

Bloque 3: Criterios de diseño de presas

Diseño y priorización de actuaciones en presas: utilidad de los modelos de riesgo



*i*Presas
Risk Analysis

Luis Altarejos-García (CTO – Projects)
iPresas Risk Analysis

FORO SEGURIDAD DE PRESAS
Ciudad de Panamá, 17 de Noviembre de 2012

R&D

Technology

Innovation

Si fuera Ud. un operador/propietario de presas...



...¿Le gustaría saber...

...qué riesgo está asumiendo?

...cómo priorizar sus inversiones en presas?

...cómo vincular la Op.&Mant. con la seguridad?

ÍNDICE

- 1) Seguridad de presas
- 2) Modelos de riesgo
- 3) Integración de seguridad de presas en los modelos de riesgo
- 4) Resultados y utilidad de los modelos de riesgo



1) Seguridad de presas

¿Que es?



El análisis de seguridad de una presa, nueva o existente, en síntesis, consiste en verificar la vulnerabilidad de la misma para determinados eventos - dimensionada en forma consistente con su tipificación en una categoría, - que pueden afectar su estructura o sistemas de operación

(Fuente: Anteproyecto de normas para la seguridad de presas, ASEP, Panamá (2009))

1) Seguridad de presas

¿Que elementos comprende?

Obras civiles

Elementos hidroelectromecánicos



(Fuente: Anteproyecto de normas para la seguridad de presas, ASEP, Panamá (2009))

1) Seguridad de presas

¿Que etapas abarca?

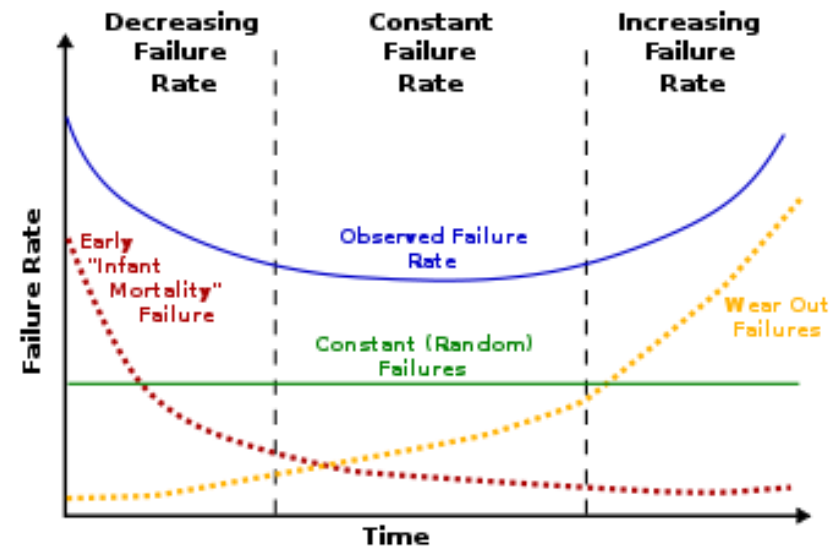
Diseño

Construcción / Montaje

Primer llenado

Operación

Puesta fuera de servicio



(Fuente: Anteproyecto de normas para la seguridad de presas, ASEP, Panamá (2009))

1) Seguridad de presas

¿Que incluye?

Sistema de auscultación
(qué, cómo, cuándo y para qué)

Seguridad estructural
(coef. Seguridad, esfuerzos,
deformaciones, deterioro, subpresión)

Seguridad sísmica
(características de los sismos:
SON, SMV)

Seguridad hidrológica
(avenidas, resguardos, oleaje, etc.)

Elem. hidroelectromecánicos
(diseño, mantenimiento, revisión, operatividad)

Operación
(normal, extraordinaria, restringida)

Informes (elaboración, interpretación)

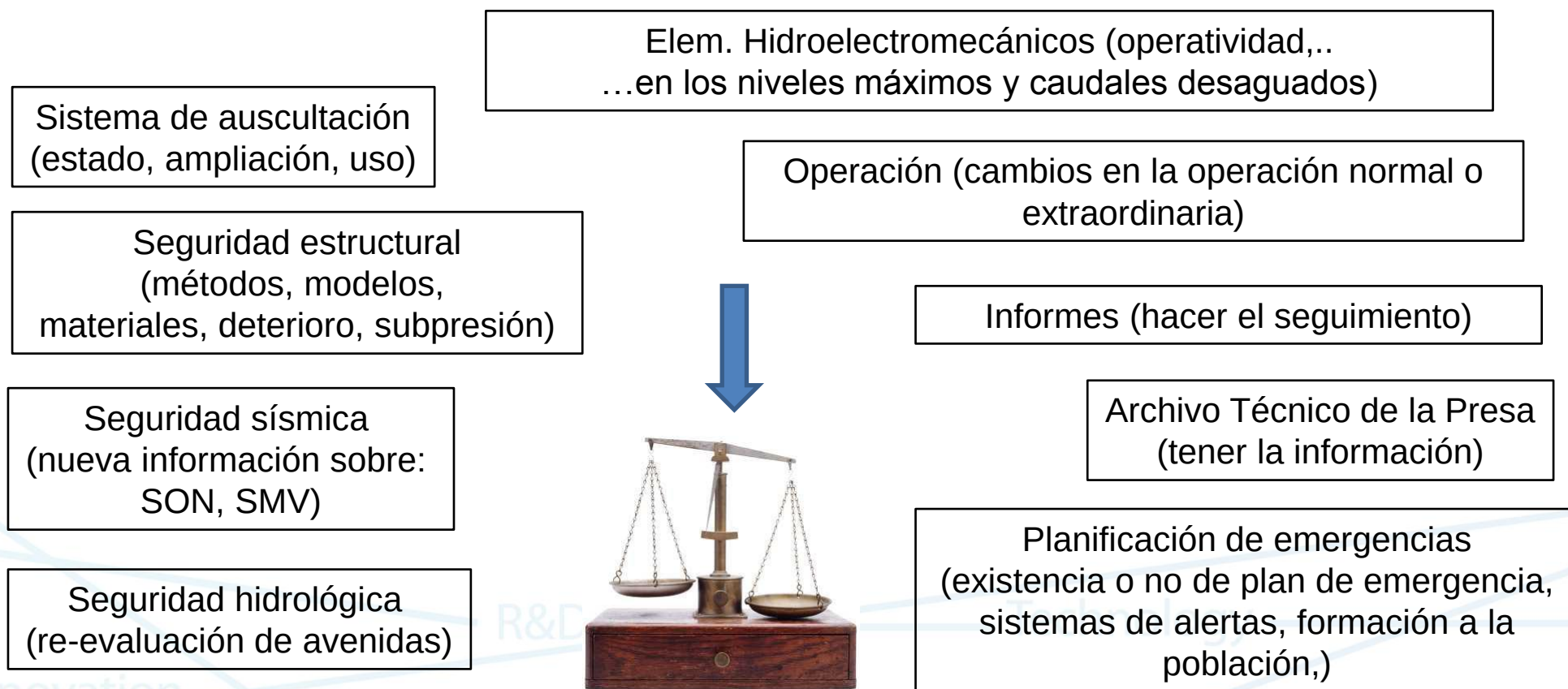
Archivo Técnico de la Presa

Planificación de emergencias
(identificación, S.E. Hidrológico,
Situaciones de emergencia, afectación a
riberas, protección civil, avisos,
declaración y manejo de emergencia,
simulacros,)



1) Seguridad de presas

¿Cuál es la importancia relativa?



2) Modelos de riesgo

ANÁLISIS DE RIESGO (Risk Assessment):

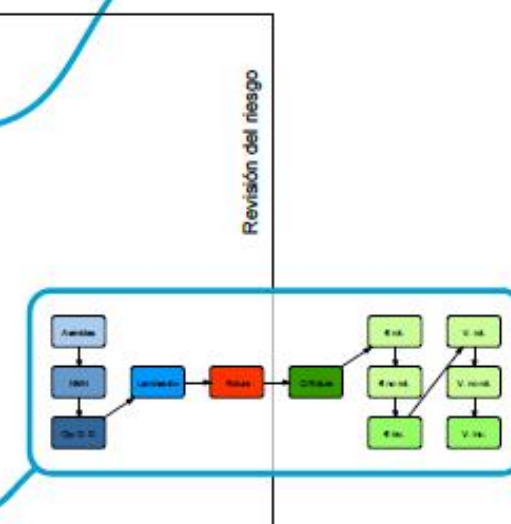
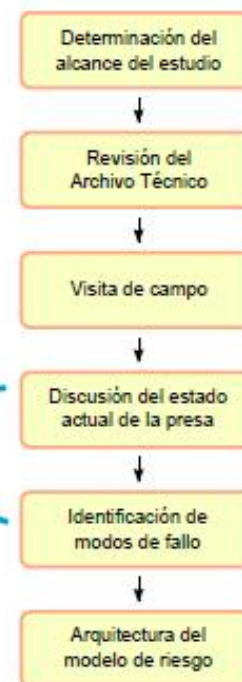
Es el proceso total, abarcando la consideración de todos los costos y beneficios, incluyendo la identificación de riesgos y de la probabilidad de la ocurrencia, y la comparación de éstos con los niveles de riesgo aceptable o los criterios para asistir en la evaluación de estrategias para reducción del riesgo

(Fuente: Anteproyecto de normas para la seguridad de presas, ASEP, Panamá (2009))

