



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, PESCA
Y ALIMENTACIÓN



GESTIÓN DE LA SEGURIDAD EN BALSAS DE RIEGO 2021

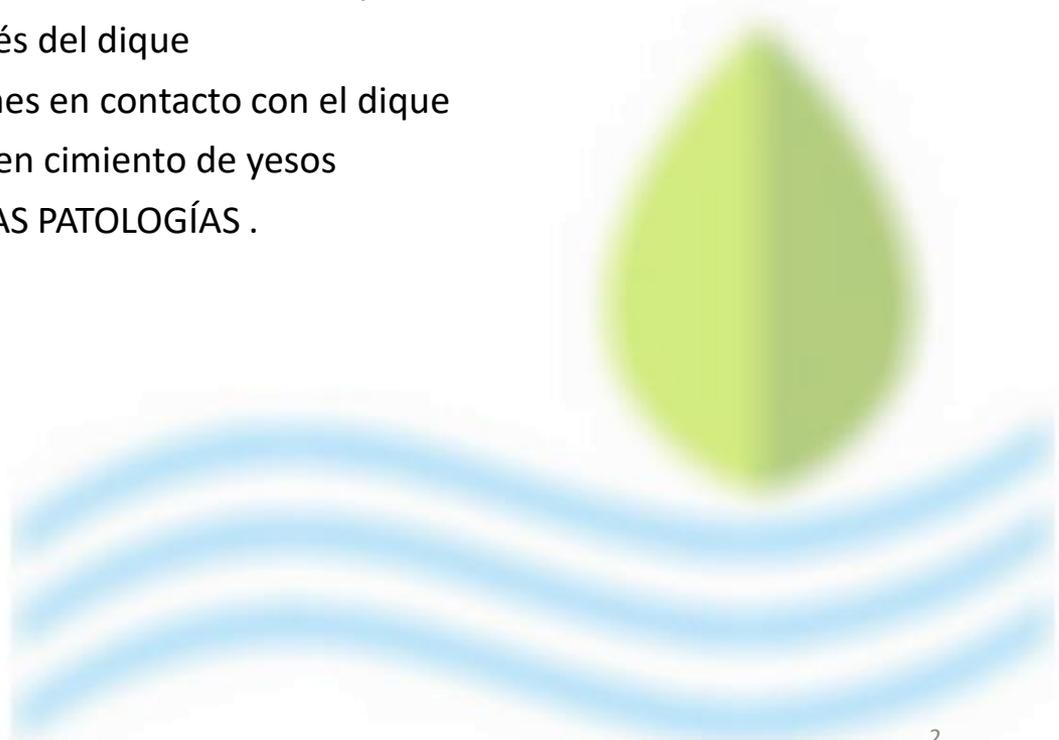


**CRITERIOS DE DISEÑO PARA LA SEGURIDAD EN BALSAS DE RIEGO
SUBDIRECCIÓN GENERAL DE REGADÍOS, CAMINOS NATURALES E
INFRAESTRUCTURAS RURALES**



CRITERIOS DE DISEÑO EN BALSA DE RIEGO

1. INTRODUCCIÓN.
2. LA SEGURIDAD EN BALSAS DE RIEGO
3. MODOS DE FALLO. COLAPSOS
 - Erosión interna asociada a las estructuras que atraviesan el dique
 - Filtración asociada a estructuras sobre el dique
 - Erosión interna a través del dique
 - Rotura de Conducciones en contacto con el dique
 - Tubificación múltiple en cimiento de yesos
4. CAUSAS DE LAS PATOLOGÍAS. OTRAS PATOLOGÍAS .
5. CONCLUSIONES.





1. INTRODUCCIÓN

SEIASA, Sociedad Mercantil Estatal de Infraestructuras Agrarias, pertenece al grupo Patrimonio del Estado (Ministerio de Hacienda) y es desde el año 2000 empresa instrumental del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, dependiente de la Dirección General de Desarrollo Rural, Innovación y Formación Agroalimentaria, para la modernización y consolidación de los regadíos contemplados en el Plan Nacional de Regadíos y declarados de interés general.





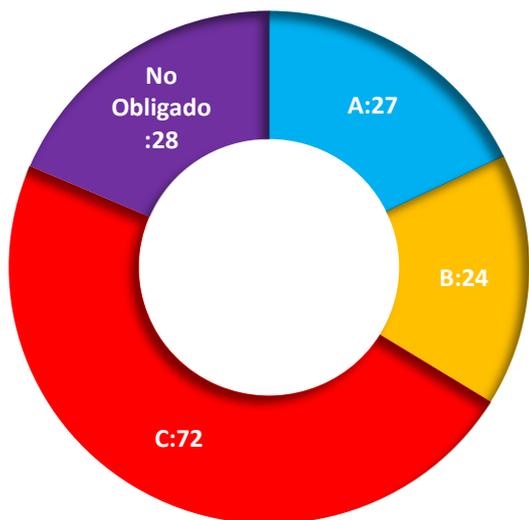
GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN

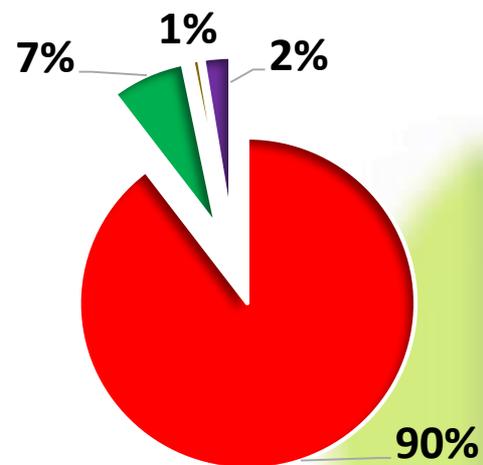


1. INTRODUCCIÓN

CLASIFICACIÓN



IMPERMEABILIZACIÓN



■ PEAD ■ EPDM ■ PVC ■ ARCILLAS



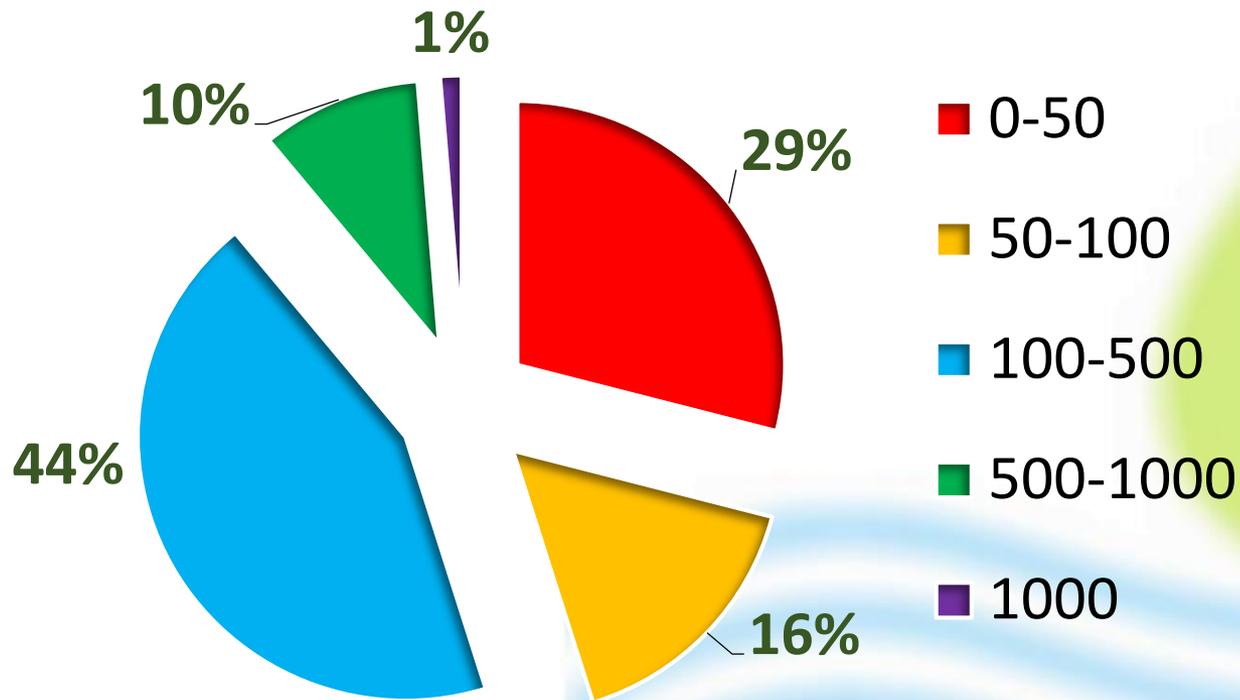
GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, PESCA
Y ALIMENTACIÓN



1. INTRODUCCIÓN

CAPACIDADES



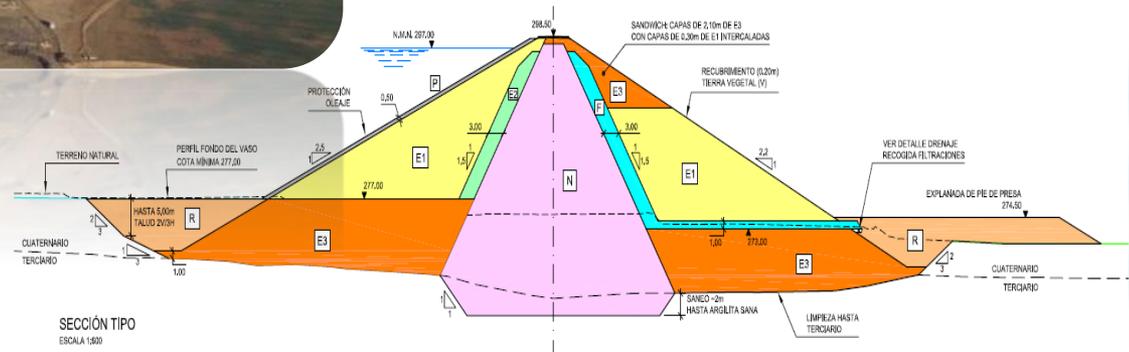


1. INTRODUCCIÓN



Tipología :

