

# JORNADA SOBRE PRESAS Y PROTECCIÓN CONTRA INUNDACIONES

## EL PAPEL DE LAS PRESAS EN LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO CONTROLANDO LOS RIESGOS DE INUNDACIONES

Javier González

**Catedrático de Ingeniería Hidráulica de la UCLM**

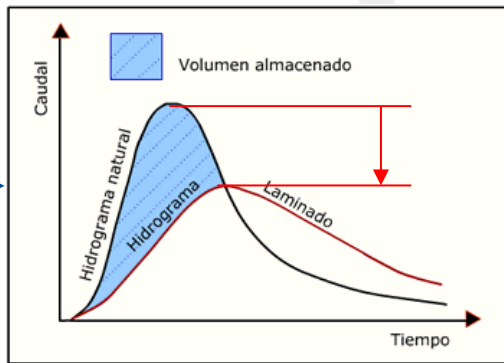
**CEO de Hidralab S.L.**

# CONTENIDO

- **Motivación:** La cuantificación del riesgo para la gobernanza
- **Arquitectura del modelo de riesgo** para evaluar la protección de las presas frente inundaciones
- **Cuantificación del beneficio de las presas:** caso de aplicación

# MOTIVACIÓN

- El papel de las presas en el control de las inundaciones



# MOTIVACIÓN

## El papel de las presas en el control de las inundaciones

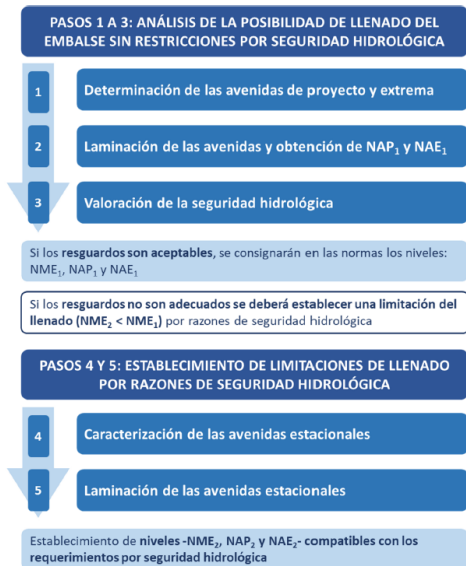
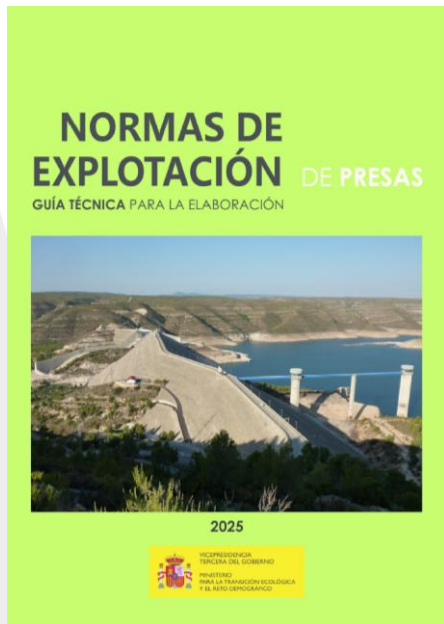


Figura 3. Esquema del proceso para la definición de los niveles de embalse

### Escenarios de análisis:

| Categoría en función del riesgo | Avenida de proyecto (años) | Avenida extrema |                           |
|---------------------------------|----------------------------|-----------------|---------------------------|
|                                 |                            | Fábrica (años)  | Materiales sueltos (años) |
| A                               | 1.000                      | 5.000           | 10.000                    |
| B                               | 500                        | 1.000           | 5.000                     |
| C                               | 100                        | 500             | 1.000                     |

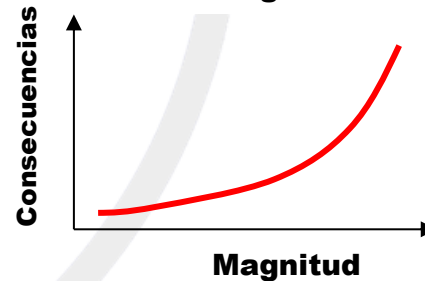
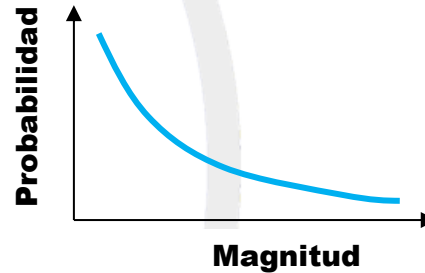
# MOTIVACIÓN

## La cuantificación del riesgo

Riesgo de un evento discreto:

| Probabilidad    | Impacto             |            |                    |             |             |
|-----------------|---------------------|------------|--------------------|-------------|-------------|
|                 | Insignificante<br>1 | Menor<br>2 | Significativo<br>3 | Mayor<br>4  | Severo<br>5 |
| 5 Casi seguro   | Medio 5             | Alto 10    | Muy alto 15        | Extremo 20  | Extremo 25  |
| 4 Probable      | Medio 4             | Medio 8    | Alto 12            | Muy alto 16 | Extremo 20  |
| 3 Moderado      | Bajo 3              | Medio 6    | Medio 9            | Alto 12     | Muy alto 15 |
| 2 Poco probable | Muy bajo 2          | Bajo 4     | Medio 6            | Medio 8     | Alto 10     |
| 1 Raro          | Muy bajo 1          | Muy bajo 2 | Bajo 3             | Medio 4     | Medio 5     |

