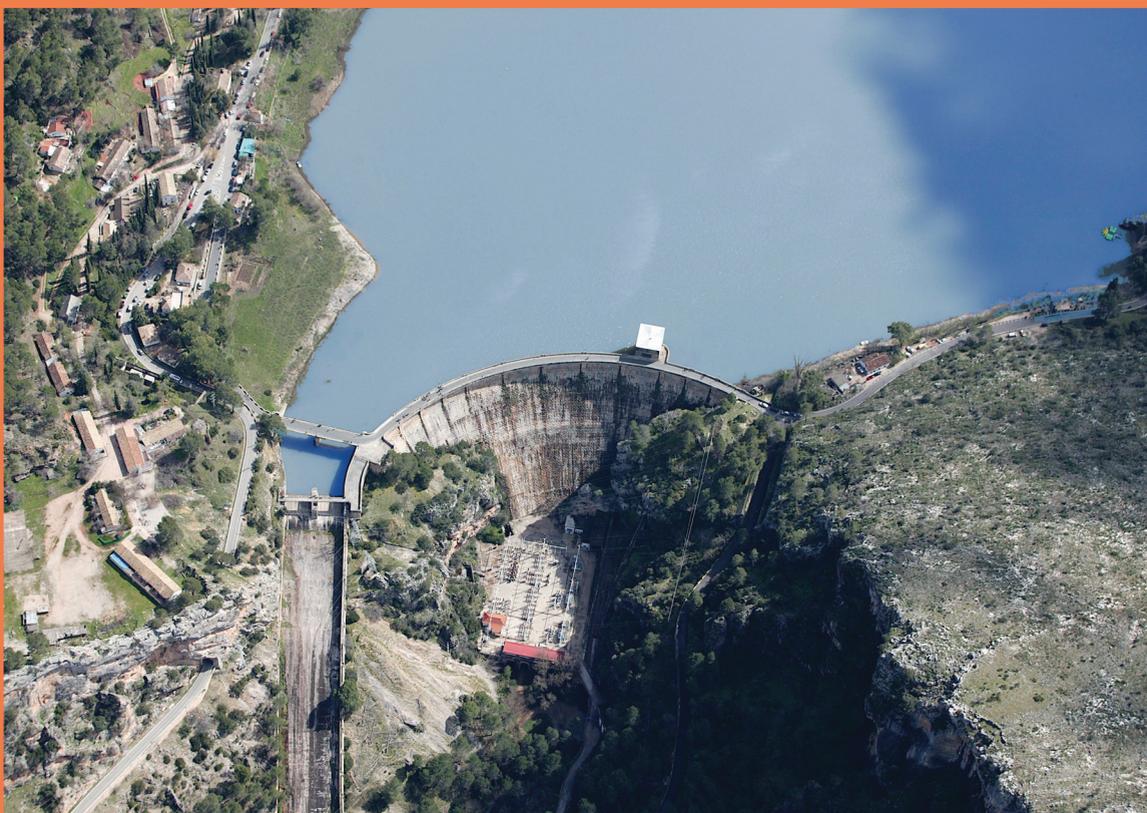


PLANES DE EMERGENCIA DE PRESAS

GUÍA TÉCNICA PARA LA ELABORACIÓN



2023



VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

PLANES DE EMERGENCIA DE PRESAS

GUÍA TÉCNICA PARA LA ELABORACIÓN



Catálogo de publicaciones del Ministerio: <https://www.miteco.gob.es/es/ministerio/servicios/publicaciones/>
Catálogo general de publicaciones oficiales: <https://cpage.mpr.gob.es/>

Título: Guía Técnica para la elaboración de Planes de Emergencia de Presas

Edición 2023

Autores/Coordinación: D. Juan Carlos de Cea Azañedo; D.ª Ana Villar Arrondo; D. Raico Álvarez Feijoo; D.ª Elena Pedre Villar

Fotografía de cubierta: Presa Tranco de Beas (Confederación Hidrográfica del Guadalquivir)



VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

Edita:

© SUBSECRETARÍA

Gabinete Técnico

NIPO (papel): 665-23-068-9

NIPO (en línea): 665-23-069-4

Depósito legal: M-22940-2023

ISBN (papel): 978-84-18778-10-0

ISBN (en línea): 978-84-18778-11-7

Maquetación Impresión: Gráficas Aries

Tipo de papel:



PRESENTACIÓN

En el año 2001 veía la luz la *Guía técnica para la elaboración de los planes de emergencia de presas*, que, elaborada por la Dirección General del Agua, tenía por objetivo principal facilitar la ayuda en la redacción de esos documentos al tratarse de una nueva exigencia de seguridad contemplada primero por la *Directriz básica de planificación de protección civil frente al riesgo de inundaciones* (1994), y luego por el *Reglamento Técnico sobre Seguridad de Presas y Embalses* (1996). La falta de experiencia de todos los técnicos relacionados con la seguridad de presas en la redacción de ese tipo de documentos, y la complejidad que estos parecían presentar, motivaron que la Dirección General del Agua buscara a través de la elaboración de una Guía, no solo facilitar la correcta y uniforme redacción de todos ellos, sino también, y de manera complementaria, lograr un más fácil y rápido proceso de análisis y revisión previos a su aprobación.

Se trata pues esa Guía de un texto bien conocido por el sector, y que ha sido muy utilizado en la práctica. El esquema general del documento que incluye, las recomendaciones y criterios básicos de seguridad que contiene, y el formato tipo de presentación del documento que recomienda, han sido las bases que han servido para redactar un muy elevado número de Planes de Emergencia de presas tanto de titularidad estatal como de concesionarios (más de 550), y para aprobar más de un 70% de todos ellos, demostrando así su efectividad.

La entrada en vigor del Real Decreto 264/2021, de 13 de abril, por el que se aprueban las Normas técnicas de seguridad de presas y sus embalses supuso la derogación de la normativa hasta entonces vigente, es decir, del anteriormente mencionado *Reglamento Técnico* y de la *Instrucción para el proyecto, construcción y explotación de grandes presas* del año 1967, y el inicio de una nueva forma de abordar la gestión y el control de la seguridad de las presas y embalses que estas cierran, de acuerdo con una normativa común para todo tipo de titulares.

Y en ese sentido, las periódicas y continuas revisiones de seguridad que todos los titulares de las presas están obligados a realizar de acuerdo con lo que establece la nueva normativa de seguridad, van a llevar emparejadas, además, la realización de actualizaciones y revisiones de los Planes de emergencia ya aprobados. En efecto, el apartado 29.4. del Anexo III del anteriormente citado Real Decreto indica que los informes de revisión, además de concluir acerca de las condiciones de

seguridad que presentan presa y embalse, propondrá las ... *modificaciones que se consideren necesarias en la presa, en sus estructuras auxiliares, en los equipos, en los distintos sistemas, o en sus condiciones de explotación definitivas o temporales mientras se ejecutan las modificaciones incluidas en el informe, así como en su Plan de Emergencia.*

Es por ello que, debido al período de tiempo transcurrido desde el año 2001, y por la experiencia adquirida por la Dirección General del Agua, como administración competente en materia de seguridad de presas y embalses, en el análisis, revisión y tramitación de esos más de 550 planes de emergencia de presas, esta ha considerado conveniente actualizar la *Guía técnica para la elaboración de los planes de emergencia de presas* y modernizarla y adaptarla a la nueva normativa, pero sin perder de vista en ningún momento un objetivo fundamental: reducir la extensión y el volumen de los planes de emergencia, principalmente para facilitar su uso y manejo en el caso de presentación de situaciones de emergencia.

Madrid, 2023

Teodoro ESTRELA MONREAL
Director General del Agua

PREÁMBULO

La presente Guía Técnica supone una revisión de la Guía Técnica redactada en el año 2001, cuya propuesta inicial fue realizada por:

- D. Jesús Penas Mazaira
- D. Luis Berga Casafont
- D. Mariano de Andrés Rodríguez-Trelles
- D. Israel Sánchez-Palomo García

a la que se fueron añadiendo las sugerencias y comentarios efectuados por numerosos organismos e instituciones.

La presente revisión ha sido redactada por:

- D. Juan Carlos de Cea Azañedo
- D.^a Ana Villar Arrondo
- D. Raico Álvarez Feijoo
- D.^a Elena Pedre Villar

Todos los comentarios y observaciones que quieran hacerse a la misma pueden enviarse a la dirección de correo electrónico: bn-Seguridad_Presas@miteco.es

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	11
2. OBJETO DE LA GUÍA TÉCNICA	13
3. ÁMBITO DE APLICACIÓN	15
4. ELABORACIÓN Y TRAMITACIÓN DE LOS PLANES DE EMERGENCIA	17
5. CONTENIDO DE LOS PLANES DE EMERGENCIA	19
5.1. Análisis de seguridad de las presas.....	19
5.1.1. Situaciones y fenómenos a considerar.....	20
5.1.2. Indicadores.....	22
5.1.3. Establecimiento de umbrales y de los escenarios de seguridad y peligro de roturas de presas.....	23
5.1.3.1. Umbrales asociados a causas exógenas.....	27
5.1.3.1.1. Aspectos hidrológicos.....	27
5.1.3.1.2. Efectos sísmicos.....	29
5.1.3.1.3. Precipitaciones extremas.....	30
5.1.3.1.4. Deslizamientos de ladera.....	31
5.1.3.1.5. Fuego y actos de vandalismo.....	31
5.1.3.1.6. Acciones bélicas y actos de sabotaje.....	31
5.1.3.2. Umbrales asociados a causas endógenas.....	32
5.2. Zonificación territorial y estimación de daños.....	36
5.2.1. Escenarios de rotura o avería grave.....	36
5.2.1.1. Rotura encadenada de presas.....	37
5.2.2. Forma y dimensiones de la brecha. Tiempos de rotura.....	39
5.2.3. Datos básicos para el estudio de la propagación de la onda de rotura.....	43

5.2.3.1. Características geométricas del cauce aguas abajo. Modelos digitales del terreno	44
5.2.3.2. Modelización del embalse	46
5.2.3.3. Rugosidad.....	47
5.2.3.4. Obstrucciones en el cauce y fenómenos locales	47
5.2.3.5. Condiciones iniciales.....	49
5.2.3.6. Condiciones de contorno.....	49
5.2.3.7. Presencia de confluencias en la zona de estudio.....	51
5.2.3.8. Límite del estudio aguas abajo	51
5.2.4. Identificación de afecciones	52
5.2.5. Presentación de resultados	53
5.3. Normas de actuación.....	53
5.3.1. Tipología de las actuaciones	54
5.3.1.1. Actuaciones de vigilancia e inspección intensiva.....	54
5.3.1.2. Actuaciones de corrección y prevención	55
5.3.1.3. Actuaciones de comunicación.....	58
5.3.2. Cuestiones generales a todas las actuaciones	60
5.3.2.1. Responsable de la actuación.....	61
5.3.2.2. Medios adscritos a la actuación	61
5.3.2.3. Momento de la actuación.....	61
5.3.2.4. Procedimiento de actuación.....	61
5.3.2.5. Finalidad y resultados de las actuaciones.....	61
5.4. Organización.....	62
5.4.1. Director del Plan de Emergencia	62
5.4.2. Equipo de personal adscrito al Plan de Emergencia.....	64
5.4.3. Funciones y responsabilidades	65
5.5. Medios y recursos materiales	66
5.5.1. Centro de gestión de emergencias	67
5.5.2. Sistemas de comunicaciones.....	69
5.5.3. Sistemas de aviso a la población.....	70

6. IMPLANTACIÓN DEL PLAN DE EMERGENCIA	73
6.1. Actuaciones preliminares.....	74
6.1.1. Elaboración del Documento Técnico de Implantación y programación del proceso de implantación.....	74
6.1.2. Comité de Implantación.....	76
6.2. Proceso de implantación del plan.....	79
6.2.1. Dotación de infraestructuras.....	79
6.2.2. Formación del personal propio.....	79
6.2.3. Divulgación a la población.....	80
6.2.4. Finalización de la implantación.....	81
6.3. Gestión del Plan de Emergencia implantado.....	83
6.3.1. Formación.....	83
6.3.2. Ejercicios y simulacros.....	84
6.3.3. Actualizaciones y revisiones.....	86
6.3.4. Mantenimiento.....	88
7. FORMA DE PRESENTACIÓN	89
7.1. Estructura del Plan de Emergencia.....	89
7.2. Índice del Plan de Emergencia.....	90
7.3. Contenido del tomo I. Documento ejecutivo.....	94
7.4. Contenido del tomo II. Documento técnico de implantación.....	108
7.5. Contenido del tomo III. Anejos justificativos.....	119
7.5.1. Anejo 1. Justificación del análisis de seguridad.....	121
7.5.2. Anejo 2. Justificación de la zonificación territorial y estimación de daños.....	127
7.5.3. Anejo 3. Justificación de las normas de actuación.....	132
7.5.4. Anejo 4. Justificación de la organización y de los medios y recursos.....	136



7.6. Formato del documento.....	139
7.6.1. Formato de presentación de los documentos.....	140
7.6.2. Formato de presentación de los planos.....	140
7.6.3. Formato digital.....	141
APÉNDICE N° 1	143
Causas que pueden poner en peligro la seguridad de la presa y posibles efectos asociados.....	143
APÉNDICE N° 2. TABLAS ICOLD.....	149
Tabla N° 1. Clasificación de las causas de deterioro de presas (Icold. 1983).....	149
Tabla N° 2. Clasificación de las causas de rotura de presas (Icold. Boletín 99).....	158
APÉNDICE N° 3.....	163
Posibles indicadores para identificación de fenómenos desencadenantes de emergencia.....	163
APÉNDICE N° 4.....	171
Posibles umbrales cualitativos asociados a causas endógenas	171

1. INTRODUCCIÓN

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), aprobada por Acuerdo del Consejo de ministros del día 9 de diciembre de 1994, se enmarca en el conjunto de la planificación de emergencias ante el riesgo de inundaciones como un caso particular. En la Directriz se establece (apartado 2.1.c.) como tipo de inundaciones a considerar en dicha planificación las producidas por rotura o la operación incorrecta de presas. Este tipo de inundaciones presenta la peculiaridad de tratarse de riesgos inducidos por estructuras activas que son operadas por un cierto titular, 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 estas.
- 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 encargadas de la gestión de los Planes a los que corresponda intervenir, la adopción de las medidas apropiadas.

Con la entrada en vigor del Real Decreto 264/2021, de 13 de abril, por el que se aprueban las Normas Técnicas de seguridad para las presas y sus embalses (en adelante NTS), publicado en el Boletín Oficial del Estado el día 14 de abril de 2021, dichas normas han pasado a constituir la normativa de referencia en materia de seguridad y explotación de presas en nuestro país, sustituyendo a la Instrucción para el Proyecto, Construcción y Explotación de Grandes Presas y al Reglamento Técnico sobre Seguridad de Presas y Embalses.

El Real Decreto 264/2021 establece en su artículo 4 la obligatoriedad de que las presas se clasifiquen en función del riesgo potencial que pueda derivarse de su rotura o funcionamiento incorrecto, en las categorías, A, B o C.

El artículo 5 del Real Decreto 264/2021 establece la obligatoriedad de que las presas y embalses clasificados en las categorías A o B cuenten con los correspondientes Planes de Emergencia de la presa, elaborados e implantados de acuerdo con las prescripciones contenidas en la Norma Técnica de Seguridad para la clasificación de presas y para la elaboración e implantación de los Planes de Emergencia de presas y sus embalses recogida en el Anexo I del mencionado decreto (en adelante NTS1).

La NTS1 dedica su Capítulo III al Plan de Emergencia, y en él se dictan consideraciones generales y criterios para la elaboración e implantación de los planes de emergencia de presas.

En el año 2001 la Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas publicó la *Guía Técnica para la elaboración de los planes de emergencia de presas*, de acuerdo con lo establecido en la Directriz y en el Reglamento.

La necesidad de actualizar los Planes de Emergencia de presas a las exigencias derivadas de las NTS, los avances tecnológicos habidos en lo relativo a la modelización hidráulica y a los sistemas de comunicaciones, junto con la experiencia acumulada tanto por la comunidad técnica como por las administraciones en la redacción, supervisión, aprobación e implantación de los Planes de Emergencia de presas, aconsejaban efectuar una profunda revisión y actualización de esa Guía.

2. OBJETO DE LA GUÍA TÉCNICA

La presente Guía Técnica tiene principal objeto facilitar la elaboración e implantación de los planes de emergencia de presas de acuerdo con lo establecido en la Directriz y en las Normas Técnicas de Seguridad para las presas y sus embalses.

El Plan de Emergencia de Presa (en adelante PEP) es el documento en el que se establecen la organización de los recursos humanos y materiales, así como las actuaciones a desarrollar en situaciones de emergencia, con el fin de controlar los distintos factores de riesgo que puedan comprometer la seguridad de la presa, y con ello eliminar o reducir su probabilidad de rotura o avería grave.

3. ÁMBITO DE APLICACIÓN

De acuerdo con lo establecido en el apartado 2.3 de la NTS1 y en el artículo 3.5.1.4. de la Directriz, el ámbito de aplicación de esta Guía lo constituyen todas aquellas presas, grandes o pequeñas, clasificadas en categorías A o B, que son las que obligatoriamente deben elaborar, e implantar, su correspondiente PEP.

Asimismo, de acuerdo con el apartado 13 de la NTS1, todas las revisiones de Planes de Emergencia aprobados con anterioridad a la entrada en vigor de las NTS que deban efectuarse deberán realizarse conforme a lo establecido en dicha norma y, por lo tanto, de acuerdo a lo establecido en la presente guía. En este sentido, se deben distinguir dos casos:

- Revisiones de Planes de Emergencia aprobados pero cuya implantación no se ha comenzado o no se ha finalizado. En este caso, el formato del PEP deberá ajustarse por completo al indicado en el apartado 7 de la presente guía.
- Revisiones de Planes de Emergencia aprobados e implantados con anterioridad a la entrada en vigor de las NTS. En este caso, se podían dar dos situaciones:
 - Revisiones de Planes de Emergencia que no conlleven la necesidad de una nueva implantación, se debe recoger como Tomo II un resumen del proceso de implantación llevado a cabo en su día, y la documentación justificativa del mismo.
 - Revisiones de Planes de Emergencia que conlleven la necesidad de una nueva implantación, el formato del PEP deberá ajustarse por completo al indicado en el apartado 7 de la presente guía.

Por el contrario, las actualizaciones de los PEP no necesitarán la adaptación del contenido del Plan a las recomendaciones efectuadas en esta Guía, siempre que los cambios que se efectúen en él no tengan la consideración de cambios esenciales.

4. ELABORACIÓN Y TRAMITACIÓN DE LOS PLANES DE EMERGENCIA

Conforme a lo indicado en el apartado 10.2 de la NTS1, los titulares de las presas clasificadas en categoría A deben elaborar y presentar a la Administración competente en materia de seguridad de presas y embalses, para su aprobación, antes de dos años contados a partir de la fecha de la resolución de clasificación, los correspondientes PEP. Este plazo será de cuatro años para presas clasificadas en la categoría B. Estos planes de emergencia deben estar suscritos por un técnico competente en materia de seguridad de presas y embalses.

Según se establece en el apartado 12 de esa misma norma, esa aprobación le corresponde a la Administración competente en materia de seguridad de presas y embalses, previo informe preceptivo y favorable del órgano competente en materia de Protección Civil. La resolución del procedimiento de aprobación del Plan y la notificación de la resolución correspondiente se realizarán en el plazo máximo de un año contado desde el día siguiente al de presentación de la solicitud por parte del titular de la presa.

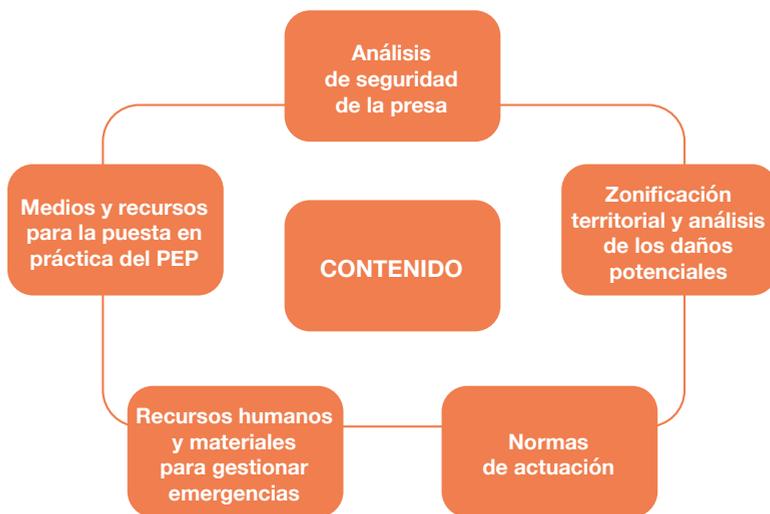
Por otra parte, posteriormente a la aprobación del plan de emergencia podrán surgir circunstancias que requieran efectuar cambios en él con objeto de que siga siendo válido para cumplir con el fin inherente al mismo. En función de la relevancia de las modificaciones que hayan de introducirse en su contenido, dicho plan requerirá ser objeto de una actualización o de una revisión y conllevará una tramitación diferente en cada caso:

- **Tramitación de versión actualizada:** Es suficiente el visto bueno del Comité de Implantación, y el traslado por parte del titular de todos los cambios efectuados en el Plan a todos los organismos que formen parte del Comité de Implantación, a la Administración competente en materia de seguridad de presas y embalses, así como a todos los organismos que figuren en la lista de distribución del Plan de Emergencia.
- **Tramitación de versión revisada:** El titular deberá enviar la versión revisada a la Administración competente en materia de seguridad de presas y embalses para su aprobación, tal y como se establece en el apartado 12 de la NTS1.

En el apartado 6.3.3 de la presente guía se desarrolla con mayor detalle el tratamiento de las modificaciones del documento que sean posteriores a su aprobación.

5. CONTENIDO DE LOS PLANES DE EMERGENCIA

En el apartado 14 de la NTS1 se indica cual debe ser el contenido mínimo del PEP, y que obligatoriamente debe incluir los siguientes aspectos:



Como premisa fundamental durante la elaboración del contenido del documento, el técnico redactor debe tener siempre presente la finalidad del mismo y las circunstancias en que va a ser puesto en práctica. Quiere esto decir que han de primar la sencillez, concisión y claridad en la parte del documento que vaya a ser directamente aplicada por el Director del Plan de Emergencia en caso de producirse una situación de emergencia.

5.1. Análisis de seguridad de las presas

El análisis de la seguridad de la presa requiere considerar los siguientes aspectos:

- Identificación de las situaciones y fenómenos que puedan, individual o conjuntamente, afectar a las condiciones de seguridad de la presa.
- Establecimiento de los indicadores que pongan de manifiesto la aparición de esas situaciones y fenómenos, y que permitan evaluar su intensidad.
- Establecimiento de criterios y definición de umbrales para la interpretación de esos indicadores, evaluación de la emergencia a partir de dicha interpretación, y declaración de los diferentes escenarios de emergencia en función de esa evaluación.

5.1.1. Situaciones y fenómenos a considerar

En el PEP se incluirá una descripción de las situaciones y fenómenos que pueden afectar a la seguridad de la presa y llegar a provocar una situación de emergencia. Es importante tener en cuenta que la posible problemática y situación de cada presa es única, y por tanto la casuística a considerar en este análisis será específica para cada presa. Para estructurar este análisis, se recomienda agrupar inicialmente el estudio de las situaciones y fenómenos que pueden afectar a la seguridad en dos categorías:

Causas exógenas: relativas a circunstancias externas a la presa, como son:

-  **Avenidas.**
-  **Rotura o avería grave de presas situadas aguas arriba.**
-  **Seísmos y erupciones volcánicas.**
-  **Precipitaciones extremas o situaciones climáticas extraordinarias.**
-  **Deslizamientos de ladera o avalanchas de roca, nieve o hielo.**
-  **Fuego y actos vandálicos.**
-  **Acciones bélicas y de sabotaje.**

En general, la presentación de avenidas naturales constituye la causa que ha producido mayor número de incidentes en presas, por lo que será considerada con especial atención. Se trata de un evento que puede ser anticipado en mayor o menor medida, por lo que será necesario tener en cuenta los posibles sistemas de previsión de avenidas existentes en la cuenca donde esté ubicada la presa, así como las previsiones meteorológicas.

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

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. Las erupciones volcánicas normalmente desencadenarán declaraciones de emergencia asociadas a fenómenos sísmicos previos, aunque el fenómeno volcánico presenta una naturaleza similar a los deslizamientos de ladera o avalanchas de material, agravado por la posibilidad de emisión de gases potencialmente peligrosos producidos en la evaporación del agua del embalse.

Los deslizamientos de ladera son fenómenos que no siempre son debidos a circunstancias externas a la presa, pues la influencia del embalse puede ser decisiva en su activación. Aunque en algunos casos no pueden ser anticipados al desencadenarse por precipitaciones continuadas o muy intensas, o por movimientos sísmicos, la mayoría de las veces estos fenómenos se manifiestan de forma progresiva, con síntomas superficiales en el terreno, las infraestructuras sobre este, o la vegetación.

La ocurrencia de actos de vandalismo o los efectos derivados de acciones bélicas tienen en común que son sucesos no previsibles pero que pueden tener consecuencias en el comportamiento de la presa. Únicamente podrán definirse aquellas situaciones en las que es previsible una elevada probabilidad de presentación de esos sucesos.

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

Causas endógenas: relativas al comportamiento de la presa, su cimiento y estribos, y sus equipos e instalaciones. Se identifican las siguientes:

-  **Asociadas al cuerpo de presa.**
-  **Asociadas a la cimentación y estribos.**
-  **Asociadas al aliviadero.**
-  **Asociadas a los desagües de fondo.**
-  **Asociadas a las instalaciones, infraestructuras de comunicación y accesos.**

La presentación de causas endógenas se pone de manifiesto con el seguimiento del comportamiento de la presa, con el análisis de los datos de auscultación y las inspecciones y pruebas de sus instalaciones y equipos.

