

JORNADA SOBRE PLANES DE EMERGENCIA DE PRESAS

MODELOS AVANZADOS DE CONSECUENCIAS DE INUNDACIÓN POR ROTURA DE PRESAS

Cristina Agüera Lidón

ESTADO DEL ARTE

Clasificación de presas en función del riesgo potencial

Presas de altura superior a 5 metros o capacidad de embalse mayor de 100.000m³.

Categoría A: Afecciones graves a núcleos urbanos o servicios esenciales, pueden producir daños materiales o medioambientales muy importantes.

Categoría B: Puede ocasionar daños materiales o medioambientales importantes o afectar a un reducido número de viviendas.

Categoría C: Daños materiales de moderada importancia y solo incidentalmente pérdida de vidas humana.

Planes de Emergencia

Las presas y embalses clasificados en las Categorías A o B deberán contar con el correspondiente Plan de Emergencia.

Mapas de calado, velocidad de flujo y tiempo de llegada de la onda.

Inundaciones hasta la siguiente infraestructura o la extensión máxima de la inundación causada por la rotura de la presa.

Consecuencias debidas al fallo en cascada de un sistema de presas.

Planes locales o regionales de actuación del riesgo frente a inundaciones

Deben tener integrado el Plan de Emergencia.

La estimación de las consecuencias se lleva a cabo para identificar los daños potenciales en las zonas urbanas debido a la rotura de presas o vertidos incontrolados, o también frente a inundaciones de origen fluvial o pluvial.

A nivel estatal se encuentran los Planes de Gestión del Riesgo de Inundación (PGRI).

Análisis de riesgos aplicado a la seguridad de presas

Guía Técnica N°8 de SPANCOLD. Qué puede pasar, cómo de probable es que pase y cuales son sus consecuencias.

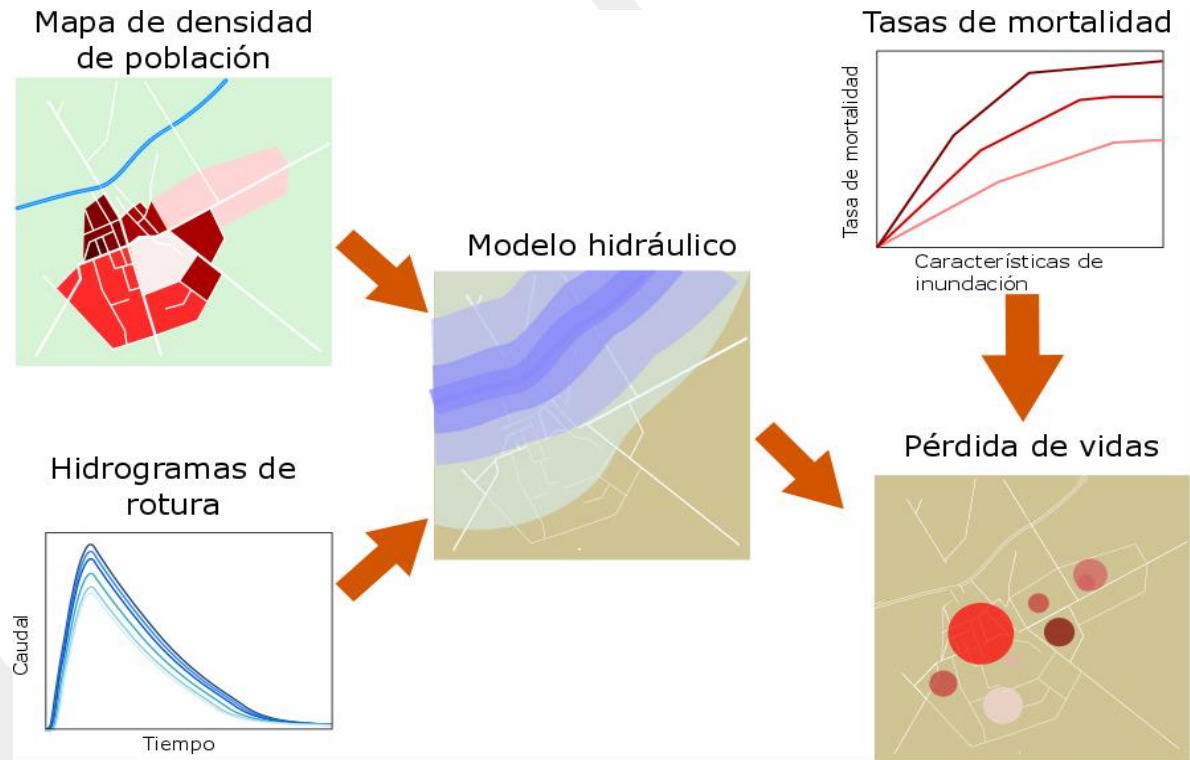
Evaluación detallada de las consecuencias sociales y económicas que produciría una eventual rotura de presa o una suelta incontrolada de caudales aguas abajo.