Riesgo de una variable continua:



Riesgo.-

$$R = \int P(x) \cdot C(x) \cdot dx$$

$$R = \sum P(x) \cdot C(x) \cdot \Delta x$$

Consecuencias medias  
esperables

# MOTIVACIÓN

- Los análisis de riesgos en la gobernanza del agua en España



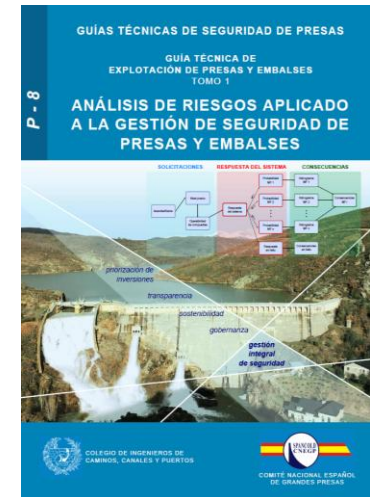
SISTEMA NACIONAL DE  
CARTOGRAFÍA DE  
ZONAS INUNDABLES



T10, T100 y T500

GESTIÓN DE LA GOBERNANZA DEL RIESGO, ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO Y PRIORIZACIÓN DE INVERSIONES DE LA SEGURIDAD DE LAS PRESAS ESTATALES DE LAS CONFEDERACIONES HIDROGRÁFICAS GUADALQUIVIR, SEGURA, JÚCAR Y EBRO (2022)

SERVICIOS PARA, MEDIANTE UNA PLATAFORMA DIGITAL, GESTIONAR LA GOBERNANZA DEL RIESGO, ADAPTAR AL CAMBIO CLIMÁTICO Y PRIORIZAR LAS INVERSIONES DE LA SEGURIDAD DE LAS PRESAS ESTATALES DE LAS CCHH TAJO, GUADIANA, MIÑO-SIL – CANTÁBRICO - TAIBILLA Y DUERO (2023)



# MOTIVACIÓN

- **Objetivo de la presentación**
  - **La cuantificación el papel de las presas en el control de las inundaciones a través del análisis de riesgo**

¿En cuánto reduce una presa el daño económico medio anual por inundación?

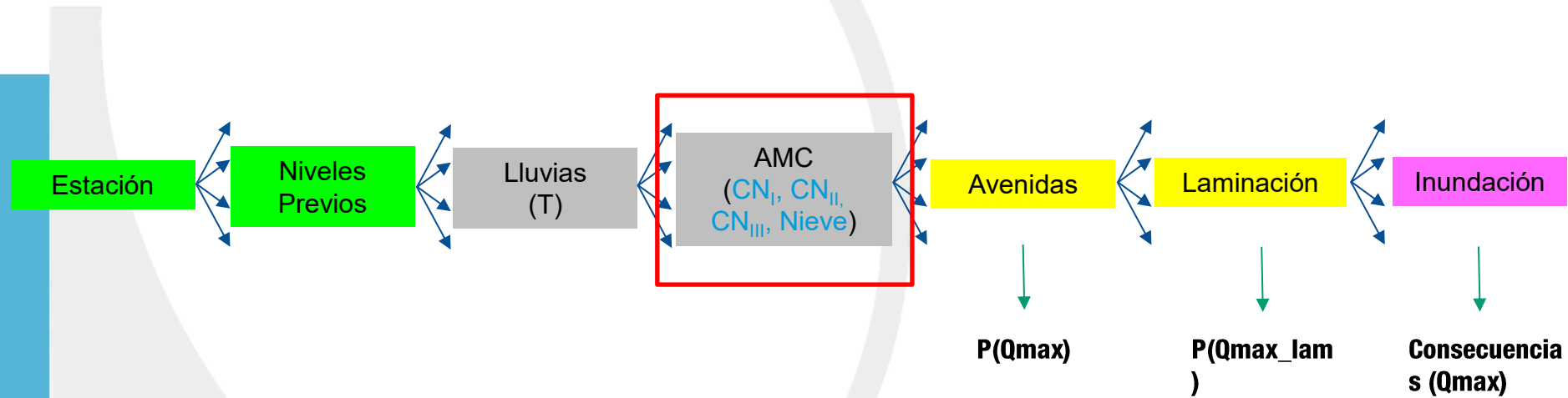
¿En qué medida controla el aumento de riesgo ante cambio climático?

¿Qué medidas son más efectivas para potenciar este control?