Como una primera aproximación, se presenta en el Apéndice N°1 una enumeración y clasificación de las posibles situaciones que pueden poner en peligro la seguridad de una presa y algunos de los posibles efectos asociados que podrían desencadenar su proceso de avería o fallo. En cada caso particular deberá justificarse la selección de las posibles causas identificadas, considerando tan sólo las que son de aplicación al caso en estudio.

Como apoyo para la realización del análisis, en el Apéndice N°2 se incluye la tabla n° 1, relativa a la clasificación de las causas de deterioro de presas y embalses elaborada por ICOLD (Deterioration of dams and reservoirs. Examples and their analysis. ICOLD. 1983), y la tabla n°2 en la que se establece una clasificación de las causas de rotura de presas, perteneciente al estudio realizado por ICOLD en su Boletín N° 99. 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 PEP.

5.1.2. Indicadores

Según lo establecido en la NTS1, en el PEP se definirán los indicadores más adecuados para poder realizar una identificación fiable, y con antelación razonable, de las diversas situaciones de emergencia posibles derivadas de los fenómenos considerados. Se analizará la necesidad de incluir en el PEP los siguientes indicadores, además de otros, si se considerara necesario:

1. Los relacionados con eventos hidrológicos.
2. Los relacionados con los sistemas de auscultación.
3. Los deducidos de las labores de inspección y vigilancia establecidos en las Normas de Explotación.
4. Los relacionados con fenómenos sísmicos.
5. Los relacionados con sistemas de observación/detección de deslizamientos.
6. Los relacionados con embalses y presas situados aguas arriba.

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

Aun cuando la lectura de la instrumentación ofrece resultados numéricos y, aparentemente, de mayor interés, no puede olvidarse en este proceso la evaluación de las inspecciones visuales, únicamente cualitativas, 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 el Apéndice N°3 se presenta una relación general de los indicadores más habituales asociados a los fenómenos identificados en el Apéndice N°1, que pueden servir de ayuda para la selección, en cada presa concreta, de los más adecuados.

5.1.3. Establecimiento de umbrales y de los escenarios de seguridad y peligro de roturas de presas

Una vez identificadas las situaciones y fenómenos que, de manera individual o conjunta, pueden implicar una disminución de la seguridad de la presa, y definidos sus indicadores más significativos, es preciso establecer los umbrales que marcarán los límites de lo que puede considerarse como situación de normalidad de la presa, o de evolución hacia situaciones en las que exista probabilidad de rotura.

La NTS1 transcribe en su apartado 15.7 los escenarios de emergencia definidos en la Directriz:

Escenario 0: Escenario de control de la seguridad

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 1: Escenario de aplicación de medidas correctoras

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 2: Escenario excepcional

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 3: Escenario límite

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.

En general, y siempre que sea técnicamente posible, se recomienda que los umbrales establecidos para paso de un escenario a otros sean de tipo cuantitativo, con valores de los datos y/o de su evolución temporal. Sin embargo, hay que señalar también la importancia y necesidad de fijar umbrales de tipo cualitativo que, procedentes de las labores de vigilancia e inspección, pueden ser en la práctica fundamentales 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 cualquier caso, los umbrales correspondientes al escenario 0 deben estar incorporados a las Normas de Explotación de la presa, e incluidos en el protocolo para la activación del PEP.

En la definición de los umbrales a utilizar en las presas en explotación, se tendrá en cuenta la historia de su comportamiento, los datos de la auscultación, los fenómenos naturales que ha soportado (avenidas y sismos), los condicionantes existentes en las Normas de Explotación, así como los resultados y conclusiones de las revisiones generales de la seguridad, o revisiones extraordinarias, que se hayan efectuado.

En el caso de presas de nueva construcción, los umbrales se fijarán con los datos del proyecto, debiéndose revisar y actualizar posteriormente con los datos obtenidos durante la construcción, la puesta en carga y la posterior explotación del embalse.

En la determinación de umbrales es preciso considerar de manera simultánea la gravedad de la situación y la velocidad de desarrollo del proceso, debiendo esta última estar relacionada con la frecuencia de las lecturas de la instrumentación instalada y de las inspecciones llevadas a cabo en el momento de su 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 pa-

rece necesario el establecimiento del Escenario 0 o del Escenario 1 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 o del Escenario 1, definiendo los indicadores a controlar intensivamente, entre los cuales será preciso incluir aquellos relativos a las situaciones que representen un incremento de riesgo específico (por ejemplo, con el aliviadero inutilizado 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.

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, etc.) y otro de consecuencias o variables internas (movimientos de la presa o su cimientado, 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, y que cuenten con registros de datos de auscultación de calidad. 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 diferentes indicadores, es fundamental analizar el comportamiento histórico de la presa y la experiencia de su operación, siendo en cada caso el juicio ingenieril el que debiera fijar los intervalos entre umbrales.

No obstante el carácter definitorio que pretende tener la asignación de escenarios a efectos de planificación, en los PEP deberá indicarse que su director podrá flexibilizar esas asignaciones teniendo en cuenta en todo momento la situación y las previsiones técnicas de evaluación y evolución de la situación de emergencia, adoptando en todo caso criterios y actuaciones conservadores.

En los siguientes apartados se presentan un conjunto de recomendaciones generales para el establecimiento de umbrales, así como su correlación con los escenarios de seguridad, que deben entenderse tan solo como guía para la formulación del PEP. El establecimiento de los umbrales y su asignación a los distintos escenarios de emergencia deberán realizarse en cada caso en función del análisis de seguridad específico que se haga de la presa y de la experiencia que se tenga de su comportamiento y características de la explotación del embalse que cierra.

5.1.3.1. Umbrales asociados a causas exógenas

5.1.3.1.1. Aspectos hidrológicos

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

Constituyen, en general, uno de los aspectos fundamentales a considerar, debido al elevado número de fallos de presas a nivel mundial causadas por ese motivo, así como por la velocidad a que se suele producirse ese proceso y su dificultad de control. La consecuencia más típica suele ser el rebosamiento de la estructura, con o sin rotura.

Desde el punto de vista de la seguridad hidrológica, se debe evaluar el nivel del embalse que la presa puede soportar sin problemas de seguridad en las condiciones de explotación vigentes y el nivel máximo alcanzable, agotando los resguardos.

Así, mientras en las presas de materiales sueltos ese nivel máximo 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 esta consecuencia del oleaje pueden no ser especialmente peligrosos). Del mismo modo, en una presa con aliviadero regulado por compuertas, con vertido no previsto sobre ellas, habría que considerar su posibilidad de rotura en caso de rebosamiento junto con la eventual imposibilidad de su correcta operación.

Se tendrá en cuenta que si bien los indicadores que motivan la declaración del Escenario 0 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), los indicadores asociados a escenarios de seguridad superiores serán directamente observables en el embalse o deberán estar establecidos para que sea posible su utilización en caso de fallo de sistemas de energía y comunicaciones.

En las Normas de Explotación deberán incluirse los umbrales de definición del escenario 0, así como definirse los criterios de laminación de avenidas.

Se presenta a continuación, a modo de ejemplo, una posible definición de umbrales de declaración de distintos escenarios de emergencia por causa hidrológica, sin olvidar que en cada caso será necesario analizar su posible aplicación al caso de estudio, justificándolo adecuadamente.

Umbrales de definición del Escenario 0

- Se ha alcanzado o está previsto que se alcance el nivel máximo registrado en el embalse 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 a lo largo de la vida de la presa, sin que se prevean riesgos para su seguridad.
- Con el embalse a su nivel actual y con la avenida entrante y su previsible evolución, junto con las medidas de explotación vigentes, se prevé llegar, pero no superar, el nivel de embalse que la presa puede soportar sin riesgo para su seguridad.
- Se ha declarado Escenario 1 por avenidas en la presa situada aguas arriba.

Umbrales de definición del Escenario 1

- En la situación actual del nivel de embalse, con la avenida entrante y su previsible evolución, junto con las medidas de explotación vigentes, se prevé superar el nivel de embalse que la presa puede soportar sin riesgo para su seguridad, sin agotar los resguardos.
- Se prevé el vertido sobre las compuertas por la imposibilidad de su accionamiento, sin llegar a su rotura, por estar diseñadas para soportar la altura de vertido prevista.
- Se ha declarado Escenario 2 por avenidas en la presa situada aguas arriba.

Umbrales de definición del Escenario 2

- En la situación actual del nivel de embalse, y con la avenida entrante y su previsible evolución, junto con la aplicación de las medidas de explotación vigentes y con los 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, y su rotura, por no estar diseñadas para soportar dicho vertido.
- Se ha declarado Escenario 3 por avenidas en la presa situada aguas arriba.

Umbrales de definición del Escenario 3

- En la situación actual del nivel del embalse, con la avenida entrante y su previsible evolución, junto con las medidas de explotación y desembalses establecidos y con los 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.

En relación a todas las definiciones anteriores cabe señalar que en cualquier caso estos umbrales se expresarán en el PEP 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.). Adicionalmente, en la definición de los umbrales de los Escenarios 1 y superiores se desarrollará en el PEP una descripción que pueda ser interpretada incluso en caso de fallo de los sistemas de energía, comunicaciones e informáticos.

5.1.3.1.2. Efectos sísmicos

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

Se establecerán solamente umbrales para el Escenario 0, debiéndose valorar la declaración de escenarios superiores si tras la preceptiva inspección se detectase la superación de umbrales asociados a indicadores de emergencia por cualquier causa.

Para la definición de estos umbrales se podría considerar alguno de los siguientes:

Umbrales de definición del Escenario 0

- 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 Richter, 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, un terremoto superior al mayor anteriormente soportado sin daños para la presa.
- Se ha sentido en la presa o en sus proximidades un terremoto próximo, pero inferior al sismo de proyecto.

5.1.3.1.3. Precipitaciones extremas

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 (cortes de accesos, 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 PEP. 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 PEP.

Normalmente se establecerá únicamente el umbral de definición del Escenario 0, 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, como:

- Máxima precipitación histórica registrada en la presa sin que esta haya tenido anomalías de funcionamiento.
- Máxima precipitación histórica que ha soportado el vaso del embalse sin síntomas de deslizamiento de laderas.
- Máximas precipitaciones que son capaces de soportar, manteniendo su funcionalidad, las vías de acceso a la presa y sus instalaciones fundamentales.
- 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.

5.1.3.1.4. Deslizamientos de ladera

La definición de umbrales en relación con la presentación de deslizamientos de ladera en el vaso del embalse se realizará en función del volumen potencialmente deslizante hacia el vaso, de su velocidad, del porcentaje de llenado del embalse, y de la posible afección a la propia presa o sus órganos vitales. En particular, se tendrá en cuenta la existencia de paleodeslizamientos, zonas activas o con riesgo de deslizarse en las proximidades de la presa, aliviaderos, desagües o en el embalse, que se estime puedan movilizarse por fuertes precipitaciones, excavaciones, sobrecargas, sismos u otras causas.

Se establecerá el umbral de definición del Escenario 0 cuando se detecte un deslizamiento que pudiera suponer una afección a la presa, a sus órganos vitales o al embalse.

La activación de escenarios superiores se condicionará a lo observado en la inspección inmediata, en función de otros indicadores, o al volumen del deslizamiento y a la posibilidad de movilización de una masa de agua del embalse que pudiera suponer una afección sobre la presa o aguas abajo de la misma, por un eventual vertido sobre la estructura.

En el caso de deslizamientos ya identificados y con seguimiento periódico a base de la auscultación instalada en ellos, se establecerán en el PEP umbrales cuantitativos para el escenario 0 y para los escenarios superiores.

5.1.3.1.5. Fuego y actos de vandalismo

La ocurrencia de cualquiera de estas dos circunstancias deberá ser motivo de declaración inmediata de Escenario 0 y la realización urgente de una inspección completa de la presa, cuyo resultado determinará la necesidad de permanecer en el escenario establecido o declarar uno superior.

Únicamente cuando el fuego o los actos vandálicos puedan dar lugar a una rápida degradación de la estructura, en función del elemento afectado, podría declararse directamente un Escenario 1 o superior.

5.1.3.1.6. Acciones bélicas y actos de sabotaje

La ocurrencia de cualquiera de estas dos circunstancias deberá ser motivo de declaración inmediata de Escenario 0 y la realización urgente de una inspección com-

pleta de la presa, cuyo resultado determinará la necesidad de permanecer en el escenario establecido o declarar uno superior.

Se contemplará específicamente la posibilidad de ciberataques que posibiliten la toma de control sobre los órganos de desagüe de la presa, o sobre otros elementos susceptibles de afectar a la seguridad de la infraestructura.

5.1.3.2. Umbrales asociados a causas endógenas

Se refiere este apartado a los umbrales relativos a indicadores ligados al seguimiento del comportamiento de la presa, relativos a su auscultación o a sus inspecciones rutinarias, y por lo tanto los umbrales correspondientes al Escenario 0 deben incorporarse en las Normas de Explotación.

Para la elaboración del PEP deberán revisarse todos los indicadores cuantitativos y cualitativos significativos y la instrumentación instalada. 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.

Los umbrales de definición del Escenario 1 se establecerán en aquellos indicadores de sucesos de mayor gravedad o de proceso de desarrollo más rápido, como pueden ser la detección de subpresiones elevadas o 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 signos de erosión interna, movimientos de bloque de presa, 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.

Los umbrales de definición del Escenario 2 se establecerán en aquellos 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 valores registrados entre lecturas sucesivas o a la detección de fenómenos que pudieran evolucionar de forma rápida y llegar a comprometer la seguridad de la presa, 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 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, movimientos importantes de bloques, 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 y 1, ya que el Escenario 2, 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 (salvo que se asocien a escenarios superiores)

- En general, la aparición o detección de fisuras, grietas, hundimientos, filtraciones, humedades, síntomas de movimientos, variaciones significativas de presiones, aumentos de filtraciones no explicables por variables externa o turbidez en las mismas, en la presa o cimientos y estribos.

Umbral de definición del Escenario 1 (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.

En el Apéndice N°4 se incluye una propuesta de posibles umbrales de indicadores cuantitativos para los escenarios 0 y 1. Los umbrales deberán particularizarse para los indicadores seleccionados en cada caso.

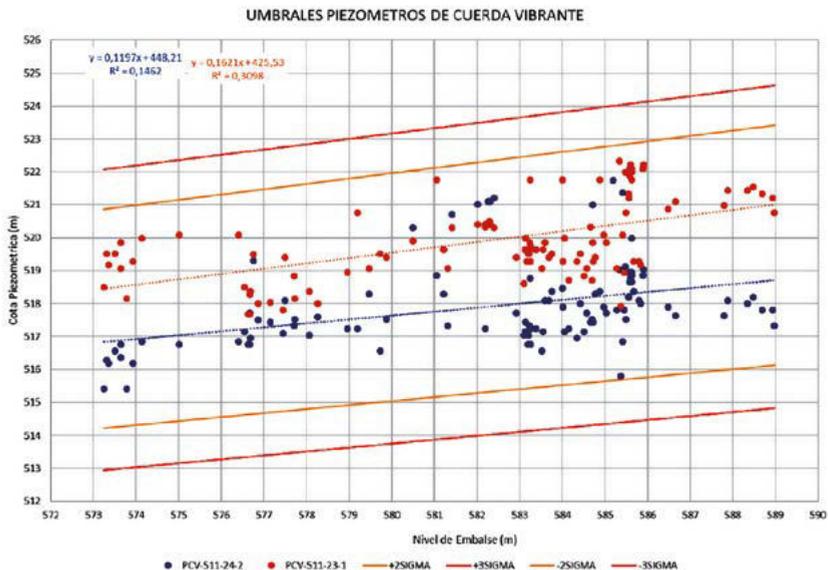
b. Indicadores cuantitativos

Es preciso distinguir dos casos diferentes: presas nuevas o presas en explotación. En el primer caso, será el proyecto, evaluado a la luz de las observaciones efectuadas durante el 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 de acuerdo a los métodos usuales en lo relativo a movimientos, deformaciones, filtraciones, presiones intersticiales y subpresiones y, con criterios conservadores, se establecerá un rango de variabilidad admisible en torno de las previsiones.

En el caso de presas en explotación, para el establecimiento de los umbrales se aplicará la metodología ya descrita y se establecerá qué se entiende por comportamiento normal y se definirá un sistema de detección de variación con respecto a ese comportamiento. En general, y a título meramente indicativo, puede establecerse como declaración del Escenario 0 la superación de semi intervalos de tolerancia de amplitudes comprendidas entre una y dos veces la desviación típica de las lecturas de los elementos de auscultación, aunque, como se ha indicado, la fijación definitiva 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:

- 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 o drenajes puede cambiar sustancialmente el comportamiento.
- En el establecimiento del umbral de los indicadores del Escenario 0 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.
- 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.
- 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 0, mientras que en situaciones de embalse alto o temperaturas extremas podría ser motivo de declaración del Escenario 1.
- Se recomienda no considerar válido un análisis exclusivamente estadístico para la discriminación de los diversos escenarios del PEP e incluir en dicho análisis la consideración de los procesos físicos que se desarrollan a lo largo de la vida de la presa, teniendo en cuenta la experiencia en su explotación y el juicio ingenieril.



5.2. Zonificación territorial y estimación de daños

Tal y como se indica en el apartado 16 de la NTS1, la zonificación territorial tiene por objeto identificar, con suficiente aproximación, los riesgos potenciales que produciría la rotura de la presa, delimitando las zonas progresivamente inundables y las afecciones que esa situación podría ocasionar.

5.2.1. Escenarios de rotura o avería grave

Los escenarios extremos mínimos a considerar en la zonificación territorial son los siguientes:

Escenario sin avenida	Rotura con el embalse en su Nivel Máximo Normal.
Escenario límite	Embalse en su Nivel Máximo Normal, y desagüe de un hidrograma que lo llene hasta la coronación de la presa, manteniendo ésta todos sus elementos de desagüe abiertos, produciéndose a continuación su rotura.
Rotura encadenada	En el caso de que exista una sucesión de presas en las que la rotura de una de ellas pudiera provocar la rotura de las presas de aguas abajo.
Rotura de compuerta	Embalse en su Nivel Máximo Normal y rotura de una compuerta de forma instantánea.

Se debe considerar el Nivel Máximo Normal tal y como se define en la NTS2:

- Nivel Máximo Normal (NMN) es el máximo nivel de retención de agua que se alcanza en el embalse cuando todos los elementos mecánicos de los órganos de desagüe se encuentran cerrados.

En general, el escenario sin avenida y el escenario límite 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.

Aun cuando, evidentemente, solo la comparación de los resultados obtenidos en las dos situaciones anteriores permitirá evaluar su grado de similitud, como primera aproximación, y solo como orden de magnitud, puede establecerse que la similitud se produce para variaciones del calado del orden del 10 % o inferiores.

En el caso de avería de compuertas, se analizarán esa posibilidad en los desagües profundos, intermedios y superficiales, siendo en general, cuando existan compuertas en los aliviaderos de superficie, este el caso más desfavorable.

En las presas que tengan diques de collado clasificados como A o B, se analizará la rotura de estos en los escenarios anteriores que le sean de aplicación. Si estos coronaran a cota inferior que la presa principal, se tendrá en cuenta en la modelización de la rotura y en la definición de la zona inundable en el escenario de rotura límite de la presa principal, o en el de rotura encadenada, en su caso. Se podrá prescindir de la realización de este estudio en aquellos casos en los que se justifique adecuadamente.

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.

5.2.1.1. Rotura encadenada de presas

En el caso en el que exista una sucesión de presas tal que la rotura de una de ellas puede provocar la de otras situadas aguas abajo, se contemplará de manera conjunta la propagación y efectos de la onda de avenida o de las diversas ondas de avenida generadas por las diferentes roturas.

Este escenario de rotura encadenada supone una evaluación conjunta de las presas de un tramo, lo que, en la práctica, implica una transmisión de información y coordinación entre los diversos titulares o explotadores de las distintas presas, para la elaboración de los correspondientes planes de emergencia, siendo en cada caso responsabilidad de los titulares la elaboración de los PEP de cada una de sus presas.

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, elaborándose los PEP de cada una de las presas de manera independiente.

El titular de una presa clasificada A o B que pueda verse afectada por la rotura o roturas de presas situadas aguas arriba de la suya, contemplará en la elaboración de su PEP el escenario de rotura encadenada, por lo que será preciso que conozca los análisis y estudios efectuados en las presas situadas aguas arriba y analice las siguientes situaciones:

- a. Si el embalse es capaz de retener la onda de rotura que viene de aguas arriba, sin producirse la rotura encadenada, pero sí una situación de emergencia con la posibilidad de desaguar caudales importantes que pueden producir daños aguas abajo. Esta situación se contemplará en los PEP estableciendo los sistemas de información y coordinación entre presas que sean necesarios.
- b. Si se puede producir el rebosamiento de la presa y por lo tanto hay que realizar los estudios correspondientes a este nuevo escenario de rotura encadenada.

Para efectuar el análisis y el estudio de las diferentes presas en un mismo tramo 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 escenarios citados en el apartado anterior, escenario sin avenida, escenario límite y rotura de compuertas, calculándose las correspondientes ondas de rotura y su propagación hasta el embalse situado inmediatamente 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 escenario sin avenida o el de rotura de compuertas 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 y aplicándose las consignas de explotación. En el caso en que se produjera vertido por coronación, se considerará el caso de rotura encadenada.
- En el caso de la hipótesis de escenario límite 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 entre sí y, por lo tanto, es previsible que se presenten avenidas en ambas, se supondrá que la presa de aguas abajo se encuentra en situación de avenida con el nivel de embalse al que fueron dimensionados sus órganos de desagüe desaguando, simultáneamente, 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 a cota de Nivel Máximo Normal (NMN).

5.2.2. 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 actualización de la Guía Técnica para la Clasificación de Presas en función del Riesgo Potencial, publicada en 2023 por el Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico, que aquí se reproducen, pero adaptados al objetivo concreto de la formulación de los PEP.

El modo de rotura y la forma y evolución de la brecha dependen fundamentalmente de la tipología de presa. En general, en las presas de fábrica la rotura es prácticamente instantánea, y total o parcial; habitualmente es total en las presas arco y bóveda y parcial, por bloques, en las presas de gravedad o contrafuertes. En cambio, en las presas de materiales sueltos la rotura es progresiva, y puede ser total o parcial dependiendo del volumen de embalse y de la zonificación existente en el cuerpo de presa.

Además de la tipología, la forma y desarrollo particular de la brecha depende de otros muchos factores, como, el modo de fallo que la origine, la geometría de la cerrada, las características del cimientado y de los materiales que conforman la presa, o el proceso constructivo realizado.

El estudio de los procesos de rotura de presas de fábrica ubicadas sobre cimientos de poca capacidad portante parece concluir que en estos casos las brechas se extienden a prácticamente toda la longitud de coronación. No puede olvidarse que en las presas de hormigón compactado con rodillo, el tamaño y conformación de sus distintos bloques no es asimilable al de las presas de hormigón convencional, o que las de mampostería no los tienen, pero sin embargo la fábrica de estas últimas es más vulnerable a la erosión.

Igualmente, en relación a las presas de materiales sueltos, también se observan diferencias en los casos históricos de rotura en función de la zonificación del cuerpo de presa, de la configuración del elemento impermeable y de la causa, comprobándose que las brechas se han desarrollado de manera diferente y con distinta extensión, dependiendo del predominio de materiales más granulares o más cohesivos en el cuerpo de presa, y en función de que la rotura derive de un vertido sobre coronación o de un problema de tubificación en el cuerpo de presa o en el cimiento.

Los criterios básicos para la estimación de la forma, dimensiones y tiempo de desarrollo de la brecha para los diferentes tipos de presas son:

a. Presas de fábrica

- Presas arco y bóveda:
 - Tiempo de rotura: 5 a 10 minutos.
 - Forma y dimensiones la brecha: Rotura completa, siguiendo la forma de la cerrada, admitiéndose la geometrización a trapecial.
- Presas de gravedad y contrafuertes:
 - Tiempo de rotura: 10 a 15 minutos.
 - Forma y dimensiones de la brecha: Rectangular (o trapecial dependiendo de la morfología de la cerrada).
 - › Profundidad de la brecha: hasta el contacto con el cauce en el pie.
 - › Ancho: el mayor de los dos valores siguientes,
 - $\frac{1}{3}$ de la longitud de coronación.
 - 3 bloques de construcción.

En presas de fábrica de mampostería debe considerarse que el ancho de la brecha puede abarcar toda la cerrada, admitiéndose en ese caso su geometrización trapecial.

b. Presas de materiales sueltos

- Tiempo de rotura (T , en horas): Se define como tiempo de rotura de la presa el tiempo de desarrollo de la brecha, que es el tiempo que transcurre desde que se ha iniciado la brecha (o tubificación) hasta que ésta llega a su sección

final. En este tiempo se produce la erosión y arrastre de material que dan lugar al agrandamiento progresivo de la rotura. Puede determinarse mediante las siguientes fórmulas:

$$T = 4,8 \frac{\sqrt{V}}{H} \quad (\text{Guía Técnica para Clasificación, 1996})$$

Donde V es el volumen de embalse (en hm³) y H la altura de presa sobre el cauce (en m).

$$T = 5,65 \frac{\sqrt{V_w}}{H_b} \quad (\text{Froehlich, 2008})^1$$

Siendo V_w el volumen de agua almacenado en el embalse en el momento de la rotura (en hm³) y H_b la altura de la brecha (en m). A efectos de la aplicación de esta fórmula se considerará que la altura de la brecha es igual a la altura de la presa sobre el cauce (H_b=H).

La fórmula de Froehlich, se basa en el estudio de 74 casos de roturas documentadas de presas de materiales sueltos y da valores del tiempo de rotura ligeramente mayores que los de la fórmula de la Guía Técnica de 1996.