Materiales seleccionados y zonificados, impermeabilizada mediante arcillas confinadas (núcleo)



1. INTRODUCCIÓN

REAL DECRETO 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico

Fases en la vida de una balsa:

Se entiende por fases en la vida de la balsa las distintas situaciones que se diferencian en su desarrollo y utilización, y son las siguientes:

1. **Proyecto.**
2. Construcción.
3. Primera puesta en carga.
4. Explotación.
5. Rehabilitación.
6. Puesta fuera de servicio

Norma Técnica de Seguridad para **el proyecto**, construcción y puesta en carga de presas y llenado de embalses

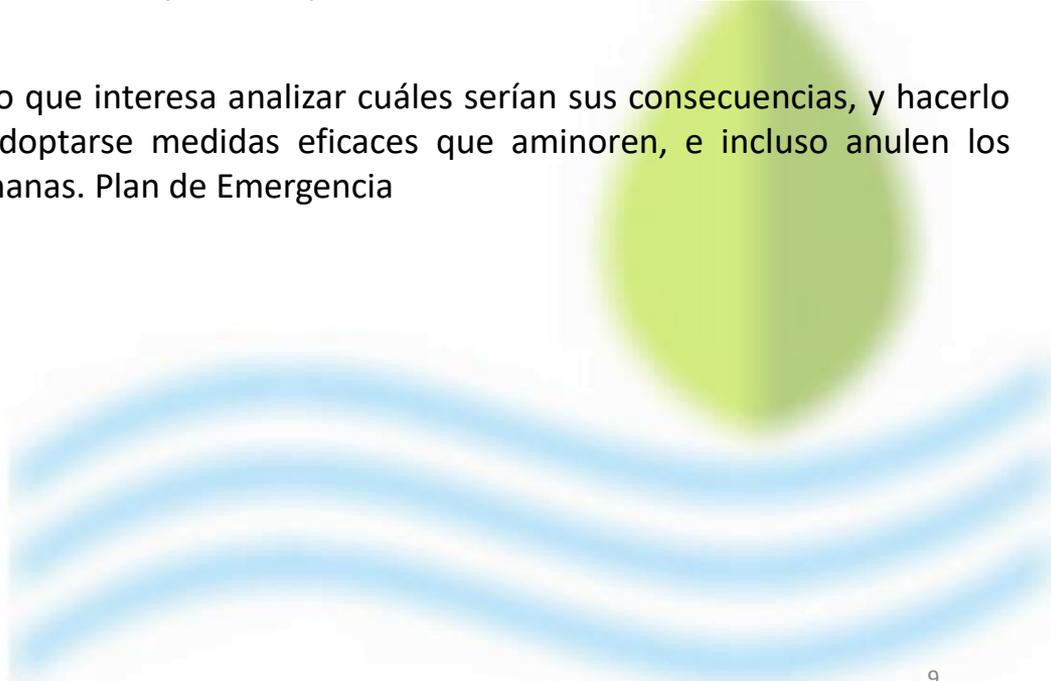


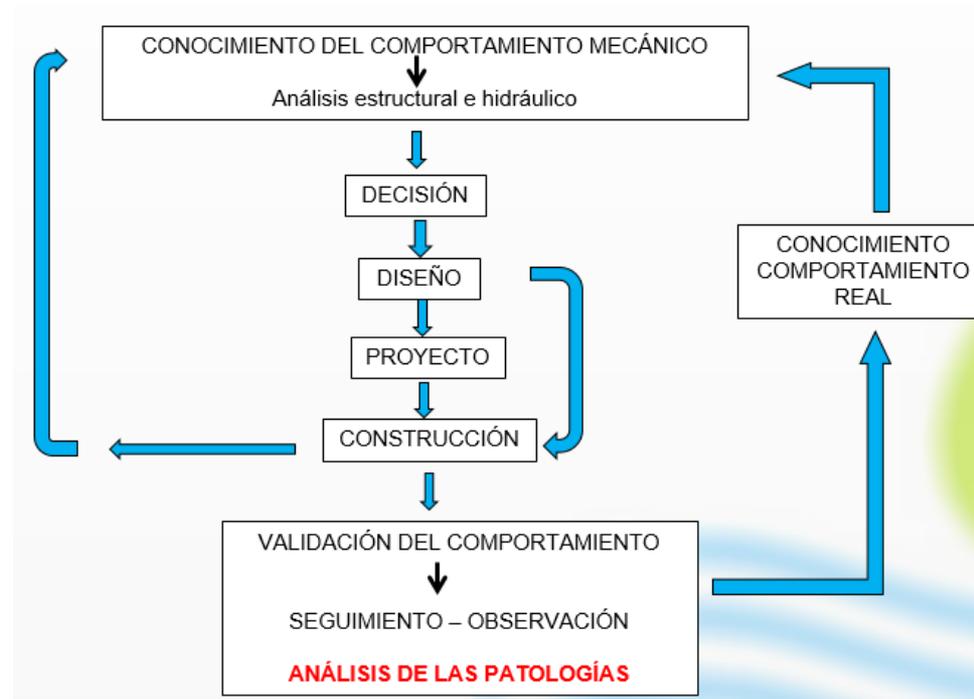


2.- LA SEGURIDAD

La **seguridad** en las balsas de riego viene **asociada** claramente a los siguientes puntos:

- Criterios de proyecto, sobre todo en ciertos puntos críticos.
- Control exhaustivo durante la ejecución, y específicamente en aquellos puntos críticos detectados.
- Una vez ejecutada de forma segura el mantenimiento de la seguridad a lo largo del tiempo, requiere la existencia de una buenas Normas de Explotación, y más específicamente en unas Normas eficaces de Vigilancia y Mantenimiento.
- **A pesar de todo la obra puede fallar**, por lo que interesa analizar cuáles serían sus consecuencias, y hacerlo con suficiente detalle para que puedan adoptarse medidas eficaces que aminoren, e incluso anulen los daños, y en especial la pérdida de vidas humanas. Plan de Emergencia





El Análisis de las patologías e incidencias en las balsas, la observación de los accidentes y el estudio de sus causas nos debe permitir:

- Conocer la problemática real desde un punto de vista estructural y funcional.
- Focalizar y discernir entre los puntos críticos y secundarios de inspección en las labores de explotación, vigilancia y mantenimiento.
- Establecer las patologías y puntos críticos que pueden afectar en mayor y menor medida a la balsa y a los que se les deberá prestar especial atención tanto a nivel de proyecto y ejecución como a nivel de explotación.

3.- MODOS DE FALLO. COLAPSOS

Causas de Colapso observadas en **PRESAS y BALSAS**:

- **Sobrevvertido** (diseño erróneo del aliviadero, por lluvia extrema, error humano, etc..)
 - Causa principal de colapso en PRESAS.
 - En **BALSAS NO** es la causa principal.
- **Deslizamientos, diseños erróneos, inestabilidad geotécnica y/o geológica, falta mantenimiento, acción sísmica, etc...**
- **Erosión interna**. Causa principal de colapso en BALSAS
 - Asociadas a las obras de toma y/o a través de las vías preferentes en el contacto con las conducciones o estructuras que atraviesan el dique.
 - A través de la masa del dique.



Modos de fallo por Erosión Interna.

1. Tubificación a través de las vías preferentes existentes junto a las estructuras que atraviesan el dique.
2. Tubificación a través del cuerpo del dique.
3. Tubificación a través de la cimentación.
4. Tubificación debido a filtraciones de *conducción en presión* dentro del dique.
5. Tubificación debido a filtraciones canalizadas por conducción sin presión.
6. Tubificación causada por fauna o flora.
7. Tubificación causada por filtraciones exteriores.





Modos de fallo por Erosión Interna.

VÍAS PREFERENTES:

- Caminos dominantes para la circulación del agua de cualquier procedencia.
- En BALSAS suelen concentrarse a lo largo de las estructuras que atraviesan el dique, ya que presentan una superficie de contacto entre el suelo-estructura rígida, ideal para la circulación del agua. El contorno exterior de las estructuras que atraviesan el dique, son caminos claramente definidos.
- Los diques de las BALSAS presentan cierta heterogeneidad (“terraplenes anárquicamente heterogéneos”)
 - **PROBLEMA:** Son caminos que facilitan la erosión y arrastre de materiales.
 - **SOLUCIÓN:**
 - Impedir que los materiales erosionados sean evacuados (Retener la materia sólida arrastrada).
 - Impedir que el agua que atraviese los filtros tenga capacidad erosiva (gradiente muy bajo).



Modos de fallo por Erosión Interna.

