIMIENTO	Inspecciones periódicas
	Limpieza de drenes
	Control de caudales de filtración
	Bombeo de aguas de filtración
	Deterioro de la instrumentación

<b>OBRAS COMPLEMENTARIAS</b>	
Tipología	Causa del deterioro.
PROYECTO INADECUADO	Túneles y canales
DEBIDO A LAS CIMENTACIONES (Si tiene características distintas al de la presa)	Reconocimientos incompletos o inadecuados
	Deformaciones y asentos
	Resistencia al corte
	Deformaciones y asentos
	Filtración
	Erosión interna
	Alteración (incluso hinchamiento)
	Estado inicial de tensiones
	Preparación superficial del cimiento
	Tratamiento de consolidación
	Pantallas de inyección y otros dispositivos de estanqueidad
	Sistemas de drenaje
Obturación de galerías, pozos y taladros de inspección	
DEBIDO AL HORMIGÓN (Si tiene características distintas al de la presa)	Reacción entre componentes del hormigón (incluida reacción alcalí - árido)
	Reacción entre componentes del hormigón y el ambiente (incluida disolución de cal)
	Resistencia al hielo - deshielo
	Ataque por bacterias
	Resistencia mecánica (incluida resistencia a tracción)
	Permeabilidad
	Hormigonado (incluido enfriamiento)
	Fisuración
	Acabado superficial (incluidos paramentos)
	Juntas de construcción (incluidos los dispositivos de estanqueidad)
	Puesta en obra de refuerzos y anclajes
	Erosión por abrasión
Erosión por cavitación	
DEBIDO A LA ESCOLLERA DE PROTECCIÓN	Desagregación de bloques
	Movimiento de bloques
DEBIDO AL ACERO Y OTROS MATERIALES	Agentes químicos o biológicos
	Erosión por abrasión
	Erosión por cavitación
	Resistencia mecánica



Tipología	Causa del deterioro.
DEBIDO A ACCIONES IMPREVISTAS O DE EXCEPCIONAL MAGNITUD	Presión hidrostática y de aterramientos (incluido hielo)
	Presión y choque de hielo
	Subpresión
	Sismos (naturales o provocados)
	Variación de la temperatura y humedad
	Retrasos en la construcción simultáneos a avenidas
DEBIDO AL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL	Comportamiento estructural del aliviadero
	Insuficiente capacidad del aliviadero
	Erosión bajo el aliviadero
	Proyecto inadecuado del aliviadero
DEBIDO A LA FILTRACIÓN, AL NIVEL DE AGUA Y A LOS ARRASTRES (Incluso en construcción)	Caudal excesivo
	Turbulencia
	Vórtices
	Olas
	Sobrepresiones y depresiones
	Arrastre de aire
	Leyes de gasto inexactas
	Arrastres sólidos del flujo
	Evacuación de flotantes
	Erosión a lo largo del paramento exterior de un conducto enterrado
DEBIDO A EROSIÓN LOCAL	Cualquier aspecto
DEBIDO A LA EXPLOTACION	Apertura brusca de los órganos de desagüe
	Consignas inadecuadas para la maniobra de los desagües
DEBIDO A LA INSPECCIÓN	Dispositivos inadecuados
DEBIDO AL MANTENIMIENTO	Inspecciones periódicas
	Limpieza de drenes
	Control de caudales de filtración
	Evacuación de filtraciones
	Deterioro de los instrumentos de medida
	Mal funcionamiento de los órganos de desagüe
	Acumulación de restos en los órganos de disipación

<b>EMBALSE</b>	
<b>Tipología</b>	<b>Causa del deterioro.</b>
DESLIZAMIENTO DE TALUDES	Cualquier aspecto
CAIDA DE BLOQUES	Cualquier aspecto
PERMEABILIDAD	Cualquier aspecto
ATERRAMIENTO	Cualquier aspecto
EQUILIBRIO ECOLÓGICO	Cualquier aspecto

<b>AGUAS ABAJO</b>	
<b>Tipología</b>	<b>Causa del deterioro.</b>
EQUILIBRIO DEL LECHO DEL RIO	Cualquier aspecto
ESTABILIDAD DE MÁRGENES	Cualquier aspecto
EQUILIBRIO ECOLÓGICO	Cualquier aspecto

**TABLA N° 2:**  
**CLASIFICACIÓN DE LAS CAUSAS DE ROTURA DE PRESAS.**  
**(ICOLD. Boletín 99)**

<b>PRESAS DE HORMIGÓN INCLUYENDO SUS CIMENTACIONES.</b>	
<b>Tipología</b>	<b>Causa de la rotura.</b>
PROYECTO INADECUADO	Cualquier aspecto
DEBIDO A LAS CIMENTACIONES	Reconocimientos incompletos o inadecuados
	Deformaciones y asentos
	Resistencia al corte
	Filtración
	Tensiones de tracción en el pie agua arriba de la presa
	Preparación de la superficie del cimientó
DEBIDO AL HORMIGÓN	Pantallas de inyección y otros dispositivos de estanqueidad
	Resistencia al hielo - deshielo
	Permeabilidad
ACCIONES IMPREVISTAS O DE EXCEPCIONAL MAGNITUD	Envejecimiento del hormigón
	Subpresión
	Rebosamiento
COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE PRESAS BÓVEDA.	Deterioro del contacto roca -hormigón
	Estribos artificiales y cimientó
COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE PRESAS DE GRAVEDAD Y CONTRAFUERTES	Tensiones de tracción
	Paramentos

<b>PRESAS DE MATERIALES SUELTOS, INCLUYENDO SUS CIMIENTOS.</b>	
<b>Tipología</b>	<b>Causa de la rotura</b>
PROYECTO INADECUADO	Cualquier aspecto
DEBIDO A LAS CIMENTACIONES	Deformaciones y asentos
	Resistencia al corte
	Filtración
	Erosión interna (tubificación)
	Tratamiento de consolidación
	Reactivación de antiguos deslizamientos.
DEBIDO A LOS MATERIALES Y A LA EJECUCIÓN DEL RELLENO, EXCLUYENDO FILTROS Y DRENES.	Arcillas dispersivas
	Limos y arenas finas uniformes
	Colocación
	Compactación
DEBIDO A ACCIONES IMPREVISTAS O DE EXCEPCIONAL MAGNITUD	Presión hidrostática y empuje de sedimentos (incluso hielo)
	Precipitación
	Olas en el embalse
	Sismos (naturales o provocados)
	Rebosamiento
	Rotura de presa agua arriba
	Retrasos en la construcción
DEBIDO AL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA PRESA.	Núcleo impermeable
	Otros sistemas de estanqueidad
	Zonas de transición
	Protección de taludes
	Contacto entre estructuras rígidas y terraplenes
	Movimientos diferenciales (incluso transferencia de carga, fisuración, efecto arco, fractura hidráulica)
	Filtración
	Erosión interna (tubificación)
	Licuefacción
	Deslizamiento agua arriba
	Deslizamiento agua abajo
	Rotura o flujo anormal en conductos en el interior de la presa
DEBIDO AL MANTENIMIENTO	Brecha voluntaria para evitar el rebosamiento

<b>PRESAS DE MAMPOSTERÍA INCLUYENDO SUS CIMENTACIONES</b>	
<b>Tipología</b>	<b>Causa de la rotura</b>
DEBIDO A LAS CIMENTACIONES	Resistencia al corte
	Filtración
	Erosión interna
DEBIDO AL MORTERO	Construcción de la mampostería (incluido el orden)
DEBIDO A ACCIONES IMPREVISTAS O DE EXCEPCIONAL MAGNITUD	Subpresión
	Rebosamiento

<b>OBRAS COMPLEMENTARIAS</b>	
<b>Tipología</b>	<b>Causa de la rotura</b>
PROYECTO INADECUADO	Túneles y canales
DEBIDO AL CIMENTO (Si tiene características distintas al de la presa)	Deformaciones y asentos
	Erosión interna
DEBIDO AL ACERO Y OTROS MATERIALES	Resistencia mecánica
DEBIDO A ACCIONES IMPREVISTAS O DE EXCEPCIONAL MAGNITUD	Retrasos en la construcción simultáneos a avenidas
DEBIDO AL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL	Comportamiento estructural del aliviadero
	Insuficiente capacidad del aliviadero
	Erosión bajo el aliviadero
	Proyecto inadecuado del aliviadero
DEBIDO A LA FILTRACIÓN, AL NIVEL DE AGUA Y A LOS ARRASTRES (Incluso en construcción)	Caudal excesivo
	Olas
	Arrastres sólidos del flujo
	Evacuación de flotantes
	Erosión a lo largo del paramento exterior de un conducto enterrado
DEBIDO A LA EXPLOTACION	Consignas inadecuadas para la maniobra de los desagües
DEBIDO A LA INSPECCIÓN	Dispositivos inadecuados
DEBIDO AL MANTENIMIENTO	Mal funcionamiento de los órganos de desagüe

<b>EMBALSE</b>	
<b>Tipología</b>	<b>Causa de la rotura</b>
DESLIZAMIENTO DE TALUDES	Cualquier aspecto

**TABLA N° 3:  
INDICADORES CUANTITATIVOS GENERALES.**

<b>Indicador</b>	<b>Sistema de medida</b>
<i>Movimientos relativos</i>	Extensómetros, hilo invar, barras, elongómetros, elongómetros en triángulo, ...
<i>Movimientos verticales</i>	Nivel hidrostático, nivelación topográfica,...
<i>Movimientos angulares</i>	Clinómetros, inclinómetros,...
<i>Movimientos horizontales</i>	Péndulos directos, láser o invertidos, distancímetros, colimación, torpedos en tubos telescópicos,...
<i>Deformaciones</i>	Extensómetros en roseta,...
<i>Asientos</i>	Nivelación, células de asiento, hilo invar, barras, extensómetros,...
<i>Subpresión y presión intersticial</i>	Piezómetros eléctricos, hidráulicos, de cuerda vibrante o neumáticos, manómetros en drenes,...
<i>Movimientos sísmicos</i>	Sismógrafos,...
<i>Humedad</i>	Higrómetros,...
<i>Temperaturas</i>	Termómetros de mercurio, de par termoeléctrico, de resistencia o de cuerda vibrante
<i>Precipitaciones y avenidas</i>	Sistemas de previsión, pluviómetros, nivómetros, aforos,...
<i>Aforos de filtraciones</i>	Aforadores con medida eléctrica, óptica, sónica o mecánica,...
<i>Turbidez de filtraciones</i>	Turbidímetros,...
<i>Batimetría</i>	Sondas sónicas, radar,...
<i>Emisión acústica</i>	Microsismógrafos, sonómetros,...
<i>Apertura de juntas y grietas</i>	Dilatómetros, deformómetros,...
<i>Tensiones</i>	Células de presión total,...
<i>Vías preferentes de filtración</i>	Termografía infrarroja o profunda, fibra óptica,...
<i>Nivel de embalse</i>	Balanza hidrostática, escala graduada,...
<i>Estado de aliviaderos, desagües y tomas</i>	Niveles, apertura, caudalímetros, aforos, niveles,...
<i>Estado de la alimentación de energía</i>	Cuadros, conexiones, grupos electrógenos,...
<i>Movimientos de ladera en el embalse</i>	Extensómetros, nivelación, satélites,...