Aunque los resultados a los que se llega con ambas fórmulas son similares en la mayor parte de los casos, la fórmula de Froehlich es de desarrollo más reciente y recoge una base más amplia de casos de rotura.

- Forma de la brecha: trapecial. De manera genérica se considerará que los taludes laterales de la brecha son 1H/1V. Si bien, en base a la experiencia de rotura documentadas de presas de materiales sueltos se conoce que este parámetro puede variar desde el citado 1H/1V en materiales no cohesivos hasta taludes 0,33H/1V en materiales cohesivos.
- Profundidad de la brecha: Hasta el contacto con el cauce.
- Ancho medio de la brecha (b, en m): Puede determinarse mediante las siguientes fórmulas.

$$b = 20 (V \cdot H)^{0,25} \quad (\text{Guía Técnica para Clasificación, 1996})$$

¹ Froehlich D.C. (2008), Embankment dam breach parameters and their uncertainties, ASCE Journal of Hydraulic Engineering, 134(12): 1708-1721

Siendo V el volumen de embalse (en hm^3) y H la altura de presa sobre el cauce (en m).

$$b = 22,46 K_0 V_w^{0,32} H_B^{0,04} \quad (\text{Froehlich, 2008})$$

Donde K_0 es un coeficiente que depende de la causa que origina la rotura de la presa ($K_0=1,3$ para roturas por sobrevertido y $K_0=1$ para el resto de roturas), V_w es el volumen de agua almacenado en el embalse en el momento de la rotura (en hm^3) y H_b la altura de la brecha (en m).

En la aplicación de esta fórmula se utilizará $K_0=1$ para el análisis del escenario sin avenida y $K_0=1,3$ para el escenario límite y para el análisis de la rotura encadenada de presas de materiales sueltos situadas aguas abajo de la de estudio.

$$b = H_B \left[0,787 \left(\frac{H}{15} \right)^{0,133} \left(\frac{V_{W0}^{1/3}}{H_W} \right)^{0,652} e^B \right] \quad (\text{Xu Y. \& Zhang, 2009})^2$$

Donde H_b es la altura de la brecha (en m), H es la altura de la presa sobre el cauce (en m), V_{W0} es el volumen de agua almacenado en el embalse en el momento de la rotura (en m^3), H_W es la altura desde la lámina de agua hasta el fondo de la brecha en el momento de inicio de esta (en m) y B un coeficiente que depende de: la tipología de presa, la causa que origina la rotura y la erodibilidad del cuerpo de presa. El valor de B se puede determinar a partir de la expresión siguiente:

$$B = B_T + B_F + B_E$$

B_T es un coeficiente que depende del tipo de presa:

$B_T=-0,041$ para presas de núcleo impermeable.

$B_T=0,026$ para presas de pantalla.

$B_T=-0,226$ para presas homogéneas

B_F es un coeficiente que depende de la causa que origina la rotura de la presa:

$B_F=0,149$ para roturas por sobrevertido.

$B_F=-0,389$ para roturas por erosión interna o sifonamiento.

² Xu Y. & Zhang L.M. (2009), Breaching parameters for earth and rockfill dams, ASCE Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 135(12):1957-1970

B_E es un coeficiente que depende de la erodibilidad, siendo:

$B_E=0,291$ para presas de erodibilidad alta.

$B_E=-0,140$ para presas de erodibilidad media.

$B_E=-0,391$ para presas de erodibilidad baja.

De los tres parámetros el menos influyente es el relativo al tipo de presa (que afecta fundamentalmente al inicio de la brecha y tiene menos influencia en desarrollo de esta). El parámetro que tiene más influencia sobre el ancho que puede alcanzar la brecha es la erodibilidad. Esta característica depende básicamente del material, grado de compactación y geometría de la presa. De manera orientativa se puede considerar que: las presas de pantalla tendrán erodibilidad alta, las presas con núcleo delgado o medio tendrán erodibilidad media y que las presas con núcleo grueso u homogéneas tendrán erodibilidad baja. Se aumentará un grado la erodibilidad si las presas no han sido compactadas adecuadamente (o se duda del proceso constructivo seguido) o si en el material impermeable que las constituye predominan los limos.

En general, la forma geométrica de la brecha es el parámetro menos importante, siendo el ancho final de la misma y el tiempo de rotura los que pueden dar lugar a variaciones más significativas.

Se podrán utilizar otros modelos de rotura justificando adecuadamente en la propuesta su idoneidad.

5.2.3. Datos básicos para el estudio de la propagación de la onda de rotura

En general, el análisis de la propagación de la onda causada por la rotura será abordado mediante simulación numérica, con modelos bidimensionales en régimen variable acordes con la orografía del área inundable y a las características del flujo. Estos modelos emplean una malla de cálculo elaborada a partir de un modelo digital del terreno, obteniéndose resultados de calado y velocidad en toda la superficie inundable, lo que permite identificar de manera muy eficaz las posibles zonas de riesgo en función de los valores de estas variables a lo largo del tiempo en cada punto.

Entre este tipo de modelos se puede mencionar el Iber, HEC-RAS o Infoworks, que cuentan con módulos específicos para rotura de presas, siendo los dos primeros de libre distribución.

5.2.3.1. Características geométricas del cauce aguas abajo. Modelos digitales del terreno

Los modelos hidráulicos anteriores requieren para su aplicación un modelo digital del terreno (MDT) que defina el relieve de la zona potencialmente inundable aguas abajo.

Dichos modelos se obtienen de forma habitual mediante la aplicación de tecnología LiDAR (Light Detection and Ranging), basada en los datos proporcionados por un sensor instalado en un avión, helicóptero o dron, que emite pulsos láser registrando el tiempo que tardan en llegar a la superficie y volver al aparato.

Como norma general, para la elaboración de este MDT se tomarán como base de partida los modelos digitales de elevaciones (MDE) elaborados por el Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) del Instituto Geográfico Nacional, en el marco del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA), cuyo objetivo es la obtención de fotografías aéreas ortorrectificadas y modelos digitales de elevaciones de alta precisión de todo el territorio español. A fecha de publicación de esta guía están disponibles los siguientes modelos, siendo preferible la utilización de los de mayor resolución:

- Datos LiDAR 1ª Cobertura (2008-2015): con una densidad de puntos de 0,5 puntos/m². Disponibles para todo el territorio nacional.
- Modelo Digital del Terreno – MDT02: con un paso de malla de 2 m. No disponible para todo el territorio nacional. Elaborado a partir de la 2ª Cobertura de datos LiDAR (2015-actualidad).
- Modelo Digital del Terreno – MDT05: con un paso de malla de 5 m. Disponible para todo el territorio nacional.

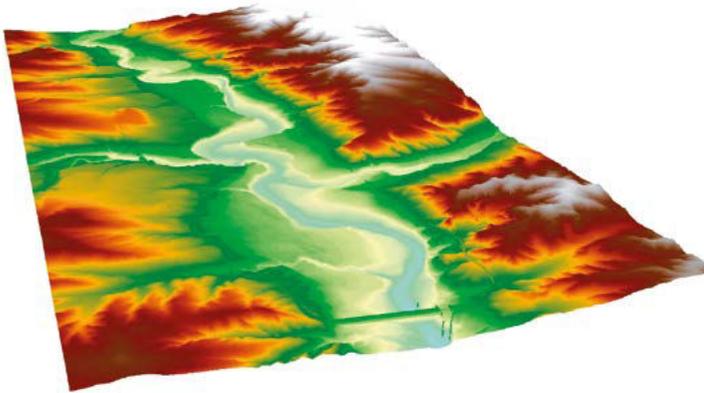
Para la elaboración del modelo digital del terreno de la zona potencialmente inundable aguas abajo de la presa se empleará el más actual y que ofrezca una mejor definición del relieve, es decir, preferiblemente el MDT02 y, si éste no estuviera disponible, los datos LiDAR 1ª Cobertura (2008-2015).

La utilización del MDT05, de menor resolución, únicamente estará justificada en aquellos casos en los que no existan afecciones en la zona potencialmente inundada por la onda de rotura, o cuando sea previsible que los calados en las afecciones potenciales sean significativos (> 1 m).

El empleo de modelos digitales del terreno en el análisis de los efectos de la rotura de la presa cuenta con indudables ventajas como su facilidad de empleo en la

modelización hidráulica o su mayor versatilidad a la hora de analizar y visualizar los resultados obtenidos.

Sin embargo, también presenta inconvenientes como la ausencia de información toponímica o la poca fiabilidad de los modelos sin procesar en zonas de vegetación muy densa en las que pueden existir puntos con cota superior a la real del terreno. Por ello, los modelos digitales de elevaciones (MDE) antes relacionados deben ser convenientemente depurados y revisados para garantizar que todas las posibles afecciones se encuentran correctamente identificadas y representadas. En esta tarea puede ser de gran utilidad, además del trabajo de campo, el empleo de las ortofotos PNOA de más actualizadas de la zona de estudio.



La malla de cálculo que se genere a partir del MDT deberá tener una resolución coherente con la de éste, al objeto de no perder definición en el relieve del terreno durante la modelización de la zona potencialmente inundable por la onda de rotura.

Así por ejemplo, si el MDT de partida tiene un paso de malla de 2 m, el tamaño mínimo de las aristas de los elementos de la malla será de ese mismo orden de magnitud. Por lo general, la tolerancia para generar aristas de mayor tamaño que la resolución mínima será de 25 cm.

La aplicación de otros valores en los parámetros utilizados para la elaboración de la malla (mayor tolerancia o tamaño mínimo de arista) deberá quedar suficientemente justificada en el PEP.

En cualquier caso, en el PEP se especificarán las características del MDT empleado en el modelo hidráulico y se expondrá brevemente el proceso de depuración y revisión que se haya efectuado.

5.2.3.2. Modelización del embalse

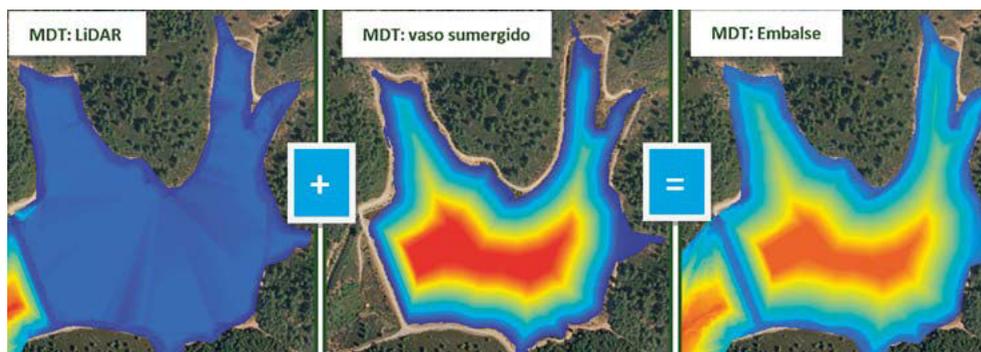
El volumen de embalse movilizable en caso de rotura de presa es un parámetro muy importante del cálculo ya que determina las dimensiones de la brecha (en presas de materiales sueltos) y el caudal máximo que se evacuará por ésta. Por lo tanto, el vaso del embalse creado por la presa deberá ser introducido en la malla de cálculo del modelo hidráulico para poder simular el vaciado de este como consecuencia de la rotura de la presa.

Por lo general, la modelización del vaso del embalse se realizará a partir de la cartografía de detalle que pueda estar disponible en el proyecto de construcción de la presa o en trabajos anteriores, o bien de levantamientos topográficos más recientes que incluyan un estudio batimétrico del embalse.

En el caso de no disponer de esta información, se recomienda proceder de la siguiente forma para caracterizar la geometría del embalse:

- Utilizar los datos de altimetría de los MDT referidos en el apartado anterior de la presente Guía. En tal caso, salvo en presas muy recientes, los datos de altimetría tan sólo estarán disponibles en la parte del embalse situada por encima del espejo del agua el día en que se realizó el vuelo LiDAR.
- Los volúmenes de embalse por debajo de la cota del espejo del agua en el momento del vuelo LiDAR se deberán obtener adoptando una hipótesis simplificada respecto de la geometría del vaso sumergido, con el apoyo del análisis de cartografía y ortofotos históricas en las que aparezca el embalse a distintos niveles.

Con esta información se elaborarán unas curvas de nivel con las que se generará otro modelo digital del terreno (MDT-vaso sumergido) que comprenderá la geometría del vaso del embalse por debajo del espejo del agua.



5.2.3.3. Rugosidad

En los modelos hidráulicos deben introducirse como dato de partida los valores del coeficiente de rugosidad o rozamiento de los terrenos de cauce y márgenes contenidos en la zona inundable por la rotura de la presa. Dichos valores dependen de un buen número de factores, como la vegetación, irregularidades del cauce, sinuosidad del cauce, erosión y sedimentación, obstrucciones, tamaño y forma del cauce, sólidos en suspensión, etc.

En primer término, los tipos de cobertura del suelo en la zona de estudio se pueden identificar empleando la información contenida en el Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España (SIOSE), cuyo objetivo es integrar la información de las Bases de Datos de coberturas y usos del suelo de las Comunidades Autónomas y de la Administración General del Estado. El SIOSE se enmarca en el Plan Nacional de Observación del Territorio en España (PNOT), que coordina y gestiona el Instituto Geográfico Nacional (IGN) y el Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG). Esta información está disponible en formato shapefile (.shp).

En todo caso, la identificación inicial de cada zona se comprobará mediante el análisis de las ortofotos disponibles en el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) y, si fuese necesario, mediante reconocimiento directo sobre el terreno.

Una vez identificadas las distintas coberturas del terreno, los valores del coeficiente de rozamiento se podrán obtener de la bibliografía disponible, como por ejemplo las bien conocidas tablas incluidas en el texto *Open Channel Hydraulics*³ (Ven Te Chow).

Si se ha empleado la capa de cultivos y aprovechamientos del SIOSE para identificar las coberturas del terreno, resulta muy útil el empleo de la tabla nº 1 del Anejo V de la “*Guía Metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables*”, editada en el año 2011 por el entonces Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino (en adelante Guía Metodológica del SNCZI). En dicha tabla se relacionan los valores del coeficiente de rugosidad de Manning en función de las diversas coberturas del suelo clasificadas en el SIOSE y en el CORINE Land Cover (antecedente del SIOSE).

5.2.3.4. Obstrucciones en el cauce y fenómenos locales

A partir del análisis de la geometría del valle y de las comprobaciones sobre el terreno que se realicen, se localizarán las obras singulares que por su importancia

³ Chow, V.T., 1959, *Open-channel hydraulics*: New York, McGraw-Hill

podieran producir obstrucciones significativas en el cauce o dar lugar a fenómenos hidráulicos de naturaleza local que pudieran incidir de manera muy importante en la propagación de la onda. Tal es el caso de terraplenes de infraestructuras viarias y de 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.



Únicamente se considerará significativa la incidencia de la obstrucción en la onda cuando simultáneamente se presenten las dos circunstancias siguientes:

- Representa una obstrucción importante que, expresada como relación de superficies obstruidas y total del cauce atravesado, es superior al 20%.
- Su obstrucción crea un embalse temporal de magnitud relativa importante que, respecto al volumen de la onda de rotura de la presa, representa más del 5%.

Caso de no producirse alguna de estas circunstancias, podrá establecerse, en general, el régimen hidráulico sin considerar su existencia.

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.

5.2.3.5. Condiciones iniciales

Los modelos hidráulicos requieren información acerca del estado inicial de los cauces y embalses. Esta situación inicial se puede definir estableciendo un calado en el cauce, previo a la simulación, cuyo valor puede ser fijo o variable a lo largo del tramo o tramos en estudio. Otra opción que generalmente ofrecen los programas para introducir una condición inicial del modelo es establecer una cota del agua inicial para todo el tramo o tramos de cauce en estudio o parte de los mismos.

Con respecto de la situación inicial del embalse antes de la rotura, éste se encontrará lleno a su Nivel Máximo Normal (NMN) en el caso del escenario sin avenida, y a cota de coronación en el caso del escenario límite. En los embalses situados aguas abajo del que sean objeto de modelización se partirá de los niveles descritos en el apartado 5.2.1.1 de esta guía.

En los cauces receptores de la onda de rotura también es necesario establecer unas condiciones iniciales, sobre todo cuando éstos son de cierta entidad y la hipótesis a analizar corresponde con el escenario límite (rotura coincidente con avenida). En este caso será necesario considerar que antes de que se produzca la rotura de la presa ya circula por ellos una determinada avenida, que deberá justificarse.

En el escenario sin avenida, los caudales iniciales que se adopten en los cauces serán moderados, inferiores en todo caso a la máxima crecida ordinaria.

En el escenario límite debe considerarse un hidrograma de entrada al embalse que, estando éste a cota de NMN, pueda llenarlo a cota de coronación estando los órganos de desagüe abiertos.

La avenida inicial a considerar en el tramo de cauce aguas abajo de la presa será la provocada por las sueltas de los órganos de desagüe de aquélla, con el embalse a cota de coronación (instante inmediatamente anterior a la rotura).

5.2.3.6. Condiciones de contorno

En los modelos hidráulicos, los tramos de cauce se tratan como un contorno abierto con una entrada y una salida de flujo. El número de condiciones a imponer de-

pende del régimen de flujo adoptado (rápido o lento). En los casos más generales es necesario imponer dos condiciones de contorno, una aguas arriba y otra aguas abajo del modelo.

La condición de contorno impuesta aguas arriba del modelo generalmente corresponderá con una entrada de caudal. Para el caso de los modelos hidráulicos realizados en el ámbito de la zonificación territorial de un PEP habrá dos tipos de entrada:

- Hidrograma de entrada aguas arriba del embalse, correspondiente al escenario en la situación límite o de rotura encadenada de la presa de aguas arriba.
- Hidrograma o caudal constante a introducir por el cauce o cauces receptores de la onda de rotura.

La condición de contorno aguas abajo del modelo está representada habitualmente por la cota que alcanza la lámina de agua en la sección límite del estudio aguas abajo. Dicha cota podrá definirse sin dificultad cuando se dé alguna de las circunstancias siguientes:

- Desembocadura del cauce en el mar.
- Calado conocido en alguna sección, impuesto por ejemplo por la existencia de un embalse.
- Disponibilidad de datos fiables de niveles y caudales en la zona de estudio.
- Régimen crítico en algún punto.

En el caso más habitual de no estar en ninguna de estas situaciones, se recomienda prolongar el modelo aguas abajo en una longitud suficiente para que la condición de contorno a establecer no afecte a los resultados del tramo en estudio. A esta ampliación en la extensión del modelo hidráulico se la denomina en la Guía Metodológica del SNCZI “longitud de acomodación”. En el apartado 7.6.1 de la referida guía se incluye una figura que relaciona la longitud de acomodación en régimen uniforme con la pendiente longitudinal del río. De acuerdo con esta figura, en cauces con pendientes comprendidas entre el 5 y el 7 ‰ será suficiente ampliar el tramo en estudio con una longitud de acomodación de unos 500 metros, mientras que para valores de pendientes menores del 2 ‰, la longitud de acomodación estaría comprendida entre los 2 y los 3 kilómetros.

5.2.3.7. Presencia de confluencias en la zona de estudio

En el tramo a estudiar aguas abajo de la presa pueden existir confluencias con otros cauces de menor, similar o mayor entidad que el que recibe la onda de rotura.

En el caso de que un nuevo cauce se incorpore al que recibe la onda de rotura de la presa, se deberá introducir en el modelo un punto de entrada de caudal en la confluencia de ambas corrientes, siempre y cuando las dimensiones de la cuenca vertiente del cauce tributario lo justifiquen.

En otras ocasiones, el cauce en el que se encuentra la presa desemboca en otro de mayor entidad que recibirá la onda de rotura y que, por tanto, deberá considerarse en el modelo.

En ambos casos, y como criterio general para el cálculo en escenario límite, se considerará la incorporación en el punto de confluencia de un caudal correspondiente a un periodo de retorno de 50, 100 o 500 años del Mapa de Caudales Máximos de España peninsular (CAUMAX).

En cualquier caso, los caudales a considerar en el modelo para estos otros cauces se deberán justificar en el anejo correspondiente.

5.2.3.8. Límite del estudio aguas abajo

En general, el límite del estudio se establecerá donde se alcance un caudal que no produzca más daños, salvo que la onda de rotura llegue a una presa clasificada en las categorías A o B, en cuyo caso dicha presa será el límite de estudio.

En escenario límite, en el caso de que un nuevo cauce se incorpore al que recibe la onda de rotura, o si este desemboca en uno de mayor entidad, el límite del estudio se establecerá dónde el incremento de caudal provocado por la rotura de la presa, respecto a la que provocaría el caudal circulante sin ella, no produzca daños adicionales.

Este límite debe ser justificado en el PEP, estableciéndose las razones por las que se considera que más aguas abajo no se producen afecciones a viviendas, servicios, bienes económicos o aspectos medioambientales.

Algunas situaciones que permiten acotar el límite del estudio son las siguientes:

-  **Entrada en un embalse capaz de recibir la onda total de rotura sin que los vertidos potenciales puedan producir afecciones aguas abajo.**
-  **Entrada en un embalse en el que se puedan producir grandes vertidos o el escenario de rotura encadenada de presas, y que necesite normativamente disponer de PEP.**
-  **Desembocadura del cauce en el mar.**
-  **No ocupación aguas abajo del punto límite por viviendas, servicios, bienes económicos o aspectos medioambientales.**
-  **Alcanzar un caudal máximo inferior a la capacidad del cauce, sin producir inundaciones significativas ni en las márgenes ni aguas abajo.**

El caudal que agota la capacidad del cauce aguas abajo puede asimilarse al asociado a la máxima crecida ordinaria (Q_{MCO}) cuyo valor, a falta de estudios específicos, puede obtenerse de la aplicación CAUMAX del Mapa de Caudales Máximos, desarrollada por el CEDEX.

En relación con la comprobación de las dos últimas situaciones, puede resultar de gran utilidad la información disponible en el visor del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables, en el que pueden consultarse los estudios de delimitación del dominio público hidráulico y de zonas inundables elaborados por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, así como otros aportados por Comunidades Autónomas o por administraciones locales.

5.2.4. Identificación de afecciones

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 a efectos del PEP los núcleos urbanos o viviendas aisladas habitadas, y aquellas zonas en las que habitualmente puedan producirse concentraciones de personas, por cualquier motivo (áreas de recreo o acampada, instalaciones deportivas, instalaciones industriales o agrarias, etc), las infraestructuras viarias, redes ferroviarias, u otros servicios esenciales para la población.

En el proceso de identificación se analizará si se produce afección o no mediante la valoración de las variables hidráulicas de calado y velocidad sobre el elemento correspondiente. Cualquier elemento que se encuentre fuera de los límites de la onda de rotura será de no afección.

Los trabajos de campo de identificación de posibles afecciones se pueden apoyar en las capas del Instituto Geográfico Nacional (IGN), o en el servicio WMS INSPIRE de Cartografía Catastral de la Dirección General de Catastro, mediante la clasificación de polígonos por su naturaleza y tras la realización de los trabajos de depuración y agrupamiento precisos.

La evaluación se realizará para cada uno de los posibles puntos de afección, considerando los núcleos urbanos en conjunto y las viviendas aisladas de manera individual. Se emplearán los valores máximos de calado y velocidad obtenidos tras la modelización numérica de la rotura y la propagación de la onda asociada. En los núcleos urbanos se tomarán los valores más desfavorables obtenidos.

5.2.5. Presentación de resultados

Los resultados fundamentales a incluir en el PEP se refieren a la delimitación del área inundable y a la identificación y valoración de las potenciales afecciones, que se realizará mediante su representación en planos acompañados por una base de datos o fichero Excel de identificación de afecciones.

La delimitación de la zona potencialmente inundable debida a la propagación de la onda de rotura se establecerá examinando las diversas hipótesis potenciales de rotura y estableciendo el mapa de inundación correspondiente a la envolvente integrada de todas ellas.

Las afecciones y daños potenciales correspondientes a cada uno de los escenarios analizados se indicarán sobre los planos, incluyéndose el tiempo de llegada de la onda, el tiempo de calado máximo, y la velocidad y calado máximo alcanzado por la corriente.

Además de los planos en papel, en la edición digital del PEP que acompañará el documento, se incorporarán los ficheros shape georreferenciados de la envolvente de las líneas de inundación, así como tabla de las afecciones identificadas en hoja de cálculo o base de datos georreferenciada de las mismas. En el apartado 7 de esta guía se define en detalle la documentación a presentar.

5.3. Normas de actuación

En el apartado 9 de la NTS1 indica que el plan de emergencia debe incluir el desarrollo de las normas de actuación en cada escenario, incluyendo las asociadas a

la información y comunicación a los organismos públicos implicados en la gestión de la emergencia.

En el apartado 17 se expone el objetivo de las normas asociadas a cada escenario de emergencia, que es definir las acciones a llevar a cabo en caso de activación del PEP para reducir la probabilidad de rotura y los riesgos que pudieran derivarse de ella. Las actuaciones podrán ser de tres tipos:



Los objetivos generales de las actuaciones son la restitución de 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. En el PEP se establecerán, en la medida de lo posible, objetivos concretos para cada una de las actuaciones que se planteen.

5.3.1. Tipología de las actuaciones

5.3.1.1. Actuaciones de vigilancia e inspección intensiva

Se refiere a las vigilancias intensivas e inspecciones extraordinarias, consecuencia de la declaración de un escenario de emergencia. Se incluyen en ellas tanto las propias vigilancias e inspecciones visuales y cualitativas como las labores de

auscultación, así como las pruebas de funcionamiento de los sistemas y equipos, 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 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 podrá 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 de todos aquellos que pudieran guardar relación con el desarrollo del proceso o con su interpretación. En el PEP 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.

5.3.1.2. Actuaciones de corrección y prevención

Una vez declarado el escenario 1, se definirán las medidas preventivas y correctoras a desarrollar para que la situación pueda solventarse con seguridad, controlando el riesgo de rotura o avería grave.