2) Modelos de riesgo



iPresas
Risk Analysis

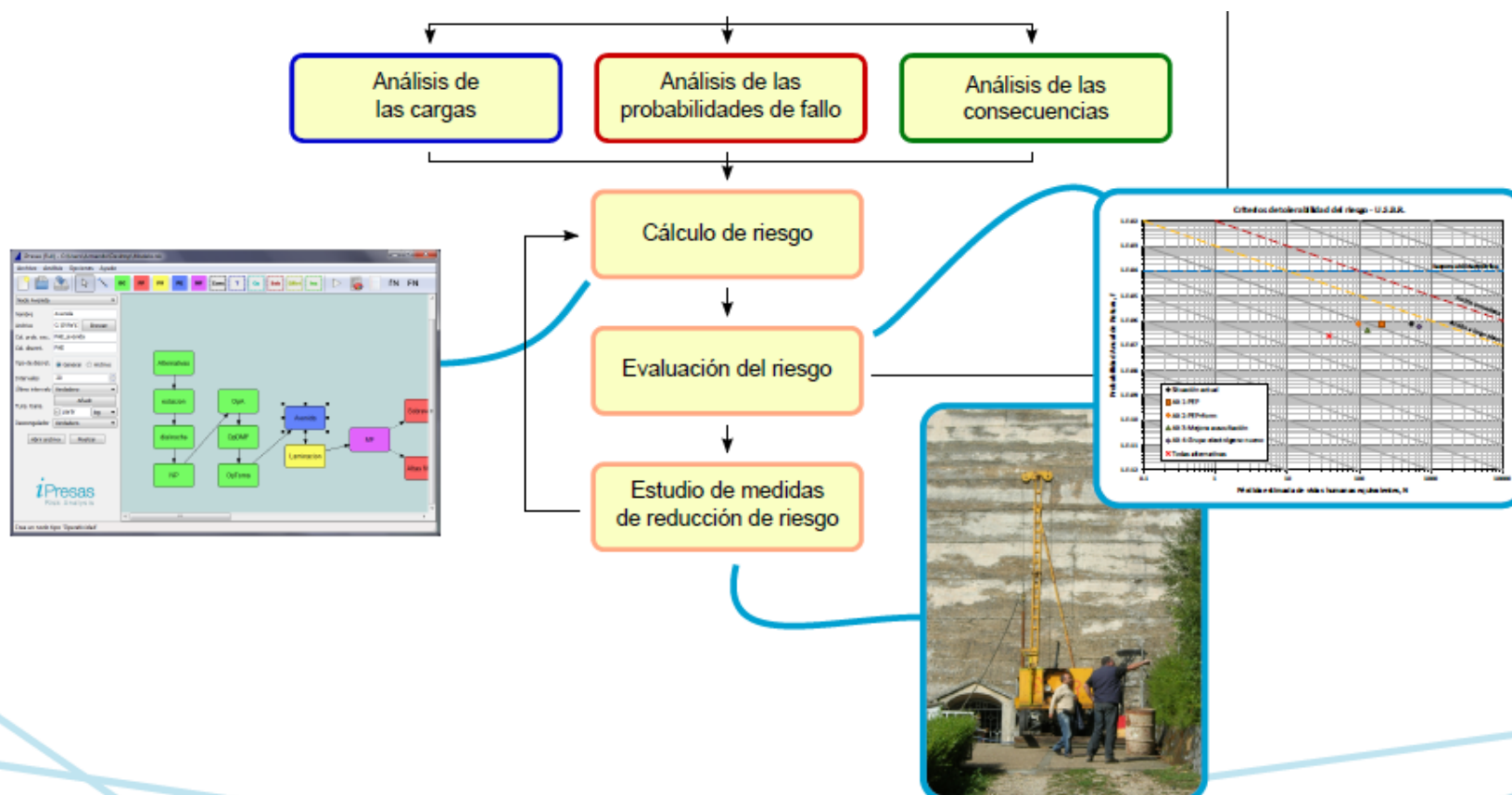


**FASE I:
CUALITATIVA**

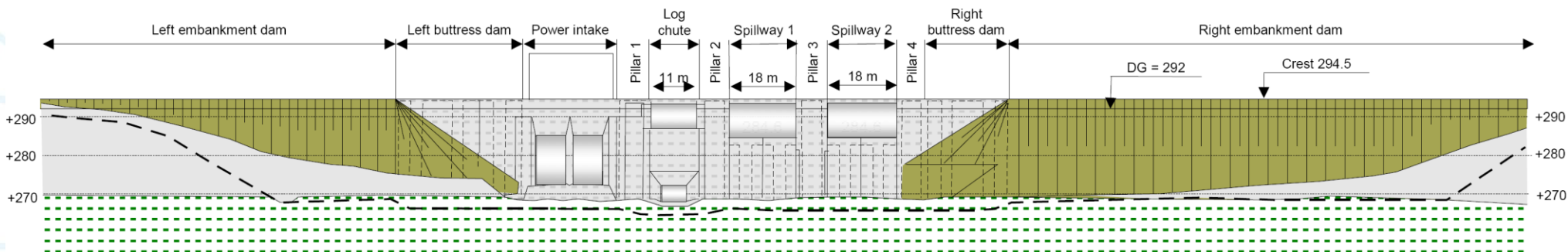
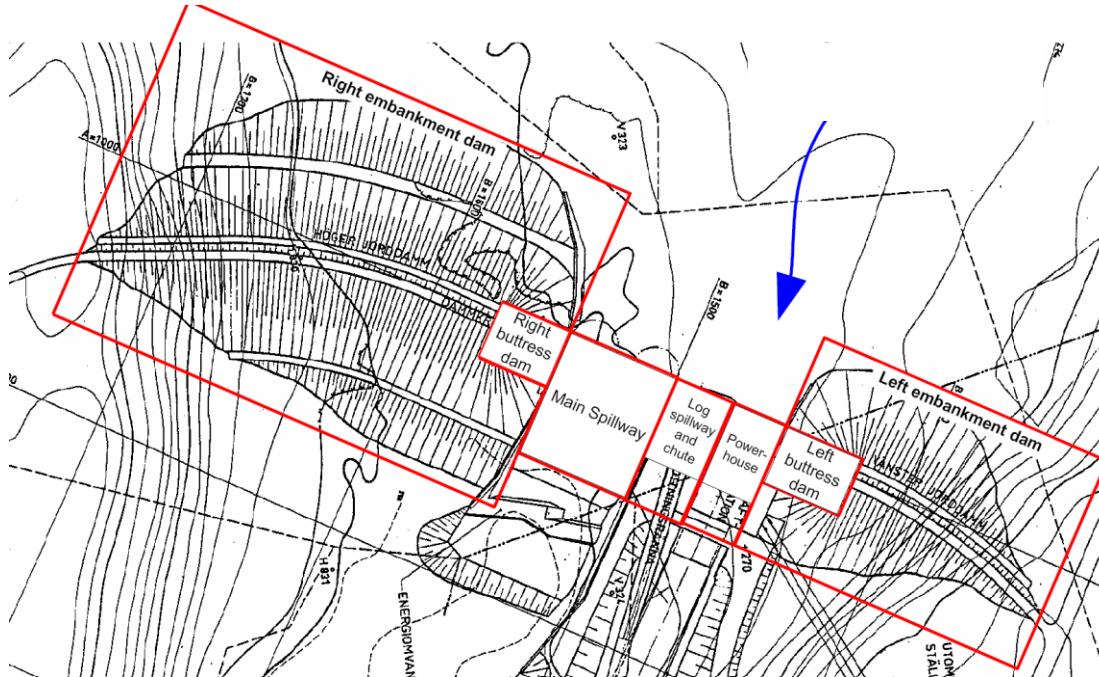
2) Modelos de riesgo



FASE II: CUANTITATIVA



2) Modelos de riesgo



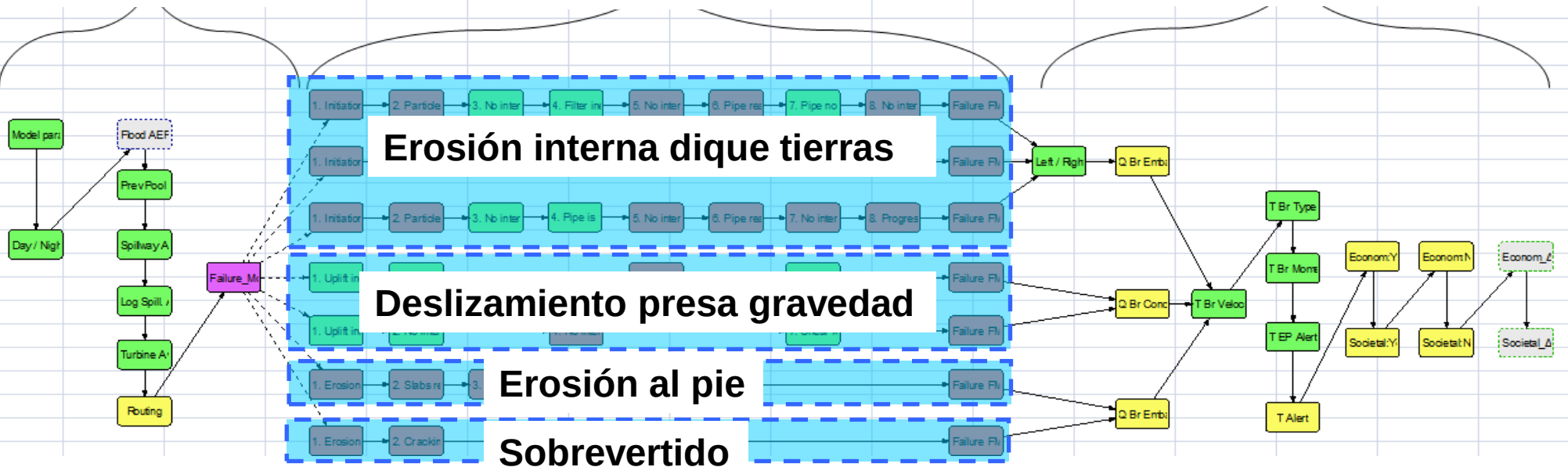
2) Modelos de riesgo



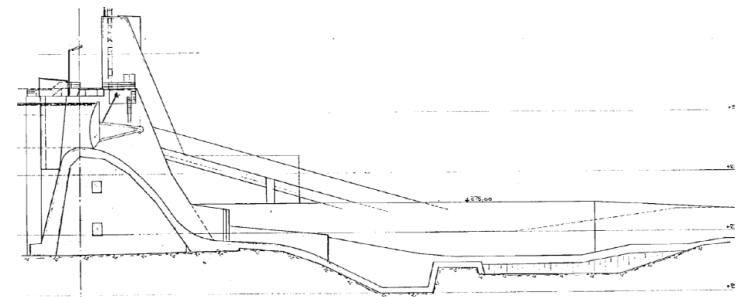
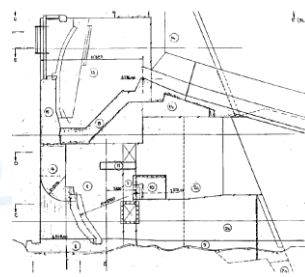
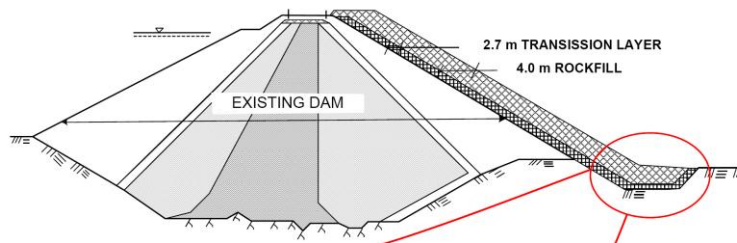
Sub-modelo CARGAS

Sub-modelo RESPUESTA

Sub-modelo CONSECUENCIAS



Strengthened by a Rock fill Berm In 2004-05



2) Modelos de riesgo

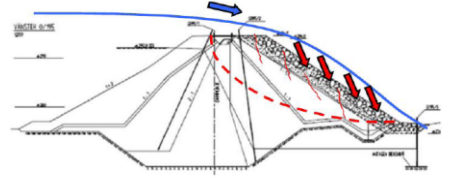


Sub-modelo de RESPUESTA

FM8: OVERTOPPING IN THE EMBANKMENT SECTION

FAILURE MODE DESCRIPTION

In a Hydrologic scenario, due to a severe flood and/or inadequate spillway capacity and/or inability to open the gates, water level raises over the crest of the dam. Flow over downstream slopes of embankment parts of the dam causes erosion that progresses leading to slope instability, breach and dam failure.



NODE 1: EROSION OF DOWNSTREAM SLOPES OF THE EMBANKMENT

This node evaluates the probability of initiating a erosion in the downstream face of the earthfill dam. This node implies that the overtopping is already taking place, as is define in the "loads" part of the risk model.



MORE LIKELY FACTORS

- Erosion of a soil embankment is expected to begin at small depths (0.3 m).
- Once the impervious embankment is eroded, the water level rises over the crest of the dam.

LESS LIKELY FACTORS

- The large toe berm increases the time the dam

PROBABILITY ESTIMATION WITH EXPERT JUDGEMENT

Participant
Data

Verbal descriptors table
Reagan

Risk model variable

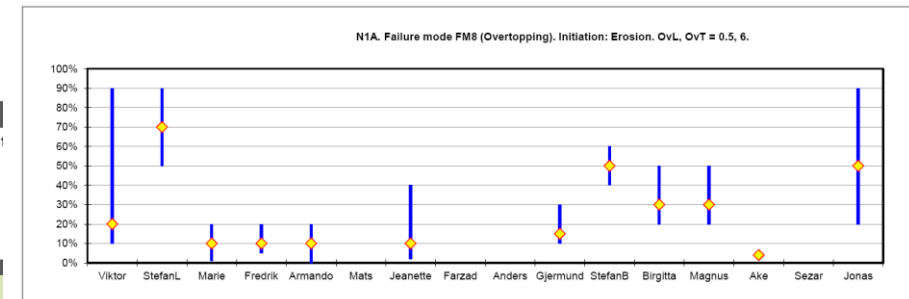
- Maximum water level reached in the reservoir during the flood event (MaxWL).
- Duration of overtopping (TOV).