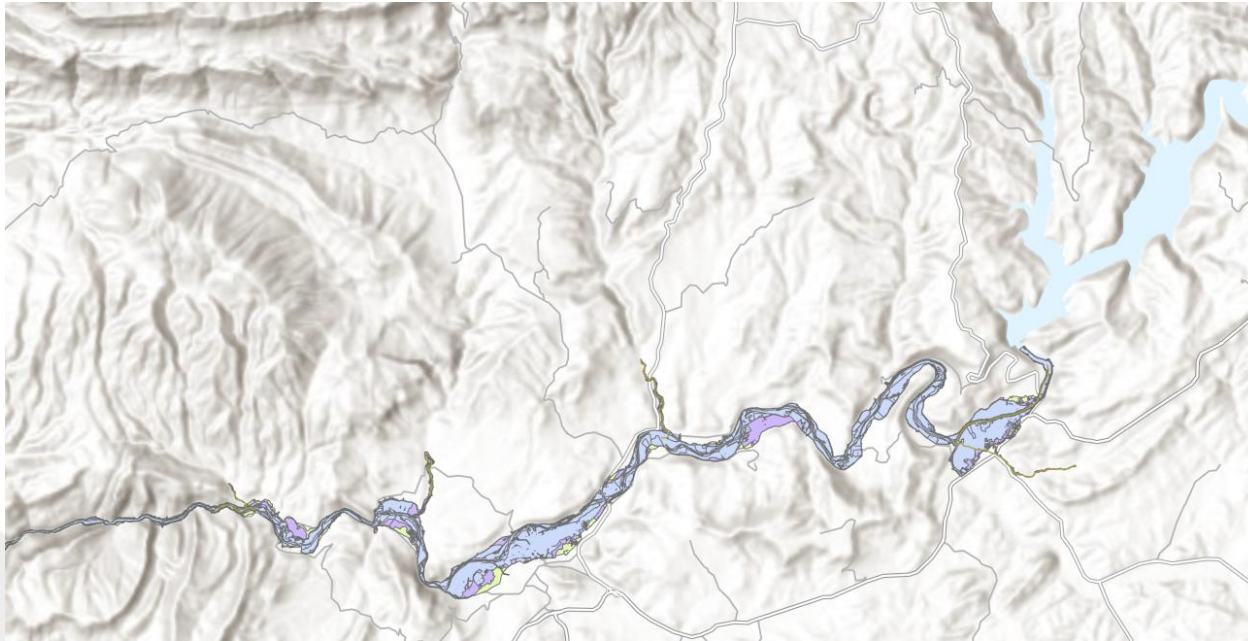
# ARQUITECTURA DEL MODELO DE RIESGO DE INUNDACIONES

- LOS MODELOS: siempre imperfectos, pero representativos**



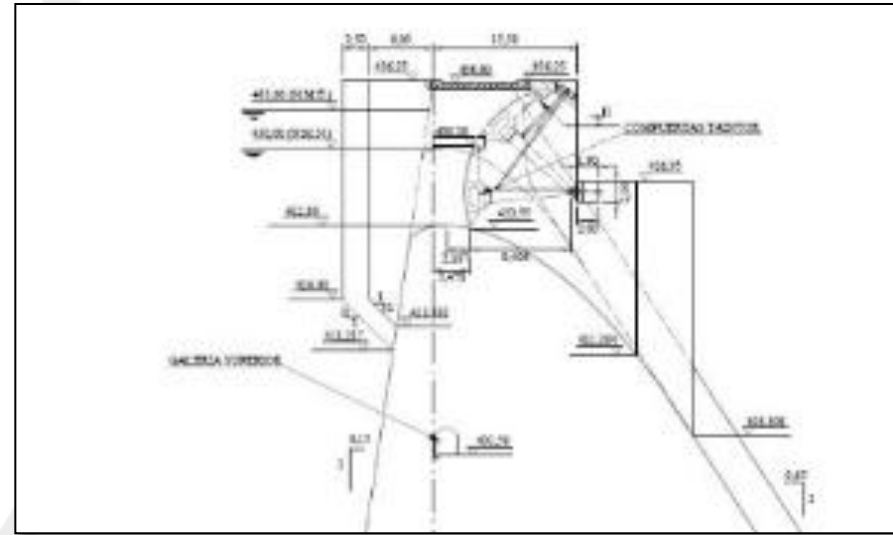
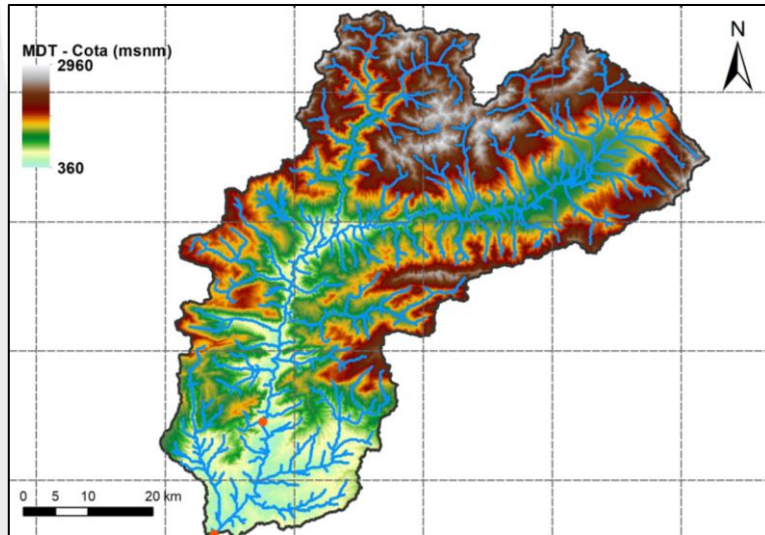
# CUANTIFICACIÓN DEL BENEFICIO DE LAS PRESAS