**TABLA N° 4:  
INDICADORES CUALITATIVOS GENERALES.**

<b>PRESAS DE FÁBRICA</b>			
<b>Grupo</b>	<b>Indicador</b>	<b>Posibles orígenes</b>	<b>Posibles efectos</b>
Apariencia superficial	Fisuración, resquebrajamiento o cuarteado general y superficial	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ciclos de hielo-deshielo</li> <li>- Reacciones químicas</li> <li>- Ataque por sulfatos</li> <li>- Lavado del hormigón</li> <li>- Envejecimiento del hormigón</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Deterioro acelerado</li> <li>- Reducción de la tensión admisible</li> <li>- Reducción de la tensión efectiva</li> <li>- Incremento de tensiones</li> <li>- Pérdida de peso</li> <li>- Incremento de las filtraciones</li> </ul>
	Fisuración o cuarteado local superficial	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Concentración de tensiones</li> <li>- Acción del hielo</li> <li>- Movimientos diferenciales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Deterioro progresivo</li> <li>- Incremento de filtraciones</li> <li>- Pérdida de sección</li> <li>- Concentración de tensiones</li> </ul>
	Agrietamiento profundo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cargas imprevistas</li> <li>- Sobretensiones</li> <li>- Subpresiones elevadas</li> <li>- Retracción del hormigón</li> <li>- Expansión del hormigón</li> <li>- Movimientos del cimiento</li> <li>- Sismos</li> <li>- Pérdida de resistencia</li> <li>- Deslizamiento</li> <li>- Efectos térmicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incremento de filtraciones</li> <li>- Deterioro acelerado</li> <li>- Fisuración progresiva</li> <li>- Redistribución de tensiones</li> <li>- Incremento de tensiones</li> <li>- Reducción de la estabilidad</li> <li>- Movimientos diferenciales</li> </ul>
Filtraciones	Humedad superficial en paramentos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agrietamiento</li> <li>- Deterioro del hormigón</li> <li>- Porosidad del hormigón</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Deterioro rápido</li> <li>- Lavado del hormigón</li> <li>- Pérdida de peso</li> <li>- Pérdida de resistencia</li> <li>- Incremento de filtraciones</li> </ul>
	Filtraciones concentradas a través de la presa	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agrietamiento</li> <li>- Movimientos diferenciales</li> <li>- Apertura de juntas</li> <li>- Subpresión importante</li> <li>- Fugas en tuberías y conductos</li> <li>- Cegado de drenes</li> <li>- Erosión del hormigón</li> <li>- Lavado del hormigón</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pérdida del esqueleto sólido</li> <li>- Pérdida de la integridad estructural</li> <li>- Incremento de subpresiones</li> </ul>
	Modificación en el caudal a través de la presa	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Autosellado de grietas</li> <li>- Cegado de drenes</li> <li>- Rotura de drenes</li> <li>- Movimientos diferenciales</li> <li>- Fractura del hormigón</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incremento de subpresiones</li> <li>- Pérdida de mortero</li> <li>- Redistribución de tensiones</li> </ul>
	Modificaciones en el caudal a través del cimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Deterioro del cimiento</li> <li>- Drenaje inadecuado del cimiento</li> <li>- Apertura de juntas, grietas, fallas.</li> <li>- Asientos diferenciales en el cimiento</li> <li>- Elemento de impermeabilización inadecuado</li> <li>- Reapertura de cavidades</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reblandecimiento del cimiento</li> <li>- Rotura del cimiento</li> <li>- Erosión interna del cimiento</li> <li>- Incremento de subpresiones</li> <li>- Pérdida de capacidad portante del cimiento</li> <li>- Movimientos en la presa</li> <li>- Pérdida de capacidad de embalse</li> <li>- Colapso del cimiento</li> </ul>
	Burbujeo en el pie		
Dolinas en cauce			
Filtraciones concentradas a través del cimiento			
Filtraciones turbias a través del cimiento			

Grupo	Indicador	Posibles orígenes	Posibles efectos
Movimientos	Movimiento general de la presa	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Movimiento general del cimiento</li> <li>- Movimientos de los estribos</li> <li>- Sismos</li> <li>- Vertido sobre la presa</li> <li>- Cargas imprevistas</li> <li>- Subpresiones elevadas</li> <li>- Expansión del hormigón</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incremento de las filtraciones</li> <li>- Inoperatividad de mecanismos</li> <li>- Fisuración severa</li> <li>- Redistribución de tensiones</li> <li>- Reducción de la estabilidad</li> <li>- Pérdida de resguardo</li> <li>- Pérdida de alineación de estructuras auxiliares</li> <li>- Rotura de estructuras auxiliares</li> <li>- Rotura de la presa</li> </ul>
	Desarrollo de irregularidades superficiales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Movimiento general del cimiento</li> <li>- Movimientos de los estribos</li> <li>- Sismos</li> <li>- Cargas imprevistas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incremento de la fisuración</li> <li>- Incremento de filtraciones</li> <li>- Trabado de compuertas</li> </ul>
	Levantamiento del cimiento próximo al pie  Pérdida de alineaciones en coronación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Asientos de consolidación</li> <li>- Colapso de cavidades</li> <li>- Licuefacción del cimiento</li> <li>- Sismos</li> <li>- Deformabilidad elevada del cimiento</li> <li>- Resistencia insuficiente del cimiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Movimientos de la presa</li> <li>- Pérdida de alineación de estructuras auxiliares</li> <li>- Rotura de estructuras auxiliares</li> </ul>

<b>PRESAS DE MATERIALES SUELTOS</b>			
<b>Grupo</b>	<b>Indicador</b>	<b>Posibles orígenes</b>	<b>Posibles efectos</b>
Apariencia superficial	Desorganización de las protecciones del talud	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Peso insuficiente del rip rap</li> <li>- Desintegración del rip rap</li> <li>- Graduación inadecuada del rip rap</li> <li>- Obstrucción de los drenajes</li> <li>- Ubicación inadecuada de los drenajes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acarcavamiento profundo</li> <li>- Reducción de la sección resistente</li> </ul>
Filtraciones	Filtraciones turbias a través de la presa Burbujeo en paramentos Filtraciones concentradas a través de la presa Humedades no habituales en el paramento Vegetación hidrófila en el paramento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Drenaje interno insuficiente</li> <li>- Elemento impermeable inadecuado</li> <li>- Material inadecuado</li> <li>- Material no homogéneo en vertical</li> <li>- Compactación inadecuada</li> <li>- Obstrucción de drenes o filtros</li> <li>- Biointrusión</li> <li>- Acarcavamiento superficial</li> <li>- Nivel freático en superficie</li> <li>- Saturación temporal del espaldón</li> <li>- Precipitación intensa</li> <li>- Deshielo</li> <li>- Nivel de agua alto agua abajo</li> <li>- Filtración en relación con los conductos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erosión interna en la presa</li> <li>- Exceso de presiones intersticiales</li> <li>- Subpresión en las estructuras auxiliares</li> <li>- Daños a las estructuras auxiliares</li> <li>- Pérdida de capacidad de embalse</li> </ul>
	Filtraciones turbias a través del cimientto Dolinas en cauce Burbujeo en el pie Filtraciones concentradas a través del cimientto Terreno inusualmente blando	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Deterioro del cimientto</li> <li>- Elemento de impermeabilización inadecuado</li> <li>- Reapertura de cavidades</li> <li>- Asientos diferenciales</li> <li>- Fractura del cimientto</li> <li>- Apertura de juntas, grietas, fallas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erosión interna del cimientto</li> <li>- Pérdida de capacidad portante del cimientto</li> <li>- Colapso del cimientto</li> <li>- Pérdida de capacidad de embalse</li> <li>- Rotura del cimientto</li> <li>- Movimientos en la presa</li> <li>- Reblandecimiento</li> </ul>

Grupo	Indicador	Posibles orígenes	Posibles efectos
Movimientos	Hundimientos en el paramento Grietas longitudinales en el talud Grietas curvas en el talud Irregularidades en el talud Abombamiento del talud Hundimientos en coronación Inclinación de troncos de árboles en paramento Pérdida de alineaciones en coronación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resistencia insuficiente en el cuerpo de la presa</li> <li>- Taludes demasiado pendientes</li> <li>- Nivel freático demasiado alto</li> <li>- Asientos diferenciales</li> <li>- Movimientos del cimiento</li> <li>- Sismo</li> <li>- Desembalse rápido</li> <li>- Descenso rápido del nivel de aguas abajo</li> <li>- Erosión del pie</li> <li>- Precipitaciones intensas</li> <li>- Deshielo</li> <li>- Nivel alto aguas abajo</li> <li>- Saturación temporal</li> <li>- Pudrición de materia orgánica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rotura de la presa</li> <li>- Daños a las estructuras auxiliares</li> <li>- Incremento de filtraciones</li> <li>- Erosión interna</li> <li>- Pérdida de resguardo</li> </ul>
	Dolinas en paramento Hundimiento en el paramento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Drenaje interno insuficiente</li> <li>- Elemento impermeable inadecuado</li> <li>- Material inadecuado</li> <li>- Material no homogéneo en vertical</li> <li>- Compactación inadecuada</li> <li>- Obstrucción de drenes o filtros</li> <li>- Biointrusión</li> <li>- Acarcavamiento superficial</li> <li>- Nivel freático en superficie</li> <li>- Saturación temporal del espaldón</li> <li>- Precipitaciones intensas</li> <li>- Deshielo</li> <li>- Nivel de agua alto aguas abajo</li> <li>- Filtración en relación con los conductos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erosión interna en la presa</li> <li>- Exceso de presiones intersticiales</li> <li>- Subpresión en las estructuras auxiliares</li> <li>- Daños a las estructuras auxiliares</li> <li>- Pérdida de la capacidad de embalse</li> </ul>
	Levantamiento del cimiento próximo al pie Dolinas en cauce Grietas longitudinales en el talud Grietas transversales en el talud Hundimientos en coronación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Asientos de consolidación en el cimiento</li> <li>- Colapso de cavidades</li> <li>- Licuefacción del cimiento</li> <li>- Sismos</li> <li>- Deformabilidad elevada del cimiento</li> <li>- Resistencia insuficiente del cimiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erosión interna de la presa</li> <li>- Movimientos en la presa</li> <li>- Pérdida de alineación de estructuras auxiliares</li> <li>- Rotura de estructuras auxiliares</li> <li>- Pérdida de resguardo</li> <li>- Hundimientos en coronación</li> </ul>

ESTRUCTURAS AUXILIARES			
Grupo	Indicador	Posibles orígenes	Posibles efectos
Apariencia	Erosión del aliviadero	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Materiales inadecuados en aliviadero</li> <li>- Uso excesivamente frecuente del aliviadero</li> <li>- Defecto del proyecto</li> <li>- Falta de mantenimiento</li> <li>- Avenida superior a las previstas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fallo general del aliviadero</li> <li>- Afección a la presa</li> <li>- Afección a las laderas</li> </ul>
	Rotura de losas del aliviadero	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta o insuficiencia de drenaje</li> <li>- Erosión interna bajo el aliviadero</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fallo general del aliviadero</li> <li>- Erosión del aliviadero</li> </ul>
	Rotura de cajeros del aliviadero		
	Obstrucción de la embocadura	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dimensiones inadecuadas o ausencia de rejillas</li> <li>- Carga de aterramientos o flotantes no prevista</li> <li>- Vandalismo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pérdida de capacidad de desagüe</li> <li>- Fallo general del desagüe</li> <li>- Rebosamiento</li> </ul>
	Accesibilidad a sala de mecanismos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fallo de proyecto</li> <li>- Sobrecarga de uso excesiva</li> <li>- Movimiento de pilas</li> <li>- Inestabilidad de la torre</li> <li>- Inundación de accesos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pérdida de control de las compuertas</li> <li>- Imposibilidad de vaciado</li> <li>- Rebosamiento</li> <li>- Pérdida de capacidad de desagüe</li> </ul>
	Indicadores de actos de vandalismo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de control de accesos</li> <li>- Abandono de las instalaciones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rotura de válvulas o compuertas</li> <li>- Pérdida de control de las sueltas</li> </ul>
Filtraciones	<p>Filtraciones en el pie del aliviadero</p> <p>Depósito de finos en el pie del aliviadero</p> <p>Dolinas sobre las alineaciones de los conductos</p> <p>Filtraciones a la salida del conducto</p> <p>Depósito de finos a la salida de conductos</p> <p>Deformaciones del conducto</p> <p>Separación entre conductos y relleno en la salida</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fallo o insuficiencia de drenaje</li> <li>- Erosión interna bajo el aliviadero</li> <li>- Fallos de alineación</li> <li>- Mala colocación</li> <li>- Asientos</li> <li>- Juntas inadecuadas</li> <li>- Cimiento inadecuado</li> <li>- Compactación inadecuada</li> <li>- Corrosión</li> <li>- Erosión</li> <li>- Subpresión</li> <li>- Vibraciones</li> <li>- Falta de control aguas arriba</li> <li>- Fugas de agua desde el conducto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fallo general del aliviadero</li> <li>- Erosión del aliviadero</li> <li>- Erosión interna en la presa</li> <li>- Movimientos en la presa</li> <li>- Pérdida de capacidad de embalse</li> <li>- Inutilización de los conductos</li> </ul>

Grupo	Indicador	Posibles orígenes	Posibles efectos
Movimientos	Movimiento vertical en las juntas del aliviadero Movimiento lateral o giro de cajeros del aliviadero Pérdida de alineación de losas	- Falta o insuficiencia de drenaje - Erosión interna bajo el aliviadero	- Fallo general del aliviadero - Erosión del aliviadero
	Indicadores típicos de presas de fábrica	- Ver causas en presas de fábrica	- Fallo general del aliviadero - Pérdida de capacidad del aliviadero - Rotura de soportes de compuertas
Válvulas y compuertas	No operatividad de válvulas y compuertas Fallo en pruebas de funcionamiento de mecanismos Indicadores visuales obvios de mecanismos	- Asientos - Corrosión - Fallos en las alienaciones - Vandalismo - Fallo de elementos de mecanismos - Depósitos - Bloqueo de mecanismos - Acumulación de flotantes - Aterramiento - Hielo - Movimientos diferenciales	- Pérdida de control de las sueltas - Imposibilidad de vaciado - No operatividad de desagües - Pérdida de capacidad de desagüe - Rebosamiento