Variable 1 value	Variable 2 value		
	Upper/Best/Lower	Upper/Best/Lower	Upper/Best/Lower
	/ / /	/ / /	/ / /
	/ / /	/ / /	/ / /
	/ / /	/ / /	/ / /
Zero prob. value of Var 1	/ / /	/ / /	/ / /

NODE 1: INITIATION – EROSION OF DOWNSTREAM SLOPES OF THE EMBANKMENT

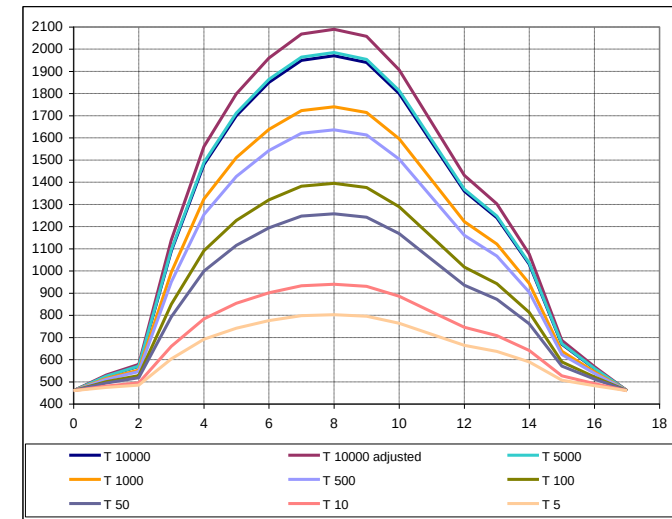
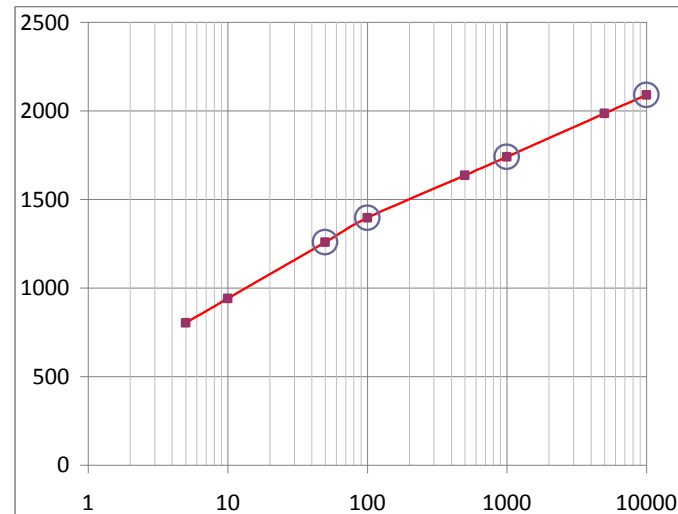
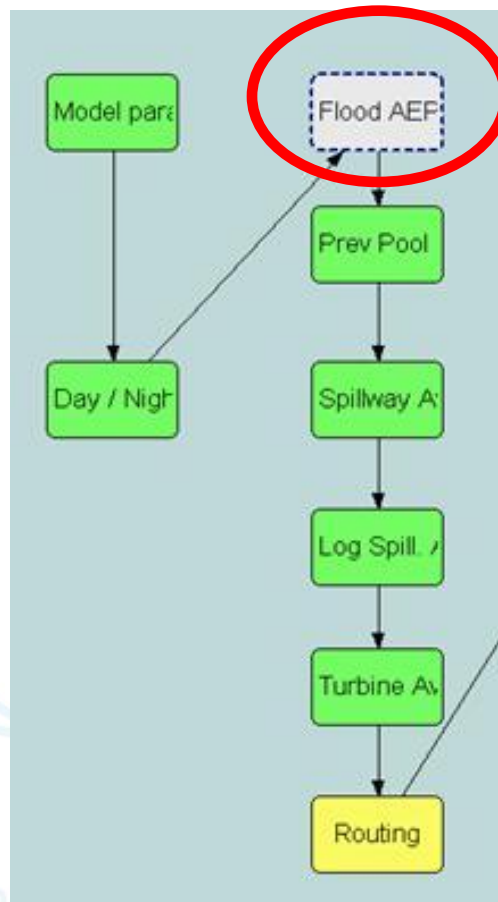
VARIABLE: OVERTOPPING HEIGHT and OVERTOPPING TIME

VALUE: 0,5 m and 6 hours



3) Integración de la seguridad en los modelos

Sub-modelo de CARGAS



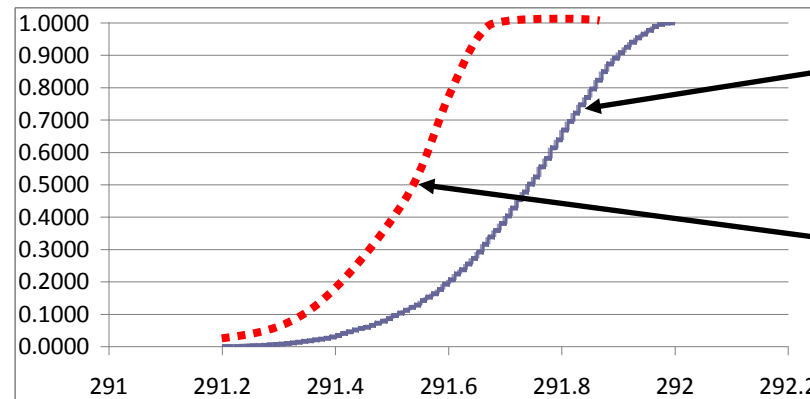
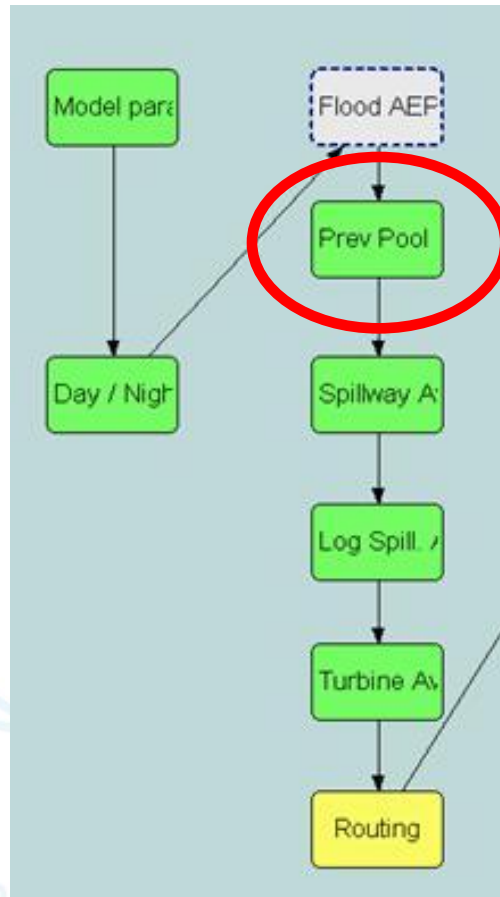
EVENTOS HIDROLÓGICOS

Probabilidad anual de excedencia de las crecidas
Selección de la CDA

Anteproyecto de normas para la seguridad de presas,
ASEP, Panamá (2009)

3) Integración de la seguridad en los modelos

Sub-modelo de CARGAS



Niveles previos con la regla de operación actual

Niveles previos con una Regla de operación alternativa

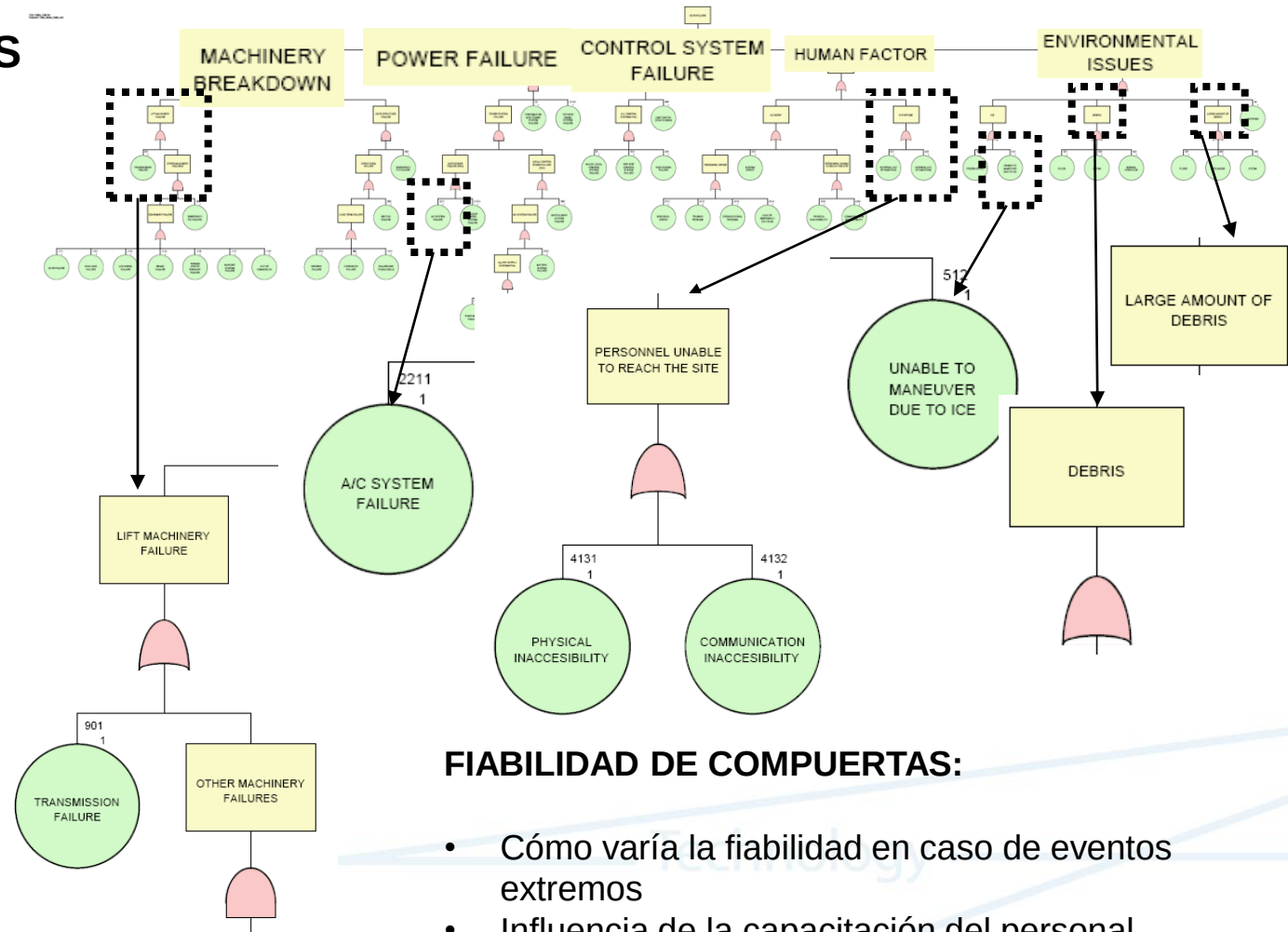
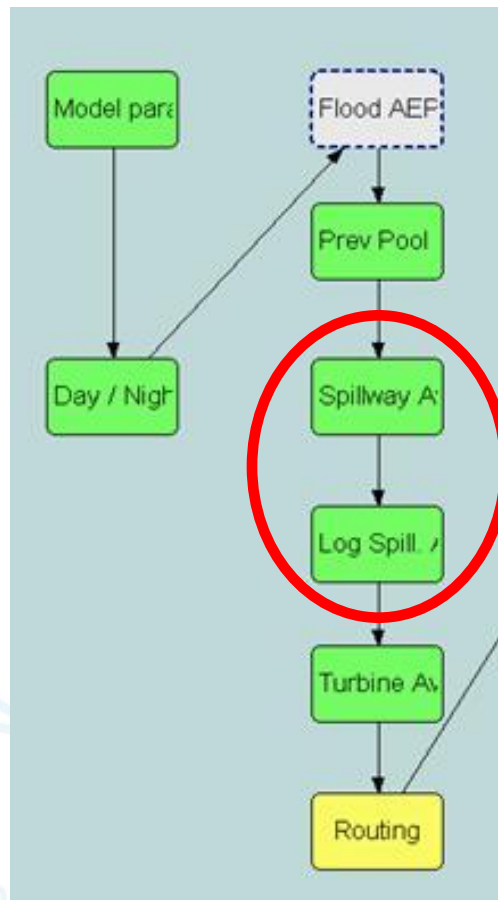
REGLAS DE OPERACIÓN:

Impacto sobre seguridad de presa y gestión del agua

El modelo de riesgo ayuda en la evaluación de cómo puede afectar un cambio en las reglas de operación a la seguridad de presas en términos de probabilidad de fallo

3) Integración de la seguridad en los modelos

Sub-modelo de CARGAS

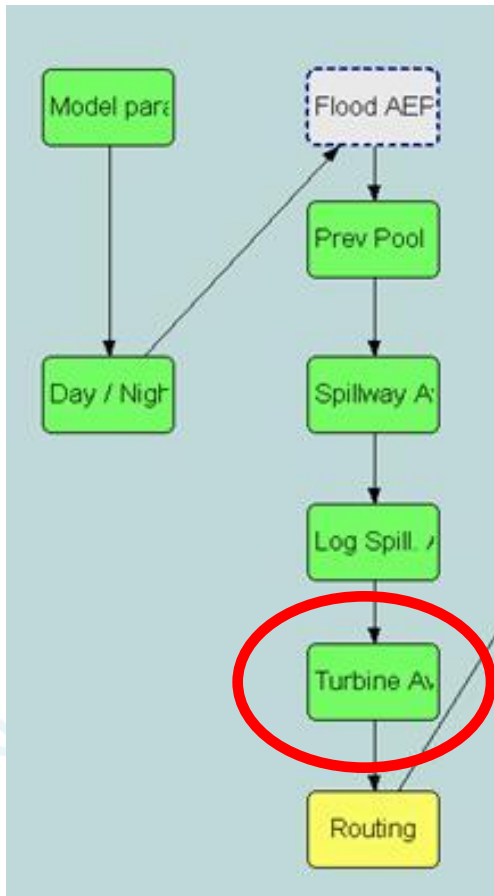


FIABILIDAD DE COMPUERTAS:

- Cómo varía la fiabilidad en caso de eventos extremos
- Influencia de la capacitación del personal

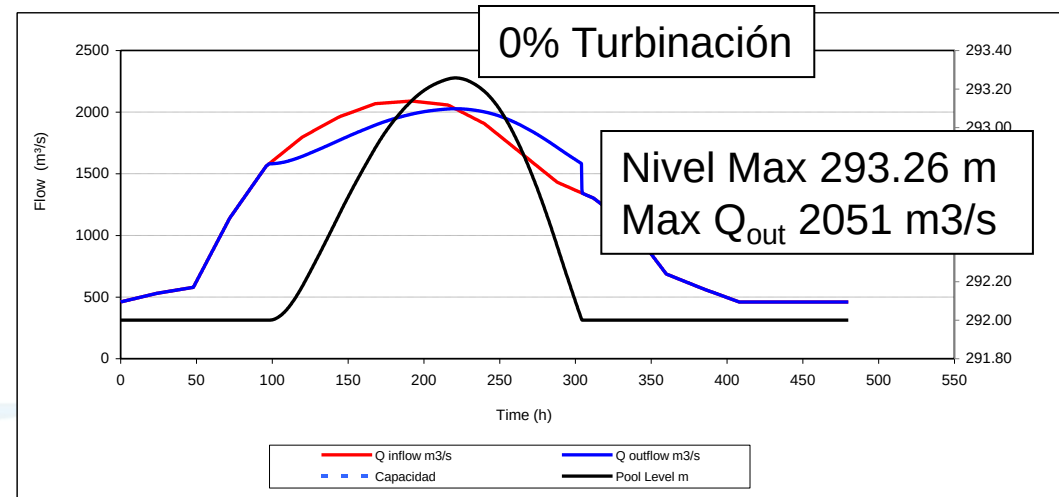
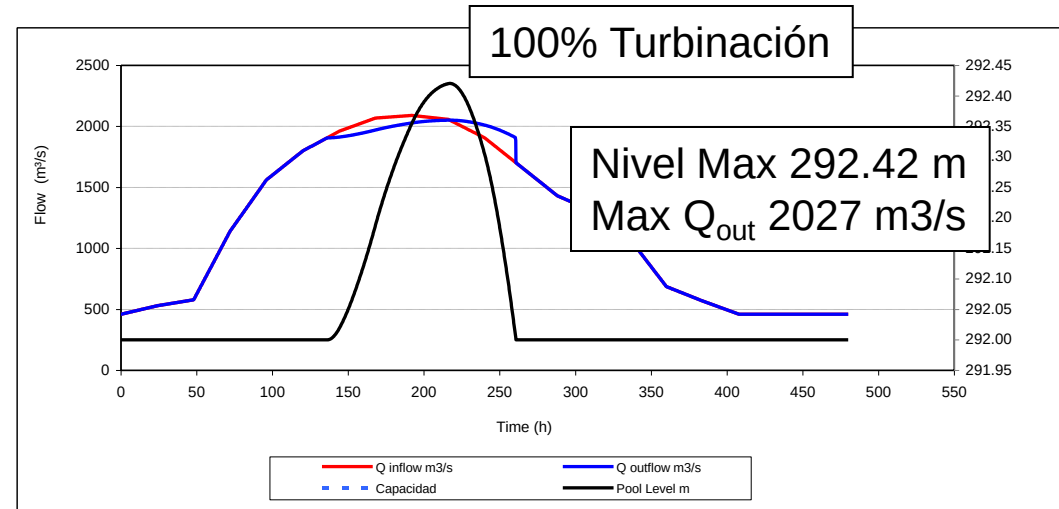
3) Integración de la seguridad en los modelos

Sub-modelo de CARGAS



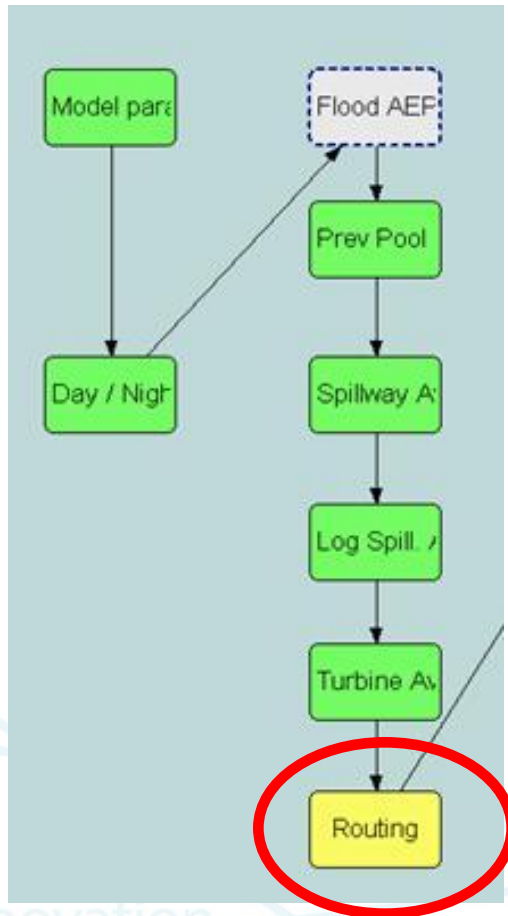
Nivel 292 m
Aliv ppal 100%
Aliv sec 100%
T 10,000 años

Impacto de
operación
sobre
seguridad
y gestión

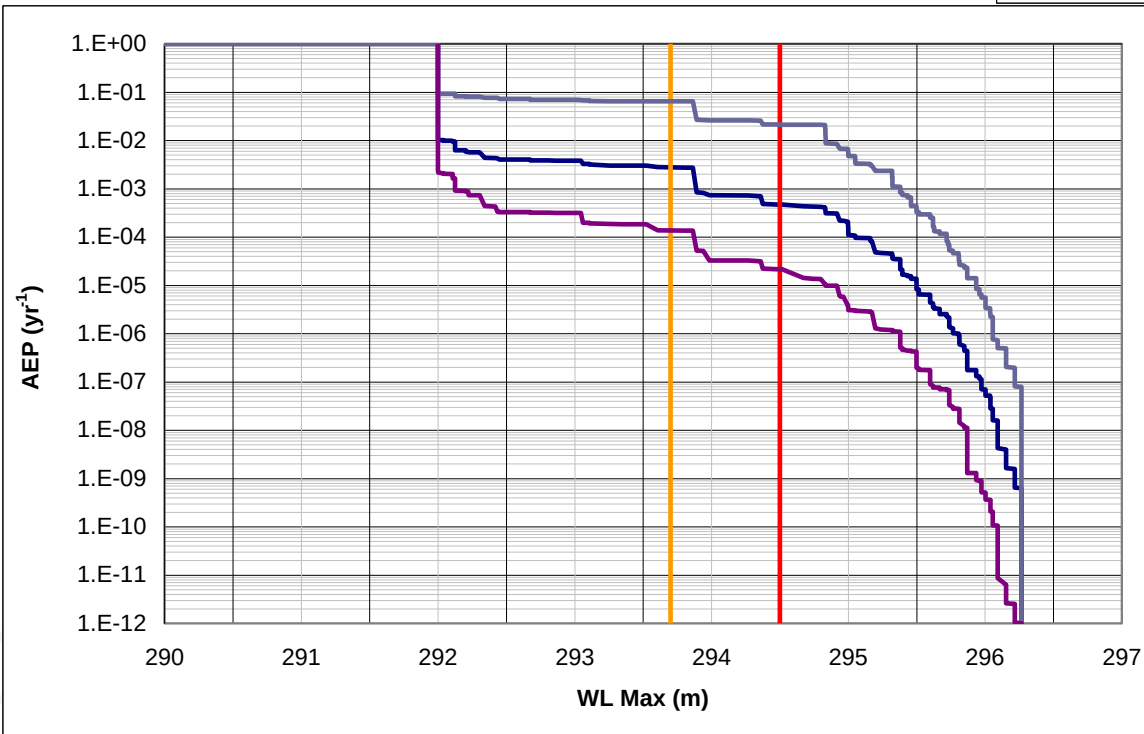
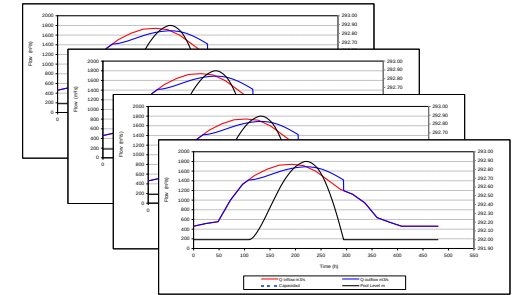


3) Integración de la seguridad en los modelos

Sub-modelo de CARGAS



Combinando avenidas (8) + Niveles (9) +
...+ Compuertas aliv ppal (3) +
...+ compuertas aliv secundario (2) +
...+ Turbinas (2) → 864 values
(Max WL; Max Q out;...;Prob)_i