- **Caso de aplicación: presentación del caso**



# CUANTIFICACIÓN DEL BENEFICIO DE LAS PRESAS

- Caso de aplicación: presentación del caso



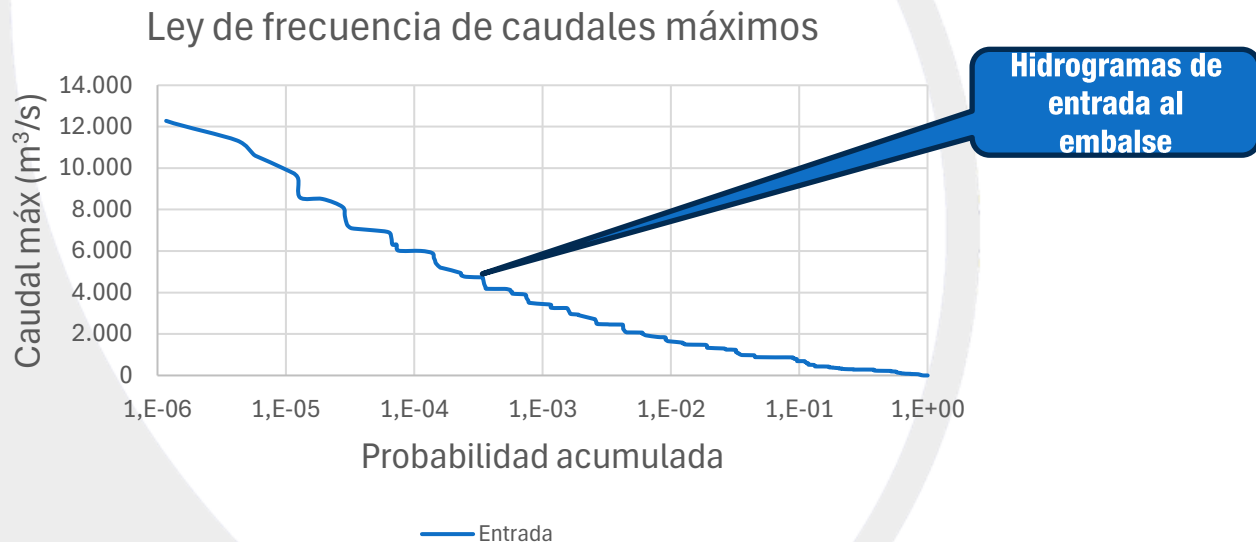
# CUANTIFICACIÓN DEL BENEFICIO DE LAS PRESAS

- **Caso de aplicación: presentación del caso**
  - **ARPSI**

| Efectos Inundación                | T10          | T100         | T500         |
|-----------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>Daños Económicos</b>           | 26.561.717 € | 52.684.983 € | 75.751.134 € |
| <b>Número Afectados ZI</b>        | 111          | 243          | 428          |
| <b>Número Afectados Municipio</b> | 268          | 546          | 974          |