DREN DE ENVUELTA

- Es aquel que rodea (**envuelve**) los elementos que atraviesan el dique, sean galerías o conducciones.
- Consiste en un relleno de **material granular** alrededor de dicha obra de fábrica recogido con el **geotextil adecuado**. Cálculo del espesor del material granular y el geotextil como filtro.
- Se continúa levantando el dique y las primeras capas se compactan sin vibrar y empleando mayor cantidad de agua para evitar roturas o **sobrecargas a la estructura de la galería**.
- Debe asegurarse la **conducción de aguas hasta el exterior** y el drenaje de la toma de fondo. En las balsas impermeabilizadas con geosintéticos o con material asfáltico, se garantizará la continuidad del dren entre la obra de toma y la estructura de salida, así como una salida libre aguas abajo para que en caso de que se produjese una filtración, ésta tuviese un punto de desagüe.
- Se procederá a regar abundantemente para lavar los finos que pudiese contener el material granular.





Modos de fallo por Erosión Interna.

DREN DE ENVUELTA



EXTENDIDO DE GRAVAS SOBRE HORMIGÓN DE PROTECCIÓN



GRAVAS SOBRE HORMIGÓN DE PROTECCIÓN



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, PESCA
Y ALIMENTACIÓN



Modos de fallo por Erosión Interna.

DREN DE ENVUELTA



DESDE EL EXTERIOR, TUBERIA Y SEPARADORES



DESDE EL INTERIOR DE LA Balsa

Modos de fallo por Erosión Interna.





Modos de fallo por Erosión Interna.

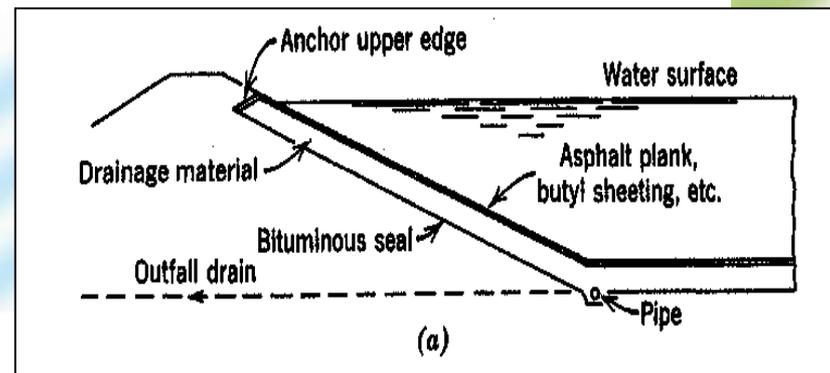
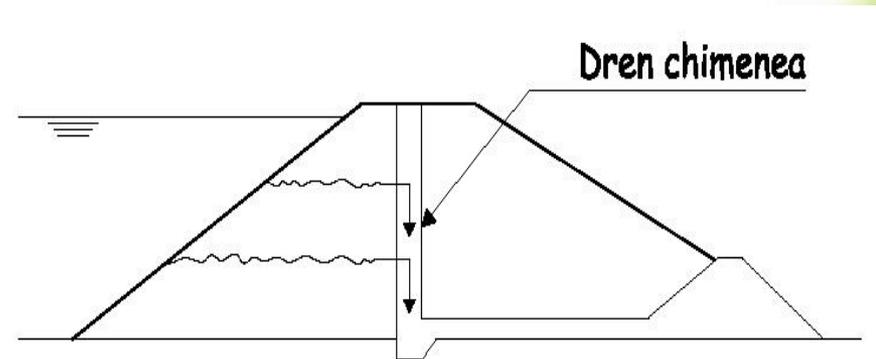
Tubificación a través del cuerpo del dique.

1. Rotura o fallo en la pantalla impermeabilizante
2. Filtración desde el interior al exterior con arrastre de material.

SOLUCIÓN:

DREN DE CHIMENEA

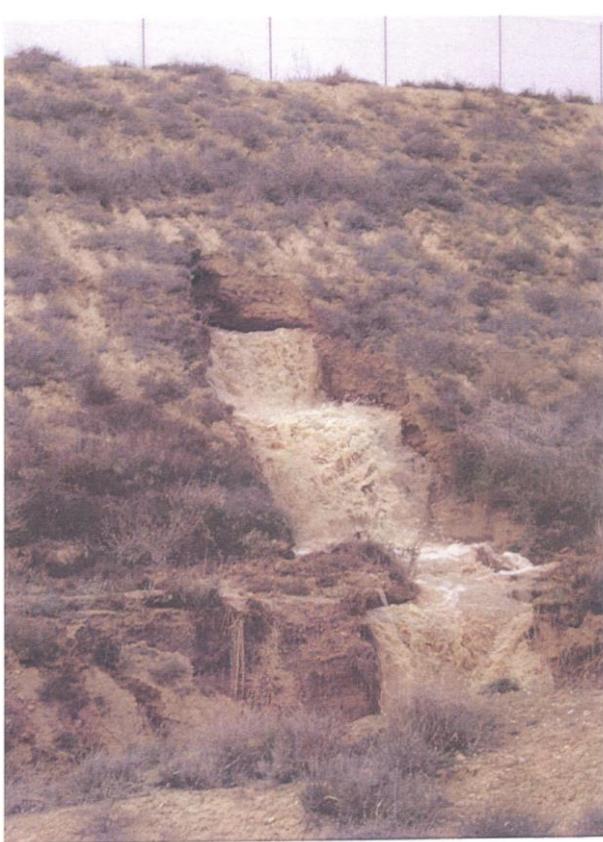
La ejecución de un dren chimenea en el talud en terraplén protege al talud exterior de cualquier tipo de filtración que lo podría colapsar





Modos de fallo por Erosión Interna.

Tubificación a través del cuerpo del dique.





Modos de fallo por Erosión Interna.

Ejecución del dren chimenea

Rama Horizontal: Una vez ejecutado el cimiento de la rama horizontal, se coloca el geotextil. Posteriormente se rellena con el material granular y se envuelve éste con el geotextil. El geotextil debe solaparse entre 20-25 centímetros en sentido transversal y 80-100 centímetros entre paños en sentido longitudinal.

Rama Vertical: Una vez elevado el dique una cierta altura se excava la zanja donde irá instalado el dren chimenea hasta conectar con la rama horizontal o con la fase anterior de la rama vertical (en todos los casos el geotextil debe romperse o punzonarse para garantizar la continuidad del flujo a través del material granular). Una vez abierta la trinchera, se coloca el geotextil y se rellena con el material granular, cerrándolo posteriormente con el geotextil. Una vez cerrado se vuelve a levantar de nuevo el dique hasta la altura indicada. Los solapes del geotextil se realizarán de la misma forma que en el caso anterior.



RAMA HORIZONTAL



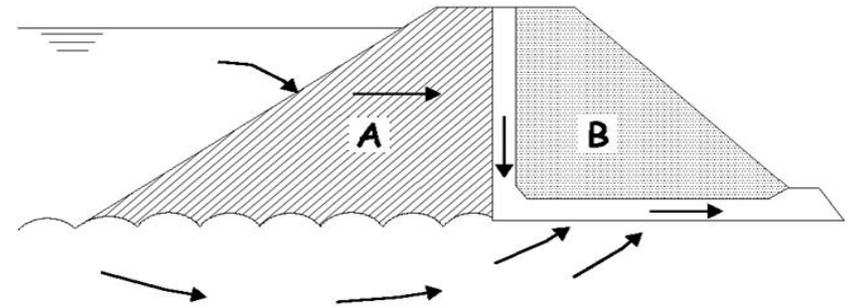
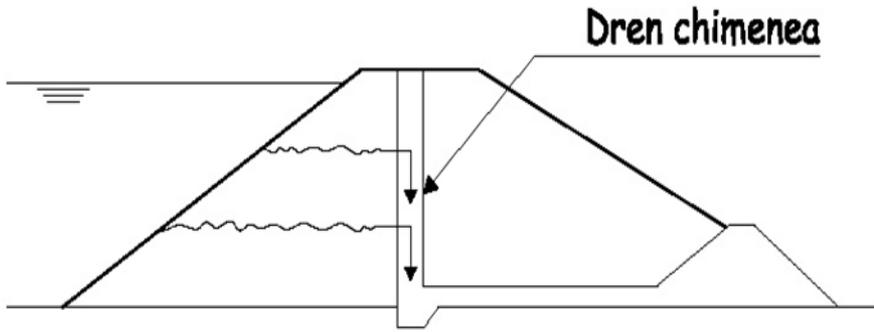
RAMA VERTICAL



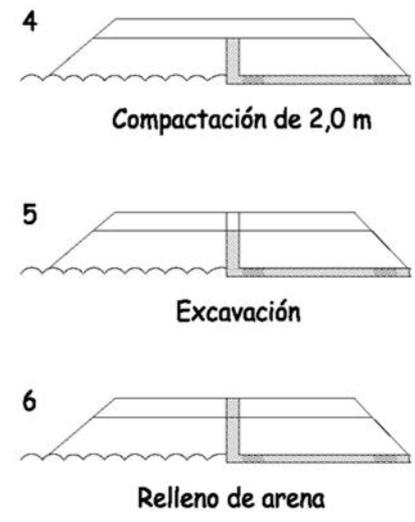
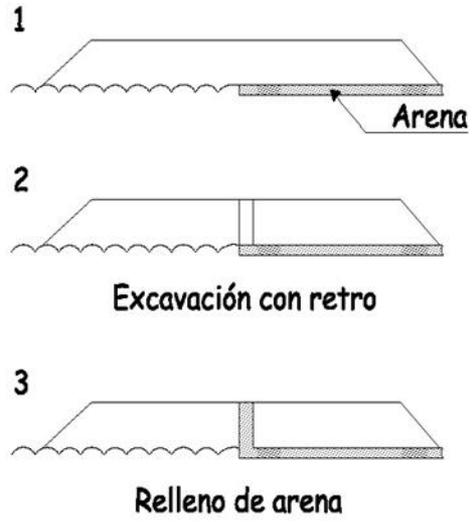
SALIDA EXTERIOR PIE DE TALUD