<b>EMBALSE</b>			
<b>Grupo</b>	<b>Indicador</b>	<b>Posibles orígenes</b>	<b>Posibles efectos</b>
Apariencia	Agrietamientos en la ladera	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Factores geológicos</li> <li>- Sismos</li> <li>- Precipitaciones intensas</li> <li>- Oscilaciones de embalse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Deslizamiento de laderas del embalse</li> <li>- Daños a los conductos</li> <li>- Daños al aliviadero</li> </ul>
Movimientos	Deslizamientos de laderas del embalse	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Factores geológicos</li> <li>- Saturación</li> <li>- Alta escorrentía</li> <li>- Inundación</li> <li>- Precipitaciones intensas</li> <li>- Sismos</li> <li>- Oscilaciones de embalse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gran oleaje</li> <li>- Rebosamiento</li> <li>- Aterramiento</li> <li>- Bloqueo de desagües</li> <li>- Incremento de cargas</li> <li>- Pérdida de volumen de embalse</li> </ul>
	Aterramiento del embalse	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Actuaciones en la cuenca</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incremento de cargas</li> <li>- Reducción de la estabilidad</li> <li>- Obstrucción de desagües</li> <li>- Pérdida de volumen de embalse</li> </ul>
Otros	Oleaje en el embalse	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Viento</li> <li>- Deslizamiento en el embalse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rebosamiento</li> <li>- Daños a los equipos</li> <li>- Erosión de estribos y cimiento</li> </ul>
	Material flotante en el embalse	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Avenidas</li> <li>- Precipitaciones intensas</li> <li>- Actuaciones en la cuenca</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Obstrucción del aliviadero</li> <li>- Obstrucción de los desagües</li> <li>- Daños a rejillas, equipos y mecanismos</li> </ul>
	Balance con pérdidas de volumen embalsado	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Factores geológicos</li> <li>- Precipitaciones intensas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pérdida de funcionalidad del embalse</li> <li>- Erosión interna</li> </ul>

<b>ZONA AGUAS ABAJO</b>			
<b>Grupo</b>	<b>Indicador</b>	<b>Posibles orígenes</b>	<b>Posibles efectos</b>
Apariencia	Erosiones aguas abajo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacidad insuficiente del cauce</li> <li>- Concentración de caudales de fugas</li> <li>- Concentración de caudales de desagüe</li> <li>- Falta de protección contra la erosión</li> <li>- Fallo en el dissipador de energía</li> <li>- Erosión interna</li> <li>- Filtración excesiva</li> <li>- Erosión ambiental</li> <li>- Rebosamiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pérdida de cimiento</li> <li>- Pérdida de estabilidad</li> <li>- Rotura de elementos auxiliares.</li> </ul>
Filtraciones	Aparición de fuentes		
	Modificación del caudal en fuentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Factores geológicos</li> <li>- Precipitaciones intensas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pérdida de funcionalidad del embalse</li> <li>- Erosión interna</li> </ul>
	Humedades en laderas		
	Filtraciones aguas abajo		



### 3 ZONIFICACIÓN TERRITORIAL Y ESTIMACIÓN DE DAÑOS

La zonificación territorial que establece la Directriz en su artículo 3.5.1.6. (2º) implica la consideración de los siguientes aspectos:

- a ) Establecimiento de las hipótesis de rotura.
- b ) Establecimiento de las características de la rotura.
- c ) Análisis hidráulico de la onda generada y de su propagación a lo largo del cauce.
- d ) Establecimiento de los parámetros hidráulicos en los elementos territoriales relevantes y estimación de daños.
- e ) Presentación de resultados.

A continuación se expone una serie de recomendaciones y metodologías a tener en cuenta en relación con cada uno de los aspectos anteriores.

#### 3.1 Establecimiento de las hipótesis de rotura

En el Capítulo 3 de la Guía se han descrito las recomendaciones sobre los distintos escenarios a considerar para el análisis y estudio de la rotura o avería grave de presas, en el que se establece, al margen de los asociados a la rotura encadenada de presas, la necesidad de analizar tres escenarios distintos que corresponden a rotura sin avenida (H1), rotura en situación de avenida (H2) y rotura de compuertas (A1), si bien se admite la posibilidad de reducir o aumentar el número de escenarios, manteniendo siempre la obligatoriedad de tratar el correspondiente a la situación más desfavorable.

La reducción del número de escenarios a considerar puede realizarse en el supuesto de que las condiciones de inundación resultantes de los escenarios contemplados sean muy similares, con el fin de adoptar criterios conservadores (se caracteriza la situación menos desfavorable igual que la más desfavorable) y de facilitar la utilización práctica de los mapas de inundación.

Aun cuando, evidentemente, solo la comparación de los resultados obtenidos en las dos situaciones permitirá evaluar su grado de similitud, como primera aproximación, y solo como orden de magnitud, puede establecerse que la similitud se produce cuando la relación entre los productos del volumen puesto en circulación en el fallo por la altura de la lámina de agua en el embalse sobre el cauce en ambas situaciones es superior a 2/3, lo que, en general, se traduce en variaciones del calado del orden del 10 % o inferiores.

La posibilidad de ampliación del número de escenarios a considerar se asocia a la existencia de alguna situación, tipificable, clara y permanente, en la que, caso de producirse el fallo, las condiciones de inundación resultantes sean nítidamente distintas.

Como en el caso de reducción de escenarios, la conveniencia de introducir un escenario adicional a los tres básicos planteados únicamente puede ser evaluada a la vista de la comparación entre las áreas de inundación asociadas a la nueva situación y a las situaciones básicas. No obstante, como primera aproximación puede establecerse que las situaciones serán distintas nítidamente cuando la relación entre los productos del volumen de agua puesto en circulación en el fallo por la altura de la lámina de agua en el embalse sobre el cauce correspondiente a las situaciones comparadas sea inferior al 10 %, lo que se traduce en variaciones del calado del orden del 40 % o superiores.

### **3.2 Establecimiento de las características de la rotura**

En el Capítulo 3 se han presentado los criterios generales para el análisis de las características de la rotura. Allí se establecen, para distintos tipos de presa, el tiempo de rotura y la forma y dimensiones de la brecha, si bien se admite la utilización de posibles métodos numéricos para la determinación de las características anteriores.

En la utilización de estos métodos alternativos hay que tener en cuenta que, para obtener resultados aplicables a la realidad, deben presentarse simultáneamente las dos circunstancias siguientes:

- a) El método numérico utilizado, sus hipótesis y los resultados obtenidos están suficientemente contrastados y validados respecto a casos reales semejantes al analizado.
- b) Los parámetros que se utilizan para la aplicación práctica del método son conocidos con suficiente fiabilidad.

A título de ejemplo se puede citar que el modelo BREACH, desarrollado por el U.S. National Weather Service para el análisis de la formación de la brecha en una presa de materiales sueltos, causada por erosión interna o vertido sobre coronación, obliga a determinar, entre otros, los siguientes parámetros: factor de rozamiento de Darcy (necesario solo para las roturas por sifonamiento), peso específico, ángulo de rozamiento interno y cohesión del

material, coeficiente de rugosidad de Manning en la brecha, tensión crítica de arrastre de Shield y la granulometría del material.

A los efectos de establecer una primera aproximación al problema y un orden de magnitud de la onda de rotura, pueden utilizarse algunas de las expresiones existentes, derivadas de análisis estadísticos de roturas reales, que relacionan el volumen de embalse y/o la altura de presa sobre cauce con el caudal punta de la onda. A modo de ejemplo se presentan las siguientes expresiones, en las cuales:

H = altura de presa sobre cauce (m).

V = volumen de embalse ( $\text{Hm}^3$ ).

Q = caudal punta de la onda de rotura ( $\text{m}^3/\text{seg}$ ).

- *Hagen*

Proporciona una relación Q - V · H establecida como envolvente superior de los casos analizados

$$Q = K (V \cdot H)^{0,5}$$

donde:

K = 780 en presas bóveda.

K = 550 en presas de gravedad y materiales sueltos.

- *Costa*

Presenta seis curvas, que representan las relaciones Q - H, Q - V y Q - V · H con dos criterios diferentes: envolvente superior y ajuste por regresión, en los dos casos en relación con los casos analizados. Estas curvas son:

relación Q - H:	Envolvente superior	$Q = 48 \cdot H^{1,63}$
	Ajuste por regresión	$Q = 10,5 \cdot H^{1,87}$
relación Q - V:	Envolvente superior	$Q = 4.000 \cdot V^{0,57}$
	Ajuste por regresión	$Q = 961 \cdot V^{0,68}$
relación Q - V*H:	Envolvente superior	$Q = 1.150 (V \cdot H)^{0,44}$
	Ajuste por regresión	$Q = 325 (V \cdot H)^{0,42}$

- *U.S. Bureau of Reclamation*

Proporciona una relación Q - H obtenida por ajuste por regresión de los casos analizados.

$$Q = 1,26 (H + 0,3)^{2,5}$$

### 3.3 Análisis hidráulico de la onda generada y de su propagación a lo largo del cauce

#### 3.3.1 Selección del modelo

En general el análisis de la propagación de la onda causada por la rotura será abordado mediante simulación numérica, si bien no se excluye la posibilidad de recurrir, en algunos casos especiales, a la utilización de modelos físicos. En principio será suficiente la utilización de modelos unidimensionales.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que la propagación en las llanuras de inundación o a través de secciones muy irregulares, con cambios bruscos, o en cauces muy sinuosos, el tipo de flujo es muy complejo y pueden presentarse las siguientes circunstancias:

- Flujo variable marcadamente bidimensional, con llanuras de inundación alejadas del flujo principal.
- Aparición simultánea, en distintos tramos, de regímenes rápido y lento, con transición entre ambos que se modifica en el espacio a lo largo del tiempo.
- Coexistencia simultánea, en distintos tramos, de regímenes gradualmente y rápidamente variable, cuya posición evoluciona en el tiempo.

Dada la complejidad del problema no se puede plantear, en general, la elaboración de un modelo específico, su calibración y validación para cada caso concreto, siendo por tanto necesario recurrir a alguno de los modelos existentes.

Las circunstancias anteriores, que hacen que las simplificaciones que se puedan introducir sean completamente dependientes del caso concreto analizado, unidas a la constante evolución que se está produciendo en la modelística matemática hacen que no se recomiende ningún modelo concreto para su uso general. No obstante, como ayuda a la selección del modelo a emplear se recomienda que se utilice el estudio de ICOLD sobre “Dam Break Flood Analysis”, realizado por el Subcomité de “Analysis of dambreak flooding and related parameters normally assumed”, en el que se describen y evalúan 27 modelos existentes en la actualidad (ver tabla adjunta), de los cuales únicamente algunos están normalmente extendidos en la práctica y son accesibles comercialmente.

N°	Agencia	Nombre del modelo
1	USA / National Weather Service	DAMBRK (original)
2	USA / National Weather Service	SMPDBK (Simplifield Dambreak)
3	BOSS International	BOSS DAMBRK
4	HAESTED METHODS	HAESTAD DAMBRK
5	Binnic & Partners	UKDAMBRK
6	Departament of Weather Affairs and Forestry Pretoria, South Africa	DWAF- DAMBRK
7	USA / COE Hydrologic Engineering Center	HEC – programs (HEC-RAS)
8	Tams	LATIS
9	Institute of Water Resources and Hydroelectric Power Research (IWHR), PR China	DBK 1
10	Institute of Water Resources and Hydroelectric Power Research (IWHR), PR China	DBK 2
11	Royal Institute of Technology, Stockolm	TVDDAM
12	Cemagref	RUBAR 3
13	Cemagref	RUBAR 20
14	Cemagref	CASTOR
15	Delf Hydraulics	SOBEK
16	Delf Hydraulics	DELFT 2 D
17	Consulting Engineers Reiter Ltd.	DYX 10
18	ANU-Reiter Ltd	DYNET ANUFLOOD
19	ENEL Centro di Ricerca Idraulica e Strutturale	RECAS
20	ENEL Centro di Ricerca Idraulica e Strutturale	FLOOD 2D
21	ENEL Centro di Ricerca Idraulica e Strutturale	STREAM
22	Danish Hydraulic Institute	MIKE 11
23	Danish Hydraulic Institute	MIKE 21
24	ETH Zürich	FLORIS
25	ETH Zürich	2D-MB
26	EDF – Laboratoire National Hydraulique	RUPTURE
27	EDF – Laboratoire National Hydraulique	TELEMAC – 2D

Asimismo, como apoyo a la selección del programa a utilizar, a continuación se presenta un conjunto de consideraciones en relación con los aspectos fundamentales a tener en cuenta.