# CUANTIFICACIÓN DEL BENEFICIO DE LAS PRESAS

- **Caso de aplicación: evaluación de los riesgos por inundación**



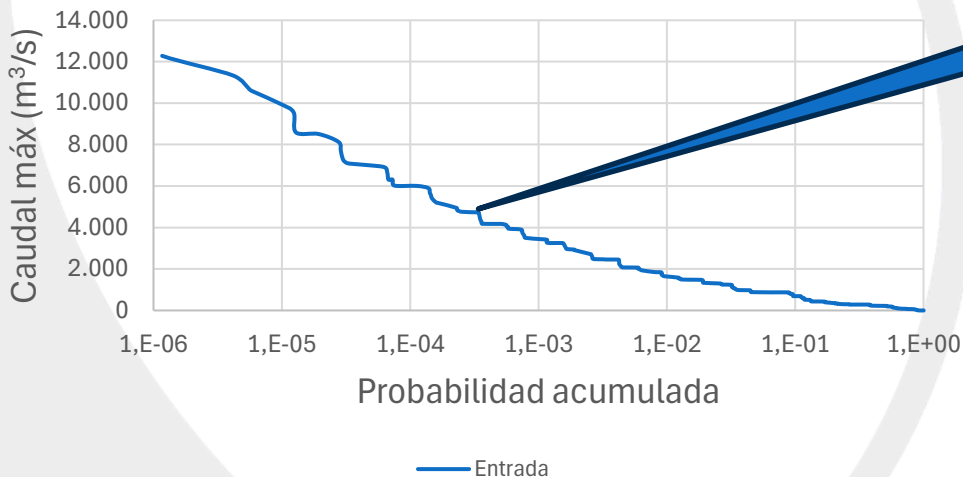
# CUANTIFICACIÓN DEL BENEFICIO DE LAS PRESAS

- Caso de aplicación: evaluación de los riesgos por inundación**

**Riesgo anual de  
daños por  
inundación.-**

➤ **4.735.359 €**

Ley de frecuencia de caudales máximos



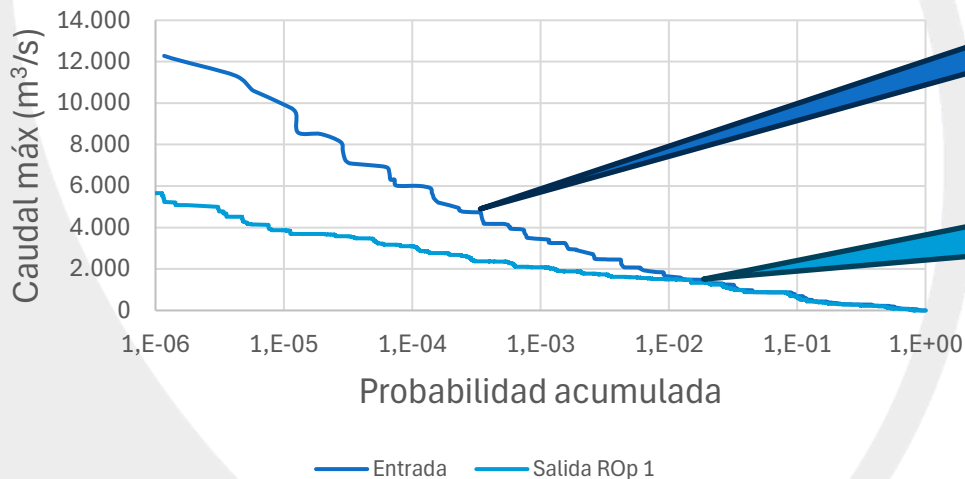
# CUANTIFICACIÓN DEL BENEFICIO DE LAS PRESAS

## • Caso de aplicación: evaluación de los riesgos por inundación

**Riesgo anual de  
daños por  
inundación.-**

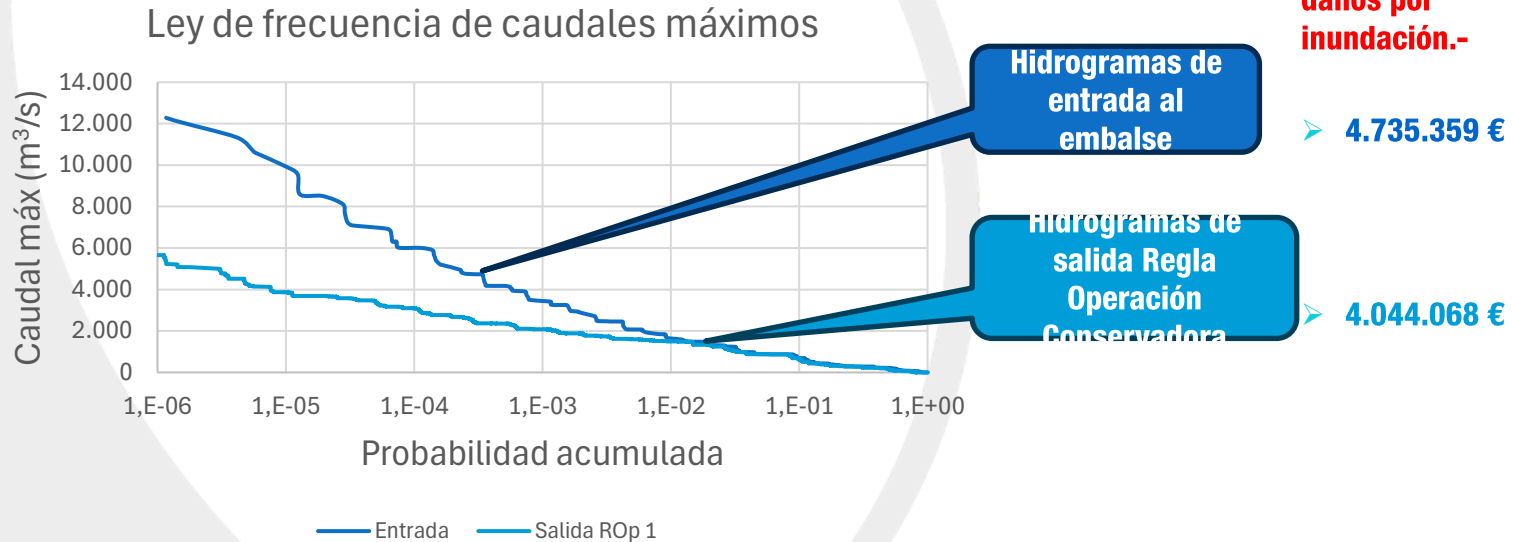
➤ **4.735.359 €**

Ley de frecuencia de caudales máximos



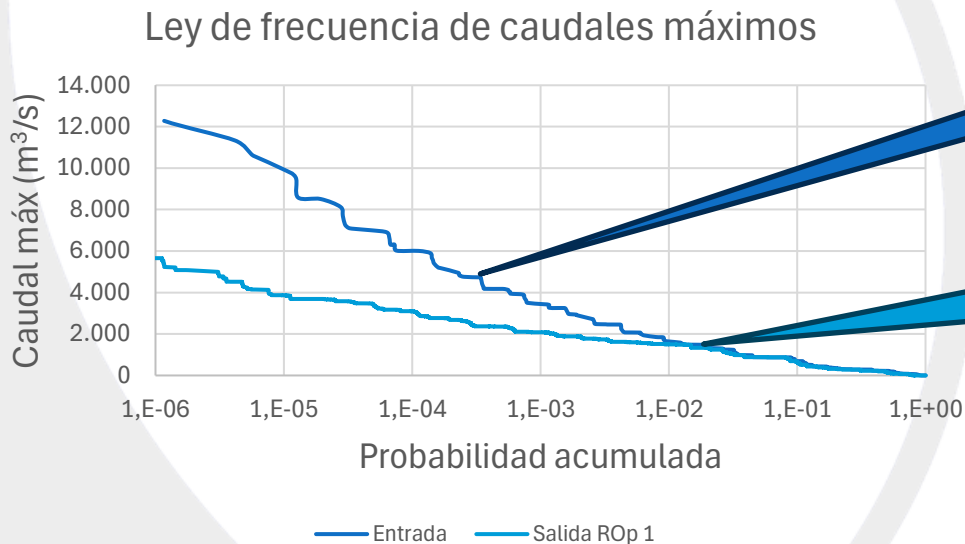