Permite estimar consecuencias sociales en términos de pérdida de vidas.

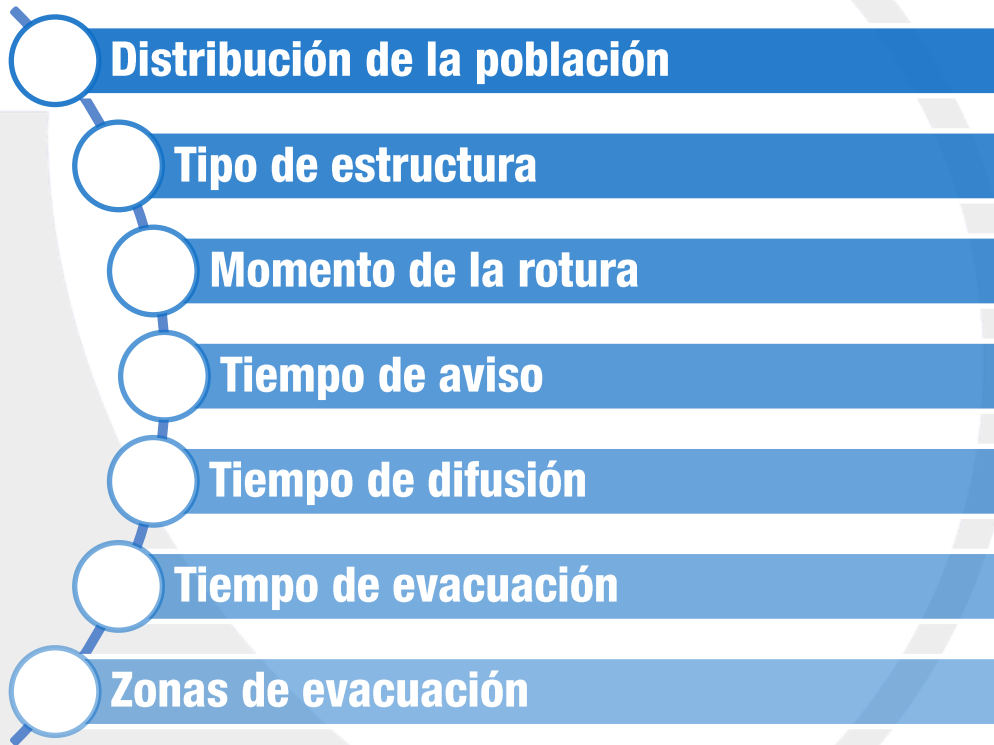
Permite estimar consecuencias económicas en términos de daños económicos directos e indirectos.

ESTIMACIÓN DE CONSECUENCIAS SOCIALES

ESTIMACIÓN DE CONSECUENCIAS SOCIALES



ESTIMACIÓN DE CONSECUENCIAS SOCIALES



ESTIMACIÓN DE CONSECUENCIAS SOCIALES

Software LifeSim

Modelo de simulación para estimar pérdida de vidas desarrollado por el **USACE**. Es un software desarrollado para evaluar situaciones complejas de alerta y pérdida de vidas, pudiendo incluir la congestión del tráfico.