DREN DE CHIMENEA

Funcionamiento del Dren Chimenea

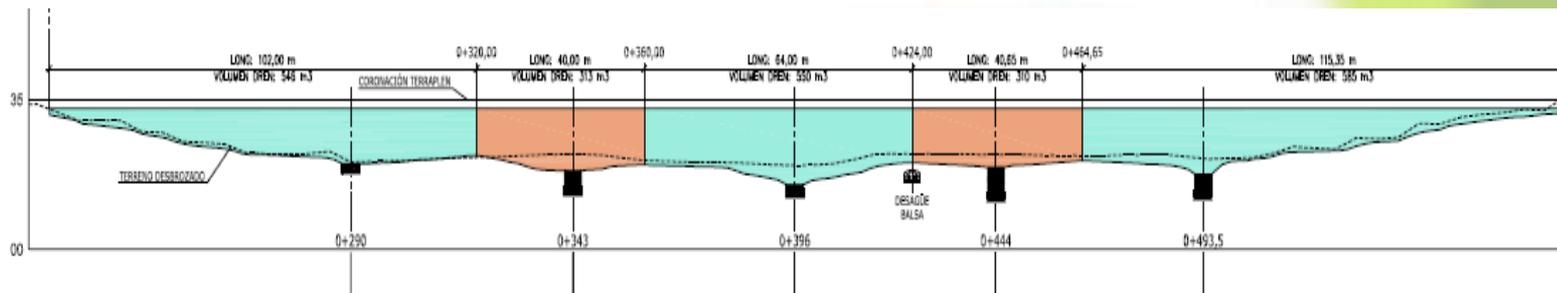
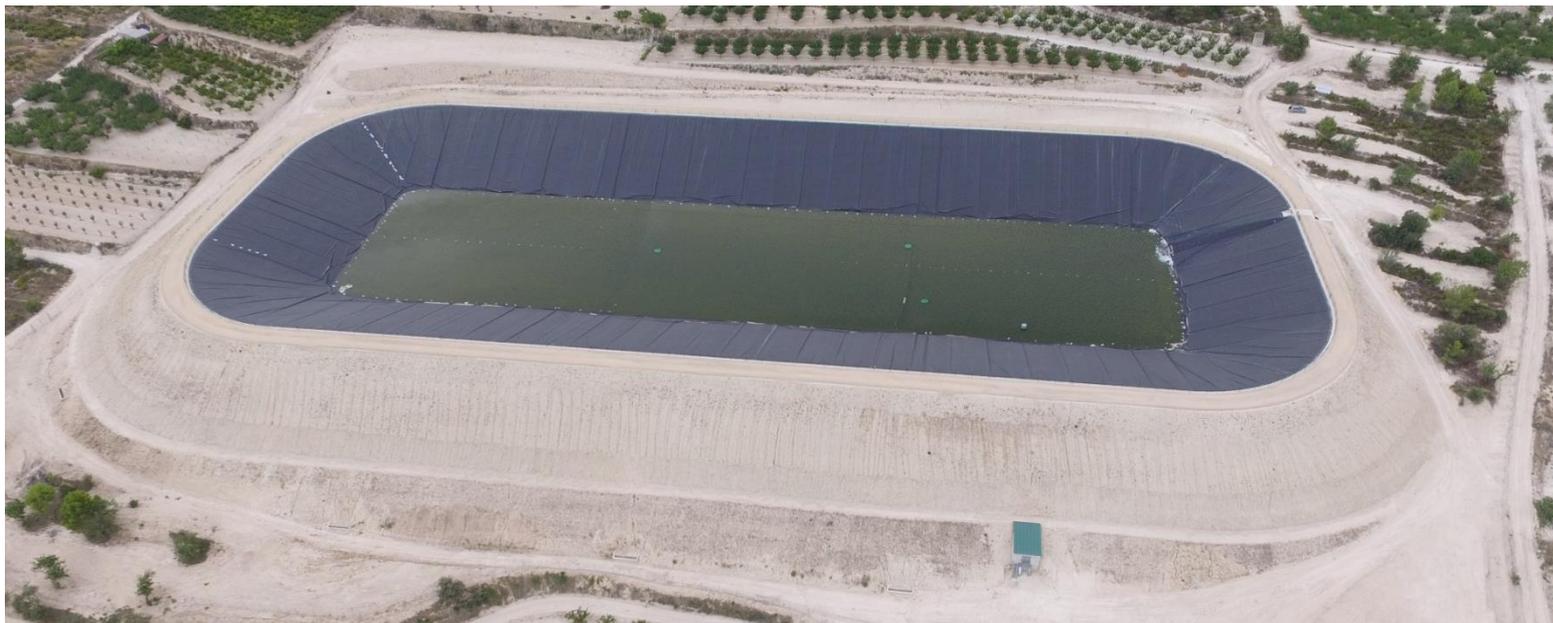


Ejecución dren chimenea



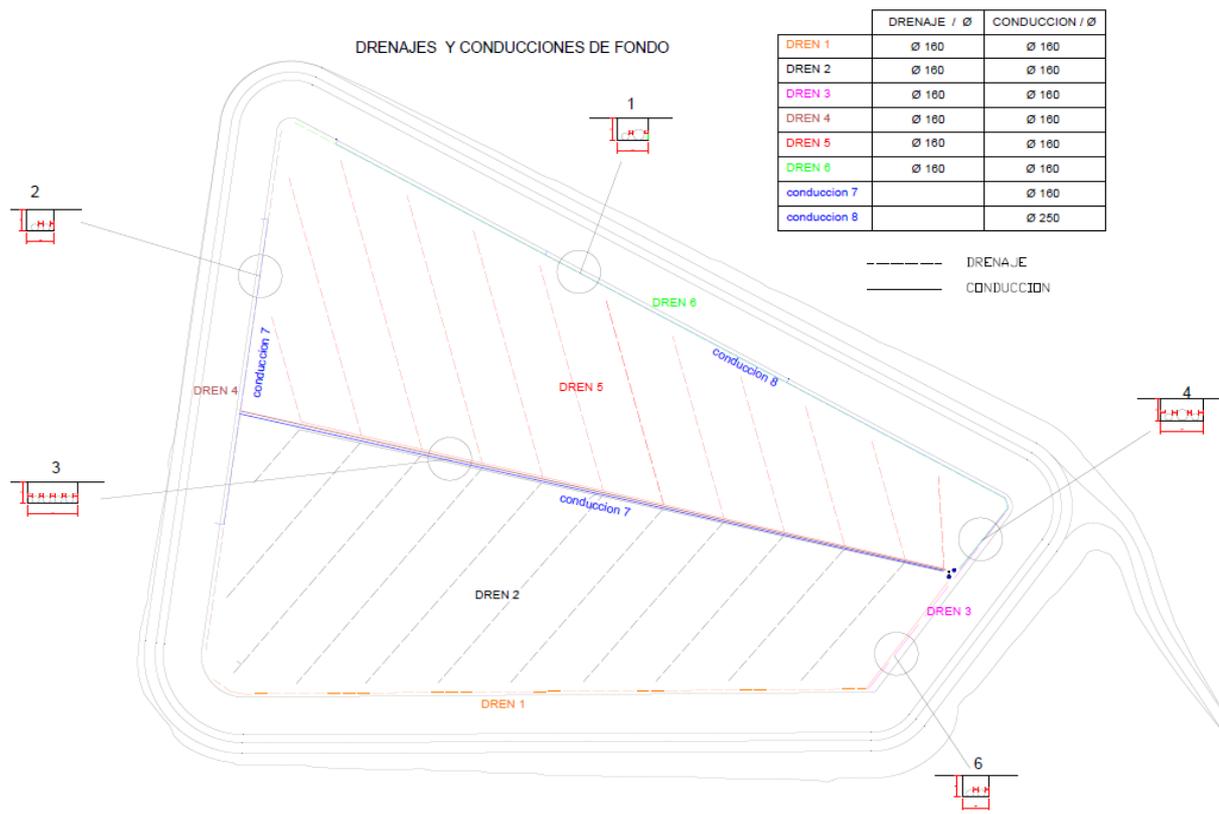


DREN DE CHIMENEA





DRENES DE VASO



PLANO DE SECTORIZACIÓN DRENES



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, PESCA
Y ALIMENTACIÓN



DRENES DE VASO



MALA EJECUCIÒN



GEOTEXTIL, GRAVA TUBERIA GRAVA



COLECTORES EN CASETA DE VÁLVULAS





GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, PESCA
Y ALIMENTACIÓN



DRENES DE VASO



CONFLUENCIA DE SECTORES EN MACIZO DE TUBERIAS.
SECTORIZACIÓN.
NO CONTAMINACION.