# CUANTIFICACIÓN DEL BENEFICIO DE LAS PRESAS

## • Caso de aplicación: evaluación de los riesgos por inundación



# CUANTIFICACIÓN DEL BENEFICIO DE LAS PRESAS

## • Caso de aplicación: evaluación de los riesgos por inundación



Hidrogramas de  
entrada al  
embalse

Riesgo anual de  
daños por  
inundación.-

➤ 4.735.359 €

Beneficio.-

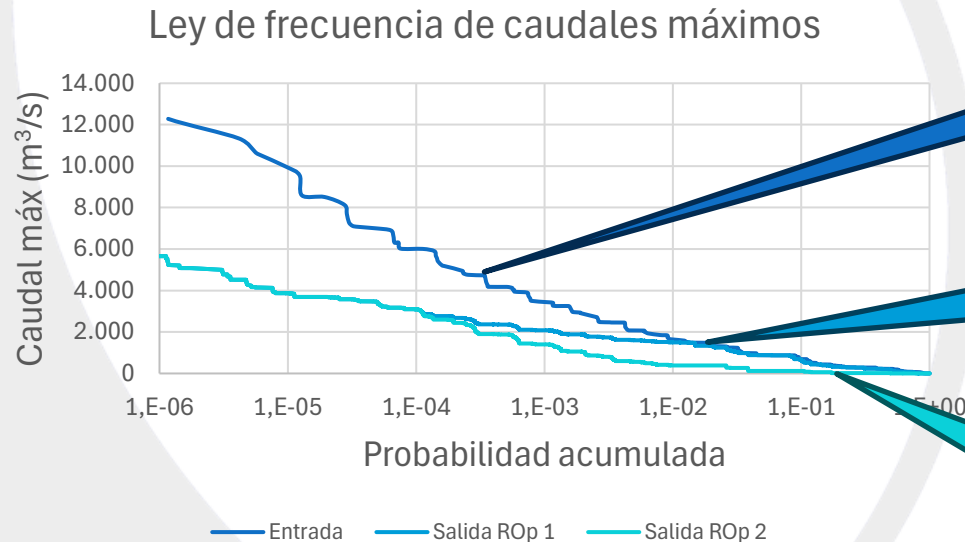
Hidrogramas de  
salida Regla  
Operación  
Conservadora

➤ 4.044.068 €

691.291 €

# CUANTIFICACIÓN DEL BENEFICIO DE LAS PRESAS

## • Caso de aplicación: evaluación de los riesgos por inundación



Hidrogramas de  
entrada al  
embalse

Riesgo anual de  
daños por  
inundación.-

➤ 4.735.359 €

Hidrogramas de  
salida Regla  
Operación  
Conservadora

➤ 4.044.068 €

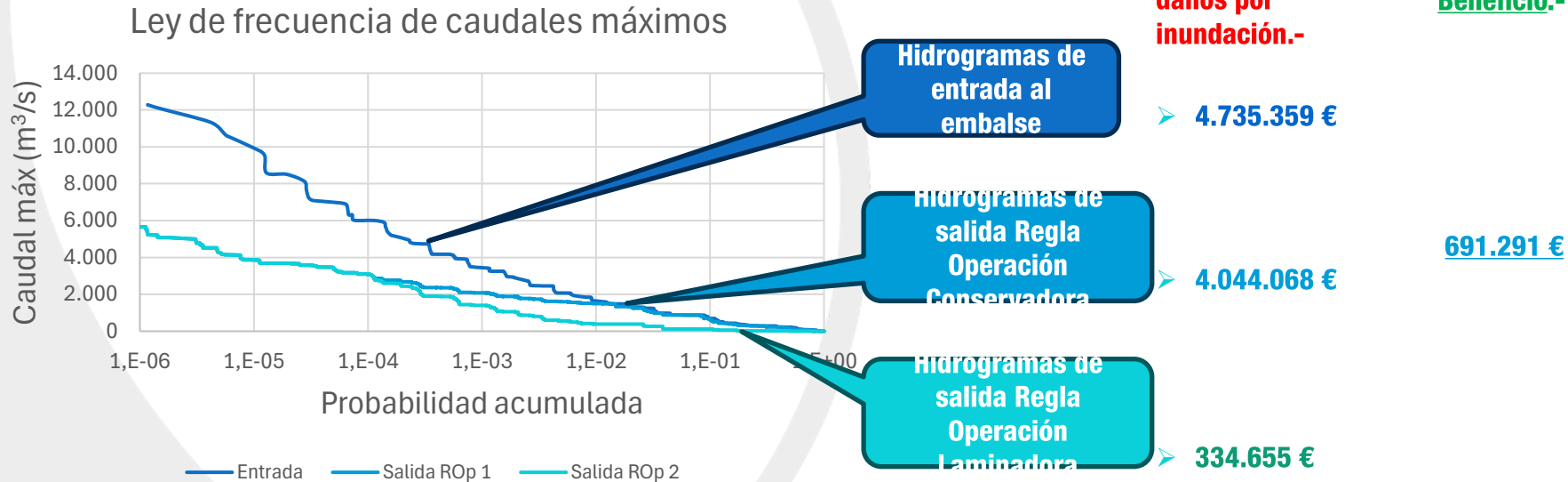
Hidrogramas de  
salida Regla  
Operación  
Laminadora