3) Integración de la seguridad en los modelos

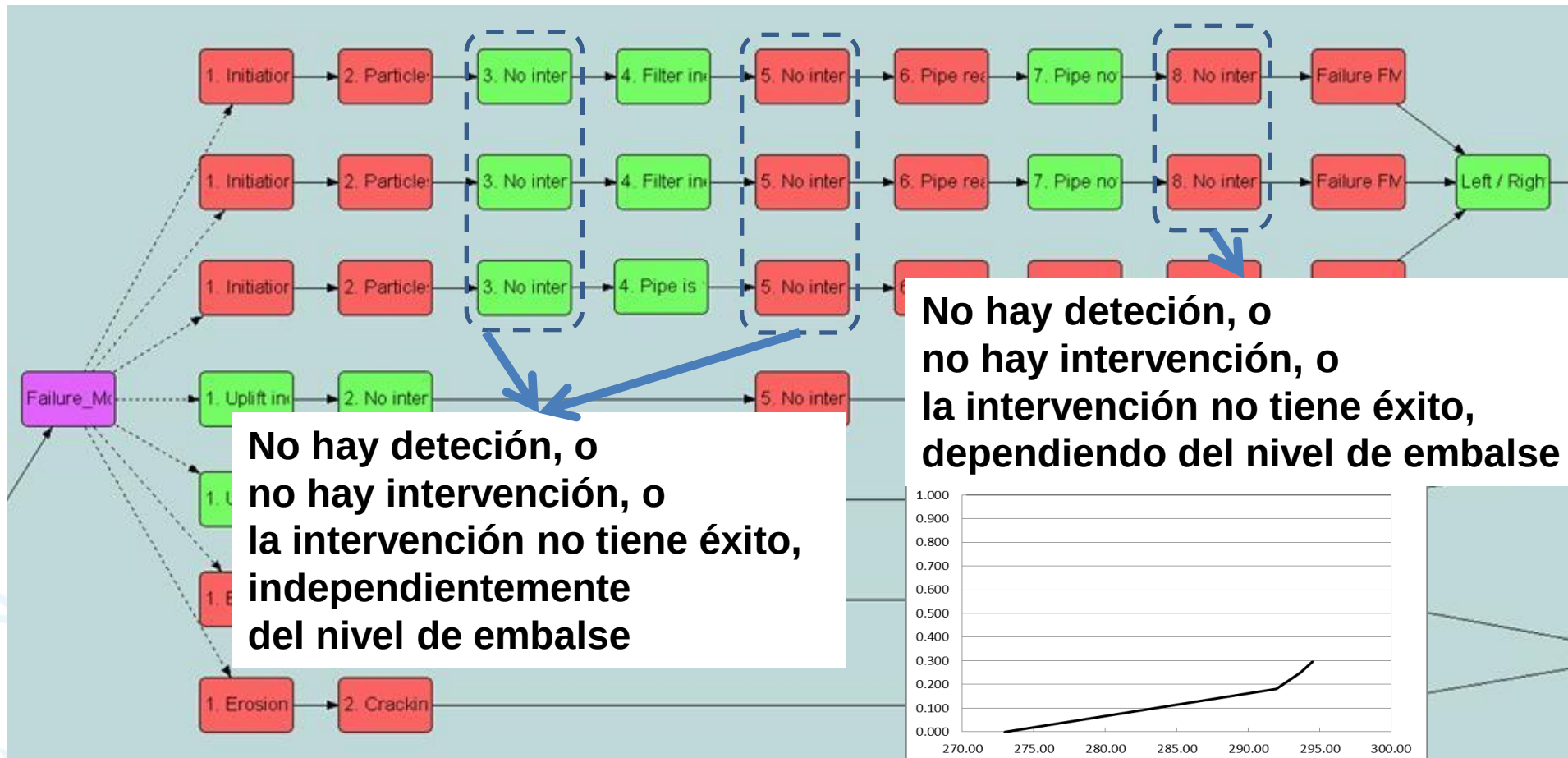
Sub-modelo de RESPUESTA

Independientes del nivel de embalse



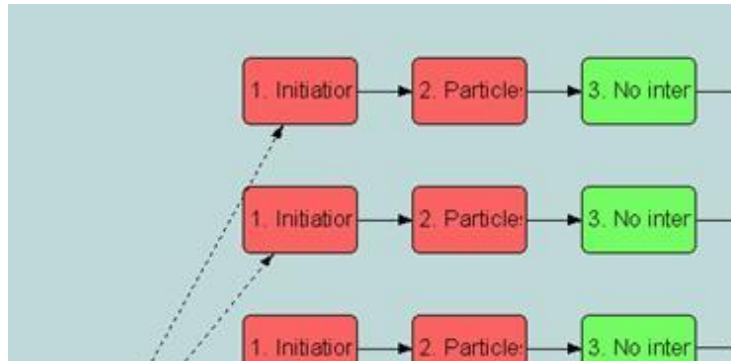
3) Integración de la seguridad en los modelos

Sub-modelo de RESPUESTA

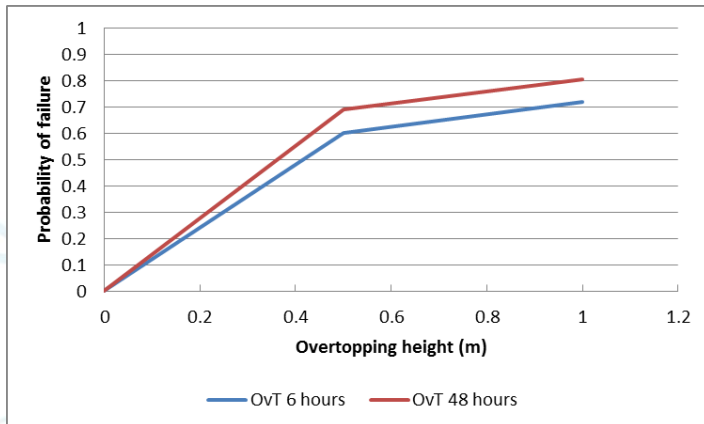


3) Integración de la seguridad en los modelos

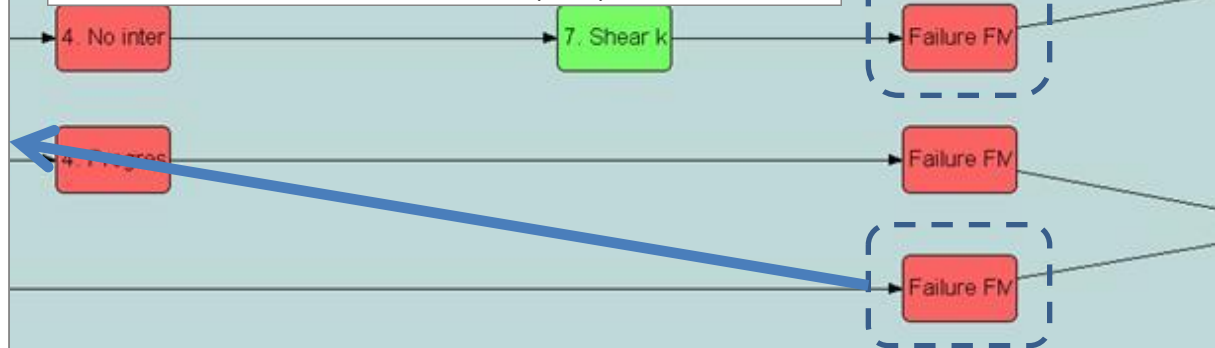
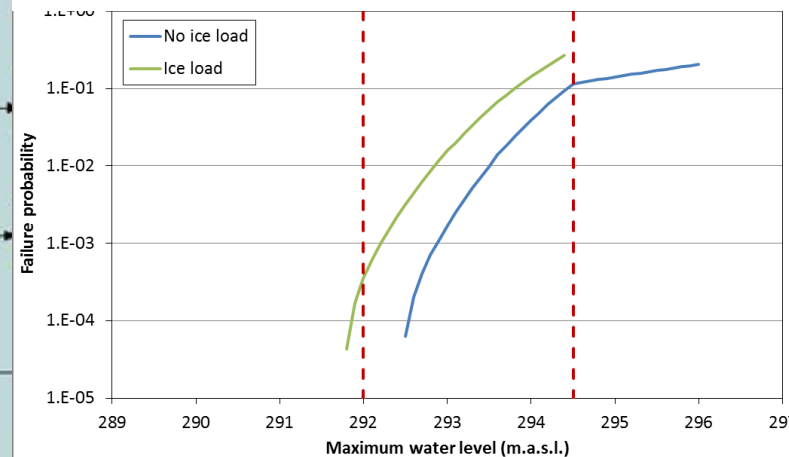
Sub-modelo de RESPUESTA



Curva de fragilidad para fallo por sobrevertido

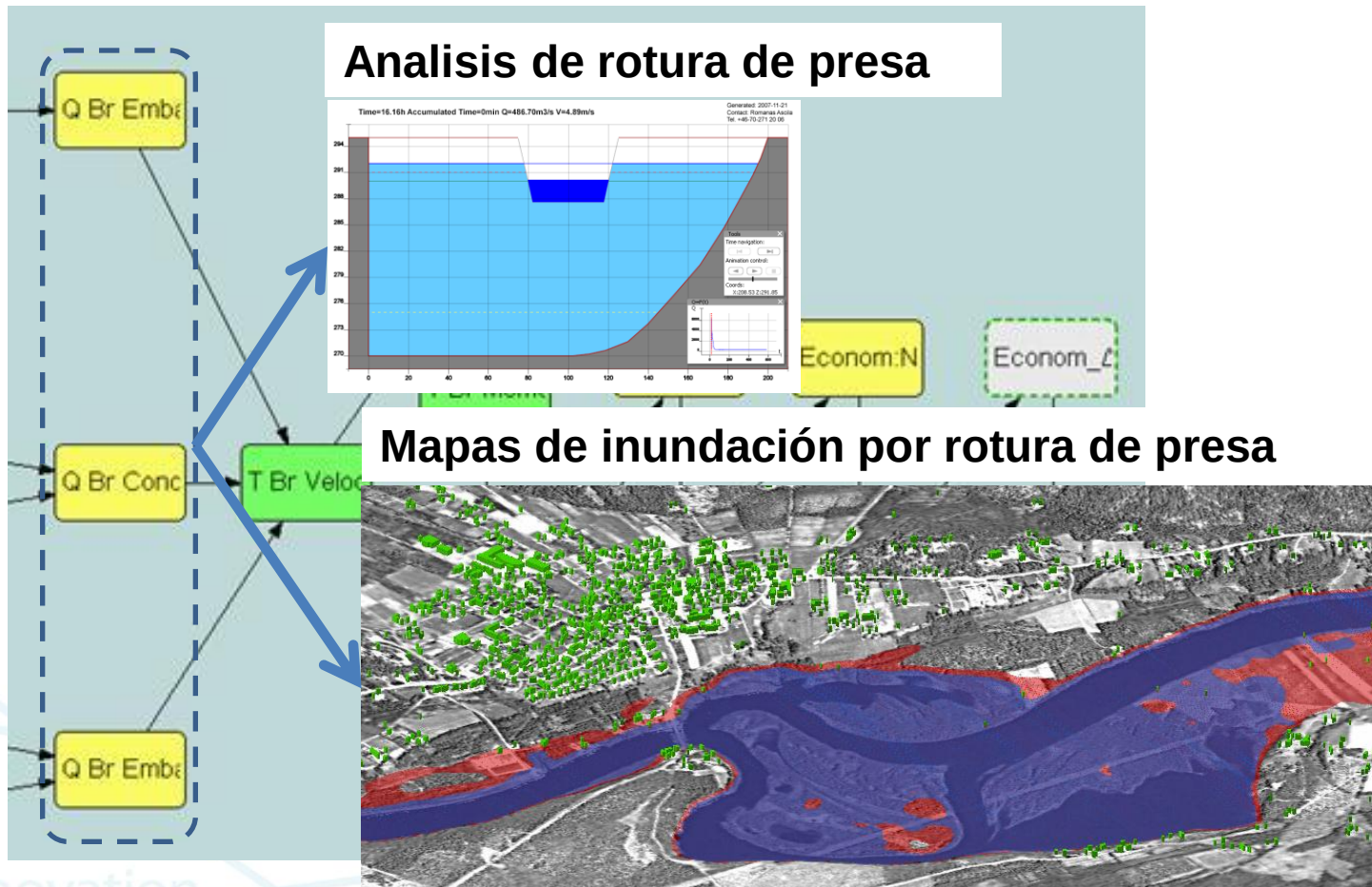


Curvas de fragilidad para el modo de fallo por deslizamiento calculadas por Monte Carlo