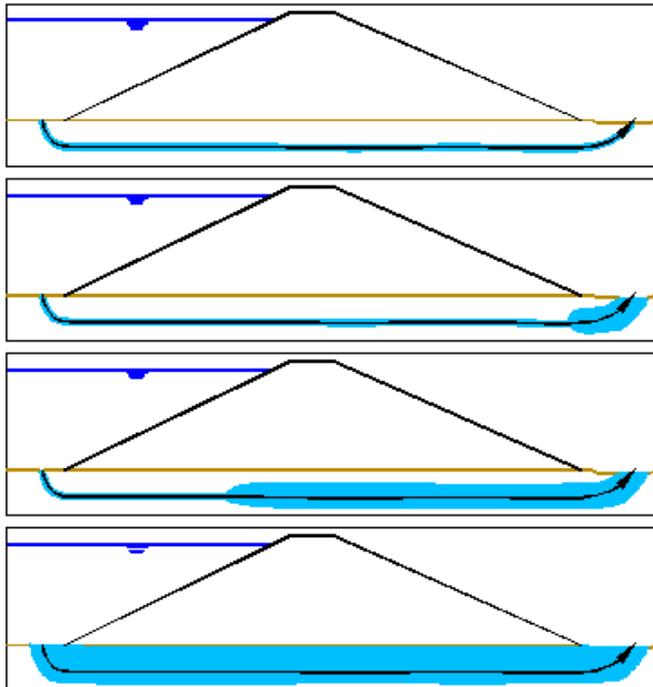


COLECTORES

Modos de fallo por Erosión Interna.

Tubificación a través de la cimentación.

1. Rotura o fallo en pantalla impermeabilizante
2. Filtración desde el interior al exterior con arrastre de material



SOLUCIÓN:

- Compatibilidad geotécnica y medidas complementarias de seguridad
- Drenajes dimensionados para tal propósito.

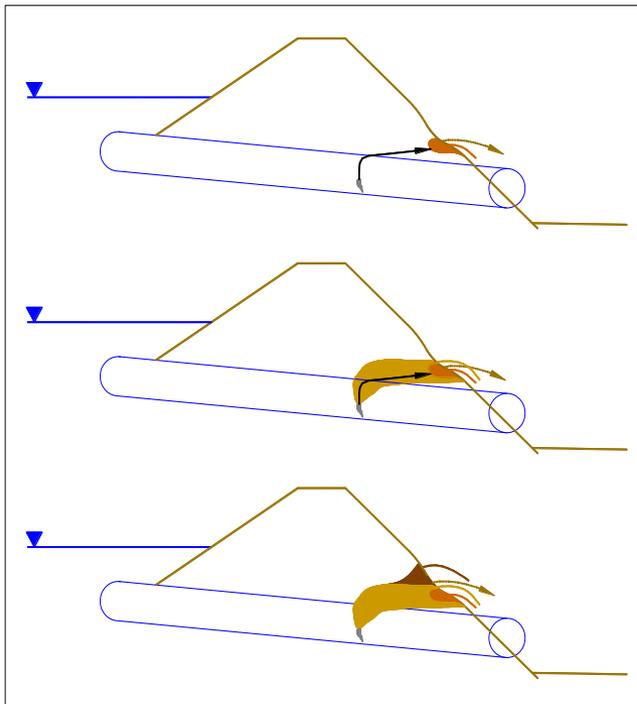


Modos de fallo por Erosión Interna.

Tubificación debido a filtraciones de conducción en presión dentro del dique.

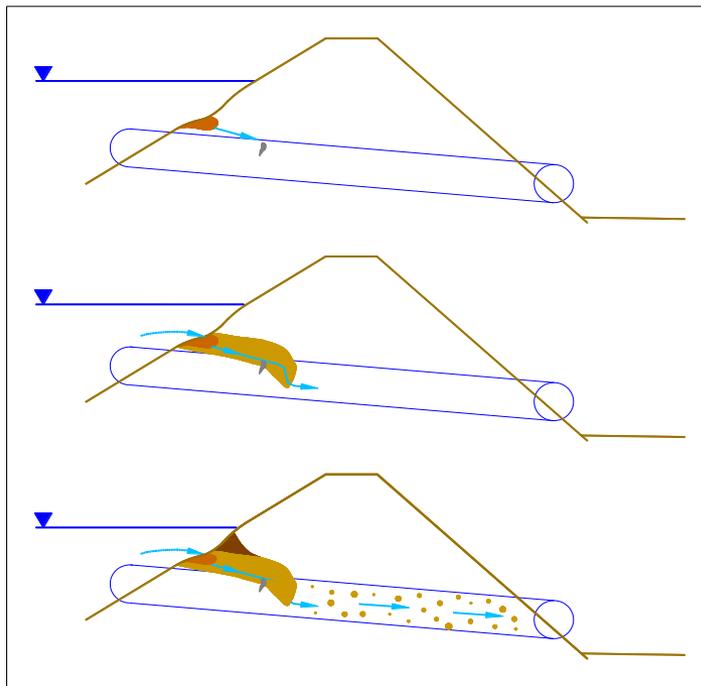
SOLUCIÓN:

No se deben colocar tuberías en presión en contacto con el terreno; siempre alojadas en galería o conducción de protección.



Modos de fallo por Erosión Interna.

Tubificación debido filtraciones canalizadas por conducción sin presión.



1. Rotura o fallo en pantalla impermeabilizante
2. Punto en las estructuras que atraviesan el dique que facilite la entrada de agua y material arrastrado del dique.
3. Arrastre de material del dique.

SOLUCIÓN:

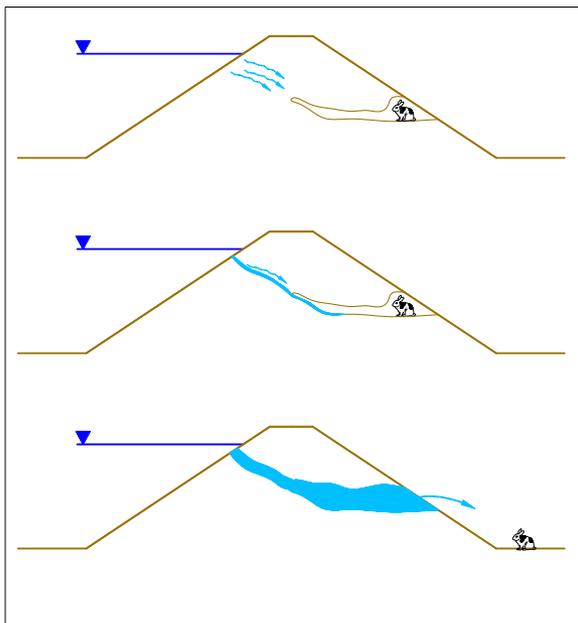
DREN DE ENVUELTA:

Los drenajes de envuelta permiten que en caso de filtración, el agua sea drenada, pero no arrastre el material, protegiendo y avisando de la filtración



Modos de fallo por Erosión Interna.

Tubificación causada por fauna o flora.



1. Rotura o fallo en pantalla impermeabilizante
2. Canalización de la filtración a través de orificio creado por fauna o flora.
3. Arrastre de material

SOLUCIÓN:

Vigilancia y Mantenimiento de los terraplenes exteriores.

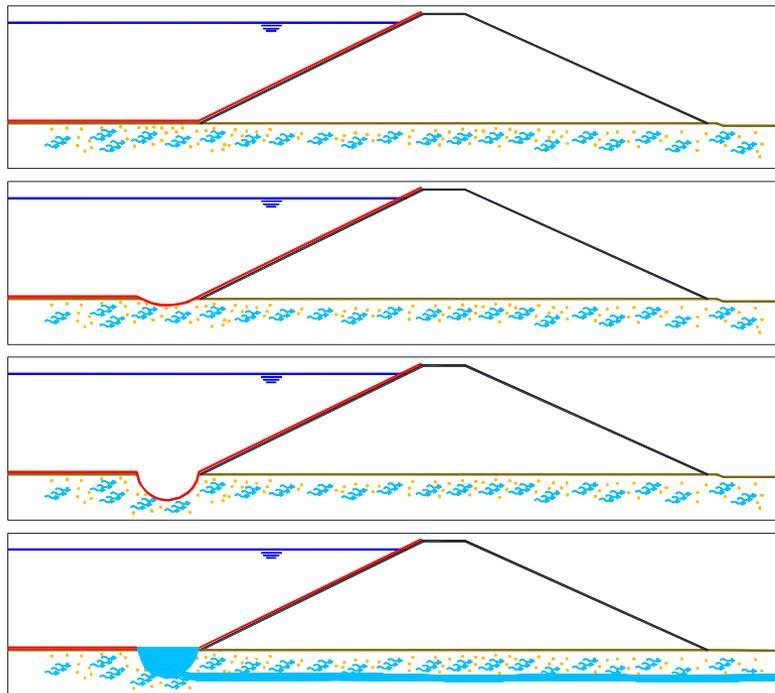
Impedir acceso: Doble vallado



Modos de fallo por Erosión Interna.

Tubificación causada por filtraciones exteriores.

1. Flujos exteriores capaces de crear orificios por debajo del vaso de la balsa (asociados a suelos solubles)
2. Rotura o fallo de la pantalla impermeabilizante.



SOLUCIÓN:

- Compatibilidad geotécnica y medidas complementarias de seguridad
- Drenajes dimensionados para tal propósito.