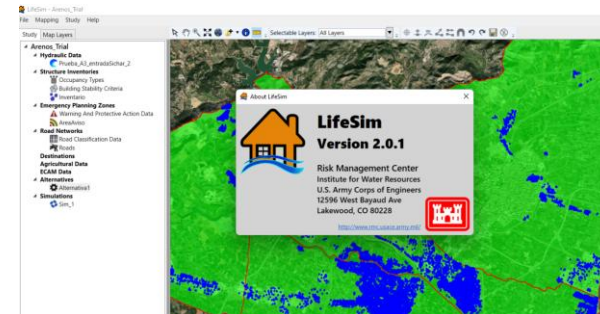
- Posibilidad de evacuación vía vehículo y estudio de los efectos de la congestión del tráfico en el proceso de evacuación.
- Evacuación en vertical y horizontal (Interacción de personas con carreteras y otros vehículos).
- Enfoque estadístico, posibilidad de un análisis estadístico mediante parámetros de incertidumbre.
- **Tasas de mortalidad mediante simulación MonteCarlo:** Zona de riesgo alto y bajo en función del resultado de la evacuación.
- La población evacuará a cualquiera de los **puntos de destino** asignados más cercanos (asignados automáticamente/manualmente).



US Army Corps
of Engineers®



LifeSim



ESTIMACIÓN DE CONSECUENCIAS SOCIALES

Distribución de la población

- Datos de **edificaciones**: Catastro.
- Datos de **población**: INE → Secciones censales.
- La población de cada sección censal puede vincularse a las estructuras del catastro en su interior.
- La población se puede repartir proporcionalmente en función del **área habitable** (n.º de pisos x área), para tener en cuenta las distintas plantas de una vivienda.



ESTIMACIÓN DE CONSECUENCIAS SOCIALES

Tipo de estructura

Inventario de estructuras: proporciona información georreferenciada de estructuras y población asociada

- Catastro.
- Secciones censales.
- Usos del suelo.



ESTIMACIÓN DE CONSECUENCIAS SOCIALES

Momento de la rotura

A partir de estadísticas de movilidad de la población es posible estimar población estacional y permanente



■ Uso industrial ■ Uso dotacional

Población día:

Uso residencial + NO residencial (industrial, dotacional, etc.)

Población noche:

Uso residencial

ESTIMACIÓN DE CONSECUENCIAS SOCIALES

Tiempos de aviso, difusión y evacuación

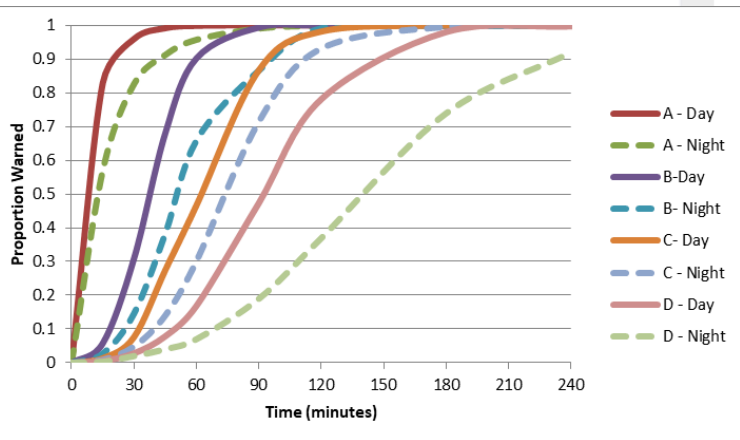


ESTIMACIÓN DE CONSECUENCIAS SOCIALES

Tiempos de aviso, difusión y evacuación. Curvas de aviso.