Beneficio.-

691.291 €

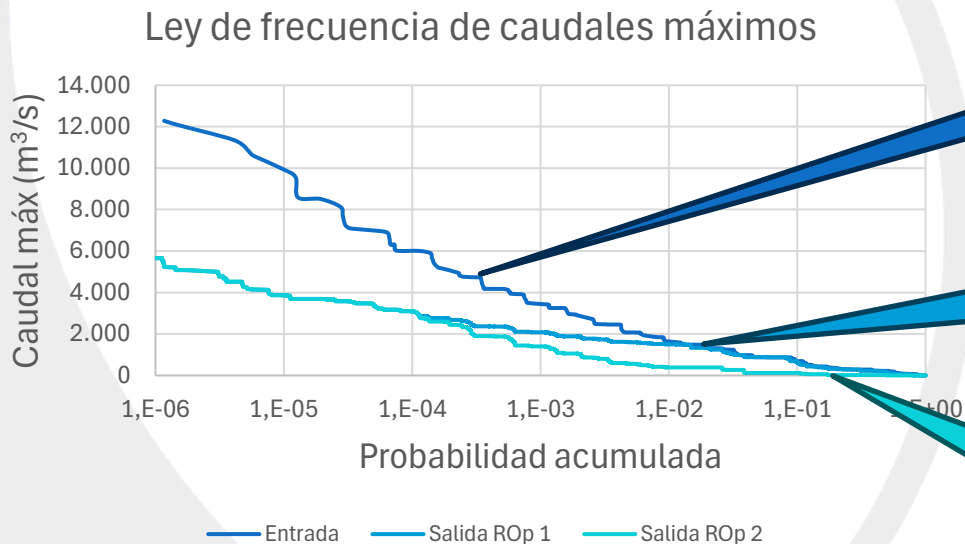
# CUANTIFICACIÓN DEL BENEFICIO DE LAS PRESAS

## • Caso de aplicación: evaluación de los riesgos por inundación



# CUANTIFICACIÓN DEL BENEFICIO DE LAS PRESAS

## • Caso de aplicación: evaluación de los riesgos por inundación



Hidrogramas de  
entrada al  
embalse

Riesgo anual de  
daños por  
inundación.-

➤ 4.735.359 €

Beneficio.-

Hidrogramas de  
salida Regla  
Operación  
Conservadora

➤ 4.044.068 €

691.291 €

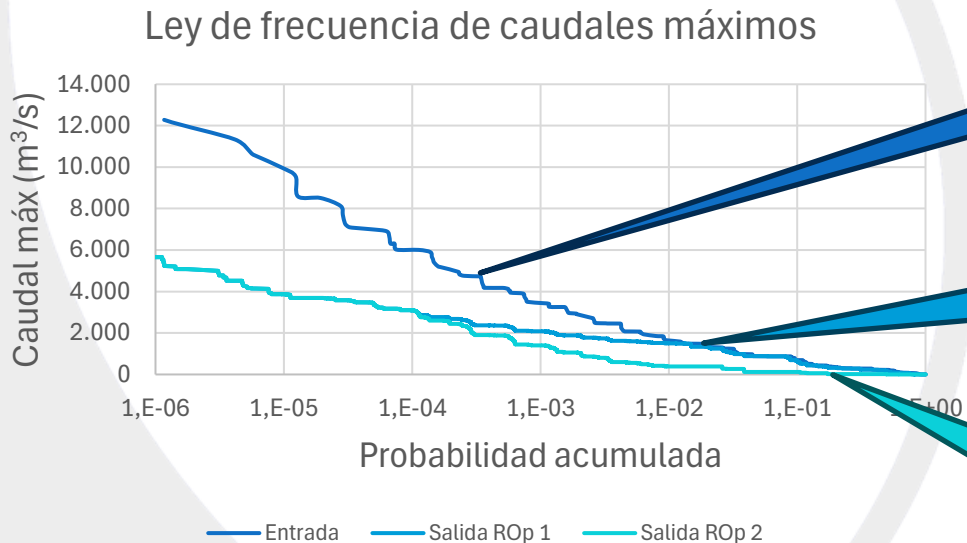
Hidrogramas de  
salida Regla  
Operación  
Laminadora

➤ 334.655 €

4.400.704  
€

# CUANTIFICACIÓN DEL BENEFICIO DE LAS PRESAS

- Caso de aplicación: evaluación de los riesgos por inundación**



Hidrogramas de entrada al embalse

**Riesgo anual de daños por inundación.-**

➤ **4.735.359 €**

**Beneficio.-**

Hidrogramas de salida Regla Operación Conservadora

➤ **4.044.068 €**

Hidrogramas de salida Regla Operación Laminadora

➤ **334.655 €**

**691.291 €**



**4.400.704 €**

# CUANTIFICACIÓN DEL BENEFICIO DE LAS PRESAS

- Caso de aplicación: la importación del modelo

**Riesgo anual de daños económicos por**

| Regla Operación  | Actual      | Actual modelo simple |
|------------------|-------------|----------------------|
| Sin Presa        | 4.735.360 € |                      |
| R0p Conservadora | 4.044.068 € |                      |
| R0p Laminadora   | 334.656 €   |                      |



# CUANTIFICACIÓN DEL BENEFICIO DE LAS PRESAS

- Caso de aplicación: la importación del modelo

## Riesgo anual de daños económicos por

| Regla Operación  | Actual      | Actual modelo simple |
|------------------|-------------|----------------------|
| Sin Presa        | 4.735.360 € | 1.649.521 €          |
| R0p Conservadora | 4.044.068 € | 1.624.947 €          |
| R0p Laminadora   | 334.656 €   | 130.203 €            |



# CUANTIFICACIÓN DEL BENEFICIO DE LAS PRESAS

- **Caso de aplicación: el papel en la adaptación al cambio climático**

## Riesgo anual de daños económicos por

| Regla Operación  | Actual      | RCP 8.5 2055 | RCP 8.5 2085 |
|------------------|-------------|--------------|--------------|
| Sin Presa        | 4.735.360 € |              |              |
| R0p Conservadora | 4.044.068 € |              |              |
| R0p Laminadora   | 334.656 €   |              |              |