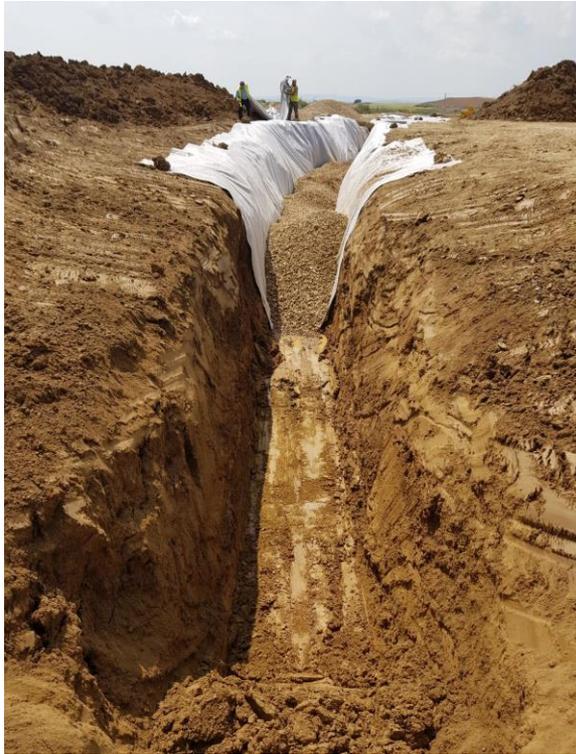
DRENES DE FREÁTICO



NIVEL DE AGUA EN CIMIENTO DIQUES



DRENES DE FREÁTICO



DREN PANTALLA EXTERIOR



DREN PANTALLA EXTERIOR



DREN TALUD INTRIOR

Asientos por flujos subterráneos de escorrentía.





Modos de fallo por Erosión Interna.

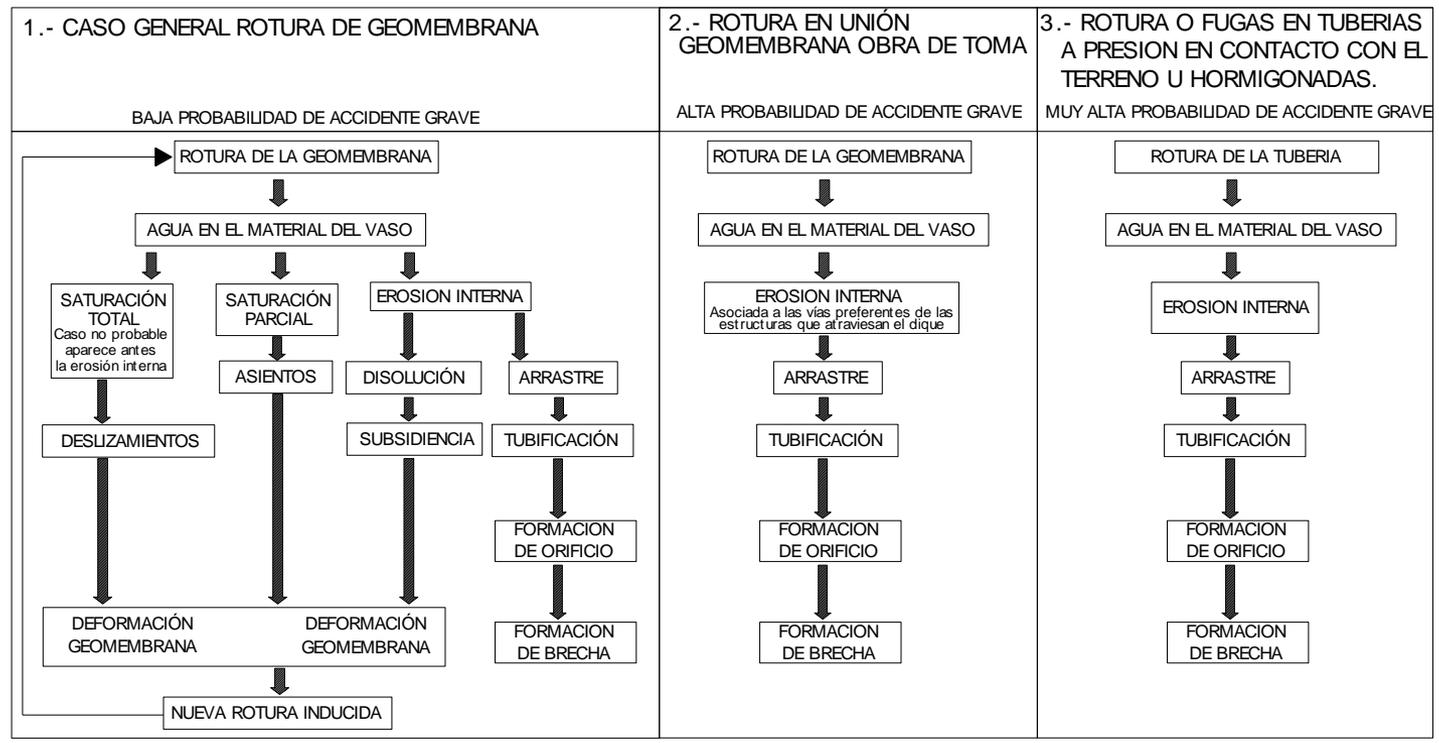
1. Tubificación a través de las vías preferentes existentes junto a las estructuras que atraviesan el dique.
2. Tubificación a través del cuerpo del dique.
3. Tubificación a través de la cimentación.
4. Tubificación debido a filtraciones de conducción en presión dentro del dique.
5. Tubificación debido a filtraciones canalizadas por conducción sin presión.
6. Tubificación causada por fauna o flora.
7. Tubificación causada por filtraciones exteriores.

Todos los modos de fallo (excepto las filtraciones de conducción en presión dentro del dique), necesitan necesariamente una rotura o fallo de la pantalla impermeabilizante



4.- CAUSAS DE LAS PATOLOGÍAS

1. Caso general rotura Geomembrana
2. Rotura en Unión Geomembrana obra de Toma
3. Rotura o Fugas en Tuberías a presión en contacto con el terreno u hormigonadas

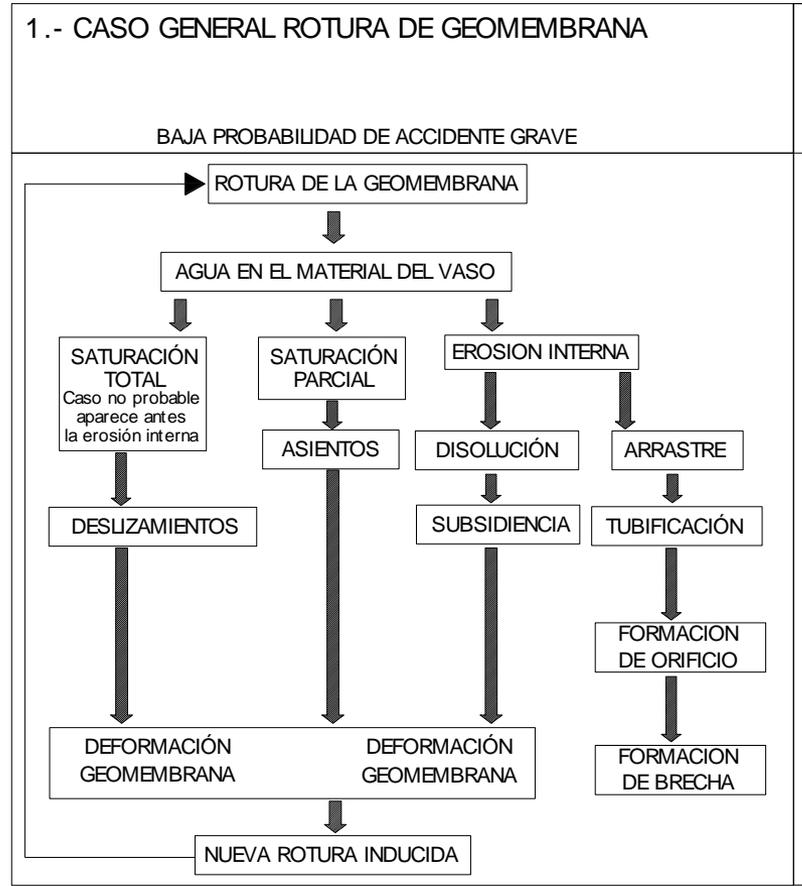


4.- CAUSAS DE LAS PATOLOGIAS

1. Caso general rotura Geomembrana



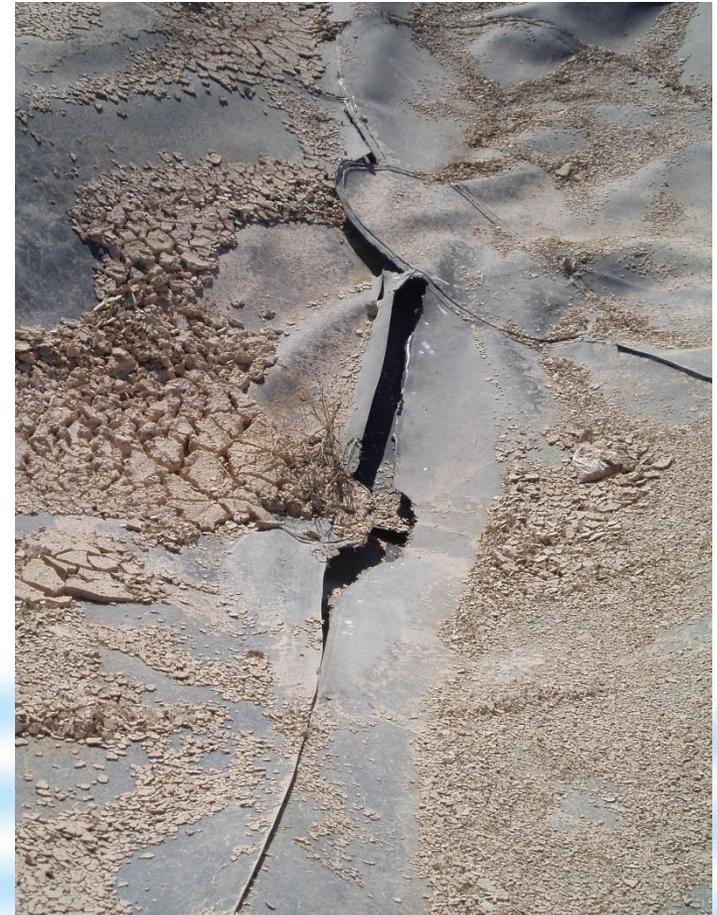
PUNZONAMIENTO





4.- CAUSAS DE LAS PATOLOGIAS

1. Caso general rotura Geomembrana



CORTES EN SOLDADURAS Y DESGARROS EN EXTRUSIÓN

4.- CAUSAS DE LAS PATOLOGIAS

2. Rotura en Unión Geomembrana obra de Toma



DESGARRO EN ELEMENTOS CORTANTES

2.- ROTURA EN UNIÓN GEOMEMBRANA OBRA DE TOMA

ALTA PROBABILIDAD DE ACCIDENTE GRAVE

ROTURA DE LA GEOMEMBRANA



AGUA EN EL MATERIAL DEL VASO



EROSION INTERNA
Asociada a las vías preferentes de las estructuras que atraviesan el dique