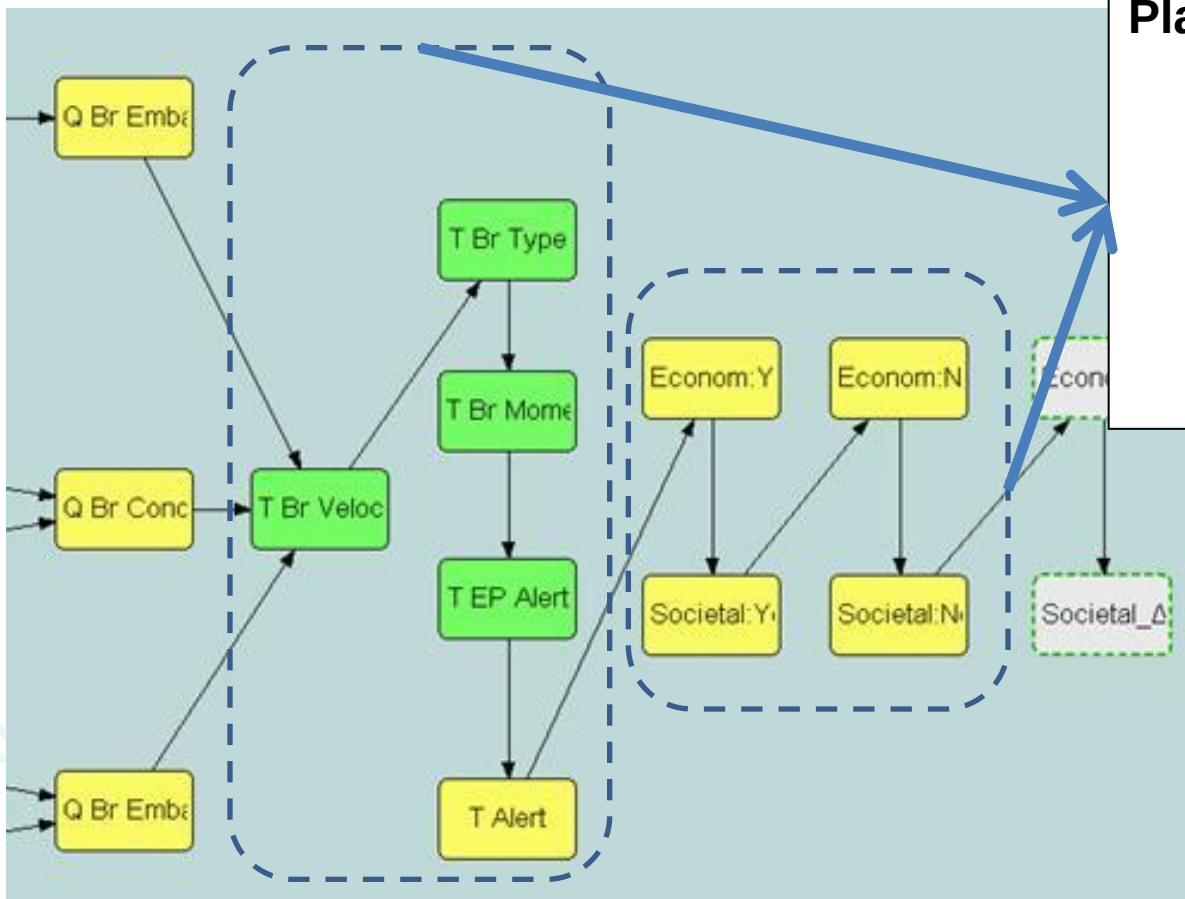
3) Integración de la seguridad en los modelos

Sub-modelo de CONSECUENCIAS



3) Integración de la seguridad en los modelos

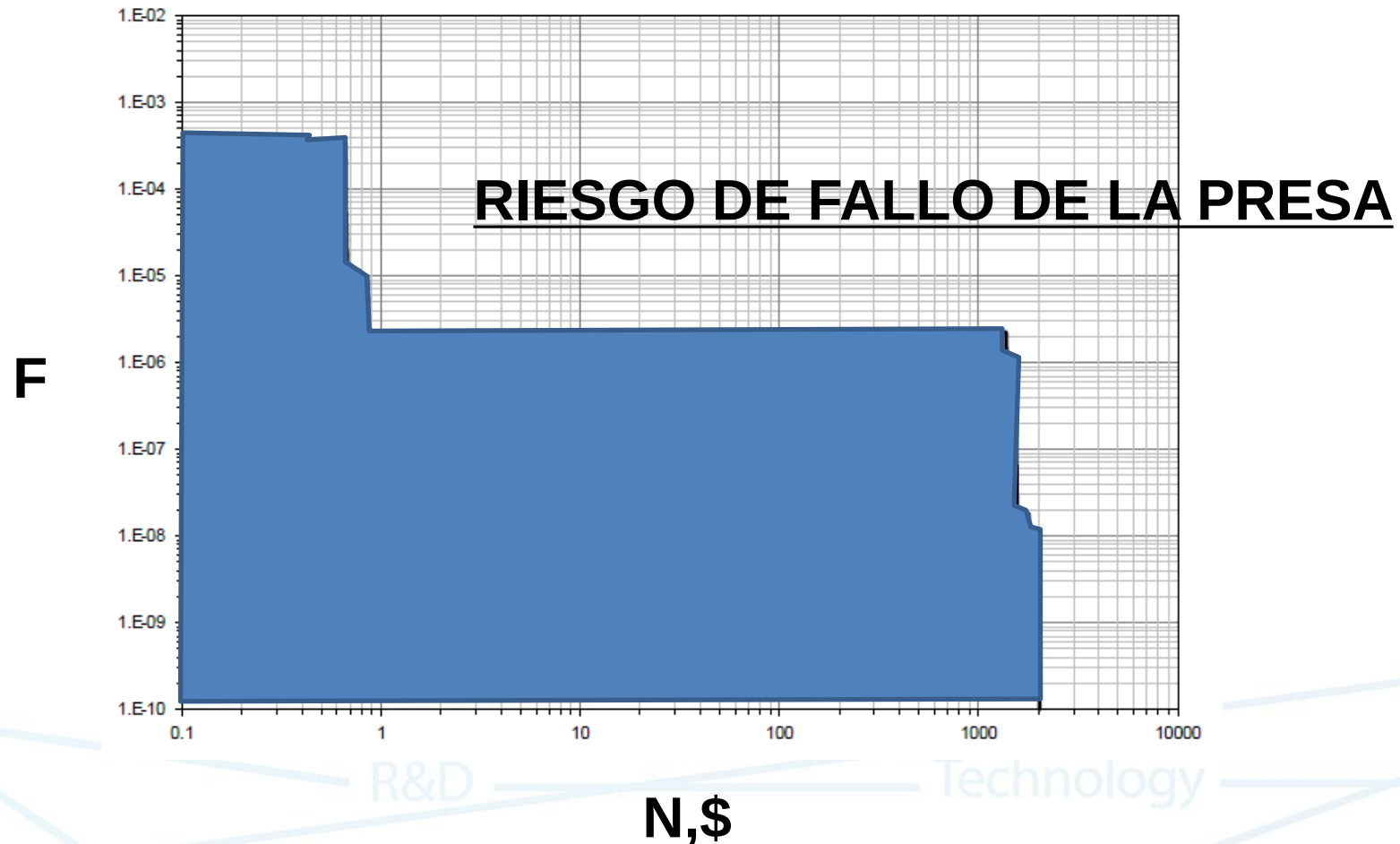
Sub-modelo de CONSECUENCIAS



Plan de Emergencia de Presa

Organización
Plan de alarmas
Planes de acción
Recursos
Comunicaciones
Formación

4) Resultados y utilidad de los modelos de riesgo



Priorización de inversiones en seguridad de presas

- **HSE (UK)**

Reducing risks, protecting people (2001)

- **ANCOLD (Australia)**

Guidelines on Risk Assessment (2003)

- **ICOLD**

Boletín 130 (2005)

- **USACE (USA)**

Dam Safety Action Classification (2005)

- **USBR (USA)**

Dam Safety Protection Guidelines (2011)

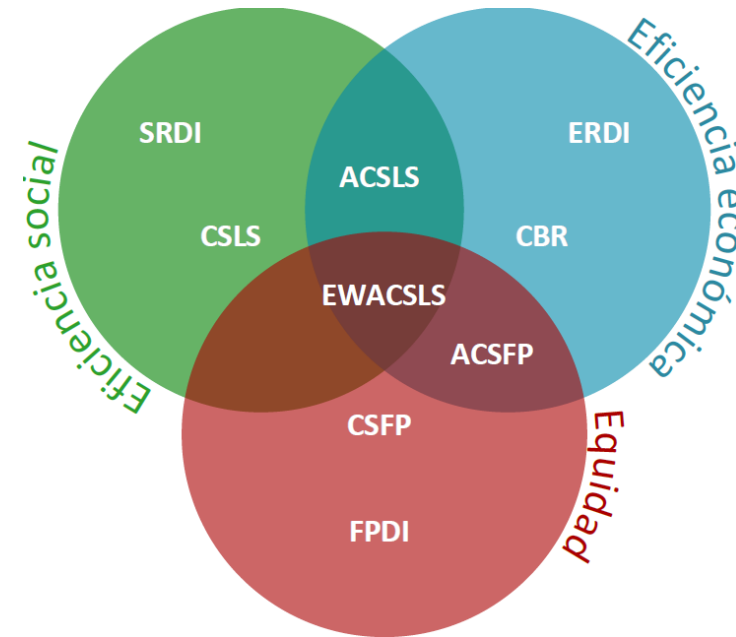
- Dos principios:

- Eficiencia
- Equidad

- Priorización de medidas de riesgo a partir de indicadores basados en estos principios.

- Relacionar la urgencia de la actuación con el riesgo existente.