- *Tipo de modelo.* En general y siempre en las presas clasificadas en categoría A, el modelo a utilizar será hidráulico, completo y dinámico. El modelo debe ser hidráulico en contraposición a hidrológico ya que esta última aproximación no puede considerarse suficiente en la mayoría de los casos para la estimación de niveles de agua, especialmente ante problemas del tipo aquí planteado, en los que el tipo de flujo es complejo y, por tanto, no son válidas las parametrizaciones de las simplificaciones utilizadas. El modelo será dinámico, es decir, teniendo en cuenta como variable el tiempo y en contraposición al análisis en régimen permanente o variado, ya que incluso en aquellos posibles casos (rotura de las compuertas del desagüe de fondo, por ejemplo) en que la previsión de niveles máximos pudiera abordarse mediante análisis más simples es

preciso un análisis temporal, derivado de la necesidad de evaluar el tiempo de llegada de la onda. El modelo ha de ser completo en contraposición a simplificado, resolviendo directamente las ecuaciones dinámicas del movimiento, ya que, en general, la aproximación que representan estos modelos simplificados no puede considerarse suficiente para elaborar la zonificación territorial; como ejemplo cabe citar que comparaciones realizadas entre los resultados obtenidos por los modelos DAMBRK (completo) y SMPDBK (simplificado) del U.S. National Weather Service, probablemente los más clásicos de ambos tipos, permiten afirmar que presentan diferencias medias del 10-20 % en términos de caudal en los casos sencillos, sin secciones de control. Como consecuencia de lo expuesto, en general únicamente pueden considerarse como válidos aquellos modelos que resuelven las ecuaciones de Saint Venant de movimiento gradualmente variable mediante métodos numéricos suficientemente contrastados y validados.

- *Tipo de régimen.* En general, en el análisis hidráulico de la onda de rotura coexisten simultáneamente tramos en los que los regímenes son subcrítico y supercrítico alternativamente, no manteniéndose constante en el tiempo la posición espacial de la transición. Como consecuencia, el modelo permitirá el análisis simultáneo de los regímenes subcrítico y supercrítico con transición no fija, salvo en casos muy especiales en que pueda establecerse a priori que no existe cambio de régimen o que éste se asocia a una sección determinada, constante en el tiempo.
- *Tratamiento del cauce seco.* En algunas situaciones será preciso analizar casos en que la situación inicial corresponde a cauce seco o desaguando un caudal varios ordenes de magnitud inferior al caudal punta final, lo que da lugar bien a la necesidad de tratar una singularidad (llenado de un cauce seco), bien a problemas numéricos de convergencia que no todos los programas existentes son capaces de resolver. Respecto a esta cuestión no es posible establecer un criterio fijo de requisitos a cumplir por el modelo ya que mientras que en muchas ocasiones es suficiente suponer, sin disminución sensible de la calidad de los resultados, la existencia de un caudal base inicial ficticio suficientemente pequeño para no incidir en los resultados y suficientemente grande para evitar los problemas numéricos, en otros puede no ser válida la hipótesis anterior.
- *Tipo de flujo.* En general, serán preferibles los modelos unidimensionales a los bidimensionales, ya que aquellos proporcionan precisión suficiente mientras que éstos, aparte de introducir una gran complejidad adicional, no sólo modelística sino también de

disponibilidad de datos básicos (topografía, rugosidades direccionales, etc.), suelen obligar a simplificaciones adicionales para tener en cuenta la segunda dimensión.

En muchas ocasiones aparece en el análisis unidimensional la necesidad de tomar en consideración, aun cuando sea de manera aproximada, efectos bidimensionales. Los programas actuales suelen abordar este problema mediante dos técnicas diferentes: la consideración específica de llanuras de inundación y las denominadas aproximaciones quasibidimensionales.

La consideración de llanuras o zonas de inundación, que en la mayor parte de los casos puede ser una aproximación suficiente, implica la asunción de la existencia de determinadas áreas que únicamente son capaces de almacenar agua sin participar en el movimiento y que se relacionan únicamente con un tramo del cauce.

Por su parte, las aproximaciones quasibidimensionales, que en general representan una mayor exactitud en el análisis, implican el establecimiento de distintas conexiones unidimensionales simplificadas que reducen el fenómeno bidimensional a otro unidimensional pero con estructura mallada y con distintas simplificaciones para evaluar el flujo circulante a través de las conexiones de la malla distintas de las asociadas al cauce.

La selección de la aproximación a adoptar es completamente dependiente del caso a analizar, si bien, en términos generales, puede considerarse suficiente la consideración de llanuras de inundación, señalándose que la consideración de aproximaciones quasibidimensionales obliga a realizar un esfuerzo adicional en la definición topográfica del territorio.

- *Tratamiento de régimen rápidamente variable.* Típicamente, en los casos de análisis de rotura rápida de presas (presas bóveda y gravedad), el frente de la onda de rotura está caracterizado por un régimen rápidamente variable en contraposición al gradualmente variable que se expresa mediante las ecuaciones de Saint Venant. Existen asimismo otros casos en que se presenta el régimen rápidamente variable, en general asociados a fenómenos locales (estructuras transversales al cauce o estrechamientos muy bruscos de éste).

Los modelos recientes más extendidos ya incorporan el tratamiento de la onda de choque en su formulación, si bien en algunos de ellos su tratamiento lleva consigo un riesgo de inestabilidad numérica.

Como consecuencia de lo anterior, en general, se recomienda emplear programas que lleven incorporado un tratamiento específico de las ondas de choque, salvo que pueda justificarse que su no consideración no introduce errores significativos.

- *Tratamiento del lecho móvil.* Aun cuando la consideración de los procesos de erosión-sedimentación asociados a la onda de rotura debe representar una mayor aproximación al análisis hidráulico respecto a la consideración de un análisis con lecho fijo, este último tipo de análisis es a menudo conservador y, por otra parte, los modelos de lecho móvil son todavía excesivamente complejos, de difícil aplicación a situaciones reales y no están implementados en los programas de cálculo accesibles.

Por las razones anteriores, se considera suficiente la utilización de modelos con lecho fijo, si bien en los casos en que sea de prever una incidencia importante de los procesos de erosión-sedimentación deberán analizarse cualitativamente y de forma aproximada sus efectos.

- *Otros aspectos.* Aun cuando aparentemente no tengan incidencia en la calidad de los resultados, existen otros factores a tener en cuenta, relativos a la facilidad de manejo del programa, que, en la práctica, inciden de una manera apreciable. Desde este punto de vista, se tendrán en cuenta, a la hora de seleccionar el programa, criterios tales como la amigabilidad, el tipo y forma de introducción de datos, la potencia de los posibles preprocesadores, las posibilidades de comprobación de datos y de seguimiento del proceso de cálculo, la potencia de los posibles postprocesadores y la forma de presentación de los resultados.

Si bien el objetivo de estos criterios es servir de ayuda a la selección del modelo o modelos matemáticos que pueden ser de aplicación a un caso concreto, no hay que olvidar que lo que realmente otorga fiabilidad a un determinado modelo es su validación en casos reales semejantes al que se plantea estudiar.

### 3.3.2 Caracterización geométrica del cauce

En la caracterización geométrica del cauce para su uso en la modelización hidráulica, se considerará que la morfología general del cauce es sensiblemente constante en el tiempo, por lo que, a este respecto, serán válidas las topografías existentes. Únicamente en los casos en que el recorrido de inspección de la zona de análisis ponga de manifiesto la existencia de



zonas muy alteradas con posterioridad a la cartografía y que puedan afectar de forma sensible a los resultados hidráulicos se modificará aquella.

En general, la modelización hidráulica se basa en el establecimiento de perfiles transversales normales al cauce unidos mediante un perfil longitudinal. Se recomienda que únicamente se consideren como válidos los perfiles transversales y longitudinal obtenidos directamente de la topografía existente cuando esta cumpla los requisitos mostrados en la tabla adjunta, en función del orden de magnitud del calado de análisis.

<i>Calado mínimo de análisis (m)</i>	<i>Equidistancia máxima (m)</i>	<i>Escala asociada</i>
1	0,5	1:500
2	1,0	1:1.000
4	2,0	1:2.000
10	5,0	1:5.000
20	10,0	1:10.000 (1:25.000)*
40	20,0	(1:50.000)*

*\*Se refieren a la cartografía oficial del Instituto Geográfico Nacional o del Servicio Geográfico del Ejército*

Dicha tabla se ha establecido aplicando el criterio de que todos los perfiles utilizados en el análisis vengan definidos por un mínimo de tres curvas de nivel (dos equidistancias) en su rango de aplicación.

Si la cartografía disponible no cumple el requisito anterior, podrá desarrollarse una cartografía específica que lo cumpla o bien podrán obtenerse los perfiles transversales y longitudinal de todas las secciones hidráulicas significativas de la zona inundable por topografía clásica o por restitución directa de perfiles a partir de fotografía aérea a la escala adecuada (fotogramas a escala no inferior a seis veces la especificada en la tabla). En estos casos, se recomienda que la cartografía base disponible, sobre la que se representarán y analizarán los perfiles necesarios, no sea superior en más de dos niveles a lo exigido en la tabla para ser considerada como válida. Lo anterior implica, por ejemplo, que si el calado mínimo de análisis es del orden de 4 m, la equidistancia de la cartografía de base no podrá ser superior a 10 m, o si es el orden del calado mínimo de análisis de 1 m, la equidistancia de la cartografía de base no podrá ser superior a 2 m.

En cualquier caso, se obtendrán directamente en campo, por topografía clásica o por restitución de perfiles directamente a partir de fotografía aérea, aquellos perfiles transversales

que correspondan a configuraciones morfológicas particulares del río o a infraestructuras que puedan adquirir el papel de secciones de control hidráulico.

Los perfiles transversales serán, en todo caso, normales a la dirección principal del flujo, y su número será el adecuado para la correcta descripción de la variabilidad de la geometría del cauce y de la zona inundable, estando localizados adecuadamente. En general, una separación media entre perfiles superior a 1 Km. se considerará válida únicamente en condiciones de extrema regularidad.

### **3.3.3 Obstrucciones en el cauce**

Las obstrucciones locales existentes en el cauce pueden incidir de manera significativa en el fenómeno de la propagación de onda y como consecuencia serán consideradas en el análisis hidráulico en general.

No obstante, puede considerarse que el fenómeno local (obstrucción) es no significativo, cuando se presente alguna de las dos circunstancias siguientes:

- Representa una obstrucción poco importante, que, expresada como relación entre las superficies obstruida y total del cauce mojado, es inferior al 20 %.
- La obstrucción crea un embalse temporal de magnitud relativamente poco importante, que, respecto al volumen de la onda de rotura de la presa, representa menos del 5 %.

En estos casos podrá obviarse este fenómeno local de cara al análisis general. En el caso contrario la obstrucción se considerará significativa y, por tanto, será considerada específicamente en el análisis hidráulico.

### **3.3.4 Establecimiento de los parámetros hidráulicos en elementos territoriales relevantes y estimación de daños**

A partir del análisis hidráulico realizado, se estará en condiciones de establecer un censo de todos los elementos territoriales relevantes susceptibles de ser afectados por la onda de rotura.

Se considerarán como elementos territoriales relevantes aquellos cuya eventual afección motivaría, por sí sola, la clasificación de la presa en función del riesgo potencial en las categorías A o B, de acuerdo con los criterios establecidos en la Directriz y en la Guía Técnica de Clasificación de Presas en Función del Riesgo Potencial, esto es:

- Agrupaciones de más de cinco viviendas afectadas.
- Servicio esencial sometido a afección grave.
- Zona sometida a daños materiales muy importantes.
- Zona sometida a daños medioambientales muy importantes.

Una descripción detallada de los conceptos anteriores (servicio esencial, afección grave, etc.) se encuentra recogida en la citada Guía Técnica.

En estas zonas se evaluarán específicamente, y con especial detalle, los parámetros hidráulicos asociados al fallo de la estructura en las distintas hipótesis consideradas.

Como apoyo a la estimación de daños, se recomienda la utilización de alguna de las relaciones empíricas existentes, de las cuales se recogen, en las Figuras N°1 y N° 2, las curvas incluidas en la Guía Técnica para la Clasificación de Presas en función del riesgo potencial. En ellas se zonifica el campo calado-velocidad en tres áreas, de las cuales las dos extremas corresponden a afecciones leves y graves, siendo la intermedia una zona de indefinición, correspondiendo la primera figura mencionada a la afección a vidas humanas en zonas de viviendas y núcleos urbanos y la segunda correspondiendo también a afección a vidas humanas pero en campo abierto.