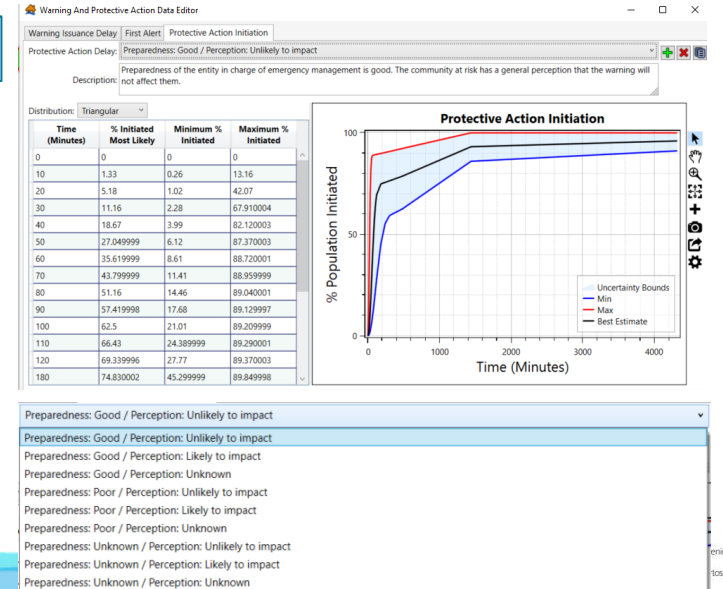
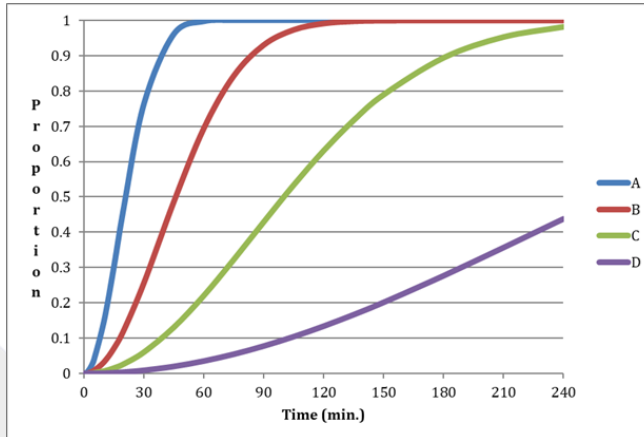
First Alert or Warning Diffusion
Time Estimation for Dam
Breaches, Controlled Dam
Releases and Levee Breaches or
Overtopping



- **Tipo A (rápida)** → Múltiples canales (canales lentos y rápidos) y alta calidad de mensajes.
- **Tipo B (moderadamente rápida)** → Múltiples canales, pero no utiliza las tecnologías más rápidas.
- **Tipo C (moderada)** → Mezcla de tecnologías tradicionales.
- **Tipo D (lenta)** → Tecnologías limitadas

ESTIMACIÓN DE CONSECUENCIAS SOCIALES

Tiempos de aviso, difusión y evacuación. Curvas de movilidad.



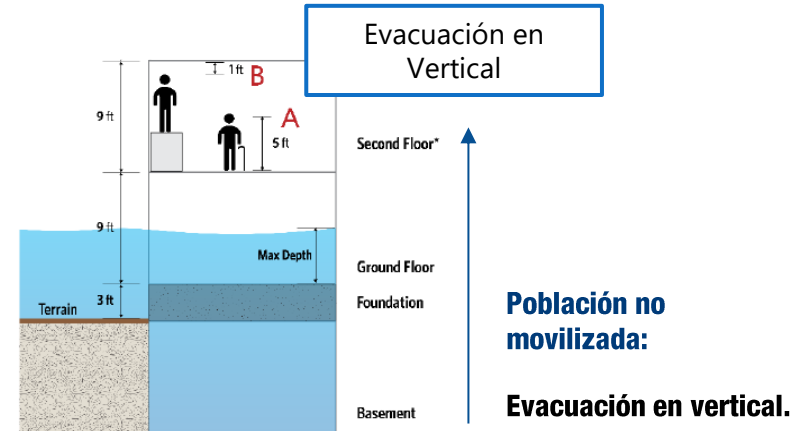
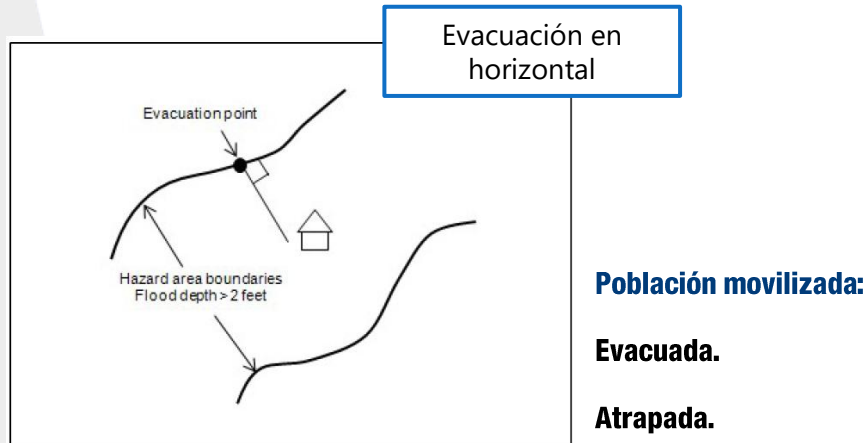
First Alert or Warning Diffusion Time Estimation for Dam Breaches, Controlled Dam Releases and Levee Breaches or Overtopping