ARRASTRE



TUBIFICACIÓN



FORMACION DE ORIFICIO



FORMACION DE BRECHA

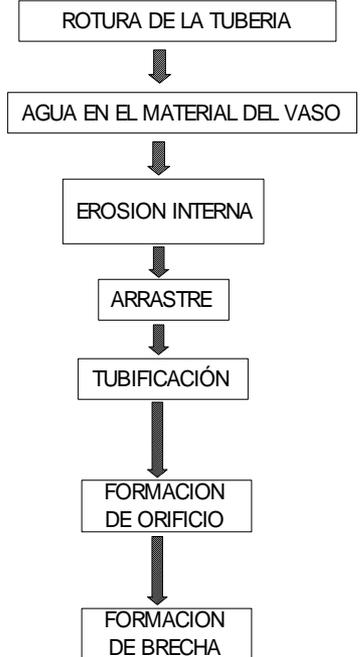
4.- CAUSAS DE LAS PATOLOGIAS

3. Rotura o Fugas en Tuberías a presión en contacto con el terreno u hormigonada

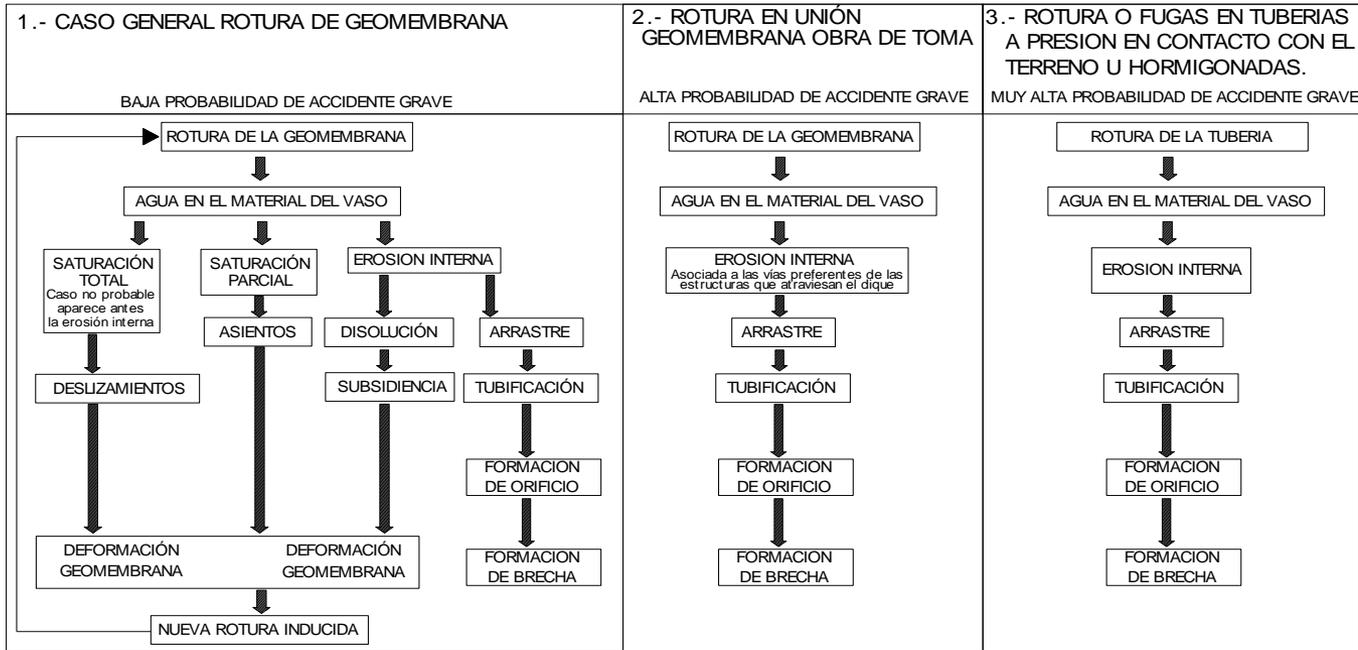


3.- ROTURA O FUGAS EN TUBERIAS A PRESION EN CONTACTO CON EL TERRENO U HORMIGONADAS.

MUY ALTA PROBABILIDAD DE ACCIDENTE GRAVE



4.- CAUSAS DE LAS PATOLOGIAS

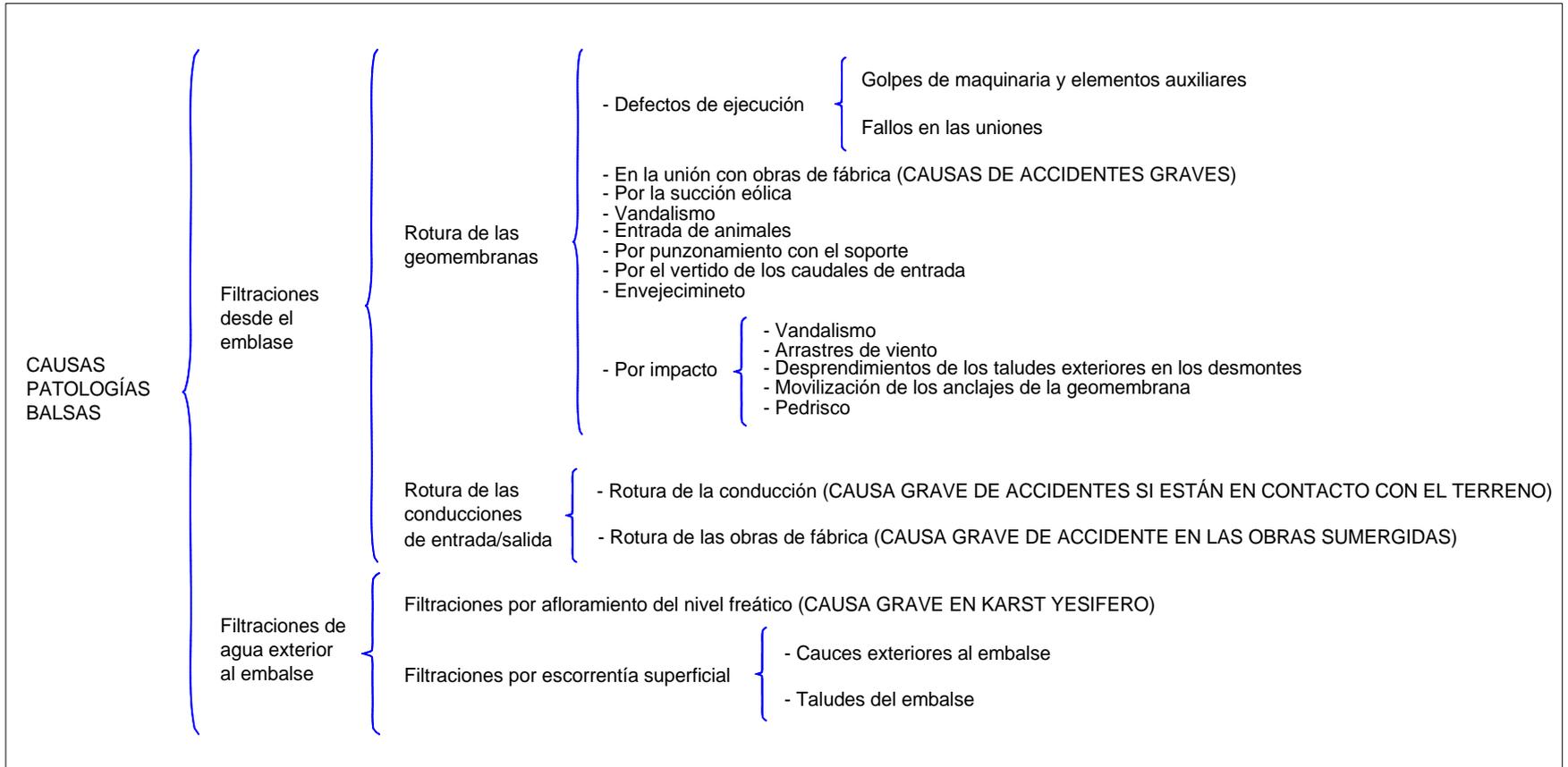


+ DESAGÜE DE EMERGENCIA

SOLUCIÓN		
Dren chimenea	Dren de envuelta + Zona drenaje independiente	Estructura de protección



4.- CAUSAS DE LAS PATOLOGIAS





GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, PESCA
Y ALIMENTACIÓN

SOCIEDAD MERCANTIL ESTATAL
DE INFRAESTRUCTURAS AGRARIAS
seiasa

OTRAS PATOLOGIAS.