MFPD	$\frac{1}{f_p(BC) - f_p(MEA)}$	Equity
CSFP	$\frac{C_a}{f_p(BC) - f_p(MEA)}$	Efficiency Equity
ACSFP	$\frac{C_a - (r_\epsilon(BC) - r_\epsilon(MEA))}{f_p(BC) - f_p(MEA)}$	Efficiency Equity
ACSLs	$\frac{C_a - (r_\epsilon(BC) - r_\epsilon(MEA))}{r_l(BC) - r_l(MEA)}$	Efficiency
CSLS	$\frac{C_a}{r_l(BC) - r_l(MEA)}$	Efficiency
MSRD	$\frac{1}{r_l(BC) - r_l(MEA)}$	Maximum social risk reduction



EWACSLs

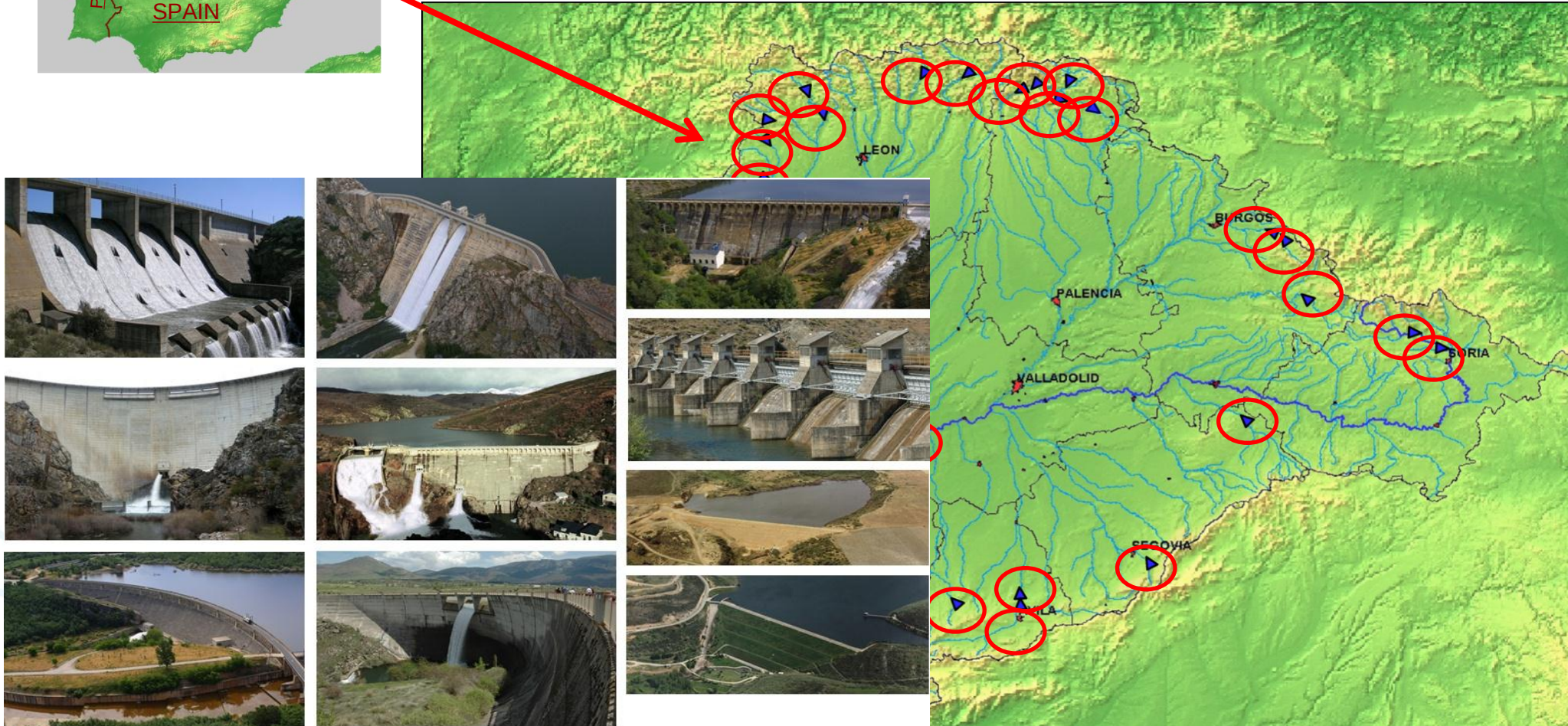
$$\frac{ACSLs}{\left(\frac{\max(f_p(BC), 10^{-4})}{\max(f_p(MEA), 10^{-4})} \right)^n}$$

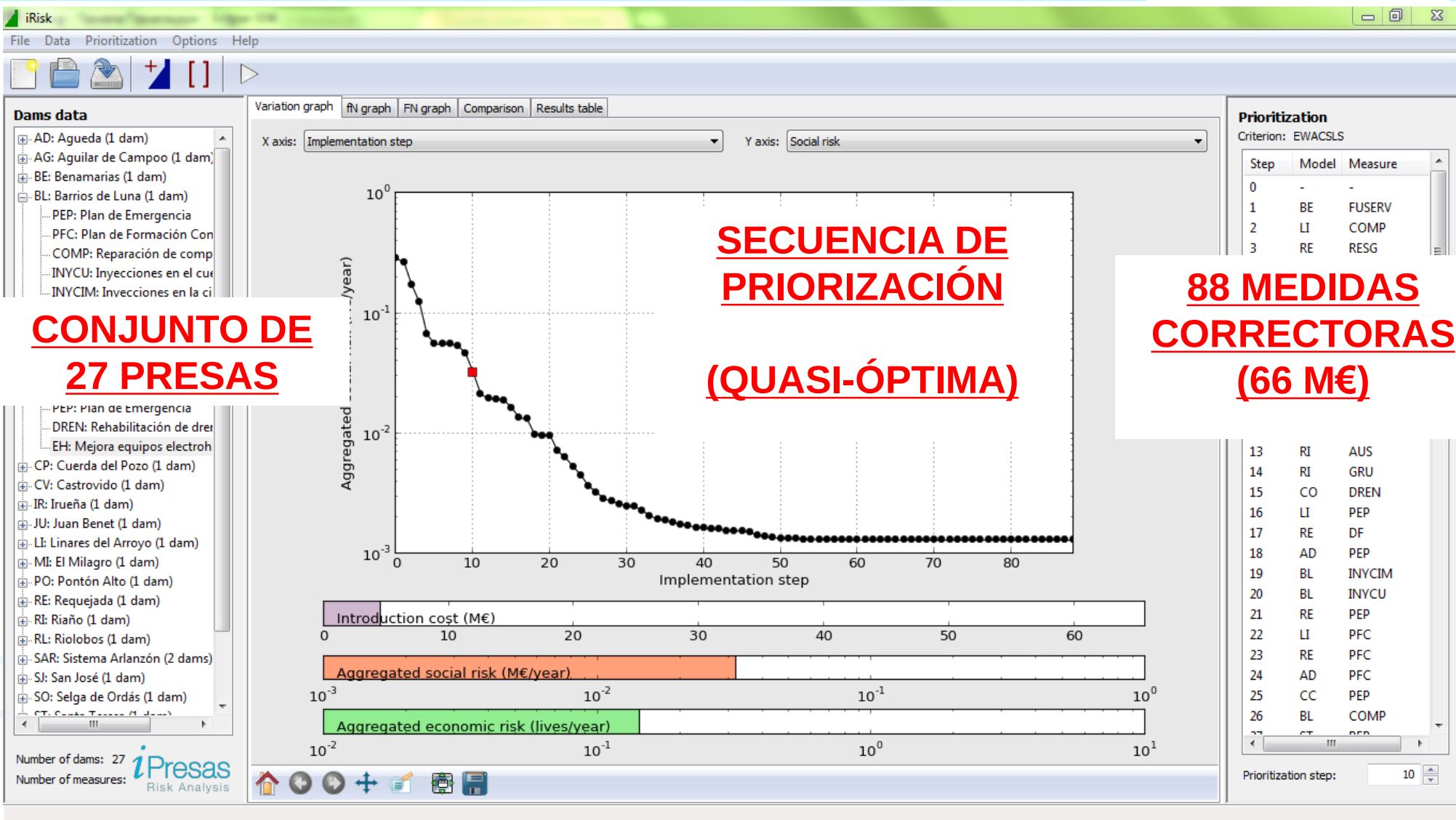
Efficiency Equity

EWACSLs: Equity
Weighted
Adjusted Cost
per Statistical Live Saved

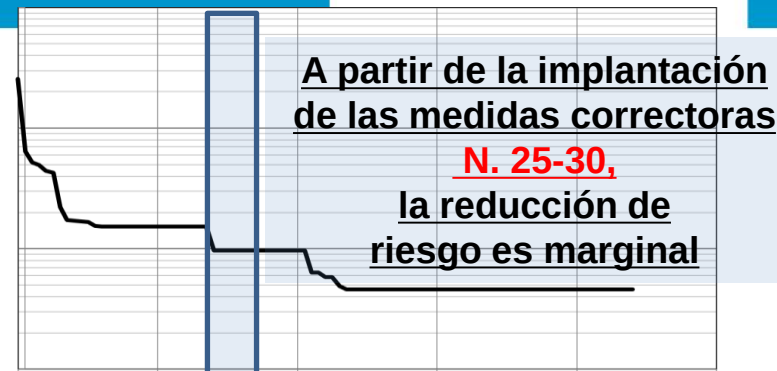
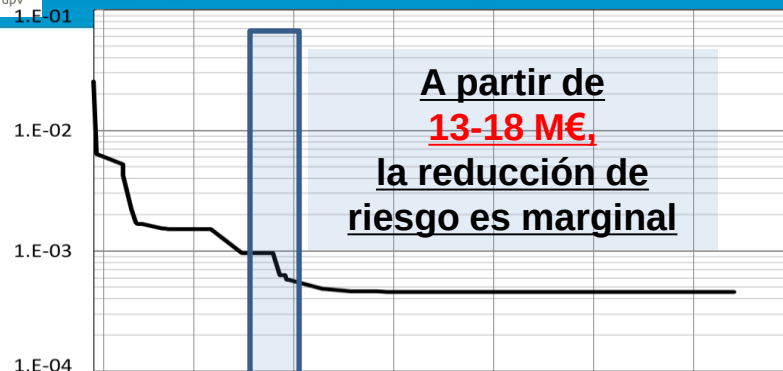


CASO DE ESTUDIO DE TOMA DE DECISIONES: CONJUNTO DE 27 PRESAS

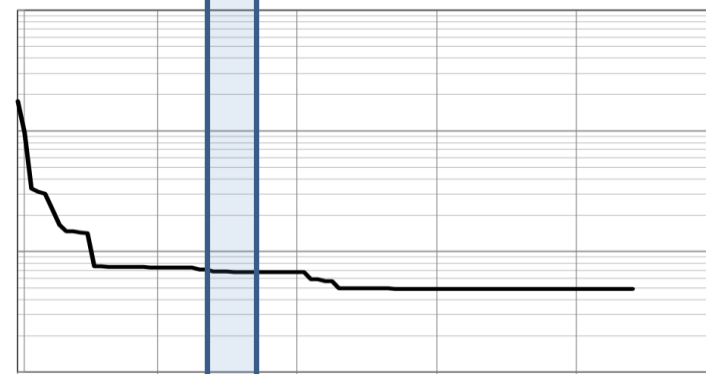
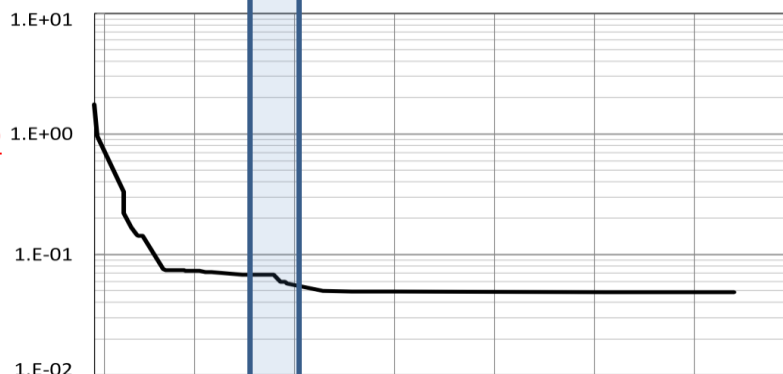