Do not Discuss, Do Not Distribute

ESTIMACIÓN DE CONSECUENCIAS SOCIALES

Zonas de evacuación

La evacuación se puede dar en horizontal, hacia afuera de la zona de inundación, o en vertical hacia arriba en cada estructura. La población que evacúe en horizontal es la población movilizada y la que no se movilice evacúa en vertical.



ESTIMACIÓN DE CONSECUENCIAS SOCIALES

Ejemplo de aplicación. Aviso a la población



ESTIMACIÓN DE CONSECUENCIAS SOCIALES

Ejemplo de aplicación. Aviso a la población



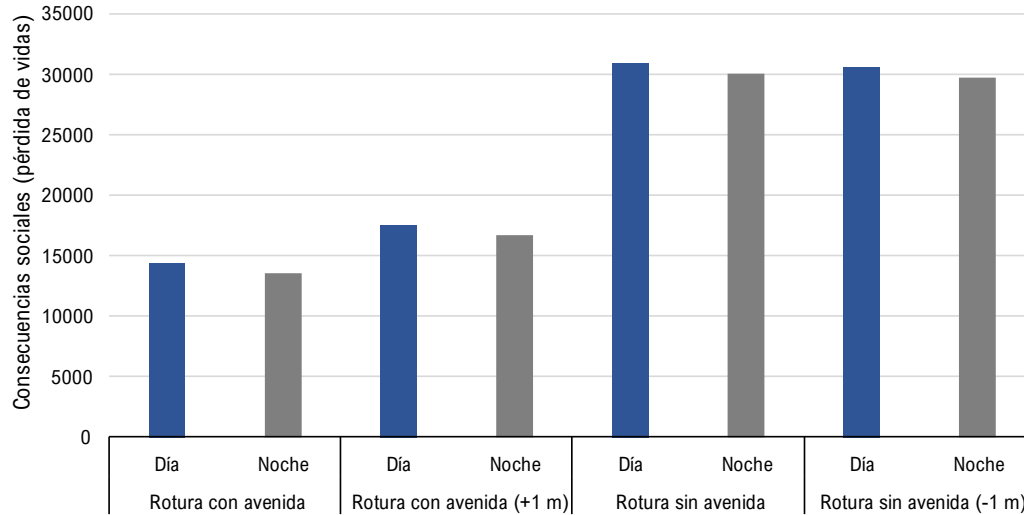
ESTIMACIÓN DE CONSECUENCIAS SOCIALES

Ejemplo de aplicación. Zonas de evacuación



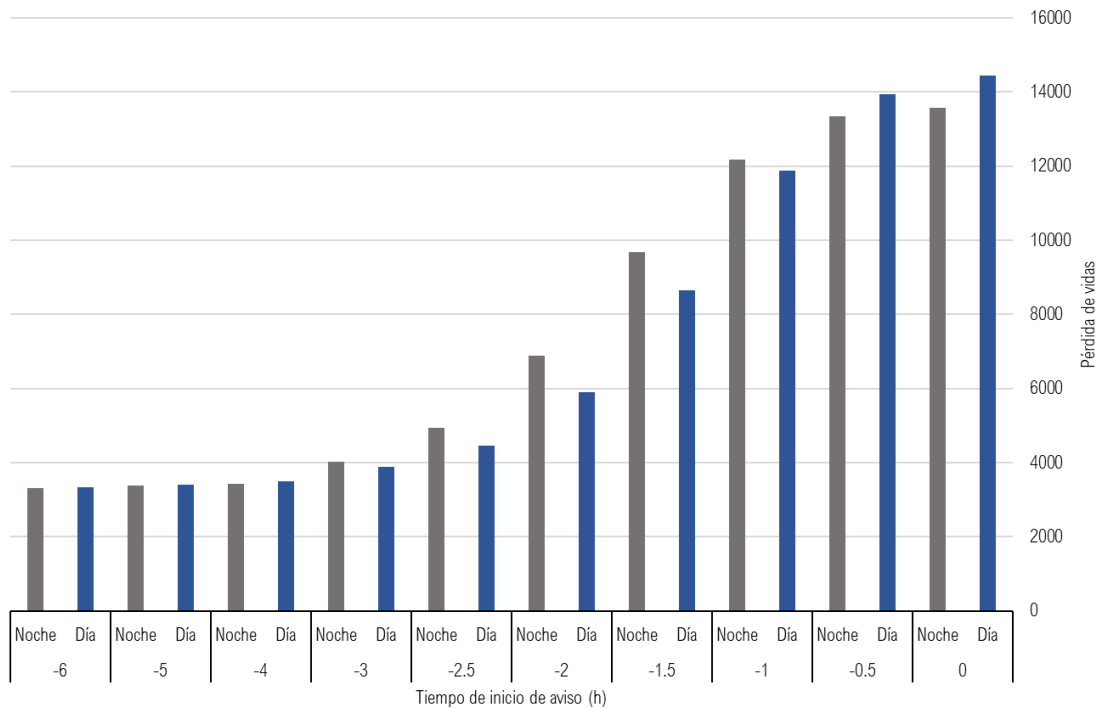
ESTIMACIÓN DE CONSECUENCIAS SOCIALES

Ejemplo de aplicación. Escenario en el que se produce la rotura.



ESTIMACIÓN DE CONSECUENCIAS SOCIALES

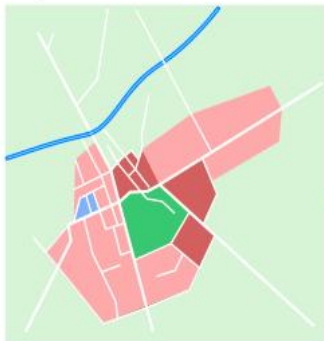
Ejemplo de aplicación. Influencia del tiempo de aviso.