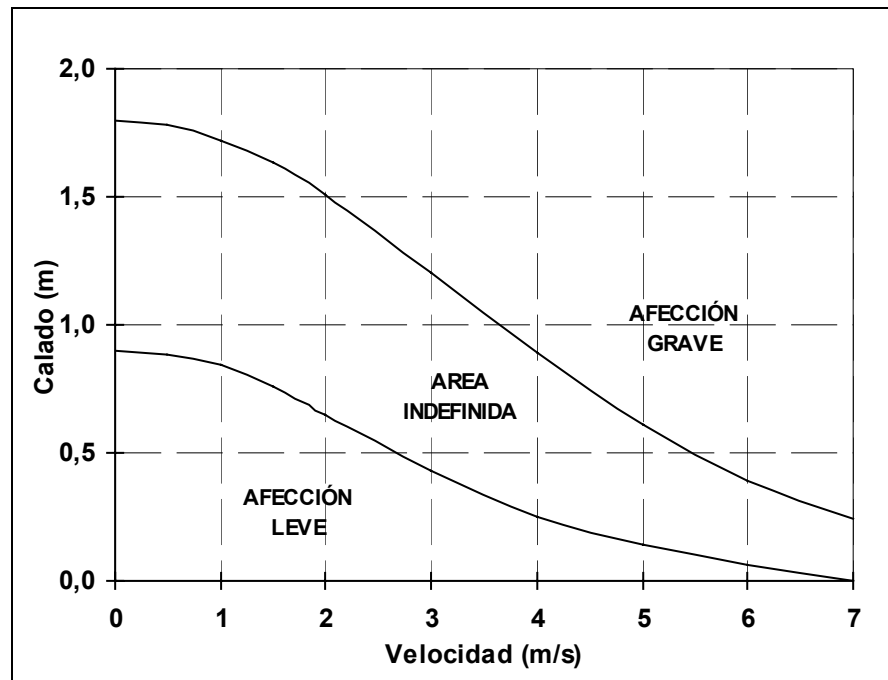


Figura N° 1. Riesgo para vidas humanas en función del calado y la velocidad en áreas de viviendas o núcleos urbanos.

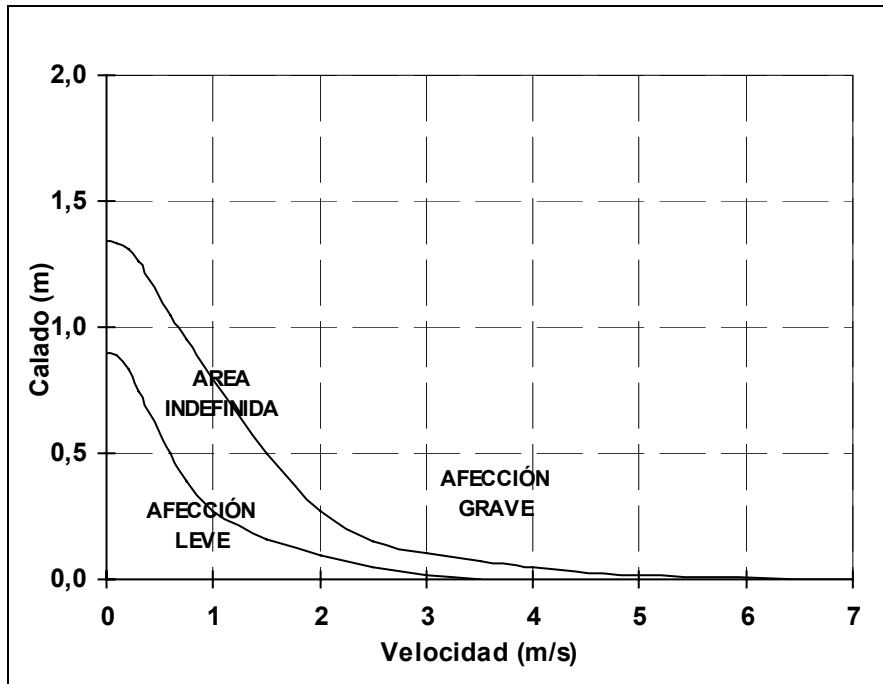


Figura Nº 2: Riesgo para vidas humanas en función del calado y la velocidad en campo abierto.

Con el mismo fin de apoyo a la estimación de daños, también cabe citar los criterios del U.S.S.C.S. según los cuales el territorio se clasifica en zonas seguras e inseguras en función del calado y de la velocidad, considerando zonas inseguras para las personas aquellas en que el producto del calado por la velocidad es superior  $0,60 \text{ m}^2 \cdot \text{seg.}$ , y para las edificaciones aquellas en que el producto del calado por la velocidad es superior a  $1,80 \text{ m}^2 \cdot \text{seg.}$  (en ambos casos debe aplicarse el criterio más restrictivo).

### 3.3.5 Presentación de resultados

Los resultados fundamentales a incluir en el P.E.P. se refieren a la delimitación del área inundable, que se realizará mediante su representación en planos.

La selección de escalas para la presentación de las zonas inundables, en los casos en que existan alternativas, se realizará en función de las siguientes características:

- *Actualización.* Se preferirá aquella cartografía más actualizada, para lo cual se tendrá en cuenta no la fecha de edición sino la fecha de captura de datos que han servido para su conformación.
- *Grado de elaboración.* Se preferirá aquella cartografía con mayor nivel de elaboración en relación con la toponimia, con la ubicación y categorización de las vías de comunicaciones, con la representación e identificación de elementos singulares, etc.

- *Presentación.* Se preferirá aquella cartografía de más fácil lectura (utilización de colores, por ejemplo).
- *Nivel de divulgación.* Se preferirá aquella cartografía de uso más general en el ámbito de la o las Comunidades Autónomas afectadas por la zona inundable.
- *Nivel de cobertura.* Se preferirá aquella cartografía que cubra mayor proporción de superficie del territorio de la o las Comunidades Autónomas afectadas por la zona inundable.
- *Adecuación al problema y su representación.* Se preferirá aquella cartografía mejor adaptada al problema concreto y a su representación, entendiendo como tal aquella que permita una mejor lectura del plano, una mejor posibilidad de establecer las relaciones entre el área inundable y su entorno, una mejor discriminación de la posible afección tanto en relación con los elementos susceptibles de ser dañados como con los que podrían ser utilizados en la puesta en marcha del plan de emergencia (vías de comunicación, servicios esenciales, etc.), una mayor manejabilidad (número de hojas, uso individual de cada hoja, etc.), etc.

La representación en planos del área inundable se realizará individualmente para cada una de las hipótesis de rotura consideradas, debiendo señalarse, en todas y cada una de las hojas que conformen el juego, muy claramente la hipótesis a la que corresponden. La representación de la zona inundable se recomienda realizarla mediante tramas exclusivamente, no presentando explícitamente líneas límite de inundación concretas, pero obteniéndose en cada caso la mayor exactitud posible en la definición del límite del área tramada.

## **4 NORMAS DE ACTUACIÓN**

El establecimiento de las Normas de actuación del P.E.P. consiste en desarrollar un documento en el que, de forma clara y concreta, se reflejen los siguientes aspectos:

- Responsable de la actuación.
- Momento de Actuación.
- Proceso de Actuación.
- Finalidad de las actuaciones.

En los apartados siguientes se exponen una serie de recomendaciones en relación con los aspectos anteriores.

### **4.1 Responsable de la actuación**

El responsable último de la actuación será el Director del Plan de Emergencia, si bien, desde el momento en que sea preciso pasar de la vigilancia intensiva a la adopción de medidas correctoras o preventivas, la responsabilidad, de decidir el momento y las condiciones de los desembalses corresponderá al Comité Permanente previsto en el artículo 49 del Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrología o al órgano que se establezca por la Administración Hidráulica de la Comunidad Autónoma, en el ámbito de sus competencias.

Al margen de esta competencia última del Director del Plan, en las Normas de actuación se establecerá una definición más pormenorizada del esquema de decisión. En el caso de presas existentes, al elaborar las Normas de actuación, se considerarán las situaciones reales de la presa y de la organización del explotador, pero sin que condicionen completamente el Plan que tiene objetivos propios.

### **4.2 Momento de la actuación**

Como consecuencia del análisis de seguridad desarrollado según los criterios del Capítulo 2, se habrán establecido los indicadores y umbrales que se asocian a los distintos escenarios. La actuación deberá acometerse en el momento en que algún umbral de los establecidos sea sobrepasado.

### 4.3 Proceso de actuación

Las actuaciones que se plantean en los P.E.P. pueden agruparse, en general, en tres grandes tipologías:

- Actuaciones de vigilancia intensiva e inspección.
- Medidas de corrección y prevención.
- Actuaciones de comunicación.

#### 4.3.1 Actuaciones de vigilancia intensiva e inspección

Se refiere a las vigilancias intensivas e inspecciones extraordinarias, consecuencia de la declaración de un escenario de emergencia y diferentes de las inspecciones periódicas realizadas en la explotación normal. Se incluyen en ellas tanto las propias vigilancias e inspecciones visuales y cualitativas como las labores de auscultación, pudiendo considerarse que existen dos tipologías generales.

a) *Vigilancia e inspecciones inmediatas*, asociadas a la detección de un fenómeno que puede incidir en el comportamiento de la presa, pero cuyos efectos sobre la seguridad de ésta no son completamente previsibles (detección de un fenómeno sísmico intenso, por ejemplo). En general, estas inspecciones serán semejantes a las previstas como periódicas en la explotación normal. Dado que la realización de una inspección extraordinaria no tiene ningún efecto negativo a terceros, su desencadenamiento, sin menoscabo de la responsabilidad del Director de Explotación o del Plan de Emergencia, debe preverse como automática en el Plan de Emergencia. Por otra parte, dado que existe una causa objetiva concreta que puede ser el origen de alguna anomalía en el funcionamiento de la presa, la interpretación de los resultados de la inspección será más estricta que la general asociada a la explotación normal. Como resultado de estas vigilancias e inspecciones inmediatas puede concluirse la situación normal de la presa o, por el contrario, la sospecha razonable, o certeza, de una situación de emergencia, situación que llevará aparejado el establecimiento de algún tipo de actuación (control intensivo de la presa y/o desarrollo de medidas preventivas o correctoras).

b) *Vigilancia e inspección intensiva*, asociada a la superación de alguno de los umbrales establecidos en el análisis de seguridad. Esta inspección será semejante a la establecida como periódica en la explotación normal, si bien se podrán eliminar de ella algunos parámetros o indicadores, no relevantes en relación con el proceso que se desarrolla. En

cualquier caso se prestará especial atención y se inspeccionarán y auscultarán los indicadores que han motivado la declaración del estado de emergencia y todos aquellos otros que pudieran guardar relación con el desarrollo del proceso o con su interpretación. En el P.E.P. se hará constar la frecuencia de la inspección, el responsable de la interpretación y el plazo máximo de interpretación, si bien el director del Plan podrá modificar alguno de los extremos anteriores en función de las circunstancias concretas.

#### 4.3.2 Medidas de corrección y prevención

Las medidas y actuaciones de corrección y prevención han de ser viables en situaciones extraordinarias, efectivas para la reducción del riesgo, suficientemente rápidas en su puesta en marcha y lo menos negativas posible respecto a terceros.

Como apoyo y guía al proceso de elaboración de los P.E.P., se presentan a continuación diversas posibles actuaciones para hacer frente a situaciones de emergencia, actuaciones que, en la tabla N° 1 de este anexo, se asocian a la tipología del problema al que suelen poder hacer frente.

a) *Actuaciones encaminadas a la reducción de las solicitaciones que soporta la presa.*

Típicamente, implican el descenso del nivel de embalse, que, es la medida que, debe adoptarse, si es posible, en la generalidad de las situaciones de emergencia, y a la que se asocian la gran mayoría de las solicitaciones que soporta la presa, tanto estructurales como hidráulicas. En el P.E.P. se establecerá el ritmo máximo aconsejable de vaciado, y el criterio para determinar el nivel objetivo del descenso, que, en la mayoría de los casos, vendrá definido por la estabilización en niveles no peligrosos de los indicadores que motivan la actuación o por la inversión de la tendencia de su evolución temporal.

Se evaluará la viabilidad y efectividad de la medida que se asociará al tiempo necesario para el vaciado de los metros superiores del embalse, así como el máximo caudal que puede ser desaguado sin producir daños aguas abajo.

b) *Actuaciones destinadas a incrementar la capacidad de desagüe o reducir las entradas al embalse.* Se suelen asociar a situaciones en que existe riesgo de vertido por coronación por la no existencia de capacidad suficiente de desagüe para hacer frente a los caudales entrantes. Se pueden considerar actuaciones tales como el desvío de las aportaciones entrantes al embalse antes de alcanzar este, acciones en la gestión de los embalses aguas



arriba, el funcionamiento de diques fusibles, el establecimiento de bombeos temporales o sifones y, en casos extremos, la voladura controlada de compuertas, la apertura de brechas controladas, etc., siempre en el supuesto de que la capacidad de desagüe máxima no sea suficiente.