Estas medidas han de ser viables en situaciones extraordinarias, efectivas para la reducción del riesgo, suficientemente rápidas en su puesta en marcha y causar las mínimas afecciones posibles a terceros, debiendo estar los medios asociados a todas ellas disponibles para su utilización.

Como apoyo y guía al proceso de elaboración de los PEP, se presentan a continuación diversas posibles actuaciones para hacer frente a situaciones de emergencia:

- a. **Actuaciones encaminadas a la reducción de las solicitudes que soporta la presa.** Implican principalmente el descenso del nivel de embalse, que es la medida que debe adoptarse, si es posible, en la mayoría de las situaciones de emergencia. El ritmo máximo aconsejable de vaciado debe establecerse en las Normas de Explotación, definiéndose en el PEP 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.

- 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 o aliviaderos fusibles, el establecimiento de bombes temporales o sifones y, en casos extremos 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 con 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,** entendiéndose como tales los accesos, la alimentación de energía, los sistemas de comunicación, etc, cuando no sean subsanables de forma inmediata y puedan afectar de manera importante a la seguridad de la presa. En general, es preciso contemplar como posibles la reparación del elemento dañado y su sustitución por otro alternativo.

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 2), deberán indicarse en los PEP la necesidad de utilizar todas las medidas técnicas posibles y todos los recursos disponibles, dándose prioridad a la seguridad de la presa y a los desembalses, si estos pudieran efectuarse, frente a otros riesgos posibles aguas abajo.

5.3.1.3. Actuaciones de comunicación

Las actuaciones de comunicación son las que deben realizarse para la gestión de la emergencia con organismos ajenos a la organización del explotador.

El flujo de información a establecer por la Dirección del PEP seguirá los criterios generales recogidos en el artículo 3.5.2.2 de la Directriz de Protección Civil.

Se deberá avisar también a los titulares de todas las presas situadas aguas abajo, independientemente de su clasificación, localizadas en la zona de afección tras la potencial rotura, incluyendo la presa que marca el límite del estudio aguas abajo, si este fuera el caso.

Así pues, el flujo de información que se desarrolle en los PEP deberá seguir el esquema representado en la tabla adjunta:

	Escenario 0	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
UNA SOLA CCAA AFECTADA	<ul style="list-style-type: none"> Administración hidráulica. Administración competente en materia de seguridad de presas. 	<ul style="list-style-type: none"> Administración hidráulica. Administración competente en materia de seguridad de presas. Protección Civil de la CCAA. Subdelegación del Gobierno de la provincia de ubicación de la presa, o Delegación de Gobierno en comunidades uniprovinciales o capital de Comunidad Autónoma. Presas situada aguas abajo. 	<ul style="list-style-type: none"> Administración hidráulica. Administración competente en materia de seguridad de presas. Protección Civil de la CCAA. Subdelegación del Gobierno de la provincia de ubicación de la presa, o Delegación de Gobierno en comunidades uniprovinciales o capital de Comunidad Autónoma. CECOPI. Presas situada aguas abajo. 	<ul style="list-style-type: none"> Administración hidráulica. Administración competente en materia de seguridad de presas. Protección Civil de la CCAA. Subdelegación del Gobierno de la provincia de ubicación de la presa, o Delegación de Gobierno en comunidades uniprovinciales o capital de Comunidad Autónoma. CECOPI. Presas situada aguas abajo. Población situada en la zona inundable de la primera media hora.

	Escenario 0	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
MÁS DE UNA CCAA AFECTADA	<ul style="list-style-type: none"> Administración hidráulica. Administración competente en materia de seguridad de presas. 	<ul style="list-style-type: none"> Administración hidráulica. Administración competente en materia de seguridad de presas. Protección Civil de cada CCAA afectada. Delegación de Gobierno de cada CCAA afectada. CENEM. Presas situada aguas abajo. 	<ul style="list-style-type: none"> Administración hidráulica. Administración competente en materia de seguridad de presas. Protección Civil de cada CCAA afectada. Delegación de Gobierno de cada CCAA afectada CENEM. CECOPI de cada CCAA afectada. Presas situada aguas abajo. 	<ul style="list-style-type: none"> Administración hidráulica. Administración competente en materia de seguridad de presas. Protección Civil de cada CCAA afectada. Delegación de Gobierno de cada CCAA afectada. CENEM. CECOPI de cada CCAA afectada. Presas situada aguas abajo. Población situada en la zona inundable de la primera media hora.

La finalización de la emergencia se producirá cuando pueda afirmarse, con un razonable margen de seguridad, que han desaparecido las causas que motivaron la declaración de dicha situación. Será el director del PEP quien podrá determinar, a la vista de los resultados de la vigilancia e inspección llevados a cabo durante la situación de emergencia, el momento en el que se produzca la desaparición de las causas que la originaron, dando por finalizada la misma y notificándolo a los organismos y organizaciones implicados en su gestión. El proceso de cierre de la emergencia quedará recogido en el Plan y será inverso al de declaración de los distintos escenarios, no siendo necesario el descenso consecutivo a escenarios inferiores.

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.

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

Información en las comunicaciones	Aviso de que se trata de una comunicación de declaración de un escenario de emergencia en una presa, o de modificación de un escenario ya declarado.
	Denominación completa y oficial de la presa y su código.
	Situación de la presa (municipio, provincia, coordenadas y río).
	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 adoptadas o que se prevé adoptar.
	Identificación y localización del director del Plan de Emergencia, así como sistemas posibles de comunicación hacia él.
	Momento en que se prevé el establecimiento de nueva comunicación, si las circunstancias no obligan a otra anterior.

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.

5.3.2. Cuestiones generales a todas las actuaciones

En el PEP se deben establecer claramente las normas de actuación a desarrollar por el equipo de explotación de la presa desde el inicio de la emergencia, y deben tener continuidad con las actuaciones incluidas en las Normas de Explotación (que seguirán siendo aplicables paralelamente), por lo que se deben incluir en estas últimas los escenarios que den lugar a la activación del PEP. Las normas de actuación deben contemplar los siguientes aspectos, de los cuales se exponen una serie de recomendaciones en los apartados siguientes:

-  **Responsable de la actuación.**
-  **Medios adscritos a la actuación.**
-  **Momento de Actuación.**
-  **Proceso de Actuación.**
-  **Finalidad de las actuaciones.**

5.3.2.1. Responsable de la actuación

El responsable último de la actuación será el director del PEP, si bien, desde el momento en que sea preciso pasar de la vigilancia e inspección intensiva a la adopción de medidas de corrección y prevención, la responsabilidad de decidir el momento y las condiciones de los desembalses corresponderá al *Comité Permanente* previsto en el artículo 49 del Real Decreto 927/1988, de 29 de julio, por el que se aprueba el *Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica* en el caso de las cuencas intercomunitarias o al órgano que se establezca por la Administración Hidráulica de la Comunidad Autónoma, en el ámbito de sus competencias, en el caso de cuencas intracomunitarias.

Al margen de esta competencia última del director del PEP, en las normas de actuación se establecerá una definición más pormenorizada del esquema de decisión.

5.3.2.2. Medios adscritos a la actuación

Se deben establecer los medios materiales y personales adscritos a cada una de las actuaciones previstas. Este aspecto se desarrolla con más detalle en el apartado 5.5 de esta guía.

5.3.2.3. Momento de la actuación

Las actuaciones definidas en el Plan de Emergencia se ejecutarán una vez superados alguno de los umbrales establecidos por el análisis de seguridad. Para cada escenario, se deben definir las actuaciones a desarrollar según los fenómenos desencadenantes identificados en el análisis de seguridad.

5.3.2.4. Procedimiento de actuación

Se deben definir claramente cuál es el procedimiento para la realización de la actuación, identificándose ordenadamente todos los pasos a seguir y describiendo la operativa a desarrollar.

5.3.2.5. Finalidad y resultados de las actuaciones

Se deben definir cuáles son los resultados a obtener con la realización de la actuación, y cómo se debe proceder si esos objetivos no son conseguidos.

5.4. Organización

Según se recoge en el apartado 18 de la NTS1, en el PEP se definirá su estructura organizativa con un organigrama funcional que vendrá marcado por las necesidades que se hayan establecido en las normas de actuación del mismo y en el que deberá figurar de forma expresa el personal suplente.

Para garantizar la funcionalidad de la organización es preciso que el personal adscrito a la misma esté integrado en la explotación normal de la presa, que conozca perfectamente las instalaciones y que sea el que realice habitualmente las actuaciones de explotación recogidas en las Normas de Explotación.

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

5.4.1. Director del Plan de Emergencia

El titular propondrá como director del PEP a un técnico competente en materia de seguridad de presas y embalses que, salvo justificación expresa, deberá ser la persona a la que corresponda la dirección de explotación de la presa. Deberá proponerse también un director del Plan suplente.

Según la *Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones* las funciones básicas del director del PEP son las siguientes:

Funciones del Director del PEP	Intensificar la vigilancia de la presa en caso de acontecimiento extraordinario.
	Disponer la ejecución de las medidas técnicas o de explotación necesarias para la disminución del riesgo.
	Mantener permanentemente informados a los organismos públicos implicados en la gestión de la emergencia.
	Dar la alarma, en caso de peligro inminente de rotura de presa o, en su caso, de la rotura de ésta, mediante comunicación a los organismos públicos implicados en la gestión de la emergencia.

En la redacción del PEP se especificará que su director tiene la responsabilidad directa de las funciones citadas anteriormente, así como la de tomar las decisiones necesarias para la declaración de los escenarios de emergencia y la realización

de las notificaciones prescritas. El director del PEP es además responsable de la adopción de las medidas necesarias para la gestión interna de la emergencia. En el PEP se indicará que su director ha de evaluar durante la emergencia la necesidad o conveniencia de introducir modificaciones y/o adaptaciones a lo establecido en el PEP, así como plantear posibles actuaciones ante eventuales circunstancias no previstas en el mismo.

La única limitación a la responsabilidad del director del PEP se deriva del Real Decreto 927/1988, de 29 de julio, por el que se aprueba el *Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica*, que en su artículo 49 establece que en casos de avenidas u otras circunstancias de tipo excepcional se constituirán automáticamente en Comité Permanente el Presidente del Organismo de cuenca, su Comisario de Aguas, su Director Técnico y su Jefe de Explotación. Este Comité Permanente podrá adoptar las medidas que estime oportunas, incluso embalses y desembalses extraordinarios, sin necesidad de oír a la Comisión de Desembalse de la cuenca, debiendo dar cuenta inmediata de su actuación a la Dirección General del Agua y poner en conocimiento de la propia Comisión el conjunto de medidas adoptadas. Todo ello sin perjuicio de lo regulado al efecto en materia de protección civil.

Como consecuencia de lo anterior, en relación con la ejecución de las medidas de explotación necesarias para la disminución del riesgo, una vez constituido el Comité Permanente, se establecen las siguientes limitaciones:

- Para el Escenario 1 y superiores, la decisión del momento y de las condiciones en que se han de realizar los eventuales desembalses extraordinarios serán competencia del Comité Permanente.
- No obstante, en caso de que el director del PEP considerase que la necesidad de realizar desembalses extraordinarios es inmediata e inaplazable, no dando tiempo a constituir el Comité Permanente, podrá asumir la competencia de ordenar su realización. Se considerará que pudiera darse esta circunstancia en el caso de estar declarado el Escenario 3 de emergencia, o previa evaluación de la situación concreta por parte del director del PEP en el caso de estar declarado el Escenario 2. En ningún caso existirá necesidad inmediata e inaplazable en el Escenario 1 de emergencia.

El PEP ha de establecer claramente la organización para cada una de las funciones específicas de su director, 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 más allá de la intensificación de la vigilancia, pasándose a Escenario 1 cuando ya son necesarias medidas para la reducción del riesgo, etc.

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.

5.4.2. Equipo de personal adscrito al Plan de Emergencia

El PEP contendrá un organigrama del personal, en el que debe de figurar obligatoriamente un director. Se especificarán con claridad las responsabilidades de cada una 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.

Se deberán contemplar organigramas para dos situaciones diferenciadas:

- Situación de emergencia ordinaria, en la que existe contacto fluido entre la presa y el director del PEP.
- Situación de incomunicación o aislamiento, de tipo accidental o consecuencia de sabotajes. En estas situaciones se definirá la figura “Director provisional del PEP”⁴ hasta que las comunicaciones se hayan restablecido o se haya terminado el aislamiento, por lo que debería garantizarse que todo el personal recibe formación periódica básica sobre la gestión de una emergencia.

La Directriz especifica las funciones generales del director del PEP, no descendiendo al detalle que ha de tener la organización que ponga en marcha las acciones especificadas en él, ya que las necesidades de organización dependen en gran manera de cada presa concreta. Sin embargo, siguiendo la Directriz, se presentan

⁴ El Director provisional no tiene por qué ser la misma persona que el Director suplente definido en el apartado 5.4.1.

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 PEP.

- a. 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, de forma que, desde la explotación normal se pueda activar con rapidez medidas de intensificación de vigilancia y control.
- b. Pudiera ser necesaria la incorporación de personal o equipos de apoyo ajenos a la explotación normal para la realización de actuaciones de disminución del riesgo en situación de emergencia.
- c. El personal que forme parte de la organización debe estar capacitado para llevar a cabo las funciones y responsabilidades que tengan asignadas, y debe contar con una formación adecuada que asegure que conoce la organización en emergencia y las actuaciones en las que tenga alguna responsabilidad.
- d. El director del PEP y el equipo asignado en emergencias, son elementos fundamentales del PEP y por tanto se ha de garantizar que los puestos que representan estén cubiertos en todo momento, debiéndose definir en el PEP el personal suplente correspondiente.

5.4.3. Funciones y responsabilidades

Las normas de actuación, y las actividades en que éstas se dividan, 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 PEP, y al mismo tiempo, es conveniente que sean lo más concisas posible.

Todos los puestos que figuren en el organigrama del PEP 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. Se indicarán claramente las responsabilidades y funciones de cada uno de las personas adscritas a la organización del Plan de Emergencia.

5.5. Medios y recursos materiales

En el apartado 19 la NTS1 se establece que en el PEP se definirán los medios y recursos materiales necesarios para la ejecución de las actuaciones previstas en él.

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



Una gran parte de los medios y recursos adscritos al Plan de Emergencia serán medios adscritos a la explotación normal de la presa, pero pudiera ser preciso en algunos casos contar con medios distintos a los habitualmente utilizados en explotación normal, fundamentalmente para la realización de actuaciones de corrección y prevención.

En este caso, en el PEP se deben definir las características básicas de los mismos, así como el procedimiento por el que se garantizará su disponibilidad en un tiempo máximo de respuesta.

Debe señalarse que el PEP incluye actuaciones para gestión interna de la emergencia, salvo en el caso del aviso a la población en la zona inundable de la primera media hora. Es por ello que en la elaboración del Plan no se considerará la inclusión de aquellos medios y recursos que se integren en otros organismos responsables en la gestión externa de la emergencia, tales como Protección Civil, Guardia Civil, etc.

Además, el PEP requiere la inclusión de los siguientes elementos en la presa:



Durante la elaboración inicial del PEP se describirán las características principales de estos medios, que deberán quedar completamente definidos durante del proceso de implantación.

5.5.1. Centro de gestión de emergencias

La Directriz Básica indica que se deberá disponer 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 PEP y asegurar las comunicaciones con los organismos públicos implicados en la gestión de la emergencia.

En las Normas Técnicas de Seguridad esa sala pasa ahora a denominarse **Centro de Gestión de Emergencias** y en ellas se establecen sus características básicas.

En el apartado 19 de la NTS1, relativo a medios y recursos materiales, se indica que, en relación con la tipología del Centro de Gestión de Emergencias, pueden considerarse las siguientes posibilidades:

- **Ubicado en las proximidades de la presa**, desde el que se realizan las labores propias de explotación.
- **Integrado en el centro de control para la gestión de la explotación** de la presa o del grupo de presas que dirige el titular, en caso de que disponga de uno y esté ya dotado de personal y medios técnicos precisos para el seguimiento continuo de la presa. En este caso deberá asegurarse que las comunicaciones del centro con el entorno de la presa estén permanentemente en condiciones de operatividad, incluso en el caso de presentación de las condiciones meteorológicas más desfavorables, por lo que este sistema de comunicaciones debe ser redundante. Se debe garantizar que a la presa se pueden desplazar los equipos de personal adscritos al Plan para llevar a cabo las actuaciones previstas de vigilancia e inspección intensivas, y de corrección y prevención.
- **Vehículos móviles**, siempre que se justifique adecuadamente, que deben estar convenientemente equipados y deben poder acceder a la presa de forma inmediata. Estos vehículos deben estar dotados con sistemas de comunicaciones redundantes, deben integrar el accionamiento del sistema de aviso a la población y desde ellos debe poder accederse tanto al PEP como a la documentación que sea necesaria para gestionar una situación de emergencia. El tiempo máximo de acceso a la presa debe haber quedado establecido en el PEP aprobado.
- **Centro de gestión de emergencias secundario**, si el **centro de gestión de emergencias principal**, o primario, pudiera verse afectado por la potencial onda de rotura. Desde aquel se debe poder continuar con la dirección de PEP a partir del momento en el que no se pueda garantizar el control de la situación con la aplicación de los medios inicialmente disponibles, correspondiente a los escenarios 2 y 3. Ese centro de gestión secundario podría ser un vehículo móvil.

Para garantizar la funcionalidad del centro de gestión de emergencias se requiere que esté integrado en la explotación normal de la presa. Para que los medios técnicos resulten operativos en una situación de emergencia, estos no deben encontrarse inactivos durante largas temporadas, siendo por eso conveniente que se utilicen habitualmente en la gestión de la presa, y debiéndose incluir por lo tanto en el programa de mantenimiento recogido en las Normas de Explotación.

Se deberá analizar, y en su caso justificar y especificar expresamente, el cumplimiento de los siguientes puntos:

Centro de Gestión de Emergencias	Ubicación fuera de la zona potencialmente afectada por la rotura.
	Accesible, incluso en condiciones adversas. La potencial onda de rotura no debería afectar a su accesibilidad a no ser que cuente con accesos alternativos.
	Dotado de los medios técnicos necesarios para la gestión de la emergencia.
	Dotado con suministro redundante de energía eléctrica.
	Dotado de sistemas de comunicación redundantes.
	Integrado en la explotación de la presa.
	En el caso de los centros de gestión de emergencias móviles, indicar el tiempo máximo en el que estos estarán disponibles en la presa.

5.5.2. Sistemas de comunicaciones

Según se establece en el apartado 19.6 de la NTS1, el Centro de Gestión de Emergencias, cualquiera que sea su ubicación y tipología, deberá estar equipado con sistemas de comunicación **redundantes** en condiciones de operatividad **permanentes**, al objeto de garantizar en todo momento la comunicación con los organismos implicados en la gestión de la emergencia y con los sistemas de aviso a la población.

El sistema de comunicaciones del Centro de Gestión de Emergencias tiene un triple papel:

- Mantener la comunicación con los sistemas de control y auscultación automatizados en la presa y con el equipo de explotación allí presente, con el objeto de recibir en tiempo real toda la información de la situación y su evolución en la presa, así como transmitir las directrices precisas para acometer las actuaciones de vigilancia e inspección intensiva, y de corrección y prevención previstas en el PEP en los distintos escenarios, en permanente contacto con el equipo a pie de presa.
- Mantener la comunicación con los organismos implicados en la gestión de la emergencia y su desarrollo, tal y como se establezca en las actuaciones de comunicación del PEP.

- Mantener la comunicación con los sistemas de aviso a la población, en aquellos casos en los que sea necesario.

En todo caso el sistema debe ser redundante, con un sistema primario y otro secundario. Para ello se tendrá en cuenta el uso de las tecnologías aplicables en el momento de la implantación, renunciando al uso de tecnologías obsoletas.



5.5.3. Sistemas de aviso a la población

El apartado 19.7 de la NTS1 recoge que se deberá disponer de un sistema de aviso a la población potencialmente afectada por el avance de la onda de rotura durante la primera media hora desde el momento de inicio de la hipotética rotura que, en función de las características de la zona potencialmente afectada, podrán ser acústicos, telefónicos, luminosos, mediante aplicaciones para teléfonos móviles, o de cualquier otro tipo cuya eficiencia haya sido probada.

Si en dicha zona se puede deducir que la presencia de personas puede ser tan sólo circunstancial, en principio no resultaría preciso la instalación de tal sistema de aviso. No se puede admitir como presencia circunstancial aque-

llas afecciones a residencias permanentes o segundas residencias, áreas de acampada, invernaderos o zonas donde haya conocimiento de que habitualmente se produzcan concentraciones de personas por cualquier motivo, por ejemplo.

Tampoco se dispondrá de ningún sistema de aviso en el caso de infraestructuras de transporte susceptibles de verse afectadas por la rotura. Si bien en el Acuerdo de la Comisión Nacional de Protección Civil en relación con el desarrollo de determinados contenidos de la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones del año 2003 se indicaba que se deberían instalar paneles con energía solar en los que se materializarían los mensajes de aviso emitidos desde el centro de gestión de emergencias, la experiencia en las implantaciones de Planes de Emergencia llevadas a cabo desde entonces desaconseja su instalación, tanto por las dificultades para obtener los permisos necesarios para su instalación o para efectuar el mantenimiento, como los problemas relacionados con la competencia para su activación. En este caso serán los organismos implicados en la gestión de la emergencia, informados a través de los sistemas de comunicación de la evolución de los escenarios, los que gestionarán los cortes de tráfico de esas infraestructuras de transporte, si fuera preciso.

En el caso de disposición de sistemas de aviso acústico, durante la fase de implantación del PEP se realizará un estudio acústico detallado de la zona de ubicación de dicho sistema con el objeto de garantizar la adecuada cobertura y sonoridad, estudio que se añadirá al Tomo II del PEP. Si la instalación de estos equipos conlleva la necesidad de ocupar terrenos, es preferible que estos se ubiquen en parcelas o instalaciones públicas, con garantía de acceso, para poder realizar adecuadamente las labores de control y mantenimiento.

En cualquier caso, el sistema de aviso cumplirá los siguientes criterios:

Sistema de aviso a la población	Abarcar a la población residente en la zona de la primera media hora.
	Permanentemente operativo, incluso en condiciones adversas.
	Garantizar la ausencia de falsas alarmas.
	Activación posible desde todos los centros de gestión de emergencias disponibles.
	Su activación solo puede realizarse por el director del PEP.

6. IMPLANTACIÓN DEL PLAN DE EMERGENCIA

De acuerdo con el artículo 3.5.1.5 de la *Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones*, es obligación del titular de la presa la elaboración, implantación, mantenimiento y actualización del PEP.

Según el Artículo 5 del Real Decreto 264/2021, las presas y embalses clasificados en las Categorías A o B deberán contar con el correspondiente Plan de Emergencia de la presa, elaborado e implantado de acuerdo con las prescripciones contenidas en la *Norma Técnica de Seguridad para la clasificación de las presas y para la elaboración e implantación de los planes de emergencia de presas y sus embalses*.

El apartado 21 de la NTS1 define como implantación de un Plan de Emergencia la puesta en práctica por parte del titular de todas las actuaciones recogidas en el Plan de Emergencia aprobado relacionadas con el centro de gestión de emergencias, con los sistemas de comunicación con los diferentes organismos públicos involucrados en la gestión de una eventual situación de emergencia, en especial con Protección Civil, y con los sistemas de aviso a la población, así como la divulgación del Plan de Emergencia tanto a las autoridades de los Ayuntamientos afectados por la onda de rotura en las dos primeras horas desde el inicio de la avería grave o la rotura como a la población residente en la zona potencialmente inundable en la primera media hora.

La implantación de un Plan de Emergencia de presa se concreta, por tanto, en el establecimiento y desarrollo de los siguientes elementos:

- Un centro de gestión de emergencias.
- Un sistema de comunicaciones del titular con los diferentes organismos implicados en la gestión de una eventual situación de emergencia.
- Un sistema de aviso a la población en la zona potencialmente afectada en la primera media hora, en caso de que sea necesario.
- Un programa de divulgación a la población.

En general, se definen las siguientes etapas en el proceso cronológico de implantación, las cuales se desarrollan en los siguientes apartados:

1. Actuaciones preliminares

- Elaboración del Documento Técnico de Implantación y programación del proceso de implantación.
- Elaboración del Proyecto de Implantación del Plan de Emergencia (PIPE), para algunos titulares.
- Constitución del Comité de Implantación.

2. Proceso de implantación del Plan

- Dotación de infraestructuras.
- Formación del personal propio.
- Ejercicios y simulacros.
- Divulgación a la población.

3. Gestión del Plan implantado

- Formación.
- Ejercicios y simulacros.
- Actualizaciones y revisiones.
- Mantenimiento.

6.1. Actuaciones preliminares

6.1.1. Elaboración del Documento Técnico de Implantación y programación del proceso de implantación

Una de las responsabilidades del titular de una presa en el proceso de implantación de un PEP es la redacción de un Documento Técnico de Implantación (DTI) que incluya y defina todas las actuaciones, como mínimo, las relativas a las infraestructuras, instalaciones y sistemas, necesarias para cumplir con los requisitos establecidos en el PEP aprobado, y la programación de los trabajos a realizar. Este documento también detallará las características del cen-

tro de gestión de emergencia, de los sistemas de comunicación internos del titular de la presa y de los existentes entre este y los organismos involucrados en la gestión de la emergencia, así como las especificaciones técnicas del sistema de aviso a la población potencialmente afectada en la primera media hora.

El DTI es un documento que, en su versión inicial, formará parte del PEP y que irá evolucionando a lo largo de todo el proceso de implantación. Así, en la fase de la elaboración del PEP, se incluirá un DTI inicial que deberá recoger la previsión de los elementos de comunicación, aviso y centro de gestión de emergencias que están previstos en dicho Plan de Emergencia.