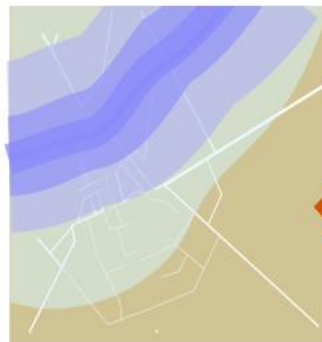
ESTIMACIÓN DE CONSECUENCIAS ECONÓMICAS

ESTIMACIÓN DE CONSECUENCIAS ECONÓMICAS

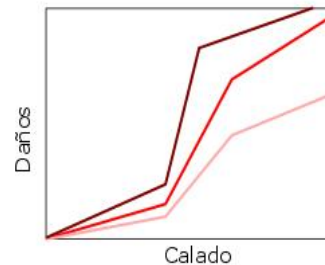
Mapa de usos del suelo



Modelo hidráulico



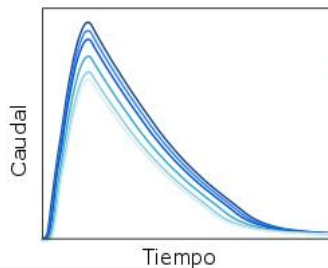
Curvas de calado-daño



Consecuencias económicas



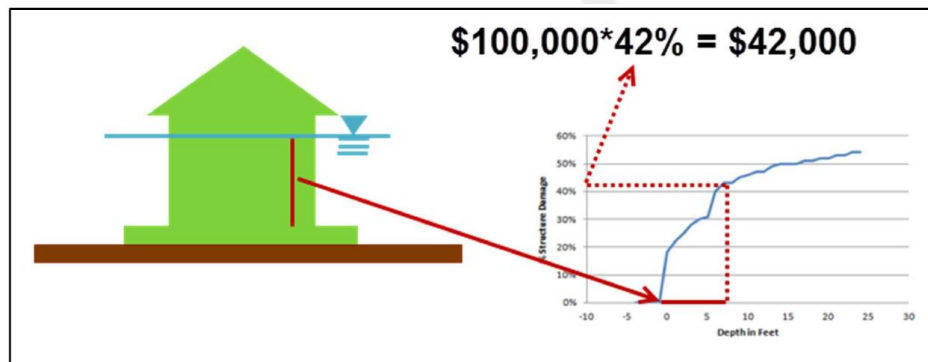
Hidrogramas de rotura



ESTIMACIÓN DE CONSECUENCIAS ECONÓMICAS

$$Coste\ Total\ (€) = Coste\ directo\ (€) + Coste\ indirecto\ (€)$$

- **Costes Directos:** Se obtiene como una combinación del valor del suelo y de una curva calado – daños.



- **Costes indirectos:** Porcentaje de costes directos.
- También debe incluirse el **coste de reconstrucción** de la presa.

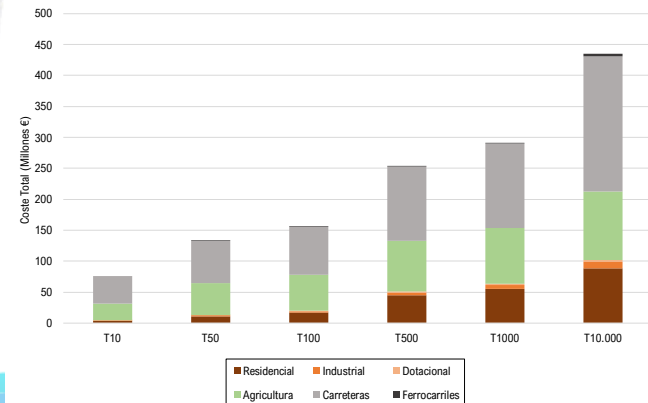
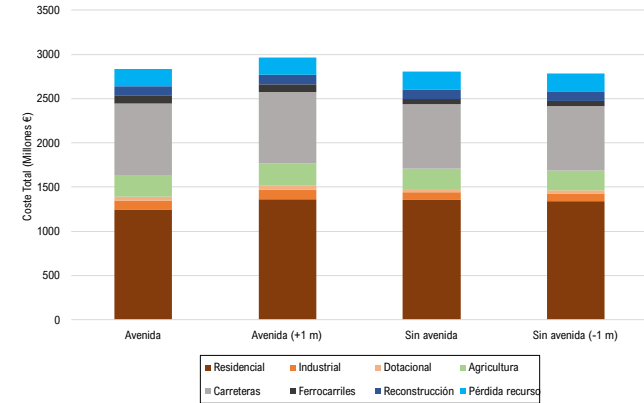
ESTIMACIÓN DE CONSECUENCIAS ECONÓMICAS

Casos de rotura

- Estructuras de edificación (residencial, industrial y dotacional).
- Agricultura.
- Ferrocarriles.
- Carreteras.
- Pérdida de recurso hídrico, producción hidroeléctrica.
- Reconstrucción.