- c) *Actuaciones para hacer frente al riesgo de vertido sobre coronación.* Se asocian a situaciones en que la máxima capacidad de evacuación, en condiciones reales, no es suficiente para evitar que sea sobrepasado el nivel de coronación. Puede plantearse el recrecimiento provisional de la coronación por cualquier procedimiento. También puede plantearse la protección del talud agua abajo de las presas de materiales sueltos mediante una capa resistente a la erosión, natural o artificial, y del pie, y en general la protección de la posible zona de impacto del vertido por coronación.
- d) *Actuaciones de protección de taludes, encaminadas a hacer frente a erosiones locales, motivadas por oleaje o precipitaciones intensas.* En general implican el empleo de escollera o sacos terreros en el caso de presas de materiales sueltos.
- e) *Actuaciones para modificar el estado de tensiones, en general asociadas a las situaciones en que se producen problemas de estabilidad global de la estructura.* Consisten en el establecimiento de una carga extraordinaria en el pie aguas abajo, típicamente mediante un terraplén adicional, que genera una berma. En este caso debe prestarse especial atención a las condiciones de filtro entre el material nuevo y los existentes.
- f) *Actuaciones referentes a filtraciones y subpresiones.* En relación a estos aspectos existen muchas actuaciones posibles, como pueden ser la impermeabilización del área de entrada de las filtraciones, mediante cualquier tipo de material sellante (membrana o capa gruesa, mediante elementos naturales o artificiales) y que, en ocasiones, puede realizarse con el embalse alto pero que más habitualmente obliga a bajar el nivel de embalse. Otras medidas posibles consisten en el sellado e inyección de juntas y grietas, el establecimiento de filtros en los puntos de emergencia de las filtraciones para evitar la pérdida de material, la ejecución de pozos o zanjas drenantes de alivio en el pie agua abajo, o, incluso la elevación del nivel de aguas abajo para disminuir el gradiente hidráulico.
- g) *Actuaciones específicas en relación con los órganos de desagüe, cuando su funcionamiento puede representar un riesgo para la seguridad de la obra.* Estas actuaciones consisten en establecer protecciones de emergencia en el aliviadero, en el desagüe de fondo o, en algunos casos, en su ataguado, si bien esto suele obligar a establecer un elemento alternativo, provisional o definitivo.
- h) *Actuaciones para controlar eventuales deslizamientos de masas en el embalse,* entre las que deben considerarse, además de la general de rebajar el nivel de embalse, las específicas de corrección y estabilización de las laderas (reducción de peso de la masa

potencialmente deslizante, reducción de las presiones intersticiales, sobrecarga del pie del potencial deslizamiento o, incluso, eliminación controlada del volumen en riesgo).

- i) *Actuaciones relativas a elementos auxiliares*, entendiendo como tales los accesos, la alimentación de energía, los sistemas de comunicación, etc. En general, es preciso contemplar como posibles la reparación del elemento dañado y su sustitución por otro alternativo.

#### 4.3.3 Actuaciones de comunicación

Las actuaciones de comunicación se refieren a las que mantendrá el director del P.E.P. con organismos ajenos a la organización del explotador.

En función del escenario que se establezca, puede ser necesario procesar información hacia el órgano o servicio que se indique por la Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas, o en el caso de cuencas intracomunitarias, por la Administración Hidráulica de la Comunidad Autónoma, hacia el órgano de dirección del Plan de la Comunidad Autónoma en cuyo ámbito territorial se ubique la presa y, si el área inundable puede alcanzar a más de una Comunidad Autónoma, hacia la Delegación del Gobierno en la provincia en que se ubique la presa, y hacia el CECOPI tal como se indica en la figura presentada en el capítulo 4.

Adicionalmente a lo anterior, en el caso de Escenario 3 y si existe población potencialmente afectada por la eventual rotura en un intervalo inferior a 30 minutos, es necesario dar la alarma a dicha población de manera inmediata.

A efectos de establecer en el P.E.P. las actuaciones de comunicación, serán evaluadas las posibilidades de transmisión de información desde la presa, incluso en circunstancias especialmente adversas. De acuerdo con la Directriz, se establecerá, como mínimo, dos medios de comunicación para cada organismo receptor, utilizándose, en general, sistemas de comunicación directa como medio primario, reservándose otros medios para su utilización como secundarios.

Desde el punto de vista de la alerta a la población existente en la zona inundable en un intervalo inferior a 30 minutos, es necesario establecer sistemas de señalización acústica u otros alternativos, interpretables directamente por la población.

En general es recomendable que exista una serie de protocolos tipificados de comunicación, cuyo tratamiento tendrá prioridad respecto a cualquier comunicación distinta. Estos protocolos tendrán incorporado un mecanismo de acuse de recibo.

En las comunicaciones es recomendable que conste, en general, la siguiente información:

- Aviso de que se trata de una comunicación de declaración de un escenario de emergencia de una presa, o de modificación de un escenario ya declarado previamente.
- Denominación completa y oficial de la presa y su código.
- Situación de la presa (municipio, provincia, coordenadas y río).
- Referencia al código del plan de emergencia que se asocia.
- Provincias y comunidades autónomas susceptibles de ser afectadas.
- Identificación del emisor de la comunicación.
- Organismos a los que se comunica simultáneamente.
- Descripción breve de las causas que motivan la declaración o el cambio del escenario de emergencia.
- Descripción breve de la evolución prevista de la situación a corto plazo.
- Descripción breve de las medidas que se prevé adoptar.
- Identificación y localización del director del Plan de Emergencia de presas, así como sistemas posibles de comunicación hacia él.
- Denominación de la zona de inundación que se asocia a la situación, caso de existir varias en el P.E.P.
- Momento en que se prevé el establecimiento de nueva comunicación, si las circunstancias no obligan a otro anterior.

#### **4.4 Finalidad de las actuaciones**

Por su propia definición, los objetivos genéricos de las actuaciones consisten en restituir las condiciones de seguridad previas de la presa, en primer lugar, y en segundo reducir los potenciales daños agua abajo caso de un eventual fallo. A partir de esto, en el P.E.P. se establecerán, en la medida de lo posible, objetivos concretos para cada una de las actuaciones que se planteen.

Estos objetivos serán lo más cuantitativos posible y, en general, se asociarán a la restitución de las condiciones de seguridad previas, por lo que su establecimiento será consecuencia del análisis de seguridad desarrollado.

**TABLA N° 1:  
RELACIÓN DE POSIBLES ACTUACIONES ANTE SITUACIONES DE EMERGENCIA.**

Situación o fenómeno	Posible medida correctora.
REBOSAMIENTO	Gestión conjunta de los embalses de la cuenca
	Incremento del caudal desaguado
	Funcionamiento y operación de diques fusibles
	Desvío de las aguas de entrada al embalse
	Bombeo, instalaciones de sifones, brecha controlada, ...
	Protección de las zonas de impacto del vertido (escollera, sacos terreros, ...)
	Elevación de la coronación (sacos terreros, ...)
	Protección del talud agua abajo (plásticos, escollera, ...)
VERTIDO SOBRE COMPUERTAS NO ADAPTADAS PARA ELLO	Incremento del caudal desaguado
	Desvío de las aguas de entrada al embalse
	Voladura controlada de compuertas
	Bombeo, instalaciones de sifones, brecha controlada, ...
SISMOS	Inspección inmediata
	Descenso del nivel de embalse
	Corrección de daños estructurales
PRECIPITACIONES INTENSAS	Inspección inmediata
	Protección del talud agua abajo (plásticos, escollera, ...)
DESLIZAMIENTO DE LADERAS	Inspección inmediata
	Descenso del nivel de embalse
	Corrección y estabilización de laderas
FUEGOS O ACTOS DE VANDALISMO	Inspección inmediata
	Descenso del nivel de embalse
SABOTAJE O ACCIONES BÉLICAS	Inspección inmediata
	Descenso del nivel de embalse
AGRIETAMIENTO EN PRESAS DE FÁBRICA	Inspección y control intensivos
	Medidas adicionales de inspección y auscultación
	Descenso del nivel de embalse
	Sellado e inyección de grietas
	Impermeabilización del paramento agua arriba (membranas, plásticos, ...)
	Operación a niveles inferiores
	Gran reparación
FILTRACIONES EN PRESAS DE FÁBRICA	Inspección y control intensivos
	Descenso del nivel de embalse
	Taponado del origen de la filtración
	Sellado e inyección de grietas
	Impermeabilización del paramento agua arriba (membranas, plásticos, ...)
	Operación a niveles inferiores
	Gran reparación
MOVIMIENTOS EN PRESAS DE FÁBRICA	Inspección y control intensivos
	Descenso del nivel de embalse
	Elevación de la coronación (sacos, terreros, ...)
	Sellado e inyección de grietas
	Operación a niveles inferiores
	Gran reparación

Situación o fenómeno	Posible medida correctora.
FALLOS EN TALUDES EN PRESAS DE MATERIALES SUELTOS	Descenso del nivel de embalse
	Protección del talud (escollera, sacos terreros, ...)
	Operación a niveles inferiores
	Gran reparación
FILTRACIONES EN PRESAS DE MATERIALES SUELTOS	Inspección y control intensivos
	Descenso del nivel de embalse
	Taponado del origen de la filtración
	Taponado de la salida de la filtración (arena, gravas,...)
	Impermeabilización del paramento agua arriba (membranas, plásticos, ...)
	Pozos o zanjas drenantes en el pie
	Subida artificial del nivel del agua aguas abajo
	Operación a niveles inferiores Gran reparación
MOVIMIENTOS EN PRESAS DE MATERIALES SUELTOS	Inspección y control intensivos
	Descenso del nivel de embalse
	Elevación de la coronación (sacos, terreros, ...)
	Carga del pie aguas abajo (relleno,... )
	Pozos o zanjas drenantes en el pie
	Operación a niveles inferiores
	Gran reparación
MOVIMIENTOS DEL CIMIENTO	Inspección y control intensivos
	Descenso del nivel de embalse
	Elevación de la coronación (sacos, terreros, ...)
	Carga del pie aguas abajo (relleno,... )
	Operación a niveles inferiores
	Gran reparación
FILTRACIONES A TRAVÉS DEL CIMIENTO	Inspección y control intensivos
	Descenso del nivel de embalse
	Taponado del origen de la filtración
	Taponado de la salida de la filtración (arena, gravas,...)
	Operación a niveles inferiores
	Gran reparación
FALLOS EN EL ALIVIADERO	Inspección y control intensivos
	Descenso del nivel de embalse
	Desvío de las aguas de entrada al embalse
	Protección temporal del aliviadero
	Clausura provisional del elemento (ataguiado, ...)
	Operación a niveles inferiores
	Gran reparación

Situación o fenómeno	Posible medida correctora.
FALLOS EN EL DESAGÜE DE FONDO	Inspección y control intensivos
	Bombeo, instalaciones de sifones, brecha controlada, ...
	Elevación de la coronación, (sacos terreros, ...)
	Clausura provisional del elemento (ataguiado, ...)
	Operación a niveles inferiores
	Gran reparación
FALLOS EN LA ALIMENTACIÓN DE ENERGÍA	Inspección y control intensivos
	Activado de fuentes alternativas de energía
PROBLEMAS DE ACCESIBILIDAD A MECANISMOS	Inspección y control intensivos
	Descenso del nivel de embalse
	Disponibilidad de accesos alternativos
	Operación a niveles inferiores
	Gran reparación
PROBLEMAS DE ACCESIBILIDAD A LA PRESA	Disponibilidad de accesos alternativos
NO OPERATIVIDAD DE SISTEMAS DE COMUNICACIÓN	Inspección y control intensivos
	Medios de comunicación alternativos
	Operación a niveles inferiores

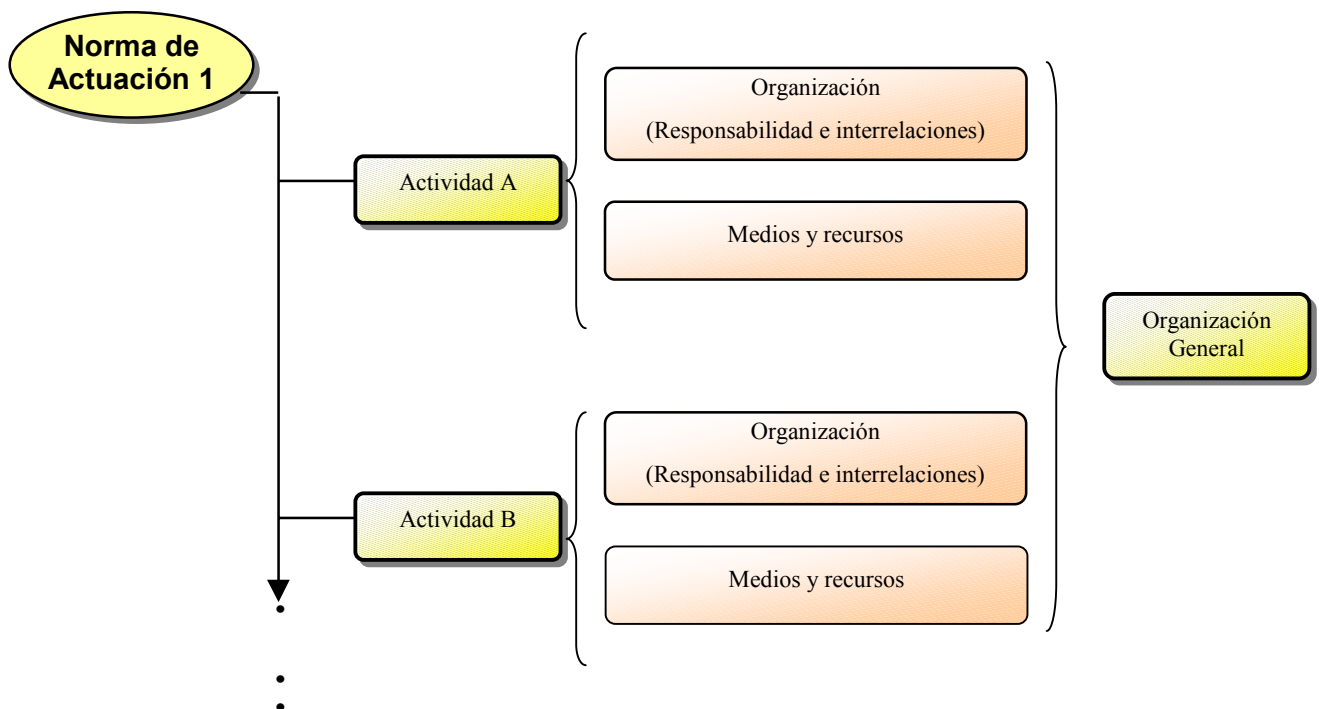
## 5 ORGANIZACIÓN

En general, desde el punto de vista de la organización se incluirá un organigrama funcional que se adaptará a las necesidades reales que se hayan establecido en el Análisis de Seguridad de la presa y en las Normas de Actuación.