Por tanto, en el DTI inicial deben de figurar, entre otros aspectos, los siguientes:

DTI inicial	Características del Centro de Gestión de Emergencias.
	Características de los sistemas de comunicación entre el titular de la infraestructura y los organismos involucrados en la gestión de la emergencia, los sistemas de comunicación internos entre el Centro de Control que actúa como Centro de Gestión de Emergencias y el equipo técnico desplazado en la presa, si este fuera el caso, y los sistemas de comunicación con los sistemas de aviso a la población, en caso de que existieran sistemas de aviso.
	Especificaciones técnicas del sistema de aviso a la población afectada en la primera media hora a partir de la hipotética rotura, en caso de que existieran sistemas de aviso.
	Estimación orientativa del programa para la divulgación del PEP a las autoridades locales de los municipios potencialmente afectados durante las dos primeras horas, así como a la población potencialmente afectada durante la primera media hora.
	Estimación de la programación de las actividades propuestas que se irá concretando a lo largo del proceso de implantación.

Puede que a lo largo del proceso de implantación sea necesario decantarse por sistemas diferentes a los previstos en el plan inicial o en el DTI inicial en función de factores como la topografía, cobertura de tecnologías, aparición de soluciones alternativas, cambios en las afecciones previstas, etc., que el Comité irá analizando y en su caso validando, para incorporar al DTI. También se irán incorporando a ese documento inicial otros epígrafes nuevos como las actas de las reuniones, los estudios técnicos realizados e información divulga-

tiva, de tal forma que al final de la implantación se contará con un DTI realista y ajustado a cada implantación.

En el DTI debe incluirse la programación de los trabajos a realizar durante la implantación del Plan de Emergencia, que debe ser definida por el Comité de Implantación. Esta programación debe incluir las actividades precisas para suministrar la información necesaria a la población de los municipios afectados por la potencial rotura, y debe asegurar la implantación material efectiva del Plan en el plazo reglamentario, que es de cuatro años a partir de la aprobación del Plan.

Al finalizar el proceso de implantación, se contará con un DTI final, que deberá obligatoriamente recoger todos los aspectos anteriores y que se deberá incorporar al Plan de Emergencia.

Adicionalmente a la redacción del DTI, en el caso de presas cuya titularidad ostenten administraciones públicas, para la adjudicación y ejecución de las obras, instalaciones y sistemas necesarios para cumplir con lo establecido en el PEP aprobado, la legislación vigente en materia de contratos les obliga a elaborar, supervisar y aprobar, adicionalmente al DTI, un **Proyecto de Implantación del Plan de Emergencia (PIPE)** con el contenido mínimo exigible por Ley a un proyecto: Memoria, Planos, Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares y Presupuesto.

En estos casos debe distinguirse propiamente el DTI del PIPE. Es el DTI el documento que debe presentarse ante el Comité de Implantación para el desarrollo de sus funciones y no el PIPE, ya que este último tiene un contenido de marcado carácter técnico-económico y con un alcance muy superior al necesario para que ese Comité de Implantación realice sus funciones de forma satisfactoria. En este sentido, el DTI tan sólo debe incorporar los aspectos necesarios incluidos en el PIPE para dar respuesta al contenido expuesto en el apartado 8.4. de esta Guía.

6.1.2. Comité de Implantación

En el Acuerdo Permanente de la Comisión Nacional de Protección Civil sobre criterios para facilitar la implantación material efectiva de los Planes de Emergencia de Presa, de 30 de enero de 2003, se establece por primera vez la

figura del Comité de Implantación (CI), con objeto de facilitar la implantación en aquellas acciones en las que resulta imprescindible la colaboración y coordinación entre el titular de la presa y las diferentes Administraciones.

La NTS1 hace referencia al CI en el apartado 23 relativo al proceso de implantación, en el que se establecen sus funciones y su composición.

Así, se indica que, con carácter previo a la implantación del PEP, y antes de que transcurran dos años desde la aprobación del Plan, se debe crear un CI formado por los siguientes miembros, cuya convocatoria debe efectuar el titular de la presa:

- Una persona en representación del titular de la presa.
- Una persona en representación de la Administración competente en materia de Protección Civil a nivel Estatal que ejerza sus funciones en el territorio de las Comunidades Autónomas que pudieran verse potencialmente afectadas en caso de que se produjera el fallo o rotura de la presa.
- Una persona en representación de la Administración competente en materia de Protección Civil a nivel autonómico de cada una de las Comunidades Autónomas potencialmente afectadas en caso de que se produjera el fallo o rotura de la presa.
- Una persona en representación de la Administración Hidráulica competente.



En cuanto a las funciones del CI, la NTS1 indica las siguientes:

Funciones del Comité de Implantación	La resolución de cualquier duda que pueda surgir durante la fase de implantación del PEP.
	Supervisar el DTI del PEP elaborado por el titular de la presa, y cuya redacción es responsabilidad de éste.
	Establecer el programa de trabajos que asegure la implantación material efectiva en el plazo reglamentario.
	Acordar todas las actividades a llevar a cabo para la implantación material del PEP.
	Asegurar la actuación coordinada de las distintas Administraciones Públicas involucradas en la fase de implantación.
	Definir las necesidades de actualización del PEP.
	Diseñar la campaña de divulgación del PEP, siendo responsabilidad de la Administración competente en materia de Protección Civil la elaboración del programa de divulgación, con la colaboración del titular y la Administración Hidráulica competente, y la organización y convocatoria a las Autoridades Municipales para la divulgación.
	Establecer el calendario de ejercicios y simulacros a efectuar.
Realizar la campaña de información a la población afectada por la potencial rotura.	

Con el objetivo de asegurar la unicidad de criterios de los trabajos de implantación de manera coordinada en los plazos reglamentariamente establecidos, en el caso de que un titular tenga que implantar varios Planes de Emergencia en el ámbito de una misma Comunidad Autónoma, el CI será único.

Cuando dos o más presas de distinto titular puedan producir con su rotura daños sobre un mismo ámbito, se podrá celebrar un convenio de colaboración entre titulares, definiendo con detalle las responsabilidades, competencias y obligaciones de cada parte en aquellos elementos que pudieran ser de utilización conjunta. En ese caso, si las implantaciones coinciden en el tiempo, el CI podría ser único, y en caso de que no lo fuera, debería existir una estrecha coordinación entre los respectivos Comités, manteniendo los mismos criterios.

El CI adecuará su funcionamiento y actuaciones conforme a la programación que se establezca para el proceso de implantación, reuniéndose cuantas veces fuese necesario, previa convocatoria que deberá hacerse a través del titular en forma coordinada con las administraciones públicas intervinientes, ya sea a instancia propia, o de cualquiera de las partes.

Deberá quedar constancia de todos los acuerdos significativos adoptados por el CI, por lo que deberá redactarse un acta de cada reunión que se celebre. Estas actas deberán irse incluyendo en el DTI.

Una vez finalizado el proceso de implantación, el CI deberá verificar periódicamente las condiciones de operatividad del PEP y proponer un calendario de ejercicios y simulacros, de los que se concluirá la conveniencia de su actualización o revisión. Se recomienda que el CI realice esta verificación periódica con una frecuencia no superior a los cinco años.

6.2. Proceso de implantación del plan

6.2.1. Dotación de infraestructuras

El proceso de dotación de infraestructuras pasa, con carácter general, por el establecimiento de las siguientes instalaciones, descritas en el apartado 5.5 de esta guía:

1. Centro de Gestión de Emergencias.
2. Sistemas de Comunicaciones.
3. Sistemas de aviso a la población, en el caso de que sea necesario.

Una de las responsabilidades de las administraciones competentes en materia de Protección Civil que se integran en el CI en relación con el sistema de aviso a la población es su participación activa para que las administraciones competentes faciliten la tramitación de los permisos necesarios para el montaje de dichos elementos, así como para la servidumbre de acceso, en su caso.

6.2.2. Formación del personal propio

Según se recogen en el apartado 22 de las NTS1, es responsabilidad del titular de la presa la formación del personal propio de explotación ante situaciones de emergencia.

Para la implantación del PEP el personal de explotación afecto al mismo debe contar con la capacitación y formación adecuada, por lo que el titular deberá incluir durante esta fase y dentro del plan de formación de este equipo los cursos precisos para que este personal tenga los conocimientos adecuados y pueda desarrollar las actuaciones especificadas en el plan con efectividad.

6.2.3. Divulgación a la población

Según se establece en el apartado 21 de las NTS1, la divulgación del PEP se debe hacer a las autoridades de los Ayuntamientos afectados por la onda de rotura en las dos primeras horas desde el inicio de la avería grave o la rotura, y a la población residente en la zona potencialmente inundable en la primera media hora.

Por ello, el programa de divulgación incluirá fundamentalmente la realización de las siguientes actividades:

- Campaña de información a la población residente en la zona de inundación en la primera media hora tras la potencial rotura de la presa, mediante carteles divulgativos, trípticos, vídeos, etc.
- Reuniones con las autoridades de las Administraciones locales situadas en la zona de inundación afectada en las dos primeras horas de la rotura potencial.

Será responsabilidad de los órganos de Protección Civil incluidos en el CI la organización y convocatoria a las administraciones municipales para la divulgación del PEP, al igual que la presentación de las medidas de protección y socorro, con la colaboración del titular y de la administración hidráulica. Asimismo, deberán liderar el diseño de los documentos de información, aportando su experiencia previa en la materia, siendo el titular el responsable de la edición de la información divulgativa necesaria.

Con carácter informativo, no obligatorio ni limitativo, los elementos divulgativos que pueden ser elaborados son:

Elementos divulgativos	Dípticos o trípticos con instrucciones de actuación e indicación de rutas de evacuación o puntos de encuentro.
	Carteles explicativos.
	Vídeos informativos/formativos del PEP, si se considera necesario, siendo recomendable que tengan las siguientes características: <ul style="list-style-type: none"> • Duración entre cinco y siete minutos. • Adaptados a personas con discapacidad auditiva. • Explicación básica de lo que es un PEP y de los elementos principales de la presa. • Muestran la evolución de la superficie potencialmente inundada. • Reproduzcan las señales acústicas de inicio y fin de la emergencia. • Indiquen lo que SE DEBE HACER cuando se oigan las señales anteriores. • Indiquen lo que NO SE DEBE HACER en las mismas situaciones.

Sean cuales sean los elementos divulgativos por los que se opte, la información que se aporte a la población debe resultar realmente informativa y útil, por lo cual debe ser breve, concisa, clara, visual e intuitiva y manejable. Se podría considerar el siguiente contenido mínimo:

-  **Descripción sucinta de la presa: Localización, usos, etc.**
-  **Área susceptible de afección.**
-  **Sistemas de aviso a la población.**
-  **Pautas de actuación a la población.**
-  **Vías de evacuación.**

El titular debe facilitar el apoyo técnico a las administraciones competentes en materia de Protección Civil e Hidráulica en el ejercicio de difusión y divulgación del Plan, así como su participación en las labores de divulgación.

En los DTI deberá figurar una descripción de la información divulgativa diseñada y desarrollada, así como la programación de las actividades divulgativas a autoridades locales, a la población potencialmente afectada, y a otros agentes que puedan intervenir en la emergencia.

6.2.4. Finalización de la implantación

Tal y como se recoge en el apartado 24 de las NTS1, una vez que están puestos en servicio el Centro de Gestión de Emergencias, los sistemas de comunicaciones y de aviso a la población, y una vez que el PEP haya sido divulgado a la población residente situada en la zona de la primera media hora, y a las autoridades municipales de los ayuntamientos potencialmente afectados por la onda de rotura durante las dos primeras horas, el CI levantará un **Acta de Finalización de la implantación**.

En este Acta de Finalización de la implantación se reflejará que las instalaciones y los equipos son acordes a lo establecido en el PEP aprobado, que funcionan correctamente y que la organización de personal y los medios a disponer se adecúan a lo establecido en él. Para ello, el CI debe verificar el cumplimiento de los siguientes aspectos:

- El Centro de Gestión de Emergencias, sea cual sea su tipología, está totalmente operativo, cumpliendo lo especificado en el apartado 5.5.1.

- En el PEP se han incluido o actualizado los detalles específicos de contactos de la estructura organizativa y Administraciones implicadas en la gestión de la emergencia.
- Se ha completado el proceso de formación correspondiente al periodo de implantación del equipo de explotación de la presa, tal y como se describe en el apartado 6.2.2.
- Los sistemas de comunicaciones entre el Centro de Gestión de Emergencias y las Administraciones involucradas en la gestión de la emergencia están plenamente operativos, y cumplen lo especificado en 5.5.2.
- Los sistemas de comunicaciones entre el Centro de Gestión de Emergencias y la presa están plenamente operativos y cumplen lo establecido en el apartado 5.5.2 .
- Los sistemas de aviso a la población sean de la tipología que sean, están implantados y totalmente operativos tal y como se describe en el apartado 5.5.3.
- Se han realizado las pruebas de funcionamiento por parte del CI de todos los sistemas contenidos en el proyecto de implantación relacionados con el centro de gestión de emergencias, sistemas de comunicaciones y sistemas de aviso a la población, habiéndose elaborado el documento justificativo correspondiente.
- Se ha completado el proceso de información a la población residente en la zona potencial de inundación en la primera media hora y a las autoridades municipales de las poblaciones potencialmente afectadas durante las dos primeras horas, tal y como se expone en el apartado 6.2.3.

El Acta de Finalización, que deberá incluirse en el DTI, deberá ser también enviada a la Administración competente en materia de seguridad de presas y embalses y a la Administración competente en materia de Protección Civil.

El proceso de implantación tendrá lugar en un plazo máximo de 4 años desde la aprobación del PEP.

El apartado 22.1 de la NTS1, indica que es competencia de la Administración Hidráulica, entre otros, la comprobación de que la implantación efectuada incluye lo contemplado en el PEP aprobado. Es decir, por parte de la Administración Hidráulica correspondiente, debe hacerse un análisis comparativo entre todos los elementos previstos en el plan de emergencia aprobado y los elementos ejecutados tras la implantación, que son los que quedarán recogidos en el DTI.

Si tras este análisis se detectaran discrepancias, deberá instar al titular para que se actualice o revise el PEP aprobado. Esto implicará que a la finalización de la implantación todos los destinatarios del PEP van a recibir un documento ajustado a la realidad.

La finalidad de hacer este contraste es vital, ya que en caso de producirse una situación que active el PEP, es necesario que todos los organismos implicados en la gestión de la misma dispongan de un documento fiel a la realidad y a lo ejecutado.

6.3. Gestión del Plan de Emergencia implantado

6.3.1. Formación

Según se recogen en el apartado 22 de la NTS1, es responsabilidad del titular de la presa la formación del personal propio de explotación ante situaciones de emergencia.

El personal de explotación afecto al PEP debe contar con la capacitación y formación adecuada, por lo que el titular deberá incluir dentro del plan de formación de este equipo los cursos precisos para que este personal tenga los conocimientos adecuados y pueda desarrollar las actuaciones especificadas en el plan con efectividad.

Para ello, se deberían realizar **sesiones anuales** de formación en los que participarán, tanto el director del PEP como todo el equipo adscrito a este, incluyendo el personal suplente, en los que se revisará anualmente su contenido y haciendo hincapié en los siguientes aspectos:

-  **Escenarios de Emergencia.**
-  **Umbral de declaración.**
-  **Organización de medios humanos y materiales.**
-  **Roles y responsabilidades.**
-  **Procedimientos.**
-  **Actuaciones del titular frente al exterior.**

La finalidad de estas sesiones es asegurar que todo el personal de explotación de la presa involucrado en el PEP esté familiarizado con él, con sus procedimientos y sus responsabilidades individuales.

6.3.2. Ejercicios y simulacros

De acuerdo con el apartado 24.3 de la NTS1, el CI verificará periódicamente las condiciones de operatividad del PEP y propondrá un calendario de ejercicios y simulacros de los que se concluirá la conveniencia de su actualización o revisión.

Las situaciones de emergencia en presas no son eventos comunes ni frecuentes en el tiempo. Es por ello que la formación y los ejercicios o simulacros de emergencia mencionados en la NTS1 desempeñan un papel vital en la preparación ante sucesos de tal calibre. Su realización tiene como objetivos, entre otros:

- Asegurar que todos los participantes tienen la formación adecuada para ejercer las funciones que tienen asignadas en el PEP, y que saben cómo actuar.
- Comprobar el adecuado funcionamiento de los sistemas de comunicaciones.
- Comprobar que los sistemas de aviso a la población funcionan correctamente.
- Practicar y mejorar la capacidad de respuesta de los medios implicados en la gestión de la emergencia.

Y en particular, para los simulacros con participación de administraciones públicas:

- Comprobar la correcta implantación del PEP.
- Mejorar la colaboración entre todos los agentes implicados en la emergencia.
- En el caso de que se realizase un simulacro que involucre a la población de un área potencialmente afectada, que ésta conozca cómo actuar en caso de presentación de la emergencia.

Se distinguen dos tipologías de simulacros:

- **Simulacros internos a la organización del titular**, exclusivos del personal de explotación que forman parte de la actividad de formación y entrenamiento del equipo técnico de la presa.
 - Se deberían realizar **pruebas anuales de comunicaciones** con el objetivo de asegurar su viabilidad para cada uno de los escenarios previstos en el PEP, en las cuales se verificará el funcionamiento de los sistemas de comunicación y los datos de contacto. Con estas pruebas se verificará:

- › La vigencia de los directorios de contacto tanto del personal adscrito al PEP como de las organizaciones ajenas al titular.
 - › La efectividad de los sistemas de comunicaciones, equipamiento y protocolos de actuación.
 - › La efectividad de las comunicaciones con los sistemas de aviso a la población, en caso de que existiesen.
 - › Los sistemas de comunicación secundarios o redundantes.
 - › La coordinación interna entre el personal de la presa y el centro de gestión de emergencias.
 - › La efectividad de notificaciones a agentes externos.
- Cada 2 años se debería incluir en las **sesiones anuales** descritas en el punto anterior la realización de un **ejercicio teórico** sencillo, en el que se presenten casos o situaciones de emergencia con el objetivo de generar debate entre los participantes y que permitan verificar el conocimiento y la capacidad de actuación conforme a las previsiones del PEP.
- **Simulacros con participación de las administraciones públicas** implicadas en la gestión de estas emergencias, que se desarrollarán conforme hayan sido previstos por el CI o hayan sido solicitados, en su caso, por una administración competente:

- **Simulacros de despacho**, en los que se ejercita la simulación de un evento hipotético que conlleva la activación del Plan de Emergencia para poner a prueba a los participantes, los procedimientos y sistemas previstos en el Plan de Emergencia, distinguiéndose de los simulacros completos en que se simula el despliegue de personal y recursos de emergencia.

Para la realización del simulacro se deberá preparar concienzudamente un ejercicio a partir de la presentación de una situación de emergencia de posible presentación en la presa, debiéndose haber estudiado las respuestas y acciones adecuadas y aquellas recogidas en las Normas de Explotación y en el Plan de Emergencia, a las que en teoría deberán ajustarse las realmente producidas.

Es recomendable que estos simulacros se realicen con una frecuencia no superior a los 5 años en presas de categoría A y de 10 años en presas de categoría B.

- **Simulacros completos**, en los cuales se ejercitará la simulación de un evento hipotético que conlleve la activación del Plan de Emergencia con la participación de organizaciones externas al titular, movilizándose recursos propios y ajenos en tiempo real. Estos ejercicios brindan la oportunidad de probar en la

realidad los procedimientos recogidos en el Plan de Emergencia, así como la coordinación necesaria en terreno y la logística en una situación de emergencia.

Estos simulacros serán impulsados por el Comité de Implantación, prestando-se por parte del titular de la infraestructura el apoyo que se considere conveniente en cada caso.

Todos estos simulacros deberán ser valorados, analizándose en dicha valoración las deficiencias que se hubieran detectado durante su desarrollo, para identificarlas y corregirlas. La valoración debería tener en cuenta, como mínimo, los siguientes aspectos:

-  **Funcionamiento y efectividad de los sistemas de comunicación.**
-  **Adecuación, capacitación y conocimiento de los equipos de personal.**
-  **Adecuación de los medios y recursos asignados a la emergencia.**
-  **Adecuación de los procedimientos utilizados.**
-  **Respuesta de los diversos agentes intervinientes en la emergencia.**

6.3.3. Actualizaciones y revisiones

Con el paso del tiempo, cuando las circunstancias así lo aconsejen, o como consecuencia de los distintos ejercicios y simulacros que se detallan en el apartado 6.3.2, puede darse la necesidad de actualizar o revisar el PEP aprobado.

Según se establece en el apartado 13 de la NTS1, el PEP será actualizado cuando surjan circunstancias que requieran efectuar en él cambios que no lleguen a alterar aspectos esenciales de su contenido, como podrían ser la modificación de umbrales de emergencia en algún indicador, una modificación dentro del organigrama del equipo adscrito, etc. La revisión del PEP se efectuará cuando surjan circunstancias relativas a la seguridad que aconsejen la introducción de cambios esenciales en el mismo, como la alteración significativa del nivel de afecciones aguas abajo, o aquellas que puedan afectar de manera sustancial a las condiciones de seguridad de la presa. De manera orientativa, y no exhaustiva, se indican posibles causas de actualización o revisión:

- Posibles causas de actualización:
 - Modificación de umbrales de emergencia. (Requiere actualización del análisis de seguridad de la presa, con justificación de la modificación).

- Modificación o inclusión de nuevos indicadores (Requiere actualización del análisis de seguridad de la presa, con justificación de la modificación).
 - Modificaciones en el organigrama de personal adscrito al Plan. (Requiere la actualización de los medios y recursos, listados y directorios).
 - Actualizaciones de los directorios de personal, números de teléfono, contacto, etc. (Requiere la actualización de listados y directorios).
 - Modificación de medios adscritos al Plan. (Requiere la actualización de los medios y recursos, listados y directorios).
 - Cambios en afecciones en la zona de inundación potencial, que no modifiquen el sistema de aviso a la población existente. (Requiere actualización de zonificación territorial).
- Posibles causas de revisión:
 - Actuaciones sobre la presa que conlleven modificaciones en la cota de coronación, o el NMN, tal y como está definido en el apartado 6.1 de la NTS2. (Requiere revisión de análisis de seguridad y zonificación territorial.)
 - Actuaciones de renovación o ampliación sustancial del sistema de auscultación. (Requiere revisión de análisis de la seguridad.)
 - Otras modificaciones, rehabilitaciones, reformas u obras complementarias que se vayan a ejecutar en la presa, en sus instalaciones auxiliares o en el embalse, que puedan afectar de forma significativa a la seguridad y que requieran autorización previa de la Administración competente en materia de seguridad de presas y embalses conforme al apartado 5 de la NTS3. (Requiere revisión de análisis de seguridad y zonificación territorial.)
 - Identificación de nuevas afecciones en la zona de inundación potencial que requieran la modificación del sistema de aviso a la población existente. (Requiere revisión de zonificación territorial y medios y recursos.)
 - Cambios sustanciales en el cauce que conlleven la necesidad de un nuevo análisis de zonificación territorial.

Dado que pueden existir otras casuísticas que conlleven la necesidad de actualizar o revisar el PEP no contempladas explícitamente entre las causas anteriores, o en el caso de que exista duda sobre si una modificación sobre el PEP supone una actualización o una revisión, será el CI el que valore el procedimiento a seguir.

Además de referir la actualización o revisión correspondiente en las portadas, en el control de cambios y en los encabezados de las páginas si así procediera, es conveniente incluir en los nuevos documentos generados una breve explicación de la justificación de la modificación y la referencia a las partes del documento que han sufrido variaciones con respecto a la versión anterior.

En cualquier caso, los procedimientos para tramitar ambos tipos de modificaciones de los Planes se indican en el apartado 4 de esta guía.

En general, durante la implantación del PEP, se considera que el mismo está en proceso de actualización ya que los cambios que se introducirán al documento inicial durante esta fase no deberían ser de carácter sustancial, por lo que al final del proceso, si éste ha sido el caso y así lo ha validado el CI, el titular deberá trasladar una versión actualizada a los agentes que formen parte del CI, a la administración competente en materia de seguridad de presas y embalses y a todos los organismos que figuren en la lista de distribución del PEP.

6.3.4. Mantenimiento

En el apartado 11.1 de la NTS1 se establece como una de las responsabilidades del titular de la presa el mantenimiento permanente de las condiciones de operatividad de todos los sistemas y elementos relacionados con el PEP.

Todas las instalaciones y equipos adscritos al PEP deberán mantenerse en perfecto estado de funcionamiento y permanentemente operativos, debiéndose incorporar todos sus elementos propios al Plan de Mantenimiento de las Normas de Explotación de la presa, indicando las acciones pertinentes a realizar, su periodicidad y los medios precisos para llevarlas a cabo.

Asimismo, en el marco de la realización de las preceptivas revisiones generales de la seguridad de la presa y el embalse, el titular deberá revisar la adecuación del PEP aprobado a las circunstancias existentes, y en la medida que el conocimiento científico y técnico lo permita, la influencia que sobre las previsiones contenidas en él podrían tener los efectos del cambio climático.

El titular deberá realizar pruebas periódicas para comprobar el buen funcionamiento de los sistemas de comunicaciones y pruebas mudas sobre el sistema de aviso a la población, en caso de que se hayan dispuesto.

7. FORMA DE PRESENTACIÓN

7.1. Estructura del Plan de Emergencia

El PEP tendrá la siguiente estructura:

- Tomo I. Documento Ejecutivo.

Es el único documento a utilizar cuando se declara un escenario de emergencia por parte del equipo de explotación de la presa. Debe plantearse como un documento conciso y operativo en la emergencia e incluir de forma clara los umbrales asociados a todos los escenarios de emergencia y las actuaciones de vigilancia e inspección intensiva, de corrección y prevención y de comunicación asociadas a cada fenómeno desencadenante y escenario. Debe contener los procedimientos, relaciones, formularios y gráficos que sirvan de apoyo a la ejecución del Plan, así como el directorio de organismos, administraciones o empresas ajenas al titular e implicadas de una u otra forma en la emergencia. Se incluirán planos de la envolvente de inundación potencial de todas las hipótesis consideradas, indicándose la localización de los sistemas de aviso a la población, si los hubiera.