# CUANTIFICACIÓN DEL BENEFICIO DE LAS PRESAS

- **Caso de aplicación: el papel en la adaptación al cambio climático**

## Riesgo anual de daños económicos por

| Regla Operación  | Actual      | RCP 8.5 2055 | RCP 8.5 2085 |
|------------------|-------------|--------------|--------------|
| Sin Presa        | 4.735.360 € | 6.202.822 €  |              |
| R0p Conservadora | 4.044.068 € |              |              |
| R0p Laminadora   | 334.656 €   |              |              |

# CUANTIFICACIÓN DEL BENEFICIO DE LAS PRESAS

- **Caso de aplicación: el papel en la adaptación al cambio climático**

## Riesgo anual de daños económicos por

| Regla Operación  | Actual      | RCP 8.5 2055 | RCP 8.5 2085 |
|------------------|-------------|--------------|--------------|
| Sin Presa        | 4.735.360 € | 6.202.822 €  |              |
| R0p Conservadora | 4.044.068 € | 4.086.384 €  |              |
| R0p Laminadora   | 334.656 €   | 454.749 €    |              |

# CUANTIFICACIÓN DEL BENEFICIO DE LAS PRESAS

- **Caso de aplicación: el papel en la adaptación al cambio climático**

## Riesgo anual de daños económicos por

| Regla Operación  | Actual      | RCP 8.5 2055 | RCP 8.5 2085 |
|------------------|-------------|--------------|--------------|
| Sin Presa        | 4.735.360 € | 6.202.822 €  | 6.295.051 €  |
| R0p Conservadora | 4.044.068 € | 4.086.384 €  | 4.147.144 €  |
| R0p Laminadora   | 334.656 €   | 454.749 €    | 461.511 €    |

**Contención de los efectos del cambio climático**

**Beneficios crecientes**

# CUANTIFICACIÓN DEL BENEFICIO DE LAS PRESAS

- **Caso de aplicación: la importancia de la capacidad de pronóstico y operación preventiva**

**Riesgo anual de daños económicos por inundación**

| Regla Operación  | Actual      | Pronóstico 12h | Pronóstico 24h | Pronóstico 48h |
|------------------|-------------|----------------|----------------|----------------|
| Sin Presa        | 4.735.360 € |                |                |                |
| R0p Conservadora | 4.044.068 € |                |                |                |
| R0p Laminadora   | 334.656 €   |                |                |                |

# CUANTIFICACIÓN DEL BENEFICIO DE LAS PRESAS

- **Caso de aplicación: la importancia de la capacidad de pronóstico y operación preventiva**

**Riesgo anual de daños económicos por inundación**

| Regla Operación  | Actual      | Pronóstico 12h | Pronóstico 24h | Pronóstico 48h |
|------------------|-------------|----------------|----------------|----------------|
| Sin Presa        | 4.735.360 € |                |                |                |
| R0p Conservadora | 4.044.068 € | 3.379.526,92 € | 3.298.365,79 € | 1.015.110,78 € |
| R0p Laminadora   | 334.656 €   |                |                |                |

# CUANTIFICACIÓN DEL BENEFICIO DE LAS PRESAS

- **Caso de aplicación: la importancia de la capacidad de pronóstico y operación preventiva**

**Riesgo anual de daños económicos por inundación**

| Regla Operación  | Actual      | Pronóstico 12h | Pronóstico 24h | Pronóstico 48h |
|------------------|-------------|----------------|----------------|----------------|
| Sin Presa        | 4.735.360 € |                |                |                |
| R0p Conservadora | 4.044.068 € | 3.379.526,92 € | 3.298.365,79 € | 1.015.110,78 € |
| R0p Laminadora   | 334.656 €   | 273.348,35 €   | 266.158,33 €   | 67.736,92 €    |

# CUANTIFICACIÓN DEL BENEFICIO DE LAS PRESAS

- **Caso de aplicación: la importancia de la capacidad de pronóstico y operación preventiva**

**Riesgo anual de daños económicos por inundación**

| Regla Operación  | Actual      | Pronóstico 12h | Pronóstico 24h | Pronóstico 48h |
|------------------|-------------|----------------|----------------|----------------|
| Sin Presa        | 4.735.360 € |                |                |                |
| R0p Conservadora | 4.044.068 € | 3.379.526,92 € | 3.298.365,79 € | 1.015.110,78 € |
| R0p Laminadora   | 334.656 €   | 273.348,35 €   | 266.158,33 €   | 67.736,92 €    |

**Alta eficiencia especialmente con R0p Conservadora**

# CONCLUSIONES



## CONCLUSIONES

- Las presas juegan un papel estratégico en el control de los riesgos de inundaciones actuales y futuros (Cambio Climático)



## CONCLUSIONES

- Las presas juegan un papel estratégico en el control de los riesgos de inundaciones **actuales y futuros** (Cambio Climático)
- Es fundamental poner de relieve esta importancia de modo cuantitativo y objetivo
  - en términos económicos y de protección de vidas
- evaluando la **eficiencia económica** de las labores de mantenimiento, la conservación y las nuevas inversiones



## CONCLUSIONES

- Las presas juegan un papel estratégico en el control de los riesgos de inundaciones **actuales y futuros** (Cambio Climático)
- Es fundamental poner de relieve esta importancia de modo cuantitativo y objetivo
  - en términos económicos y de protección de vidas
- evaluando la **eficiencia económica** de las labores de mantenimiento, la conservación y las nuevas inversiones
- Importancia de la inversión en **capacidad de predicción** y potencial adaptación de los OD de presas