En principio no es preciso que la organización (personas y medios) se encuentre en su totalidad permanentemente adscrita al P.E.P., pero podrá ser movilizada con rapidez. Para ello, las personas estarán fácilmente localizables, ser prescindibles de forma temporal en su asignación normal y se encontrarán en condiciones para poder incorporarse al desarrollo del Plan.

Las Normas de Actuación habrán establecido una serie de actuaciones del Plan, en cada uno de los escenarios de emergencia; cada una de estas actuaciones ha de ser dividida en actividades, del análisis de estas actividades y sus procedimientos de ejecución se deduce la organización.

Cada norma de actuación y sus actividades necesitan de una organización para ser realizadas, la organización general se deduce del conjunto de las organizaciones particulares de cada norma de actuación, tal como se muestra en la figura siguiente:





Una vez establecida la organización necesaria en el P.E.P. se clasificará cada actividad, con la siguiente información:

- Código de actividad.
- Escenario en el que se desencadena la actividad (puede haber actividades iguales en escenarios diferentes).
- Evento o actuación que la desencadena.
- Elemento sobre el que se realiza la actividad.
- Descripción detallada y objeto de la actividad.
- Responsable que ordena su realización.
- Responsable encargado de llevarla a cabo.
- Medios necesarios para su realización, tanto materiales como humanos.
- Tiempo estimado de realización.
- Información que debe suministrarse tanto en el proceso de realización como una vez haya sido llevada a cabo.

El esquema anterior es general, pudiendo haber Normas de Actuación que generen una única actividad.

### **5.1 Personal de la organización**

El P.E.P. contendrá un organigrama del personal, cuya dirección corresponde al Director del Plan. Se especificarán con claridad las responsabilidades de cada uno de las personas que están en su organización, teniendo en cuenta las particularidades de la presa y embalse, de los medios disponibles y de los sistemas de telecomunicación y aviso existentes.

El P.E.P. contará con un sistema de control y un programa de formación que asegure que todas las personas, que en un momento dado puedan ser requeridas para formar parte del mismo, conozcan el organigrama y la asignación de puestos efectuada, estén capacitadas para llevar a cabo las funciones y responsabilidades que tengan asignadas, y sepan cuales son sus superiores y sus subordinados.

### **5.2 Funciones y responsabilidades**

Las Normas de Actuación, y las actividades en que éstas se dividen, tendrán perfectamente definido su responsable y el personal que, dependiendo de él, ha de realizarlas.

Todas las interrelaciones actividades – responsables – personal que las realiza han de estar claramente establecidas en el P.E.P., al mismo tiempo que es conveniente que sean lo más concisas posible.

Todos los puestos que figuren en el organigrama del P.E.P. estarán definidos e incluirán la siguiente información:

- *Denominación del puesto.* A esta denominación se hará referencia en las fichas de actuación para indicar el responsable de dar la orden de realización y el de ejecutarla.
- *Dependencia.* Se señalará la dependencia jerárquica del puesto.
- *Funciones y Responsabilidades.*

### **5.3 Organización del trabajo**

El P.E.P. establecerá claramente la organización del trabajo en el tiempo, teniendo en cuenta la intensidad de atención que la situación de emergencia exige, que puede llegar a 24 horas al día pudiendo ser necesario:

- Definir turnos, como mínimo en vigilancia, para lo que ha de estar disponible el personal necesario en todos los puestos.
- Prever personal primario y alternativo para ciertas actividades cuya realización puede hacerse necesaria en cualquier momento.

Los turnos de las actividades que los exijan y la forma de avisar al personal primario o alternativo de las actividades citadas, estarán claramente establecidos en el P.E.P.

A continuación se presentan, a título de ejemplo, una serie de recomendaciones para cada una de las áreas de responsabilidad, sobre la organización del trabajo, que pueden ser consideradas en la elaboración del PEP.

<b>AREA DE RESPONSABILIDAD: Intensificación de vigilancia.</b>		
<b>ACTUACIÓN</b>	<b>POSIBLES EFECTOS EN LA ORGANIZACIÓN</b>	<b>NOTAS</b>
Incremento de los datos tomados.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento de personal de vigilancia y su organización.</li> <li>- Aumento de necesidades de registro.</li> <li>- Aumento de necesidades de interpretación.</li> </ul>	
Incremento de los equipos de auscultación y control.	Tiempo de su disponibilidad, adecuación a las necesidades de vigilancia.	Generalmente supone incremento de los datos tomados.
Nuevos equipos de auscultación y control.	Tiempo de su disponibilidad, adecuación a las necesidades de vigilancia.	Generalmente supone incremento de los datos tomados.

<b>AREA DE RESPONSABILIDAD: Ejecución de medidas técnicas o de explotación.</b> <i>(sólo se indican algunas posibilidades)</i>		
<b>ACTUACIÓN</b>	<b>POSIBLES EFECTOS EN LA ORGANIZACIÓN</b>	<b>NOTAS</b>
Desembalses extraordinarios.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Métodos para el desembalse; compuertas, fusibles, excavaciones, explosiones, etc.</li> <li>- Vigilancia de calados, velocidades y daños aguas abajo.</li> <li>- Vigilancia de funcionamiento de estructuras aguas abajo (puentes, encauzamientos, etc.).</li> <li>- Vigilancia de comportamiento de estructuras de aliviado (compuertas, válvulas, cuencos amortiguadores, etc.).</li> </ul>	
Estabilización de taludes en presa (presas de materiales sueltos).	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Volúmenes de materiales necesarios y razonablemente disponibles.</li> <li>- Equipos cualificados para realizar la operación.</li> <li>- Tiempo de realización de la estabilización, y su relación con la situación de emergencia.</li> </ul>	
Estabilización de taludes en vaso.	Mismas consideraciones cualitativas que en estabilización de taludes en presa.	
Disminución de filtraciones.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Materiales necesarios para el tratamiento.</li> <li>- Métodos de puesta en obra de los materiales.</li> <li>- Control de la bondad del tratamiento.</li> <li>- Tiempo en que el tratamiento es eficaz y su relación con la situación de emergencia.</li> </ul>	
Disminución de presiones intersticiales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Materiales para aumentar la impermeabilidad de las zonas o capas de la presa y su cimientó que deberían ser más impermeables.</li> <li>- Desembalses.</li> </ul>	Los demás posibles efectos en la organización son similares a los de disminución de filtraciones.

<b>AREA DE RESPONSABILIDAD: Información.</b>		
<b>ACTUACIÓN</b>	<b>POSIBLES EFECTOS EN LA ORGANIZACIÓN</b>	<b>NOTAS</b>
Aviso a los organismos previstos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprobación de que se puede enviar los avisos.</li> <li>- Confirmación del recibo del aviso.</li> <li>- Comprobación del mantenimiento continuo de la información pertinente.</li> </ul>	Las comprobaciones anteriores pueden obligar a reparaciones realizadas con rapidez.
Aviso a la población situada en la zona inundable en tiempo inferior a 30 minutos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprobación previa, siempre que sea posible, que los dispositivos de aviso funcionan.</li> </ul>	Comprobaciones similares a las anteriores.

#### **5.4 Formación del personal**

En la redacción del P.E.P. se indicará la realización de un programa de formación del personal que forme parte del Plan. En dicho programa se comprobará que:

- La organización, en general, puede ser operativa.
- La vigilancia de la presa se realiza adecuadamente, disponiéndose de parámetros que permiten extraer deducciones claras en cuanto a su seguridad (indicadores).
- Las actividades pueden realizarse en los plazos previstos.
- Las comunicaciones pueden realizarse sin problemas tanto con los organismos que han de ser avisados e informados, como con las personas que forman parte de la organización del P.E.P.
- Los avisos a la población situada en zona inundable en tiempo no superior a treinta minutos pueden ser operativos.

## 6 MEDIOS Y RECURSOS

En general, desde el punto de vista de los medios y recursos necesarios para la ejecución de las actuaciones previstas, éstas pueden ser clasificadas en tres grandes grupos:

- Actuaciones que conllevan la movilización únicamente de medios y recursos habitualmente utilizados en explotación normal.
- Actuaciones que necesitan la movilización de medios y recursos distintos de los habitualmente utilizados en explotación normal.
- Actuaciones en relación con las comunicaciones, alertas, etc.

Dentro del primer grupo se encuadran los relativos a intensificación de la vigilancia de la presa (al menos en los parámetros que se controlen normalmente), al descenso del nivel del embalse mediante la utilización de los órganos de desagüe (que será la actuación más común, en general, a llevar a cabo), etc.

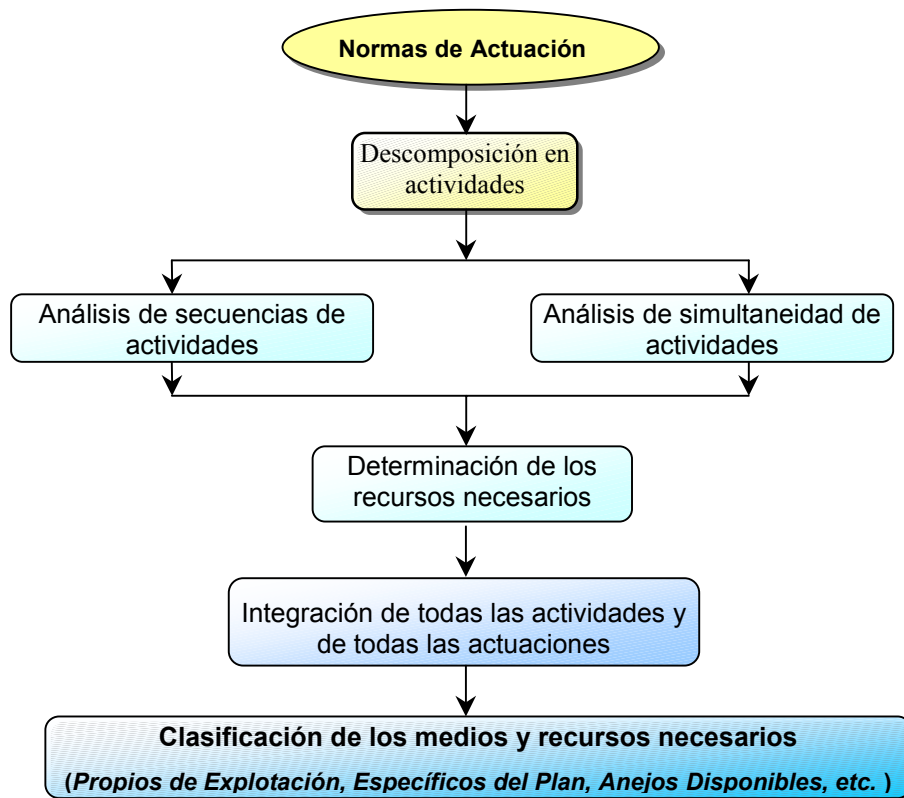
En el segundo de los grupos se encuadrarán las actuaciones que pueden denominarse propiamente medidas correctoras, que implican acciones, al menos hasta cierto punto, estructurales.

En el tercer grupo se especificarán las actuaciones referidas a la comunicación interna y externa y de aviso a la población en la zona de la media hora.