- Tomo II. Documento Técnico de Implantación.

Es el documento del Plan destinado a la divulgación externa y a la coordinación con las administraciones involucradas en la gestión de la emergencia, y en el que se irá recogiendo el proceso de implantación del Plan.

- Tomo III. Anejos justificativos.

Este documento incluirá la justificación de todos los elementos del Plan de Emergencia, detallándose los trabajos que se han desarrollado para la definición de los distintos elementos del PEP. Debe ser el primero que se aborde en el proceso de redacción del Plan de Emergencia, ya que el Tomo I y Tomo II recogen una síntesis y las conclusiones de estos estudios. Se incluirán los siguientes anejos:

- Anejo 1. Análisis de seguridad de la presa.
- Anejo 2. Zonificación territorial y análisis de los riesgos generados por la rotura.
- Anejo 3. Normas de actuación.
- Anejo 4. Justificación de la organización.

7.2. Índice del Plan de Emergencia

Se propone el siguiente índice:

TOMO I. Documento ejecutivo.

1. Portada.
2. Control del documento.
3. Índice.
4. Identificación de la presa.
5. Ficha técnica de la presa.
6. Planos de accesos.
7. Organización general, medios y recursos.
 - 7.1. Organigrama del personal del titular adscrito al Plan de Emergencia.
 - 7.2. Relación y contacto de organizaciones ajenas al titular implicadas en la emergencia.
 - 7.3. Medios materiales asignados al Plan de Emergencia.
8. Normas de actuación en emergencias.
 - 8.1. Definición de la emergencia y sus escenarios.
 - 8.2. Fenómenos desencadenantes, indicadores y umbrales para cada escenario de emergencia.
 - 8.3. Actuaciones asociadas a cada tipo de emergencia.

Apéndices:

- Apéndice N°1. Relación y contacto del personal del titular adscrito al Plan de Emergencia.
- Apéndice N°2. Relación y contacto de organizaciones ajenas al titular implicadas en la emergencia.
- Apéndice N°3. Relación de medios del titular.
- Apéndice N°4. Relación y contacto de medios ajenos al titular.
- Apéndice N°5. Procedimientos, relaciones y formularios.

Apéndice N°6. Envolvente de las zonas de inundación potencial de todas las hipótesis consideradas.

TOMO II. Documento Técnico de Implantación.

1. Portada.
2. Control del documento.
3. Índice.
4. Identificación y localización de la presa.
5. Ficha técnica de la presa.
6. Planos de accesos.
7. Definición de la emergencia y de sus escenarios.
8. Actuaciones del titular respecto al exterior.
9. Áreas inundables y afecciones.
10. Actuaciones necesarias para la implantación del Plan de Emergencia.
 - 10.1. Comité de Implantación.
 - 10.2. Programación de las actuaciones necesarias para la implantación.
 - 10.3. Centro de gestión de emergencia.
 - 10.4. Sistemas de comunicaciones.
 - 10.5. Sistema de aviso a la población.
 - 10.6. Divulgación del Plan de Emergencia.
 - 10.7. Simulacros.

Apéndices:

- Apéndice N° 1. Relación y contacto de organizaciones ajenas al titular implicadas en la emergencia.
- Apéndice n° 2. Actas ordinarias de reuniones del comité de implantación.
- Apéndice N°3. Actas del comité de implantación (constitución, supervisión, finalización implantación).
- Apéndice N° 4. Material divulgativo.
- Apéndice N°5. Planos de la envolvente de las zonas potencialmente inundables, frentes de onda y afecciones.

TOMO III. Anejos justificativos.

1. Portada.
2. Control del documento.
3. Índice.

Anejo 1. Justificación del análisis de seguridad.

1. Historial de la presa.
2. Caracterización hidrológica.
3. Caracterización sísmica.
4. Análisis del comportamiento.
5. Posibles actuaciones y fenómenos desencadenantes del proceso de fallo.
6. Indicadores de situaciones y fenómenos.
7. Umbrales para los diferentes escenarios de emergencia.

Anexos:

Anexo N°1. Láminas descriptivas de la presa (Planta general, secciones tipo, alzados, secciones por órganos de desagüe, auscultación, etc.)

Anexo N°2. Curvas características del embalse y de capacidad de los órganos de desagüe.

Anejo 2. Justificación de la zonificación territorial y estimación de daños

1. Escenarios de rotura o avería grave. Hipótesis de rotura.
2. Características de la rotura.
3. Análisis hidráulico de la propagación de la onda de rotura a lo largo del cauce.
 - 3.1. Selección del modelo numérico.
 - 3.2. Caracterización geométrica del cauce y del embalse.
 - 3.3. Caracterización hidráulica del cauce.
 - 3.4. Modelización de las obstrucciones en el cauce y justificación.
 - 3.5. Límite de estudio aguas abajo.

- 3.6. Condiciones iniciales.
- 3.7. Modelización hidráulica.
- 4. Zonificación territorial. Delimitación de las áreas de inundación potencial.
- 5. Estimación de Daños.

Anexos:

- Anexo N°1. Hidrogramas de entrada al embalse en los escenarios analizados. Gráficos y tablas.
- Anexo N°2. Hidrogramas en el límite final del análisis hidráulico. Gráficos y tablas.
- Anexo N°3. Plano de la envolvente de los escenarios analizados.
- Anexo N°4. Ficheros del modelo hidráulico para todos los escenarios analizados.
- Anexo N°5. Tablas con afecciones en hoja de cálculo o base de datos.

Anejo 3. Justificación de las normas de actuación.

- 1. Tipología de las actuaciones.
- 2. Definición de actuaciones.

Anejo 4. Justificación de la organización y de los medios y recursos.

- 1. Organización ordinaria y en avenidas.
- 2. Organización del Plan de Emergencia.
 - 2.1. Director del Plan de Emergencia.
 - 2.2. Equipo de personal adscrito al Plan de Emergencia.
 - 2.3. Funciones y responsabilidades.
 - 2.4. Formación.
- 3. Medios y recursos.
- 4. Centro de gestión de emergencias.
- 5. Sistemas de comunicaciones.
- 6. Sistema de aviso a la población.

7.3. Contenido del tomo I. Documento ejecutivo

El contenido de este tomo habrá sido justificado y desarrollado en los anejos correspondientes del Tomo III, extrayéndose de los mismos tan sólo la información necesaria para que resulte plenamente operativo ante una situación de emergencia. Se propone el siguiente contenido:

I.1. Portada

La portada debe incluir la denominación del documento: PLAN DE EMERGENCIA DE LA PRESA DE XXXX, nombrándose la presa por su nombre oficial del inventario. En el caso de que el embalse tenga una denominación distinta a las de la presa se añadirá la expresión “que cierra el embalse de XXX”, además de la identificación del tomo: **Tomo I. Documento Ejecutivo.**

Se incluirá la denominación del titular de la presa, su dirección y su número de teléfono.

También se incluirá la fecha y numeración correlativa, en su caso, de la revisión o actualización. La fecha será la de la redacción del Plan de Emergencia en su versión inicial (0), y el número de revisión o actualización será un número de orden correlativo que comenzará en el cero y se irá incrementando en las sucesivas revisiones o actualizaciones.

I.2. Control del documento

Se incluirá la siguiente información:

Control de actualizaciones y revisiones			
Revisión nº	Actualización nº	Fecha	Contenido/registro de modificaciones
0	0	XXXX-XX	Edición inicial

El documento inicial, y en todo momento hasta que el Plan de Emergencia haya sido aprobado por la Administración competente en materia de seguridad de pre-

sas y embalses, se identificará como Revisión 0 y Actualización 0, sin que las posibles modificaciones de las que haya sido objeto el documento inicial durante su tramitación administrativa supongan un aumento en la numeración.

A partir de la revisión 1 o actualización 1 se debe incluir un histórico de las modificaciones realizadas desde la edición inicial en la columna CONTENIDO/REGISTRO DE MODIFICACIONES.

Autor del plan
Firma:
Nombre:
Cualificación Profesional:
Nº Colegiado:

Se incluirá también una lista de distribución de las copias controladas:

Lista de distribución

Copia nº 1: XXXXXXXXXXXX

Copia nº 2: XXXXXXXXXXXX

Copia nº 3: XXXXXXXXXXXX

Copia nº 4: XXXXXXXXXXXX

Copia nº 5: XXXXXXXXXXXX

Copia nº 6: XXXXXXXXXXXX

Copia nº 7: XXXXXXXXXXXX

I.3. Índice

Se incluirá un índice general simplificado del contenido de cada uno de los tomos, y un índice detallado del Tomo I.

I.4. Identificación de la presa

Se propone la utilización de una tabla que recoja la siguiente información:

Nombre oficial de la presa y embalse	
Código de la infraestructura	
Datos del titular	
Nombre/Razón social	
Domicilio	
Teléfono de contacto	
Correo electrónico de contacto	
Clasificación de la presa y diques de collado (si existen)	
Presa	
Clasificación en función de sus dimensiones	
Clasificación en función del riesgo potencial	
Fecha de resolución	
Dique de collado (si existen)	
Clasificación en función de sus dimensiones	
Clasificación en función del riesgo potencial	
Fecha de resolución	
Situación de la presa	
Coordenadas centro coronación U.T.M. (ETRS89) y Huso	
Término Municipal	
Provincia	
Comunidad Autónoma	
Demarcación Hidrográfica	
Río	
Situación de los diques de collado (si existen)	
Nombre del dique de collado	
Coordenadas U.T.M. (ETRS89) y Huso	

Presas situadas aguas arriba	
Nombre	
Altura sobre cimientos (m)	
Capacidad del embalse a NMN (hm ³)	
Clasificación en función del riesgo potencial	
Cauce	
Titular	
Presas situadas aguas abajo	
Nombre	
Altura sobre cimientos (m)	
Capacidad del embalse a NMN (hm ³)	
Clasificación en función del riesgo potencial	
Distancia a la presa (km)	
Titular	

1.5. Ficha técnica de la presa

La descripción de las características fundamentales de la presa y embalse se incluirá en una ficha que recogerá la siguiente información:

Presa y embalse	
Tipología de la presa	
Pendiente paramento/talud aguas arriba	
Pendiente paramento/talud aguas abajo	
Altura sobre cimientos (m)	
Altura sobre cauce (m)	
Longitud de coronación (m)	
Cota de cimentación (m.s.n.m.)	
Cota de cauce (m.s.n.m.)	
Cota NMN (m.s.n.m.)	

Cota NAP (m.s.n.m.)	
Cota NAE (m.s.n.m.)	
Cota de coronación (m.s.n.m.)	
Capacidad del embalse a NMN (hm ³)	
Superficie del embalse a NMN (ha)	
Volumen del embalse a cota de coronación (hm ³)	
Superficie de embalse a cota de coronación (ha)	
Organos de desagüe	
Aliviadero	
Ubicación	
Tipología	
Número y dimensiones de vanos	
Número y dimensiones de compuertas	
Tipología de obra de restitución de caudales	
Cota labio de vertido (m.s.n.m.)	
Cota superior de compuertas cerradas (m.s.n.m.)	
Altura de compuertas (m)	
Capacidad de desagüe a NMN (m ³ /s)	
Capacidad de desagüe a NAP (m ³ /s)	
Capacidad de desagüe a NAE (m ³ /s)	
Capacidad de desagüe a cota de coronación (m ³ /s)	
Desagües de fondo	
Número y dimensiones de conductos	
Dispositivo de cierre de seguridad	
Dispositivo de cierre de regulación	
Cota del eje de la embocadura (m.s.n.m.)	
Capacidad de desagüe a NMN (m ³ /s)	
Capacidad de desagüe a cota de coronación (m ³ /s)	
Sistema de alimentación eléctrica	
Ubicación centro de transformación	
Ubicación de cuadro general de la presa	

Ubicación del grupo electrógeno	
Potencia del grupo electrógeno (kVA)	
Sistema de auscultación (añadir o eliminar en función de la presa)	
Nivel de embalse	
Variables meteorológicas	
Movimientos	
Filtraciones	
Subpresiones/Presiones intersticiales	
Tensiones	
Infraestructuras asociadas al plan de emergencia	
Ubicación del Centro de Gestión de Emergencias	
Sistema de comunicación principal con el exterior	
Sistema de comunicación secundario con el exterior	
Sistema de comunicación interno en la explotación	
Tipología del sistema de aviso a la población	
Ubicación del sistema de aviso a la población	
Sistema de comunicación principal con el sistema de aviso a la población	
Sistema de comunicación secundario con el sistema de aviso a la población	
Diques de collado (si existen)	
Tipología	
Altura sobre cimientos (m)	
Altura sobre terreno (m)	
Longitud de coronación (m)	
Cota de cimentación (m.s.n.m.)	
Cota de cauce (m.s.n.m.)	
Cota NMN (m.s.n.m.)	
Cota de coronación (m.s.n.m.)	
Volumen movilizable a NMN (hm ³)	
Volumen movilizable a cota de coronación (hm ³)	

I.6. Planos de accesos

Se incluirá un plano en el que se señale el centro de gestión de emergencias (si se encuentra en las inmediaciones de la presa) y los accesos a la presa, incluyendo las posibles alternativas y aquellos a utilizar en circunstancias adversas.

I.7. Organización general, medios y recursos

I.7.1. Organigrama del personal del titular adscrito al Plan de Emergencia

Definir la organización del personal adscrito al Plan de Emergencia, incluso el personal suplente. En el Apéndice N°1 se incluirá el organigrama nominal de la organización.

I.7.2. Relación y contacto de organizaciones ajenas al titular implicadas en la emergencia

Se indicarán los organismos a los que se debe avisar en cada escenario de emergencia. En el Apéndice N°2 se incluirá un listado con la forma de contactar con cada uno de ellos: n° de teléfono, correo electrónico y fax, en su caso.

I.7.3. Medios materiales asignados al Plan de Emergencia

Se describirán los medios asignados al Plan de Emergencia, entre los que deben estar, al menos, los siguientes:

- Centro de gestión de emergencias.
- Sistemas de comunicación.
- Sistemas de aviso a la población, si fuera el caso.
- Otros medios requeridos para la realización de las actuaciones definidas en el apartado **8. Normas de actuación en emergencias** de este Tomo I.

Se distinguirá entre los medios propios y los medios ajenos disponibles, indicándose en cuales de las actuaciones definidas en el apartado **8. Normas de actuación en emergencias** de este Tomo I en las que está prevista su utilización.

En los Apéndices N°3 y N°4 se incluirán los listados de los mismos, tal y como se detalla más adelante.

I.8. Normas de actuación en emergencias

I.8.1. Definición de la emergencia y sus escenarios

Se incluirá la definición y descripción de los escenarios de emergencia tal y como se recogen en la NTS1.

Escenario	Descripción
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, desembalses, 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.

I.8.2. Fenómenos desencadenantes, indicadores y umbrales para cada escenario de emergencia

Se incluirá el cuadro resumen de los mismos desarrollado en el apartado 7 del Anexo N°1. Justificación del análisis de la seguridad.



Indicadores asociados a causas exógenas					
Fenómenos desencadenantes	Indicador	Umbrales			
		Escenario 0	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Avenidas					
Seísmos/erupciones volcánicas					
Avalanchas o deslizamientos en el embalse					
Filtraciones masivas, dolinas o cavidades en el embalse					
Situaciones climáticas extraordinarias					
Fuego y actos vandálicos					
Acciones bélicas y actos de sabotaje					
Rotura, avería grave o declaración de emergencia de presas situadas aguas arriba					

Indicadores asociados a comportamiento anormal de la presa o embalse detectado por auscultación o inspección				
Indicador	Umbrales			
	Escenario 0	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3

I.8.3. Actuaciones asociadas a cada tipo de emergencia

Se incluirán las tablas de actuaciones por escenario para cada uno de los fenómenos desencadenantes desarrollada en el apartado 2 del **Anejo 3. Justificación de normas de actuación**, en la que se indica el responsable y el procedimiento, incorporado como Apéndice 4 a este tomo, en el que se describe la actuación en detalle. Si las actuaciones fueran comunes a varios fenómenos desencadenantes, estas se podrían agrupar en una única tabla.

Actuaciones en situación...			
Escenario	Actuación	Responsable	Procedimiento
Actuaciones de comunicación			
Escenario 0			
Actuaciones de vigilancia e inspección			
Escenario 0			
Actuaciones de comunicación			
Escenario 1			
Actuaciones de vigilancia e inspección			
Escenario 1			
Actuaciones de corrección y prevención			
Escenario 1			



Actuaciones en situación...			
Escenario	Actuación	Responsable	Procedimiento
Actuaciones de comunicación			
Escenario 2			
Actuaciones de vigilancia e inspección			
Escenario 2			
Actuaciones de corrección y prevención			
Escenario 2			
Actuaciones de comunicación			
Escenario 3			
Actuaciones de vigilancia e inspección			
Escenario 3			
Declaración de fin de emergencia			
Fin de Emergencia			

I. Apéndices:

I. Apéndice N°1. Relación y contacto del personal del titular adscrito al Plan de Emergencia

Puesto/ equipo	Nombre y contacto	Funciones generales	Asignación a la presa y disponibilidad en emergencias
	Nombre/Contacto: Tel.: Correo electrónico:		

(Incluir personal suplente)

I. Apéndice N°2. Relación y contacto de organizaciones ajenas al titular implicadas en la emergencia

Se incluirá un listado con los organismos a los que se debe avisar en cada escenario de emergencia, incluyendo n° de teléfono, correo electrónico y fax, en su caso.

Organización	Contacto
	Tel.: Correo electrónico: Fax:

I. Apéndice N°3. Relación de medios propios del titular

Medios propios	Características	Procedimientos en los que está asignado	Disponibilidad actual	Ubicación

I. Apéndice N°4. Relación y contacto de medios ajenos al titular

Medios	Características	Procedimientos en los que está asignado	Contacto	Tiempo máximo de disponibilidad en la presa
			Tel.:	

I. Apéndice N°5. Procedimientos, relaciones y formularios

Se incluirán los procedimientos precisos para la realización de todas las actuaciones definidas en el apartado **8. Normas de actuación en emergencias** de este Tomo I, además de las relaciones, tablas, gráficos o formularios necesarios para su desarrollo. Se corresponde con el Anexo n°1 incluido en el **Anejos n°3. Justificación de las normas de actuación.**

I. Apéndice N°6. Envoltente de las zonas de inundación potencial de todas las hipótesis consideradas

Se incluirán los planos de definición de la envoltente de inundación potencial de todas las hipótesis consideradas, con los frentes de avance a la media hora, una hora y horas sucesivas, señalándose las afecciones identificadas, junto con una tabla con su localización y valores de las variables hidráulicas en todos los escenarios analizado. Se incluirá también la ubicación de los sistemas de aviso a la población, si fuera el caso.

En los casos de presas con diques de collado, se incluirán también las colecciones de planos con la envoltente de la inundación, con las mismas características que el de la presa principal.

7.4. Contenido del tomo II. Documento técnico de implantación

Se incluye una propuesta esquemática del contenido del **Tomo II. Documento Técnico de Implantación** del Plan de Emergencia.

II.1. Portada

La portada debe incluir la denominación del documento: PLAN DE EMERGENCIA DE LA PRESA DE XXXX, nombrándose la presa por su nombre oficial del inventario. En el caso de que el embalse tenga una denominación distinta a las de la presa se añadirá la expresión “que cierra el embalse de XXX”, además de la identificación del tomo: **Tomo II. Documento Técnico de Implantación**.

Se incluirá la denominación del titular de la presa, su dirección y su número de teléfono.

También se incluirá la fecha y numeración correlativa, en su caso, de la revisión o actualización. La fecha será la de la redacción del Plan de Emergencia en su versión inicial (0), y el número de revisión o actualización será un número de orden correlativo que comenzará en el cero y se irá incrementando en las sucesivas revisiones o actualizaciones.

II.2. Control del documento

Se incluirá la misma información que en el Tomo I:

Control de actualizaciones y revisiones			
Revisión nº	Actualización nº	Fecha	Contenido/registro de modificaciones
0	0	XXXX-XX	Edición inicial

Autor del plan	
Firma:	
Nombre:	
Cualificación Profesional:	
Nº Colegiado:	

Lista de distribución

Copia nº 1: XXXXXXXXXXXX

Copia nº 2: XXXXXXXXXXXX

Copia nº 3: XXXXXXXXXXXX

Copia nº 4: XXXXXXXXXXXX

Copia nº 5: XXXXXXXXXXXX

Copia nº 6: XXXXXXXXXXXX

Copia nº 7: XXXXXXXXXXXX

II.3. Índice

Se incluirá un índice general simplificado del contenido de cada uno de los tomos, y un índice detallado del Tomo II.

II.4. Identificación y localización de la presa

Se propone una tabla igual a la del Tomo I.

Nombre oficial de la presa y embalse	
Código de la infraestructura	
Datos del titular	
Nombre/Razón social	
Domicilio	
Teléfono de contacto	
Correo electrónico de contacto	
Clasificación de la presa y diques de collado (si existen)	
Presa	
Clasificación en función de sus dimensiones	
Clasificación en función del riesgo potencial	
Fecha de resolución	
Dique de collado (si existen)	
Clasificación en función de sus dimensiones	
Clasificación en función del riesgo potencial	
Fecha de resolución	
Situación de la presa	
Coordenadas centro coronación U.T.M. y Huso (ETRS89)	
Término Municipal	
Provincia	
Comunidad Autónoma	
Demarcación Hidrográfica	
Río	
Situación de los diques de collado (si existen)	
Nombre del dique de collado	
Coordenadas U.T.M. y Huso (ETRS89)	
Presas situadas aguas arriba	
Nombre	
Altura sobre cimientos (m)	

Capacidad del embalse a NMN (hm ³)	
Clasificación en función del riesgo potencial	
Cauce	
Titular	
Presas situadas aguas abajo	
Nombre	
Altura sobre cimientos (m)	
Capacidad del embalse a NMN (hm ³)	
Clasificación en función del riesgo potencial	
Distancia a la presa (km)	

II.5. Ficha técnica de la presa

Igual que en el Tomo I.

Presa y embalse	
Tipología de la presa	
Pendiente paramento/talud aguas arriba	
Pendiente paramento/talud aguas abajo	
Altura sobre cimientos (m)	
Altura sobre cauce (m)	
Longitud de coronación (m)	
Cota de cimentación (m.s.n.m.)	
Cota de cauce (m.s.n.m.)	
Cota NMN (m.s.n.m.)	
Cota NAP (m.s.n.m.)	
Cota NAE (m.s.n.m.)	
Cota de coronación (m.s.n.m.)	
Capacidad del embalse a NMN (hm ³)	
Superficie del embalse a NMN (ha)	
Volumen del embalse a cota de coronación (hm ³)	
Superficie de embalse a cota de coronación (ha)	

Organos de desagüe	
Aliviadero	
Ubicación	
Tipología	
Número y dimensiones de vanos	
Número y dimensiones de compuertas	
Tipología de obra de restitución de caudales	
Cota labio de vertido (m.s.n.m.)	
Cota superior de compuertas cerradas (m.s.n.m.)	
Altura de compuertas (m)	
Capacidad de desagüe a NMN (m ³ /s)	
Capacidad de desagüe a NAP (m ³ /s)	
Capacidad de desagüe a NAE (m ³ /s)	
Capacidad de desagüe a cota de coronación (m ³ /s)	
Desagües	
Número y dimensiones de conductos	
Dispositivo de cierre de seguridad	
Dispositivo de cierre de regulación	
Cota del eje de la embocadura (m.s.n.m.)	
Capacidad de desagüe a NMN (m ³ /s)	
Capacidad de desagüe a cota de coronación (m ³ /s)	
Sistema de alimentación eléctrica	
Ubicación centro de transformación	
Ubicación de cuadro general de la presa	
Ubicación del grupo electrógeno	
Potencia del grupo electrógeno (kVA)	
Sistema de auscultación (añadir o eliminar en función de la presa)	
Nivel de embalse	
Variables meteorológicas	
Movimientos	

Filtraciones	
Subpresiones/Presiones intersticiales	
Tensiones	
Infraestructuras asociadas al plan de emergencia	
Ubicación del Centro de Gestión de Emergencias	
Sistema de comunicación principal con el exterior	
Sistema de comunicación secundario con el exterior	
Sistema de comunicación interno en la explotación	
Tipología del sistema de aviso a la población	
Ubicación del sistema de aviso a la población	
Sistema de comunicación principal con el sistema de aviso a la población	
Sistema de comunicación secundario con el sistema de aviso a la población	
Diques de collado (si existen)	
Tipología	
Altura sobre cimientos (m)	
Altura sobre terreno (m)	
Longitud de coronación (m)	
Cota de cimentación (m.s.n.m.)	
Cota de cauce (m.s.n.m.)	
Cota NMN (m.s.n.m.)	
Cota de coronación (m.s.n.m.)	
Volumen movilizable a NMN (hm ³)	
Volumen movilizable a cota de coronación (hm ³)	

II.6. Planos de accesos

Se incluirá un plano en el que se señale el centro de gestión de emergencias (si se encuentra en las inmediaciones de la presa) y los accesos a la presa, incluyendo las posibles alternativas y aquellos a utilizar en circunstancias adversas.

II.7. Definición de la emergencia y de sus escenarios

Se incluirán los escenarios de emergencia tal y como se definen en la NTS1:

Escenario	Descripción
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, desembalses, 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.

II.8. Actuaciones del titular respecto al exterior

Las actuaciones del titular respecto al exterior de su organización se incluirán en tablas similares a las que se muestran a continuación. Estas actuaciones se refieren a las actuaciones de comunicación. La forma de contacto con cada organismo se incluirá en el Apéndice N°1 del Tomo II.