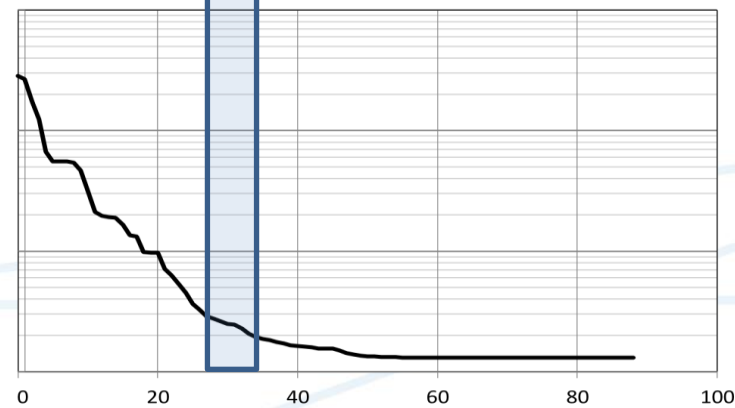
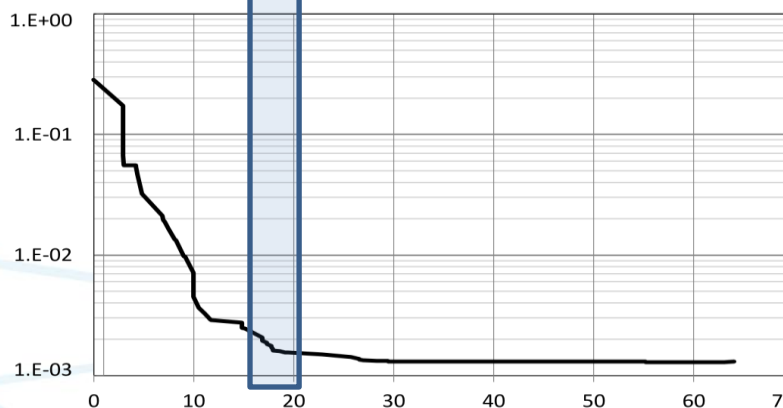
PROBABILIDAD DE FALLO



RIESGO ECONÓMICO (M€/año)

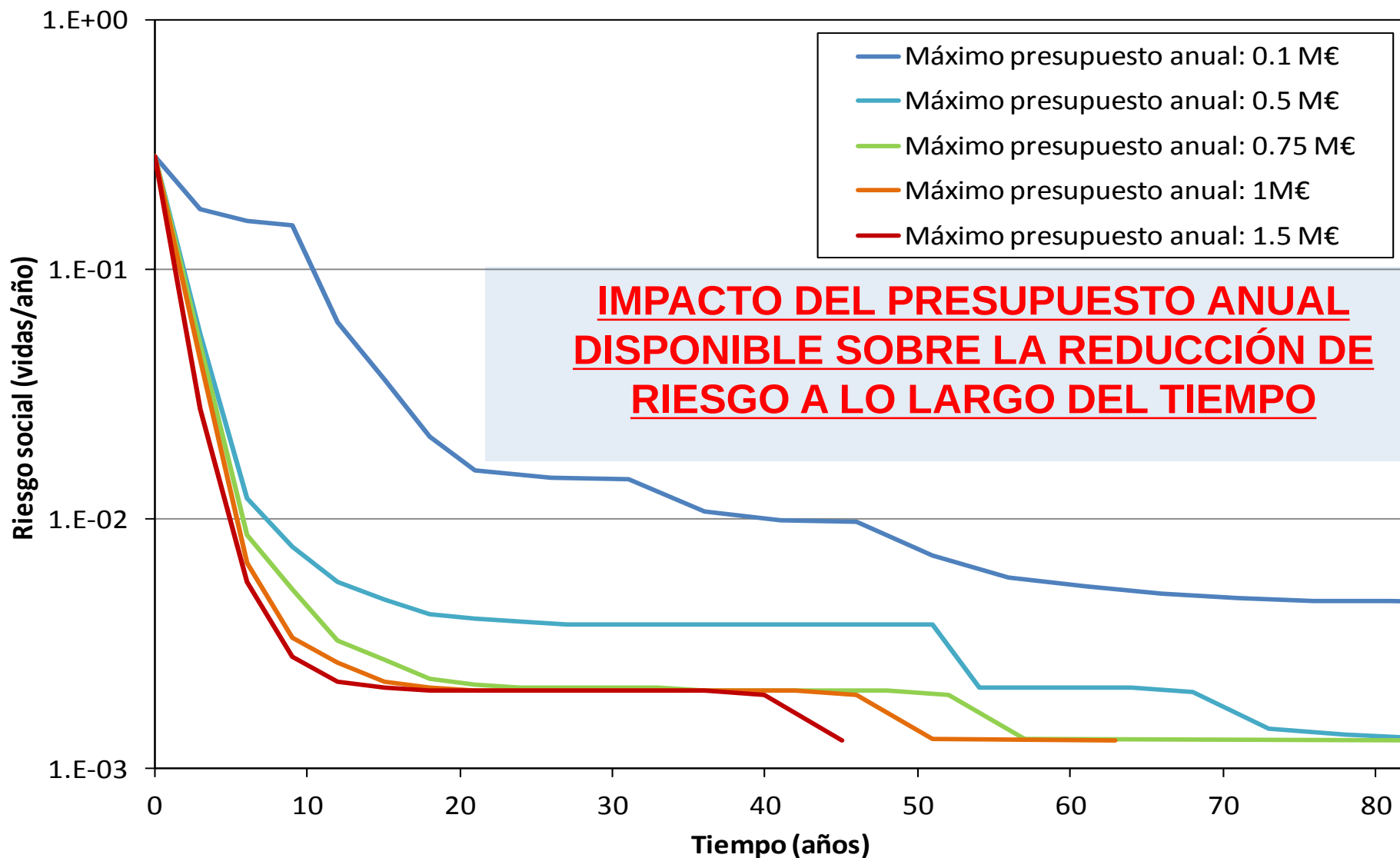


RIESGO SOCIAL (Vidas/año)



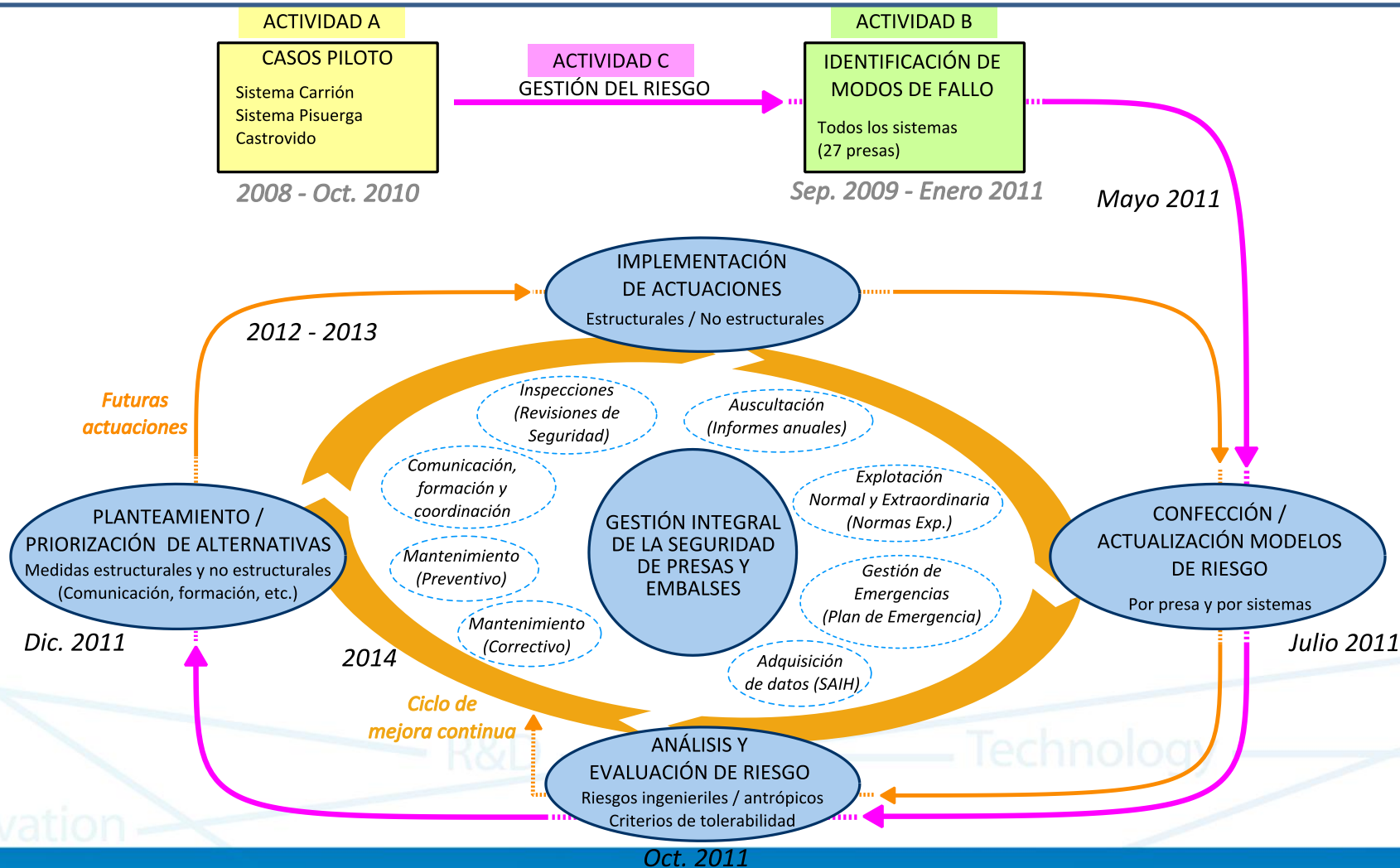
COSTE M€

PASO DE IMPLEMENTACIÓN



Coste < 50,000 Euros/presa

Ahorro > 1,5 Millones de Euros/presa



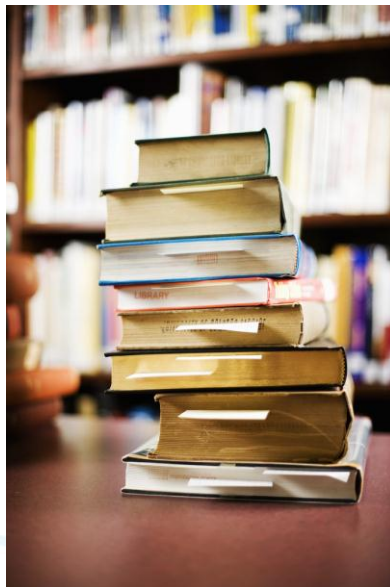
5) Conclusiones

Los modelos de riesgo permiten **INTEGRAR** de forma **EFICIENTE** la información relevante relativa a la SEGURIDAD DE PRESAS



5) Conclusiones

Los modelos de riesgo permiten **utilizar de forma eficiente la información YA EXISTENTE**



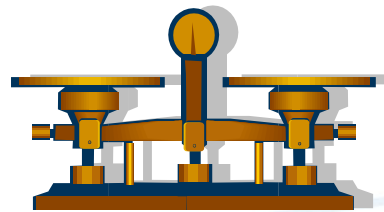
5) Conclusiones

Los modelos de riesgo proporcionan una **PERSPECTIVA más amplia de los impactos relativos** que sobre la seguridad de presas tienen elementos como el estado actual de la presa, los eventos extremos, las reglas de operación del embalse, y los planes de emergencia de presa



5) Conclusiones

Los modelos de riesgo **permiten evaluar la eficiencia de las distintas medidas de reducción de riesgo**, generando información sobre **priorización de inversiones**, muy útil para los propietarios y operadores de presas en su toma de decisiones con relación a la seguridad



R&D

Technology

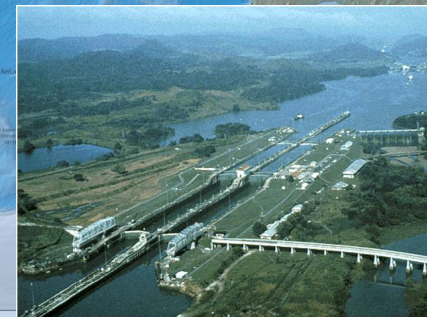
Innovation

GOBERNANZA DE PRESAS

Seguridad de presas
Evaluación
Inspección
Monitoreo

Inversiones
Operación
Mantenimiento
Adaptación

LOS MODELOS DEL RIESGO = EL CANAL



MUCHAS GRACIAS!

Luis Altarejos García

laltarejos@ipresas.com

PREGUNTAS?

www.ipresas.com
www.ipresas.upv.es