En la mayor parte de los casos, la evaluación de los medios y recursos a incorporar al P.E.P. será acorde con el reducido número de actuaciones y con la sencillez organizativa. Entre los medios y recursos y su fiabilidad y viabilidad se deberá prestar especial atención a los referentes al suministro de energía, iluminación de la presa y sus paramentos, y disponibilidad de los accesos en situación de emergencia.

No obstante, en otros casos en que, bien por la complejidad de la propia presa que se analiza o bien por tener medios que han de estar disponibles para varias presas, puede ser necesario un análisis de mayor entidad.

Este análisis puede desarrollarse según el esquema que refleja la figura siguiente:



Cada una de las actuaciones previstas en el Plan se puede descomponer en las actividades elementales necesarias para efectuarla. Cada actividad anterior se analizará individualmente, evaluando su duración, dependencia de otras actividades, etc. y planteando las posibles interferencias, por simultaneidad, con las restantes actividades.

Para cada una de éstas se pueden establecer los medios y recursos humanos y materiales necesarios, compatibles con la fiabilidad y rapidez de respuesta a conseguir, procediendo a continuación a la integración de todos estos medios, para el conjunto de actividades de cada actuación y para el conjunto de actuaciones.

En función de las características exigibles a los medios y recursos, se estará en disposición de establecer la clasificación de los mismos en relación con su nivel de integración en la explotación: normal y en emergencia.

El resultado del análisis realizado se reflejará en el P.E.P., donde se hará constar la enumeración de todos y cada uno de los medios y recursos asociados al Plan, exponiendo la siguiente información:

- Nombre del recurso.

- Capacidad del recurso: cifra o cifras que definan su capacidad de trabajo, por ejemplo, en una retroexcavadora alcance horizontal, profundidad máxima de excavación, producciones horarias según los alcances y tipos de terreno.
- Propietario del recurso, dirección, teléfono, teléfono alternativo.
- Tiempo de puesta en marcha. Es conveniente clasificar los recursos, caso de existir varios dentro del mismo tipo en disponibilidades de funcionamiento o tiempo de respuesta en estándares, como pueden ser: inmediato, 1 hora, 6 horas, 12 horas, etc.

La lista de recursos cumplirá las siguientes características:

- Disponibles para las personas con responsabilidad en el Plan de emergencia.
- La consulta de datos será sencilla y clara.
- Expuestas en lugares de fácil acceso, facilitándose copias en caso de ser necesario.

Se presenta a continuación, a modo de ejemplo, un formato de tabla para la presentación de los diferentes recursos. Es conveniente que se realicen tablas para cada categoría de medios y recursos según sean: 1) Propios de la explotación, 2) Propios y específicos del Plan, 3) Propios y no específicos del Plan, 4) Ajenos y específicos y 5) Ajenos disponibles.

<i>Nombre</i>	<i>Propietario</i>	<i>Dirección</i>	<i>Tel.</i>	<i>Tiempo de respuesta</i>	<i>Capacidad</i>

### 6.1 Actuaciones de intensificación de la vigilancia

Estas actuaciones aparecerán necesariamente en todos los P.E.P., asociadas a todos los escenarios, poniéndose en marcha en el Escenario 0 y manteniéndose hasta el final de la emergencia.

Constituyen una prolongación e intensificación de las actuaciones equivalentes desarrolladas en la explotación normal y, en general, puede considerarse que incluyen las actividades individuales caracterizadas por la auscultación, la inspección y la interpretación de los resultados de ambas.

Dadas sus características de continuación de la vigilancia durante la explotación normal, de la que depende la detección de las emergencias, la elaboración del Plan deberá abordar una

reevaluación de la validez del sistema de vigilancia en marcha en explotación normal, a la luz del análisis de seguridad realizado para la elaboración del P.E.P.

La intensificación de la vigilancia será función de la anomalía detectada que ha motivado el paso a situación de emergencia, pudiendo incluir la necesidad de incrementos en la frecuencia de lecturas, inspecciones e interpretaciones de resultados, de incrementos de instrumentos instalados o elementos inspeccionados o de ambos.

En cualquier caso, se planteará la continuidad de los equipos humanos habituales como mejor medio de garantizar la correcta interpretación del comportamiento de la presa y el embalse, evaluando la conveniencia de extender turnos o de incorporar personal a los equipos existentes.

Un aspecto fundamental es, obviamente, el de la interpretación de las medidas y de las inspecciones. Para obtener una mayor garantía en la interpretación estarán perfectamente accesible tanto las descripciones de la presa, su cimiento y embalse como los históricos de auscultación e inspección.

Otro aspecto a tener en cuenta se refiere a las situaciones ambientales extremas en las que puede tener lugar un incremento de vigilancia, muy distintas de las típicas asociadas a la explotación normal. Ello puede conducir a la necesidad de asignar algunos elementos específicos al P.E.P., como pueden ser elementos de iluminación de seguridad, fuentes de energía alternativas, elementos de achique para el vaciado de galerías perimetrales, etc.; todo ello con el fin de no interrumpir la vigilancia por problemas de accesibilidad a los elementos de auscultación.

## **6.2 Descenso del nivel del embalse mediante los órganos de desagüe**

Es una de las actuaciones típicamente asociada a las situaciones de emergencia dado que, por una parte, permite reducir el volumen embalsado y su energía específica y, por otra, reduce las sollicitaciones a que está sometida la estructura.

Habitualmente en la explotación normal esta tarea implica el manejo de válvulas y compuertas, por lo que únicamente, en situación de emergencia, implicará la disponibilidad de equipos y/o fuentes de energía y la accesibilidad a los órganos de accionamiento.



Debe añadirse que, a la hora de evaluar la validez de los órganos de desagüe como medio para conseguir el descenso del nivel del embalse, se considerarán al menos los siguientes aspectos:

- Situación real de los órganos de desagüe, mediante la cuantificación de su capacidad garantizada de evacuación.
- Evaluación del ritmo de descenso que se produce en el nivel de embalse al recurrir a los órganos de desagüe y en relación con el ritmo necesario.
- Estimación de los efectos que la evacuación extraordinaria de caudales por motivo de rebajar el nivel del embalse, puede producir aguas abajo.
- Estimación de las condiciones de seguridad de los vertidos en relación con la presa.

En general, los medios para la reducción del nivel de agua en el embalse estarán permanentemente disponibles, siguiendo en todo momento las medidas señaladas en las Normas de Actuación.

### 6.3 Otras actuaciones

Las restantes actuaciones dependen del caso concreto y de la rapidez previsible de desarrollo de la causa que motive la actuación, por tanto en cada P.E.P. estarán descritas dichas actuaciones en las Normas de Actuación. A continuación se presentan, a modo de ejemplo, algunas de estas actuaciones y medidas correctoras:

- Los diques fusibles pueden tener un funcionamiento automático, o bien su rotura puede estar provocada por la apertura de una brecha, lo cual implicará el empleo de maquinaria de movimiento de tierras. Lo mismo puede decirse en relación con la apertura controlada de brechas.
- Si se plantea el descenso del nivel del embalse con la utilización de bombeos complementarios, habrá que prever la utilización de bombas y conducciones adecuadas, unidas a las fuentes de energía necesarias.
- La elevación de la altura de coronación implicará la utilización de un volumen fácilmente calculable de sacos terreros o de otros materiales, unido al equipo humano necesario para su colocación.
- El caso de impermeabilización de distintas vías de filtración implicará disponer de material suficientemente impermeable y equipos para su colocación.

- La sobrecarga del pie de la presa implica en general la utilización de equipos para el movimiento de tierras y un volumen importante y próximo de material suficientemente drenante.

Adicionalmente a los medios y equipos anteriores, puede ser necesario disponer, en un lugar de acopio adecuado, determinados equipos o materiales, tales como, generadores eléctricos móviles y/o portátiles, cuerdas y cables, gatos, poleas y cabrestantes, balsas neumáticas, o, incluso, vehículos todo-terreno, grúas, radiotransmisores, etc. En el caso de que estos materiales y/o equipos resulten necesarios, se incluirán en el Plan, correctamente descritos y cuantificados.

#### 6.4 Comunicaciones

El rápido desarrollo en el campo de las comunicaciones permite la elección de diversos sistemas totalmente válidos y fiables, capaces de cumplir con los requisitos y criterios definidos en el capítulo 6. Entre los sistemas que en la actualidad pueden encontrarse cabe citar los siguientes:

- Red de telefonía convencional por cable.
- Red de telefonía móvil.
- Red de radio de la Confederación Hidrográfica o compañía titular de la presa.
- Enlace vía satélite.
- Sistema Automático de Información Hidrológica (SAIH) de la Confederación Hidrográfica correspondiente.

Los dos primeros sistemas suelen estar suficientemente mallados, garantizando el acceso al punto de destino por caminos alternativos si el original se encuentra cortado, propiedad ésta que habrá de ser comprobada en relación con el tercer sistema. El enlace vía satélite será comprobado en su permanencia.

En cualquiera de los sistemas se considerará la necesidad de preferencia de las comunicaciones de emergencia sobre cualesquiera otras, en el caso de existir éstas últimas.

Los sistemas de comunicación tendrán garantizado el suministro eléctrico, para lo cual se recomienda que cada uno de ellos incluya un sistema de alimentación ininterrumpida (SAI); estos sistemas serán individuales para cada sistema de comunicaciones.

El mismo tratamiento que se ha empleado para la comunicación a los organismos implicados en la gestión de la emergencia, puede aplicarse para las actuaciones del tipo de gestión conjunta de los embalses de una misma cuenca, debido a que, únicamente, necesitan como recursos sistemas de transmisión y recepción de datos y sistemas de análisis, los cuales estarán en utilización en explotación normal. Lo anterior es asimismo aplicable a las actuaciones de comunicación a la presa situada inmediatamente aguas abajo, con Plan de Emergencia y en riesgo, caso de producirse la rotura de la presa cuya emergencia se planifica.

### 6.5 Sistemas de aviso a la población afectada en la primera media hora.

Los sistemas de aviso a la población tienen como finalidad la disminución de los daños relacionados fundamentalmente con las vidas humanas y no con los factores medioambientales, económicos o de otro tipo.

Constituyen además la única actividad a considerar como emergencia externa del P.E.P. y se refiere solamente al aviso a la población, sin tener en cuenta vías de evacuación, etc.

La elección de los diferentes sistemas dependerá, en mayor o menor medida, de las características de la población receptora de la comunicación, considerándose en la elaboración del Plan, al menos, las siguientes categorías:

- *Núcleos Urbanos de población.* Se podrá optar por un sistema global de aviso con un mensaje o señal perfectamente identificable por la población. Este sistema requerirá que los Servicios de Protección Civil, Ayuntamientos, etc. realicen las correspondientes campañas de información a dicha población. En este caso parece que un sistema de señal acústica puede ser el más apropiado, pero hoy en día cabe destacar también la funcionalidad de sistemas de aviso a la población mediante sistemas de señalización fija en aparatos de radio, sistemas de aviso con timbre diferente en el teléfono y otros sistemas alternativos.
- *Población en viviendas dispersas.* Se puede analizar el empleo de un sistema de aviso selectivo y concreto, que puede basarse en la instalación en la zona de cada vivienda de un receptor específico del P.E.P. También pueden adoptarse medidas de llamadas telefónicas selectivas de forma automática con sistema de llamado desde la Sala de Emergencia, con suficiente capacidad de líneas para realizar el aviso a todos los puntos de forma eficaz y rápida.
- *Áreas de ocupación permanente pero diferentes de viviendas habituales.* El problema que se plantea en este caso es que el mensaje a enviar debe ser completamente ejecutivo,

puesto que las personas que se localicen en estas áreas no habrán tenido un proceso previo de información.

- *Áreas de ocupación ocasional.* En este caso se pueden plantear sistemas de aviso globales como en el anterior caso, o la prohibición de accesos.

En cualquier caso, el sistema elegido responderá al objetivo esencial de aviso a la población para su autoprotección, y por tanto, dependiendo de cada presa, se podrá contar con un tipo de sistema único o una solución mixta de los tipos enumerados anteriormente.

A modo de ejemplo, un sistema general de aviso puede estar compuesto por los siguientes elementos:

- *Sistema acústico de señalización u otro alternativo, con mensaje único y continuo en toda la zona inundable en la primera media hora.*
- *Sistema de aviso a los núcleos de población mediante señales acústicas y luminosa u otro alternativo sin mensaje pero totalmente conocido por la población.*
- *Refuerzo de los dos anteriores a las viviendas dispersas mediante comunicación individual y selectiva, utilizando señal telefónica específica.*

Por último, cabe mencionar que el P.E.P. se integra en el grupo de planes de emergencia ante riesgo de inundaciones, con lo cual los sistemas de aviso a la población en la zona de la media hora implantados deberán tener en cuenta otros existentes.