Escenario	Actuaciones de comunicación
Escenario 0	

Escenario	Actuaciones de comunicación
Escenario 1	

Escenario	Actuaciones de comunicación
Escenario 2	

Escenario	Actuaciones de comunicación
Escenario 3	

II.9. Áreas inundables y afecciones

Se incluirá una breve descripción de la zona afectada por la envolvente de las zonas potencialmente inundables de todos los escenarios analizados: núcleos urbanos o poblaciones localizadas en la zona afectada, límite de la zonificación agua abajo, etc.

En el Apéndice N°5 de este tomo se incluirán los planos de la envolvente de las zonas potencialmente inundables en los escenarios analizados, señalándose las afecciones identificadas y los frentes de onda correspondientes a los 30 minutos, a la hora, y a las horas siguientes, a contar desde el inicio de la rotura. Se incluirán también en los planos tablas con la siguiente información:

Identificación de la afección									Resultados del modelo hidráulico							
ID	Descripción	Provincia	T.M.	Tipo de elemento	Distancia a la presa (km)	Margen	Coordenadas UTM		Cota (m.s.n.m.)	En escenario XX						
							X	Y		Caudal máximo (m ³ /s)	Cota máxima de agua (m.s.n.m.)	Tiempo llegada onda (h:mm)	Tiempo valores máximos (h:mm)	Calado máximo (m)	Veloc. Máxima (m/s)	

En el caso de núcleos urbanos, cuando se vean afectadas más de 5 viviendas se considerará todo el núcleo de población como una única afección.

En la copia digital que se debe adjuntar al tomo se incluirán los ficheros .shp de delimitación de la envolvente de la zona inundable y tabla de las afecciones identificadas en hoja de cálculo o base de datos georreferenciada de las mismas.

II.10. Actuaciones necesarias para la implantación del plan de emergencia

Se incluirá en este apartado una descripción de las actuaciones necesarias para la implantación del Plan de Emergencia, que se concretarán y actualizarán al final de la fase de implantación. Se recogerán los siguientes aspectos:

II.10.1. Comité de Implantación

Los representantes y forma de contacto de las personas que constituyen el Comité de Implantación se irán completando a lo largo del proceso de implantación. En el documento inicial se incluirán tan sólo los perfiles incluidos en la NTS1.

Organismo	Representante/s	Contacto
Titular		
Administración competente en materia de Protección Civil a nivel estatal		
Administración competente en materia de Protección Civil a nivel autonómico		
Administración hidráulica competente		

II.10.2. Programación de las actuaciones necesarias para la implantación

Se incluirá la planificación y programación temporal de todas las actuaciones previstas durante el proceso de implantación. En el documento inicial se incluirá una programación genérica de actividades, que se irá actualizando y completando durante el proceso de implantación.

II.10.3. Centro de gestión de emergencia

Se incluirá la descripción, ubicación y accesos del centro de gestión de emergencias, justificando expresamente el cumplimiento de los requisitos aplicables a los centros de gestión de emergencias recogidos en el apartado 5.5.1 de esta guía.

II.10.4. Sistemas de comunicaciones

Se describirán los sistemas de comunicaciones internos del titular de la presa y entre este y los organismos involucrados en la gestión de la emergencia, así

como las comunicaciones con los sistemas de aviso a la población, justificando el cumplimiento de los requisitos aplicables a los sistemas de comunicación recogidos en el apartado 5.5.2 de esta guía.

II.10.5. Sistema de aviso a la población

Descripción del sistema de aviso a la población potencialmente afectada en la primera media hora, identificando los términos municipales afectados y justificando el cumplimiento de todos los requisitos aplicables a los sistemas de aviso a la población recogidos en el apartado 5.5.3 de esta guía.

II.10.6. Divulgación del Plan de Emergencia

Se incluirá una descripción de la información divulgativa generada y de las actividades realizadas para la divulgación a la población, autoridades municipales y otras organizaciones. En el documento inicial se identificarán los Ayuntamientos localizados en la envolvente de la zona de afectación de las dos primeras horas y los núcleos de población situados en la zona de la primera media hora, incluyéndose una descripción de las actuaciones a realizar, según lo recogido en el apartado 6.2.3 de esta guía.

II.10.7. Simulacros

Se incluirá una descripción de los simulacros a realizar con participación de administraciones públicas, justificando todos los requisitos aplicables a los mismos. En el documento inicial se incluirá una descripción de estos simulacros tal y cómo se recogen en el apartado 6.3.2 de esta guía.

II. Apéndices:

II. Apéndice Nº 1. Relación y contacto de organizaciones ajenas al titular implicadas en la emergencia (igual que apéndice nº2 de documento ejecutivo)

II. Apéndice N° 2. Actas ordinarias de reuniones del comité de implantación (durante el proceso de implantación)

II. Apéndice N° 3. Actas del comité de implantación (durante el proceso de implantación: constitución, supervisión, finalización, etc.)

II. Apéndice N° 4. Material divulgativo (durante el proceso de implantación)

II. Apéndice N° 5. Planos de la envolvente de las zonas potencialmente inundables

Se incluirán los frentes de onda correspondientes a los 30 minutos, a la hora, y a las horas siguientes, a contar desde el inicio de la rotura. Se incluirán también en los planos tablas con las afecciones identificadas en cada hoja, incluyéndose distancia a la presa, coordenadas UTM, y por escenario analizado el calado máximo, velocidad máxima, tiempo de llegada de la onda y descripción de la afección.

En los casos de presas con diques de collado, se incluirán también las colecciones de planos con la envolvente de la inundación, con las mismas características que el de la presa principal.

En la copia digital que se debe adjuntar al tomo se incluirán los ficheros .shp de delimitación de la envolvente de la zona inundable y tabla de las afecciones identificadas en hoja de cálculo o base de datos georreferenciada de las mismas.

7.5. Contenido del tomo III. Anejos justificativos

Este documento incluirá la justificación de todos los elementos del Plan de Emergencia, detallándose los trabajos que se han desarrollado para la definición de los distintos elementos del PEP. Previamente a los anejos, se incluirán los siguientes apartados, al igual que en los tomos anteriores:

III.1. Portada

Se seguirá lo indicado para los tomos anteriores, con la identificación del tomo: Tomo III. Anejos Justificativos.

III.2. Control del documento

Control de actualizaciones y revisiones			
Revisión nº	Actualización nº	Fecha	Contenido/registro de modificaciones
0	0	XXXX-XX	Edición inicial

Autor del plan
Firma:
Nombre:
Cualificación Profesional:
Nº Colegiado:

Lista de distribución

Copia nº 1: XXXXXXXXXXXX

Copia nº 2: XXXXXXXXXXXX

Copia nº 3: XXXXXXXXXXXX

Copia nº 4: XXXXXXXXXXXX

Copia nº 5: XXXXXXXXXXXX

Copia nº 6: XXXXXXXXXXXX

Copia nº 7: XXXXXXXXXXXX

III.3. Índice

Se incluirá un índice general simplificado del contenido de cada uno de los tomos, y un índice detallado del Tomo III.

7.5.1. Anejo 1. Justificación del análisis de seguridad

El contenido del anejo se organizará para dar respuesta a los siguientes aspectos:

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

Para ello, se deberá abordar un análisis del comportamiento y de la seguridad de la presa. El contenido propuesto es el siguiente:

Historial de la presa

Se indicarán las circunstancias más significativas acaecidas durante la vida de la presa que puedan tener relevancia para caracterizar su análisis de seguridad.

Caracterización hidrológica

Se incluirá una caracterización hidrológica de la cuenca de aportación, definiéndose las avenidas que puede soportar la presa sin problemas de seguridad en las condiciones de explotación vigentes y aquella que la presa podría soportar como límite máximo, agotando los resguardos existentes, tanto de forma gráfica como mediante tablas. En cualquier caso, en este apartado quedará claramente referenciado el origen de los estudios de detalle que se hayan utilizado para esta caracterización hidrológica.

Caracterización sísmica

Se aportará una caracterización sísmica de la zona donde se ubica la presa y el embalse.

Caracterización del comportamiento

A partir del análisis de los datos históricos de auscultación y de los resultados de las inspecciones realizadas para la realización del análisis de seguridad de la presa y embalse, se realizará una caracterización del comportamiento de la presa que servirá de base para el establecimiento de indicadores y umbrales en fases posteriores.

Posibles actuaciones y fenómenos desencadenantes del proceso de fallo

Se enumerarán las situaciones o fenómenos que pueden reducir la seguridad de la presa justificando razonadamente su existencia, tal y como se expone en el apartado 5.1.1. de esta guía.

Al final de la justificación y análisis de los diferentes fenómenos, y como resumen del estudio realizado se presentarán los fenómenos agrupados por tipos o categorías, seleccionándose los más representativos y controlables, mostrándose como ejemplo orientativo la siguiente tabla, la cual deberá adaptarse a las particularidades de cada presa.

Causas	Breve descripción y justificación
Causas exógenas	
Avenidas	
Seísmos/erupciones volcánicas	
Situaciones climáticas extraordinarias	
Avalanchas o deslizamientos en el embalse	
Fuego y actos vandálicos	
Acciones bélicas y actos de sabotaje	
Rotura, avería grave o declaración de emergencia de presas situadas aguas arriba	
Causas endógenas	
Movimientos en la presa	
Deslizamientos en espaldones	
Erosión interna	

Causas	Breve descripción y justificación
Concentración de tensiones	
Cargas imprevistas sobre la presa	
Subpresiones o presiones intersticiales anómalas	
Drenaje inadecuado en presa o cimiento	
Filtraciones elevadas, incrementos o modificaciones en las mismas	
Envejecimiento o deterioro del hormigón	
Fenómenos expansivos en el hormigón	
Agrietamientos del hormigón	
Apertura grietas o fallas en el cimiento	
Colapso de cavidades	
Movimientos del cimiento o estribos	
Deterioro del cimiento	
Sobretensiones en el cimiento	
Envejecimiento o deterioro del hormigón	
Erosiones locales	
Subpresiones elevadas bajo losas	
Pérdida de operatividad de las compuertas	
Pérdida de operatividad de los desagües de fondo	
Fallo en sistema de alimentación eléctrica	
Fallo en grupo electrógeno	
Fallo en circuito de iluminación o fuerza	
Fallo en sistemas de comunicaciones	
Fallos en el sistema de auscultación	
Interrupción de accesos	

En el caso de ser necesario de estudio de la combinación de fenómenos que puedan darse conjuntamente, se incorporarán en la tabla anterior. Se destaca en este sentido la posible combinación de avenidas+avería de compuertas.

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, tal y como se expone en el apartado **5.1.2 Indicadores**. 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 PEP

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.

Causas	Indicadores asociados
Causas exógenas	
Avenidas	
Seísmos/erupciones volcánicas	
Avalanchas o deslizamientos en el embalse	
Situaciones climáticas extraordinarias	
Fuego y actos vandálicos	
Acciones bélicas y actos de sabotaje	
Rotura, avería grave o declaración de emergencia de presas situadas aguas arriba	
Causas endógenas	
Movimientos en la presa	
Deslizamientos en espaldones	

Causas	Indicadores asociados
Erosión interna	
Concentración de tensiones	
Cargas imprevistas sobre la presa	
Subpresiones o presiones intersticiales anómalas	
Drenaje inadecuado en presa o cimiento	
Filtraciones elevadas, incrementos o modificaciones en las mismas	
Envejecimiento o deterioro del hormigón	
Fenómenos expansivos en el hormigón	
Agrietamientos del hormigón	
Apertura grietas o fallas en el cimiento	
Colapso de cavidades	
Movimientos del cimiento o estribos	
Deterioro del cimiento	
Sobretensiones en el cimiento	
Erosiones locales	
Subpresiones elevadas bajo losas	
Pérdida de operatividad de las compuertas	
Pérdida de operatividad de los desagües de fondo	
Fallo en sistema de alimentación eléctrica	
Fallo en grupo electrógeno	
Fallo en circuito de iluminación o fuerza	
Fallo en sistemas de comunicaciones	
Fallos en el sistema de auscultación	
Interrupción de accesos	

Umbrales para los diferentes escenarios de emergencia

De cada uno de los indicadores significativos asociados a los diferentes fenómenos se debe establecer y justificar, 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. Para ello se seguirá lo indicado en el apartado 5.1.3 de esta guía.

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

Indicadores asociados a causas exógenas					
Fenómenos desencadenantes	Indicador	Umbrales			
		Escenario 0	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Avenidas					
Seísmos/erupciones volcánicas					
Avalanchas o deslizamientos en el embalse					
Filtraciones masivas, dolinas o cavidades en el embalse					
Situaciones climáticas extraordinarias					
Fuego y actos vandálicos					
Acciones bélicas y actos de sabotaje					
Rotura, avería grave o declaración de emergencia de presas situadas aguas arriba					

Indicadores asociados a comportamiento anormal de la presa o embalse detectado por auscultación o inspección				
Indicador	Umbrales			
	Escenario 0	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3

Anexos

Anexo N°1. Láminas descriptivas de la presa. (Planta general, sección tipo, alzados, secciones por órganos de desagüe, auscultación)

Anexo N°2. Curvas características del embalse y de capacidad de los órganos de desagüe

7.5.2. 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 áreas de Inundación Potencial.
- Estimación de Daños.

Escenarios de rotura o avería grave. Hipótesis de rotura

Se realizará un análisis de los escenarios de rotura o avería grave definidos en el apartado 5.2.1 de esta guía y en su caso la justificación de la reducción de

los mismos si alguno de ellos no fuera a ser analizado por su similitud con otro escenario propuesto. Se incluirá la justificación del cálculo del hidrograma considerado en el escenario límite.

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.

Definición del Escenario	Se analiza (Si/No)	Justificación	Parámetros
Escenario sin avenida			
Escenario límite			
Rotura encadenada			
Rotura de compuertas			

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 apartado 5.2.2 de esta guía. 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.

Escenarios	Forma de la Brecha	Parámetros Adoptados	Tiempo de Desarrollo de la Brecha	Caudal punta del Hidrograma de rotura

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

Selección del modelo numérico

En este apartado se desarrollará la justificación de la adopción del modelo numérico. Se debe justificar que el estudio de propagación de la onda de rotura se ha realizado con modelos de simulación acordes a la orografía de la zona inundable y a las características del flujo, tal y como se indica en el apartado 16.3 de la NTS1.

Caracterización geométrica del cauce y del embalse

Este apartado debe atender a lo indicado en el apartado 5.2.3.1 de esta guía. Se debe hacer referencia al modelo digital del terreno utilizado y al proceso de depuración, pero también a la malla de cálculo empleada en los modelos con algunas características técnicas como tipo de malla, tamaño o tolerancias.

Caracterización hidráulica del cauce

Se presentará una justificación de los coeficientes de rugosidad adoptados para la simulación hidráulica, justificándose los coeficientes de rugosidad adoptados en las hipótesis consideradas en la modelización.

Modelización de las obstrucciones en el cauce y justificación

Este apartado debe atender a lo indicado en el apartado 5.2.3.4 de esta guía. Se presentará una justificación de la modelización o no de las obras singulares que por su importancia pudieran producir obstrucciones significativas en el cauce.

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:

Escenarios	Distancia Total desde la presa (Pk) (0+000)

Condiciones iniciales

Se incluirá la justificación del estado inicial del embalse, conforme a lo explicado en los apartados 5.2.3.5 de esta guía. También se deben justificar el estado inicial del cauce y el estado inicial de los afluentes, según el apartado 5.2.3.7.

Modelización hidráulica

Se deberán indicar de manera clara y concisa los siguientes datos introducidos en el modelo, por escenario de rotura analizado:

- Situación inicial del embalse y de los cauces principal y afluentes.
- Condiciones de contorno aguas arriba. Hidrograma de entrada.
- Condiciones de contorno aguas abajo.
- Datos de la brecha.

Se aportarán los hidrogramas de rotura, de la avenida límite, los hidrogramas de entrada en afluentes y el hidrograma en la sección límite de aguas abajo, tanto en formato gráfico como en tabla. En el documento digital del Plan se aportarán los ficheros de modelización de los escenarios analizados.

Zonificación territorial. Delimitación de las áreas de inundación potencial

Los planos de delimitación se elaborarán a partir de los resultados obtenidos en la modelización realizada, y se seguirán los criterios y recomendaciones indicados en el apartado 5.2.5 de esta guía.

Se incluirán las colecciones de planos de todos los escenarios analizados, sobre los que se marcarán los frentes de avance de la onda de rotura para la media hora, una hora, y horas sucesivas. Se representarán sobre cartografía oficial a escala 1:25.000.

Estimación de Daños

Se realizará una descripción cualitativa de la estimación de las afecciones correspondientes a cada una de las hipótesis consideradas, de acuerdo con lo indicado en el apartado 5.2.4 de esta guía, incluyéndose la siguiente información:

Identificación de la afección									Resultados del modelo hidráulico							
ID	Descripción	Provincia	T.M.	Tipo de elemento	Distancia a la presa (km)	Margen	Coordenadas UTM		Cota (m.s.n.m.)	En escenario XX						
							X	Y		Caudal máximo (m ³ /s)	Cota máxima de agua (m.s.n.m.)	Tiempo llegada onda (h:mm)	Tiempo valores máximos (h:mm)	Calado máximo (m)	Veloc. Máxima (m/s)	

En el caso de núcleos urbanos, cuando se vean afectadas más de 5 viviendas se considerará todo el núcleo de población como una única afección.

Se incluirán también en formato digital los ficheros .shp de delimitación de las zonas inundables por hipótesis, junto con la tabla de las afecciones identificadas en hoja de cálculo o base de datos de las mismas.

Anexos

Anexo N°1. Hidrogramas de entrada al embalse en los escenarios analizados. Gráficos y tablas

Anexo N°2. Hidrogramas de rotura en los escenarios analizados. Gráficos y tablas

Anexo N°3. Hidrogramas de entrada en afluentes. Gráficos y tablas

Anexo N°4. Hidrogramas en el límite final del análisis hidráulico. Gráficos y tablas

Anexo N°5. Planos de zonas potencialmente afectadas de los escenarios analizados

Se incluirán los planos de las zonas potencialmente inundables en cada uno de los escenarios analizados, señalándose las afecciones identificadas y los frentes de onda correspondientes a los 30 minutos, a la hora, y a las horas siguientes, a contar desde el inicio de la rotura. Se incluirán también en los planos tablas con las afecciones identificadas en cada hoja, incluyéndose distancia a la presa, coordenadas UTM, y por escenario analizado el calado máximo, velocidad máxima, tiempo de llegada de la onda y descripción de la afección. Se representarán sobre cartografía oficial a escala 1:25.000.

En la copia digital se incluirán los ficheros .shp de delimitación de cada una de las zonas inundables y la tabla de las afecciones identificadas en hoja de cálculo o base de datos georreferenciada de las mismas

Anexo N°6. Ficheros del modelo hidráulico para todos los escenarios analizados. (En la copia digital)

Anexo N°7. Tablas con afecciones en hoja de cálculo o base de datos. (En la copia digital)

7.5.3. Anejo 3. Justificación de las normas de actuación

En este Anejo se razonarán, justificarán y definirán las actuaciones a realizar en función de los diferentes fenómenos que se produzcan y el escenario en que se encuentren. Se propone el siguiente contenido:

Tipos de actuaciones

Se expondrán las distintas tipologías de las actuaciones a realizar, tal y como se definen en el apartado 5.3.1 de esta guía.

Las actuaciones de vigilancia e inspección intensivas y las de comunicación dependen del escenario de seguridad declarado, mientras que las de corrección y prevención depende directamente del fenómeno concreto causante de la declaración del escenario de seguridad.

Actuaciones en la emergencia

Se considerarán las actuaciones para los siguientes fenómenos desencadenantes, tal y como se definen en el apartado 5.3 de esta guía:

- Actuaciones en situación de avenidas.
- Actuaciones en situación de seísmos/erupciones volcánicas.
- Actuaciones en situación de avalanchas o deslizamientos.
- Actuaciones en situaciones climáticas extraordinarias.
- Actuaciones frente a detección de fuego o actos vandálicos.
- Actuaciones por acciones bélicas o sabotaje.
- Actuaciones en situación de rotura, avería grave o declaración de escenario en presas situadas aguas arriba.
- Actuaciones en situación de comportamiento anormal de la presa detectada por inspección o auscultación.

Se expondrá el análisis realizado y se presentarán tablas que incluyan todas las actuaciones asociadas por escenario, indicándose el responsable de su ejecución y el procedimiento asociado.

Actuaciones en situación...			
Escenario	Actuación	Responsable	Procedimiento
Actuaciones de comunicación			
Escenario 0			
Actuaciones de vigilancia e inspección			
Escenario 0			

Actuaciones en situación...			
Escenario	Actuación	Responsable	Procedimiento
Actuaciones de comunicación			
Escenario 1			
Actuaciones de vigilancia e inspección			
Escenario 1			
Actuaciones de corrección y prevención			
Escenario 1			
Actuaciones de comunicación			
Escenario 2			
Actuaciones de vigilancia e inspección			
Escenario 2			
Actuaciones de corrección y prevención			
Escenario 2			

Actuaciones en situación...			
Escenario	Actuación	Responsable	Procedimiento
Actuaciones de comunicación			
Escenario 3			
Actuaciones de vigilancia e inspección			
Escenario 3			
Declaración de fin de emergencia			
Fin de Emergencia			

Se desarrollarán los procedimientos que recogen cada una de las actuaciones, incluyéndose en un apéndice de este anejo. En el procedimiento se deben indicar claramente quien es el responsable de la actuación, cuáles son los medios necesarios, el proceso de actuación y los objetivos a conseguir con su realización.

Anexos

Anexo N°1. Procedimientos, relaciones y formularios

Se incluirán los procedimientos precisos para la realización de todas las actuaciones definidas en el apartado **2. Actuaciones en emergencia** de este Anejo, además de las relaciones, tablas, gráficos o formularios necesarios para su desarrollo.

Cada una de las actuaciones definidas debe tener un procedimiento asociado en el que se incluya el responsable de su ejecución, los medios necesarios, el proce-

dimiento detallado de actuación, los resultados a obtener y la forma de proceder si no se obtienen los resultados esperados.

Estos procedimientos se podrán complementar con relaciones, gráficos o formularios que faciliten su aplicación, como relaciones de elementos a inspeccionar, relación de equipos de auscultación, gráficos de apoyo para la definición de escenarios, formularios de notificaciones de declaración de escenarios, etc.

7.5.4. Anejo 4. Justificación de la organización y de los medios y recursos

En la organización del PEP, 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.

El contenido del anejo será el siguiente:

Organización

Se definirá la organización establecida para la explotación fuera de emergencias (ordinaria y en avenidas) y la organización del PEP.

Organización en explotación normal y avenidas

Se expondrá la organización de la presa en situaciones normales y avenidas, incluyéndose un organigrama del personal

Organización en emergencias

Se definirá la organización establecida en situación de emergencias, que debe responder a lo indicado en el apartado 5.4 de esta guía. Se incluirá un organigrama del personal adscrito, incluyéndose el personal suplente, y se describirán las responsabilidades y funciones de todo el personal adscrito.

Se incluirá en una tabla similar a la siguiente las características básicas de cada uno de los perfiles definidos.

Puesto	Funciones principales	Cualificación técnica	Disponibilidad en explotación normal	Disponibilidad en emergencias	Asignación a la presa

Para cada uno de los perfiles definidos se presentará una tabla en la que se reflejan, por escenarios progresivos, las actuaciones en las que están adscritos durante la emergencia.

Puesto	Actuaciones escenarios				
	Explotación normal	Escenario 0	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3

Medios y recursos

Centro de gestión de emergencias

Se describirá el Centro de gestión de emergencias, según lo establecido en el apartado 5.5.1 de esta guía.

Sistemas de comunicación

Se justificarán y describirán las comunicaciones internas y externas, según las recomendaciones dadas en el apartado 5.5.2

Sistemas de aviso a la población

Se describirá el sistema de aviso a la población en la zona de la media hora, según se indica en el apartado 5.5.3.

Otros medios

Del análisis de las necesidades de las normas de actuación se deducirán los medios y recursos necesarios para hacer frente a las emergencias. Como resumen de la justificación se recogerán en tablas los medios adscritos, incluyéndose una descripción de los mismos, su localización en la presa y los procedimientos en los que serán utilizados. En los medios externos, se indicará la persona de contacto para su movilización, y el tiempo máximo en el que deben estar disponibles en la presa desde su requerimiento.

Se incluirán tablas como las siguientes referidas a medios propios y medios ajenos, que posteriormente se incluirán en los apéndices del Tomo I.

Medios propios	Características	Procedimientos en los que está asignado	Disponibilidad actual	Ubicación

Medios ajenos	Características	Procedimientos en los que está asignado	Contacto	Tiempo máximo de disponibilidad en la presa
			Tel.:	

Los datos de contacto de los medios ajenos podrían concretarse durante el proceso de implantación, aunque durante la redacción inicial del Plan deben indicarse las características de los medios necesarios.

7.6. Formato del documento

El Plan de Emergencia se organizará en los tomos descritos en los apartados anteriores:

- Tomo I: Contendrá todos los elementos que son susceptibles de ser utilizados durante una situación de emergencia en la presa, tal y como se recogen en el apartado 7.3 de esta guía.
- Tomo II: Contendrá el Documento Técnico de Implantación, con la estructura y contenido descritos en el apartado 7.4.
- Tomo III: Constituido por los anejos que suponen la parte justificativa del Plan de Emergencia, el alcance de los cuales se expone en el apartado 7.5.

Cada uno de estos tomos se presentará en un documento independiente.

7.6.1. Formato de presentación de los documentos

Todos los documentos, a excepción de los planos se presentarán en formato UNE DIN A-4, con márgenes adecuados que permitan una cómoda lectura en las ediciones en papel.

Para facilitar las actualizaciones y/o revisiones, las ediciones en papel se presentarán encuadradas en un sistema de hojas intercambiable o de anillas.