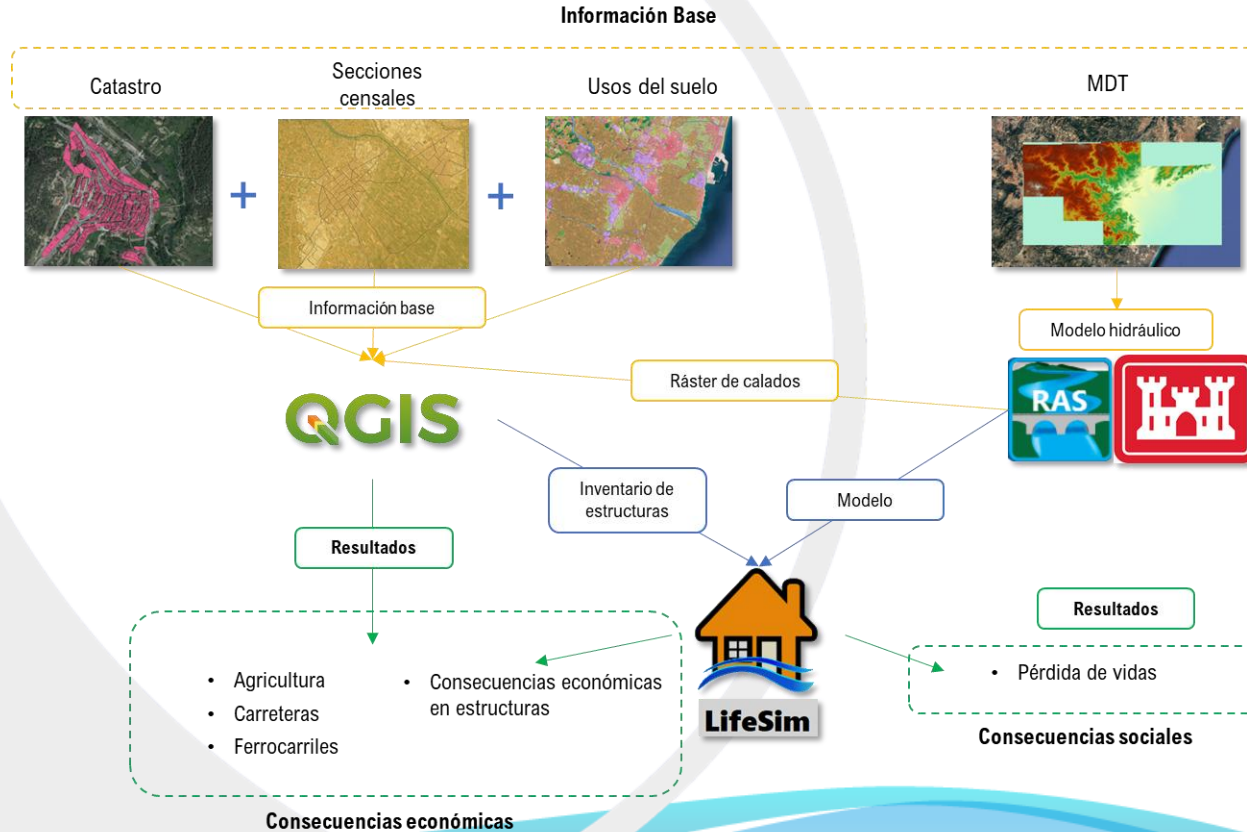
Casos de no rotura

- Estructuras de edificación (residencial, industrial y dotacional).
- Agricultura.
- Ferrocarriles
- Carreteras.



PROCESO DE ESTIMACIÓN DE CONSECUENCIAS

PROCESO



CONCLUSIONES

- Una metodología de estimación de **consecuencias detallada** permite poner en valor las **inversiones en términos de seguridad de presas**.
- Las inversiones en gestión de emergencia son **muy eficientes** para disminuir el riesgo y gracias a la estimación de consecuencias lo podemos cuantificar.
- La formación y los Sistemas de Aviso a la población tiene un claro **impacto en la reducción potencial de pérdida de vidas** frente a una eventual rotura de presa.
- Para que un **Sistema de Aviso sea efectivo** es necesario **conocer** de antemano que **áreas** se verán **afectadas**, por lo que resulta necesario realizar un análisis de consecuencias completo.
- Actualmente existen herramientas de cálculo de consecuencias (como LifeSim) que permiten evaluar el comportamiento humano en situaciones de emergencia y evaluar el impacto de diferentes estrategias de respuesta frente a inundaciones.
- La mayoría de **Planes de Emergencia** en España no se encuentran implantados, o bien están en proceso de implantación. Estos planes necesitan ser **actualizados periódicamente** para ser efectivos y deben adaptarse a los **condicionantes de cada presa**.

JORNADA SOBRE PLANES DE EMERGENCIA DE PRESAS

MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN

Cristina Agüera Lidón

cristina.aguera@ipresas.com

iPresas
Risk Analysis