Deslizamientos





GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, PESCA
Y ALIMENTACIÓN



OTRAS PATOLOGIAS.

Deslizamientos



DESlizAMIENTO DE TALUD INTERIOR



DESlizAMIENTO SUPERFICIAL DEL TALUD EXTERIOR



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, PESCA
Y ALIMENTACIÓN

SOCIEDAD MERCANTIL ESTATAL
DE INFRAESTRUCTURAS AGRARIAS
seiasa

OTRAS PATOLOGIAS.

Succión del viento





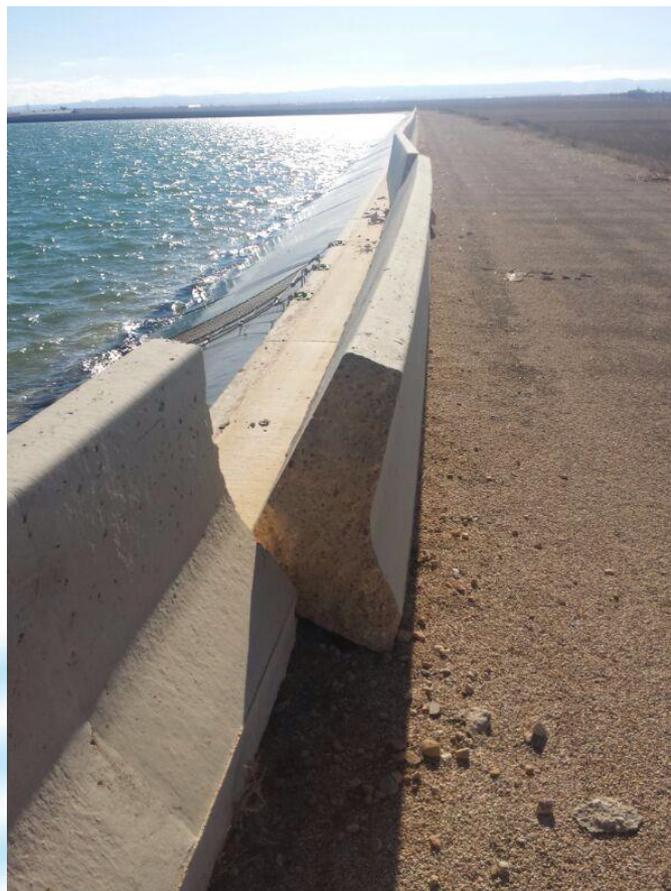
GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, PESCA
Y ALIMENTACIÓN



OTRAS PATOLOGIAS.

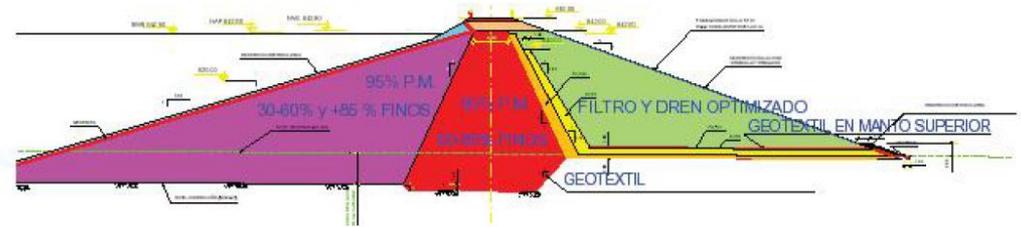
Rotura del pretil de hormigón.





OTRAS PATOLOGIAS.

Patologías en impermeabilizaciones con Arcillas. San Diego 20 Hm³ (Villena)





GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN



OTRAS PATOLOGIAS.

Sobrevertido por defecto en parte superior lámina en anclaje coronación.



PARTE EROSIONABLE





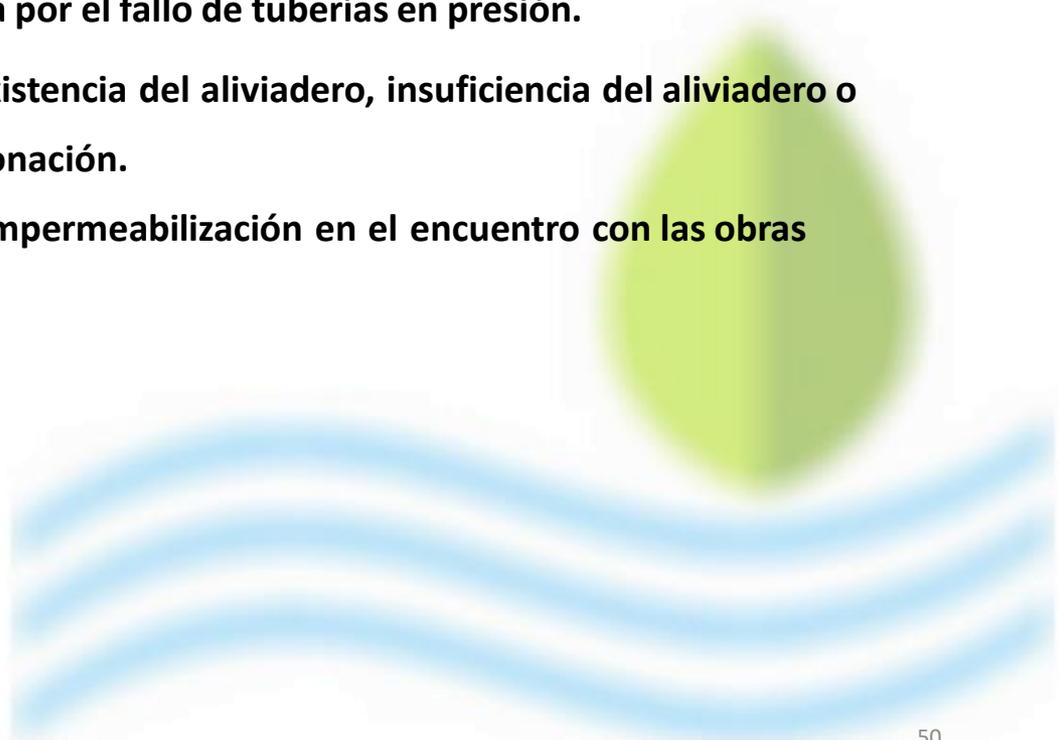
CONCLUSIONES.

- La casuística de las patologías e incidencias que afectan a las balsas es muy variada. La gran mayoría de incidencias no suponen un peligro para la seguridad de la balsa, siempre y cuando sean detectadas a tiempo.
- Las patologías más significativas son:
 - Los accidentes graves en las balsas son debidos de forma prácticamente exclusiva a patologías asociadas a filtraciones a través del dique, y concretamente las relacionadas con las vías preferentes inherentes a las estructuras que atraviesan el dique.
 - Dentro de los accidentes graves ocurridos es de destacar que una parte importante de éstos han ocurrido durante el **primer llenado** y principalmente asociados a **obras sumergidas**.
 - Las tuberías en presión en contacto directo con el terraplén, hormigonadas o no, suponen otro de los puntos críticos, ya que la rotura o fugas en la tubería, supondría el colapso de la balsa.
 - Los colapsos totales debido a sobrevertidos, deslizamientos, defectos en aliviaderos... no son frecuentes.
 - Destacar la diferencia de comportamiento entre las pantallas flexibles (geomembranas), frente a las semirígidas (asfálticas) y rígidas (hormigón), en cuanto a su capacidad de asimilar movimientos del suelo.
 - No se tiene noticias de anomalías graves por efecto de sismos en balsas de tierra. Ejemplo de Lorca.



Los puntos críticos a tener en cuenta en balsas de tierra, tanto en el proyecto como en la explotación, serán:

- **La erosión interna de los diques.**
- **La erosión-disolución interna del terreno.**
- **La erosión interna a lo largo de las estructuras que atraviesan el dique.**
- **La erosión interna provocada por el fallo de tuberías en presión.**
- **El desbordamiento por: inexistencia del aliviadero, insuficiencia del aliviadero o asientos importantes en coronación.**
- **La rotura del elemento de impermeabilización en el encuentro con las obras sumergidas.**





Documentación consultada

- Tesis Doctoral der D. Francisco A. Zapata Raboso “Análisis del Comportamiento Histórico de Balsas de Tierra en la Provincia de Alicante. Criterios de Diseño” (2004).
- Manual de diseño, construcción, explotación y mantenimiento de balsas. Editado por CNEGP
- Guías, para el proyecto, construcción, explotación, mantenimiento, vigilancia y planes de emergencia de balsas de riego con vistas a la seguridad. Editado por la Generalitat Valenciana.
- Tesis Doctoral de D. Francisco Javier Sánchez Romero “Criterios de seguridad en balsas de tierra para riego. UPV.
- Curso “Las balsas de materiales sueltos para riego”. DIRAC. UPV.





GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, PESCA
Y ALIMENTACIÓN

SOCIEDAD MERCANTIL ESTATAL
DE INFRAESTRUCTURAS AGRARIAS
seiasa



Miguel Majuelos Moraleda
m.majuelos@seiasa.es
[@SEIASA_OFICIAL](https://twitter.com/SEIASA_OFICIAL) / www.seiasa.es