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

En el pie o encabezado de todas las páginas figurará el título “Plan de Emergencia de la presa de XXX”, junto con la identificación del tomo, anejo, apéndice o anexo, la fecha y el número de revisión y/o actualización.

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

7.6.2. Formato de presentación de los planos

Todos los planos se presentarán en formato UNE DIN A-3. Los planos de representación de los escenarios de rotura y su envolvente se representarán sobre cartografía oficial actualizada, a escala 1:25.000. Cada una de las colecciones se organizará del siguiente modo:

- Plano de distribución de hojas. Se presentará con la escala adecuada para representar el encaje de cada una de los planos de la colección, con un fondo que permita la identificación del ámbito contenido en cada una de ellos. Aunque es recomendable que se presente en una única hoja, se podrá distribuir en más si fuera necesario.
- Planos de inundación. Incluirán la mancha de inundación con una trama transparente que permita la visión de los elementos afectados por la inundación, con los frentes de onda asociados a la media hora, una hora y horas sucesivas, así como la identificación de las afecciones, de forma clara y legible, y las tablas de caracterización de las mismas. Si fuera necesario, estas tablas se incluirían en una hoja aparte, que se identificará como Hoja N°2 del plano correspondiente.

En cada plano se indicará en los laterales la hoja adyacente, y se incluirá un esquema de distribución en el que se destaque la hoja correspondiente.

7.6.3. Formato digital

Toda la documentación se presentará en formato digital, tanto en pdf como en formato editable, en soporte óptico o memoria usb, según la siguiente especificación:

- Los documentos en pdf se agruparán en tomos, con la misma estructura y contenido indicado en los apartados 7.3, 7.4 y 7.5 de esta guía. Se incluirán marcadores que permitan la identificación de todos los apartados, anejos, apéndices y anexos del tomo.
- Los documentos editables se incluirán en carpetas y subcarpetas manteniendo la misma estructura y contenido indicado en los apartados 7.3, 7.4 y 7.5. Además de los documentos de texto, se incluirán los planos, con los ficheros de estilo de trazado correspondientes, los ficheros .shp que contengan las líneas de inundación de cada escenario analizado, los ficheros de cada uno de los escenarios de las modelizaciones hidráulicas desarrolladas, y un fichero de hoja de cálculo o base de datos con la identificación y caracterización de todas y cada una de las afecciones en los escenarios analizados.

APÉNDICE N° 1

Causas que pueden poner en peligro la seguridad de la presa y posibles efectos asociados

Causas	Efectos sobre la presa
Causas exógenas	
Avenidas o rotura de presas situadas aguas arriba	Sobrevertido en la presa.
	Afección a órganos vitales.
	Erosión del talud.
	Erosión del pie.
	Incremento de cargas.
	Pérdida de control de la presa.
	Rotura de la presa.
	Interrupción de accesos y/o comunicaciones.
Seísmos o erupciones volcánicas	Afección a órganos vitales.
	Afección a la presa.
	Interrupción de accesos.
	Incremento de cargas.
Precipitaciones extremas o situaciones climáticas extraordinarias	Interrupción de accesos y/o comunicaciones.
	Deformación del cimiento.
	Interrupción de accesos y/o comunicaciones.
	Fallo en la alimentación eléctrica.
	Erosiones en cimiento y estribos.
	Erosiones en taludes de presas de materiales sueltos.
Fuego y actos vandálicos	Incremento de cargas sobre la presa.
	Elevación repentina del nivel de embalse.
	Sobrevertido sobre la presa.
	Afección a órganos vitales.
	Afección a la presa.

Causas	Efectos sobre la presa
Fuego y actos vandálicos	Afección a órganos vitales.
	No operatividad de mecanismos.
	Interrupción de accesos.
	Pérdida de operatividad de la presa.
	Pérdida de control de la presa.
	Sueltas incontroladas.
Acciones bélicas y actos de sabotaje	Afección a órganos vitales.
	No operatividad de mecanismos.
	Interrupción de accesos.
	Pérdida de operatividad de la presa.
	Pérdida de control de la presa.
	Sueltas incontroladas.
Causas endógenas	
Asociadas al cuerpo de presa	
Cargas imprevistas sobre la presa	Afección a órganos vitales.
	Agrietamiento.
	Deformaciones de la presa o el cimiento.
	Incremento de filtraciones.
	Incremento y/o concentración de tensiones.
	Pérdida de alineaciones.
Movimientos en la presa	Afecciones a órganos vitales.
	Agrietamientos.
	Incremento de filtraciones.
	Incremento y/o concentración de tensiones.
	Pérdidas de alineación.
Deslizamientos en la presa	Afecciones a órganos vitales.
	Movimientos de material en taludes.
	Aparición de grietas en taludes.
	Incremento de filtraciones.

Causas	Efectos sobre la presa
Concentración de tensiones	Afección a órganos vitales.
	Agrietamientos.
	Incremento de filtraciones.
	Pérdida de alineaciones.
Subpresiones anómalas	Deslizamiento de la presa.
	Incremento de filtraciones.
	Reducción de coeficientes de seguridad.
Drenaje insuficiente	Incremento de subpresiones.
	Incremento y/o concentración de tensiones.
	Movimientos en la presa.
	Reducción de coeficientes de seguridad.
Erosión interna	Incremento de filtraciones.
	Arrastres de material.
	Reducción de coeficientes de seguridad.
Erosión interna	Deformaciones en la presa.
	Incremento de filtraciones.
	Incremento y/o concentración de tensiones.
	Movimientos en la presa.
Filtraciones elevadas	Arrastres de material.
	Deterioro de la fábrica de hormigón.
	Pérdida de integridad estructural.
	Tubificación.
Deterioro del hormigón	Cuardeado superficial.
	Agrietamiento superficial y/o profundo.
	Pérdida de material.
	Incremento de filtraciones.
	Pérdida de resistencia.
	Pérdida de integridad estructural.

Causas	Efectos sobre la presa
Asociadas a la cimentación y estribos	
Incremento injustificado de filtraciones	Arrastres de materiales.
	Aparición de dolinas.
	Movimientos en cuerpo de presa.
	Pérdida de capacidad portante.
	Colapso del cimientto.
Apertura de junta, grietas, fallas o cavidades en el cimiento	Movimientos en cuerpo de presa.
	Pérdida de capacidad portante.
	Incremento de filtraciones.
	Movimientos en la presa.
	Concentración de tensiones.
	Colapso del cimiento.
Movimientos del cimiento o estribos	Movimientos o deformaciones en la presa.
	Incremento de filtraciones.
	Pérdidas de alineación.
	Concentración de tensiones.
	Colapso de la presa.
Deterioro del cimiento o estribos	Pérdida de capacidad portante del cimiento.
	Movimientos o deformaciones en la presa.
	Pérdidas de alineación.
	Deformaciones en el cimiento.
	Incremento de filtraciones.
	Incrementos de subpresiones.
Drenaje inadecuado del cimiento	Incremento de subpresiones.
	Movimientos o deformaciones en la presa.
	Pérdida de capacidad portante del terreno.
Sobretensiones en el cimiento	Movimientos o deformaciones en la presa.
	Deformaciones en el cimiento.
	Incremento de filtraciones.
	Incremento de subpresiones.
	Pérdida de alineaciones.

Causas	Efectos sobre la presa
Causas asociadas al aliviadero	
Envejecimiento o deterioro del hormigón	Pérdida de operatividad del aliviadero.
	Pérdida de control en situación de vertido.
Erosión local o subpresiones elevadas	Pérdida de operatividad del aliviadero.
	Descalces de estructuras.
	Deslizamientos y aterramientos.
	Sobreelevación del nivel del embalse.
Falta de capacidad del aliviadero	Sobreelevación del nivel de embalse.
	Descalces de estructuras.
	Erosiones remontantes.
Pérdida de operatividad de las compuertas	Imposibilidad de control de niveles de embalse.
	Imposibilidad de vaciado del embalse.
	Pérdida de capacidad de desagüe.
Causas asociadas a los desagües de fondo	
Pérdida de operatividad de los desagües de fondo	Imposibilidad de control de niveles de embalse.
	Imposibilidad de vaciado del embalse.
	Pérdida de capacidad de desagüe.
Aterramiento de los desagües de fondo	Imposibilidad de control de niveles de embalse.
	Imposibilidad de vaciado del embalse.
	Pérdida de capacidad de desagüe.
Causas asociadas a las instalaciones y accesos	
Fallo en sistema de alimentación eléctrica y/o grupo electrógeno	Pérdida de control de órganos de desagüe.
	Imposibilidad de control de niveles en el embalse.
	Interrupción de sistemas de comunicaciones.
Fallo en circuito de iluminación o fuerza	Pérdida de control de órganos de desagüe.
	Imposibilidad de control de niveles del embalse.
Fallo en sistemas de comunicaciones	Aislamiento de la presa.
	Pérdida de control de la presa.
Interrupción de accesos	Aislamiento de la presa.
	Pérdida de control de la presa.

APÉNDICE N° 2. TABLAS ICOLD

Tabla N° 1. Clasificación de las causas de deterioro de presas (Icold. 1983)

Presas de hormigón incluyendo sus cimentaciones	
Tipología	Causa del deterioro
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 cimientó.
	Tratamiento de consolidación.
	Pantallas de inyección y otros dispositivos de estanqueidad.
Sistemas de drenaje.	
Obturación de galerías, pozos y taladros de investigación.	
Debido al hormigón	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 a compresión.
	Resistencia a tracción.
	Permeabilidad.
	Hormigonado (incluido orden de hormigonado entre bloques).
	Resistencia al corte.
Enfriamiento.	

Tipología	Causa del deterioro
Debido al hormigón	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 Presas bóveda	Forma y contacto con el valle.
	Presas bóveda.
	Concentración de tensiones debida a singularidades de forma en la superficie del cimientto.
	Concentración de tensiones alrededor de huecos y singularidades de forma.
	Estribos artificiales y cimientto.
	Distribución y tipo de juntas.
	Paramentos.
Comportamiento estructural de Presas de gravedad y contrafuertes	Forma y contacto con el valle.
	Tensiones de tracción.
	Concentración de tensiones debida a singularidades de forma en la superficie del cimientto.
	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 a la conservación	Inspecciones periódicas.
	Limpieza de drenes.
	Control de caudales de filtración.
	Bombeo de aguas de filtración.
	Deterioro de la instrumentación.

Presas de materiales sueltos, incluyendo sus cimientos	
Tipología	Causa del deterioro
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	Arcillas finas.
	Arcillas orgánicas.

Tipología	Causa del deterioro
Debido a los materiales y a la ejecución	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.
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.

Tipología	Causa del deterioro
Debido al comportamiento estructural de la presa	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.

Presas de mampostería incluyendo sus cimentaciones	
Tipología	Causa del deterioro
Proyecto inadecuado	Cualquier aspecto.
Debido a las cimentaciones	Reconocimientos incompletos o inadecuados.
	Deformaciones y asentos.
	Resistencia al corte.
	Filtración.

Tipología	Causa del deterioro
Debido a las cimentaciones	Erosión interna.
	Degradación (incluso hinchamiento).
	Estado inicial de tensiones.
	Tensiones de tracción en el pie de aguas arriba.
	Tratamiento superficial del cemento.
	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-arido).
	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.

Tipología	Causa del deterioro
Debido a acciones imprevistas o de excepcional magnitud	Variación de humedad.
	Rebosamiento.
	Rotura de presa agua arriba.
Debido al 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.
Debida al mantenimiento	Inspecciones periódicas.
	Limpieza de drenes.
	Control de caudales de filtración.
	Bombeo de aguas de filtración.
	Deterioro de la instrumentación.

Obras complementarias	
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.

Tipología	Causa del deterioro
Debido a las cimentaciones (Si tiene características distintas al de la presa)	Preparación superficial del cemento.
	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 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 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, arrastres	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 explotación	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.

Tipología	Causa del deterioro
Debido al mantenimiento	Evacuación de filtraciones.
	Deterioro de los instrumentos de medida.
	Mal funcionamiento de los órganos de desagüe.
	Acumulación de restos en los órganos de disipación.

Embalse	
Tipología	Causa del deterioro
Deslizamiento de taludes	Cualquier aspecto.
Caida de bloques	Cualquier aspecto.
Permeabilidad	Cualquier aspecto.
Aterramiento	Cualquier aspecto.
Equilibrio ecológico	Cualquier aspecto.

Aguas abajo	
Tipología	Causa del deterioro
Equilibrio del lecho del río	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)

Presas de materiales sueltos, incluyendo sus cimientos	
Tipología	Causa de la rotura
Proyecto inadecuado	Cualquier aspecto.
Debido a las cimentaciones	Reconocimientos incompletos o inadecuados.
	Deformaciones y asentos.
	Resistencia al corte.
	Filtración.

Tipología	Causa de la rotura
Debido a las cimentaciones	Tensiones de tracción en el pie agua arriba de la presa.
	Preparación de la superficie del cemento.
	Pantallas de inyección y otros dispositivos de estanqueidad.
Debido al hormigón	Resistencia al hielo-deshielo.
	Permeabilidad.
	Envejecimiento del hormigón.
Acciones imprevistas o de excepcional magnitud	Subpresión.
	Rebosamiento.
	Deterioro del contacto roca-hormigón.
Comportamiento estructural de presas bóveda	Estribos artificiales y cemento.
Comportamiento estructural de presas de gravedad y contrafuertes	Tensiones de tracción.
	Paramentos.

Presas de materiales sueltos, incluyendo sus cimientos	
Tipología	Causa de la rotura
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.

Tipología	Causa de la rotura
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.

Presas de mampostería incluyendo sus cimentaciones	
Tipología	Causa de la rotura
Debido a las cimentaciones	Resistencia al corte.
	Filtración.
	Erosión interna.

Tipología	Causa de la rotura
Debido al mortero	Construcción de la mampostería (incluido el orden).
Debido a acciones imprevistas o de excepcional magnitud	Subpresión.
	Rebosamiento.

Obras complementarias	
Tipología	Causa de la rotura
Proyecto inadecuado	Túneles y canales.
Debido al cimiento (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 explotación	Consignas inadecuadas para la maniobra de los desagües.
Debido a la inspección	Dispositivos inadecuados.
Debido al mantenimiento	Mal funcionamiento de los órganos de desagüe.

EMBALSE	
Tipología	Causa de la rotura
Deslizamiento de taludes	Cualquier aspecto.

APÉNDICE N° 3

Posibles indicadores para identificación de fenómenos desencadenantes de emergencia

Causas	Posibles indicadores
Causas exógenas	
Avenidas	Predicciones meteorológicas.
	Registros de aforos.
	Limnímetros, control de nivel de embalse.
Sismos o erupciones volcánicas	Detección sísmica.
	Registros acelerógrafo.
Precipitaciones extremas o situaciones climáticas extraordinarias	Predicciones meteorológicas.
	Pluviómetros.
Deslizamiento de laderas o avalanchas	Inspección.
	Auscultación, si hay seguimiento en algún punto.
Fuego y actos vandálicos	Inspección.
	Aviso.
	Detección.
	Auscultación.
Acciones bélicas y actos de sabotaje	Inspección.
	Aviso.
	Detección.
	Auscultación.
	Notificación de amenaza.
Rotura, avería grave o declaración de emergencia de presas situadas aguas arriba	Partes de declaración de escenarios en la presa situada aguas arriba.
	Limnímetros, control de nivel de embalse.

Causas	Posibles indicadores
Causas endógenas	
Movimientos en la presa	Inspección. Aparición de grietas en coronación o galerías.
	Inspección. Aparición de grietas en taludes o paramentos.
	Inspección. Hundimientos en coronación o taludes.
	Inspección. Pérdidas de alineación en coronación.
	Inspección. Agrietamiento profundo en galerías.
	Inspección. Pérdidas de alineación en órganos de desagüe.
	Inspección. Acodamiento de compuertas.
	Inspección. Filtraciones o humedades no habituales.
	Auscultación. Nivelación, colimación, péndulos, extensómetros, clinómetros, inclinómetros, elongómetros, aforos, etc.
Deslizamientos de espaldones	Inspección. Aparición de grietas en coronación o galerías.
	Inspección. Aparición de grietas en taludes.
	Inspección. Hundimientos en coronación o taludes.
	Inspección. Movimientos en protecciones de taludes.
	Inspección. Pérdidas de alineación en coronación.
	Inspección. Agrietamiento profundo en galerías.
	Inspección. Pérdidas de alineación en órganos de desagüe.
	Inspección. Agrietamiento en contacto presa-obras de fábrica.
	Auscultación. Nivelación, colimación, extensómetros, clinómetros, inclinómetros, elongómetros, etc.
Erosión interna	Inspección. Erosión o burbujeo en taludes o contacto presa-cimiento.
	Inspección. Humedades o filtraciones concentradas en taludes, o contacto presa-cimiento.

Causas	Posibles indicadores
Erosión interna	Inspección. Sumideros o cavidades en taludes o contacto presa-cimiento.
	Inspección. Hundimientos en coronación, taludes o contacto presa-cimiento.
	Inspección. Turbidez de filtraciones.
	Auscultación. Piezómetros, manómetros, aforos, etc.
Concentración de tensiones	Inspección. Aparición de grietas en coronación o galerías.
	Inspección. Aparición de grietas en taludes, galerías o paramentos.
	Inspección. Fisuración o cuarteado local.
	Inspección. Abombamientos o irregularidades en paramentos.
	Inspección. Pérdidas de alineación en órganos de desagüe.
	Inspección. Agrietamiento en contacto presa-cimiento.
	Inspección. Filtraciones o humedades no habituales.
	Auscultación. Células de presión, etc.
Cargas imprevistas sobre la presa	Inspección. Aparición de grietas en coronación o galerías.
	Inspección. Aparición de grietas en taludes o paramentos.
	Inspección. Hundimientos en coronación o taludes.
	Inspección. Irregularidades o abombamientos en paramentos o taludes.
	Auscultación. Células de presión, piezómetros, etc.
Subpresiones o presiones intersticiales anómalas	Inspección. Agrietamiento profundo en galerías.
	Inspección. Filtraciones concentradas.
	Inspección. Modificaciones en caudal de filtraciones.
	Inspección. Agrietamiento en contacto presa-cimiento.
	Auscultación. Piezómetros, manómetros, aforos, etc.

Causas	Posibles indicadores
Drenaje inadecuado en presa o cimiento	Inspección. Erosión o burbujeo en taludes o contacto presa-cimiento.
	Inspección. Humedades o filtraciones concentradas en taludes o contacto presa-cimiento.
	Inspección. Turbidez de filtraciones.
	Inspección. Sumideros o cavidades en taludes.
	Auscultación. Piezómetros, manómetros, aforos, etc.
Filtraciones elevadas, incrementos o modificaciones en las mismas	Inspección. Incremento de humedades y filtraciones.
	Inspección. Agrietamiento.
	Inspección. Pérdida de material.
	Auscultación. Piezómetros, manómetros, aforos, etc.
	Inspección. Remolinos en el espejo de agua.
	Inspección. Modificaciones en filtraciones.
	Inspección. Turbidez en filtraciones.
	Inspección. Aparición de burbujeo o dolinas.
	Inspección. Balance de agua e.
	Inspección. Signos de licuefacción.
	Auscultación. Piezómetros, manómetros, aforos, etc.
Envejecimiento o deterioro del hormigón	Inspección. Fisuración o cuarteado superficial.
	Inspección. Humedad superficial en paramentos.
	Inspección. Filtraciones concentradas.
	Inspección. Fisuración o cuarteado superficial.
	Inspección. Humedad superficial.
Fenómenos expansivos en el hormigón	Inspección. Fisuración o cuarteado superficial.
	Auscultación. Nivelación, colimación, extensómetros, clinómetros, inclinómetros, elongámetros, etc.
Agrietamientos del hormigón	Inspección. Fisuras y agrietamientos profundos.
	Inspección. Filtraciones concentradas.
	Auscultación. Nivelación, colimación, extensómetros, clinómetros, inclinómetros, elongámetros, etc.

Causas	Posibles indicadores
Apertura de grietas o fallas en el cimientto. Colapso de cavidades	Inspección. Remolinos en el espejo de agua.
	Inspección. Modificaciones en filtraciones.
	Inspección. Turbidez en filtraciones.
	Inspección. Aparición de burbujeo o dolinas.
	Inspección. Hundimientos en coronación o taludes.
	Inspección. Levantamiento del cimientto.
	Inspección. Signos de licuefacción.
	Auscultación. Nivelación, colimación, péndulos, piezómetros, manómetros, aforadores, etc.
Movimientos del cimientto o estribos	Inspección. Aparición de grietas en coronación o galerías.
	Inspección. Aparición de grietas en taludes o paramentos.
	Inspección. Hundimientos en coronación o taludes.
	Inspección. Pérdidas de alineación en coronación.
	Inspección. Agrietamiento profundo en galerías.
	Inspección. Pérdidas de alineación en órganos de desagüe.
	Inspección. Acodalamiento de compuertas.
	Inspección. Filtraciones o humedades no habituales.
Auscultación. Nivelación, colimación, péndulos, extensómetros, clinómetros, inclinómetros, elongámetros, aforos, etc.	
Deterioro del cimientto o estribos	Inspección. Aparición de grietas en coronación o galerías.
	Inspección. Aparición de grietas en taludes o paramentos.
	Inspección. Hundimientos en coronación o taludes.
	Inspección. Agrietamiento o deslizamientos en estribos.
	Inspección. Pérdidas de alineación en coronación.
	Inspección. Agrietamiento profundo en galerías.

Causas	Posibles indicadores
Deterioro del cimiento o estribos	Inspección. Pérdidas de alineación en órganos de desagüe.
	Inspección. Acodalamiento de compuertas.
	Inspección. Filtraciones o humedades no habituales.
	Auscultación. Nivelación, colimación, péndulos, extensómetros, clinómetros, inclinómetros, elongómetros, aforos, etc.
Sobretensiones en el cimiento	Inspección. Aparición de grietas en coronación o galerías.
	Inspección. Aparición de grietas en taludes o paramentos.
	Inspección. Hundimientos en coronación o taludes.
	Inspección. Agrietamiento o deslizamientos en estribos.
	Inspección. Pérdidas de alineación en coronación.
	Inspección. Agrietamiento profundo en galerías.
	Inspección. Pérdidas de alineación en órganos de desagüe.
	Inspección. Acodalamiento de compuertas.
	Inspección. Filtraciones o humedades no habituales.
Auscultación. Nivelación, colimación, péndulos, extensómetros, clinómetros, inclinómetros, elongómetros, aforos, etc.	
Erosión local	Inspección. Pérdida de material.
	Inspección. Descalces.
	Inspección. Armaduras expuestas.
	Inspección. Cavidades.
Subpresiones elevadas bajo losas	Inspección. Pérdida de material.
	Inspección. Levantamiento losas.
	Inspección. Cavidades.
Pérdida de operatividad de las compuertas	Inspección. Estado aparente.
	Prueba de funcionamiento.

Causas	Posibles indicadores
Pérdida de operatividad de los desagües de fondo	Inspección. Estado aparente.
	Prueba de funcionamiento.
Fallo en sistema de alimentación eléctrica y/o grupo electrógeno	Inspección. Estado aparente.
	Prueba de funcionamiento.
Fallo en circuito de iluminación o fuerza	Inspección. Estado aparente.
	Prueba de funcionamiento.
Fallo en sistemas de comunicaciones	Inspección. Estado aparente.
	Prueba de funcionamiento.
Interrupción de accesos	Inspección. Transitabilidad.

Tabla 1. Posibles indicadores asociados a causas y fenómenos que pueden afectar a la seguridad de la presa

APÉNDICE N° 4

Posibles umbrales cualitativos asociados a causas endógenas

Umbrales de definición del escenario 0 (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 cimiento.
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 cimiento.
Modificación significativa, apreciable de vista, en el caudal de filtración a través de las presas de materiales sueltos o de su cimiento.
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.

<p>Detección de obstrucciones en la embocadura del aliviadero que puedan afectar a su capacidad de desagüe.</p>
<p>Detección de problemas de accesibilidad a los mecanismos, fuentes de energía, y elementos electromecánicos que puedan afectar significativamente a su funcionamiento normal.</p>
<p>Aparición de síntomas de dolinas sobre las alineaciones de los conductos o de filtraciones o depósitos de finos a su salida.</p>
<p>Aparición de síntomas de deformaciones en las alineaciones de los conductos o en sus juntas.</p>
<p>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.</p>
<p>Detección de fallos en la alimentación de energía que puedan afectar a la seguridad de la presa.</p>
<p>Detección de problemas de accesibilidad a la presa y sus estructuras vitales que puedan afectar a la seguridad de la presa.</p>
<p>Desajustes significativos en el balance de masa del agua embalsada.</p>
<p>Aparición de indicios de turbulencias inexplicadas en el embalse.</p>
<p>Aparición de indicios de nuevas fuentes en las inmediaciones de la presa o el embalse o de incremento del caudal de las existentes.</p>
<p>Aparición de indicios de erosiones en el cauce en las proximidades de la presa o de sus estructuras vitales.</p>
<p>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.</p>

Umbral de definición del escenario 1 (salvo que se asocien a escenarios superiores)

<p>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.</p>
<p>Aparición de grietas profundas en el cuerpo de las presas de fábrica que afecten a su integridad y comportamiento estructural.</p>
<p>Existencia de filtraciones importantes y concentradas con caudal apreciable a través de las presas de fábrica o de su cimiento.</p>
<p>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.</p>
<p>Existencia de burbujeos en el pie de presas de fábrica o de dolinas en el cauce agua abajo.</p>
<p>Existencia de turbidez apreciable en las filtraciones a través de las presas de fábrica o de su cimiento.</p>
<p>Desarrollo de movimientos apreciables en coronación de las presas de fábrica o en su pie.</p>
<p>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.</p>

Existencia de turbidez apreciable en las filtraciones a través de las presas de materiales sueltos o de su cimientó.
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.
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.



VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

U=23
PRESIDENCIA ESPAÑOLA
CONSEJO DE LA UNIÓN EUROPEA