



www.ipresas.upv.es


II SEMANA INTERNACIONAL SOBRE LA APLICACION DEL ANALISIS DE RIESGOS A LA SEGURIDAD DE PRESAS
 2nd INTERNATIONAL WEEK ON RISK ANALYSIS AS APPLIED TO DAM SAFETY AND DAM SECURITY


APLICACIÓN DEL ANALISIS DE RIESGOS A LA SEGURIDAD DE PRESAS. EJEMPLOS

Valencia, 26 de Febrero de 2008
 Dr. Ignacio Escuder Bueno






PRESENTACION
2



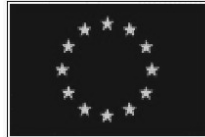

8 DE MARZO DE 2005,
 UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA

www.ipresas.upv.es

1

	PRESENTACION	3
<p>Queda pendiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estimar la disminución efectiva de riesgos sobre la seguridad de las Presas • Estimar el coste de la seguridad • Establecer <i>criterios de eficiencia de las inversiones en seguridad de presas</i> 		
<p>14 DE JUNIO DE 2006, MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE</p>		
www.ipresas.upv.es		

	PRESENTACION	4
<p>TÍTULO DEL PROYECTO: Aplicación del análisis de riesgos a los programas de conservación, mantenimiento, rehabilitación y gestión de la seguridad de presas y embalses. BIA2006-08948</p>		
<p>ENTIDAD FINANCIADORA: Ministerio de Ciencia y Tecnología (Plan Nacional de I+D+I, 2004-2007)</p>		
DURACIÓN DESDE: 01/12/2006		HASTA: 01/12/2009
		<p>1 DE DICIEMBRE DE 2006, MEC</p>
www.ipresas.upv.es		

**DAMSE**EC funded project
JLS/2006/EP CIP/001**CESI RICERCA****Verbund**MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE
CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR**CVA****A European Methodology for the Security Assessment of Dams**

a **risk assessment** procedure to support managers to evaluate the level of risk associated with the threat, consequences, and protective system effectiveness and identify the needs in terms of **security upgrades** or consequence mitigation for **risk reduction**

31 DE DICIEMBRE DE 2006,

COMISION EUROPEA

www.ipresas.upv.es**iPresas**
eDams

1

**755**

REAL DECRETO 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril.

La gestión del riesgo, uno de los aspectos fundamentales que debe abordar un país moderno, es el hilo común de esta modificación del Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1086, de 11 de abril, que persigue como objetivo la protección de las personas y los bienes, y del medio ambiente, a través de la modificación de la normativa sobre inundaciones y de la introducción de un nuevo título relativo a la seguridad de presas, embalses y balsas.

www.ipresas.upv.es**iPresas**
eDams


1

PRESENTACION 7

Valencia, del 26 al 29 de febrero / 26th-29th February, 2008

ANÁLISIS DE RIESGOS EN SEGURIDAD DE PRESAS




RISK ANALYSIS AS APPLIED TO DAM SAFETY AND DAM SECURITY



www.ipresas.upv.es

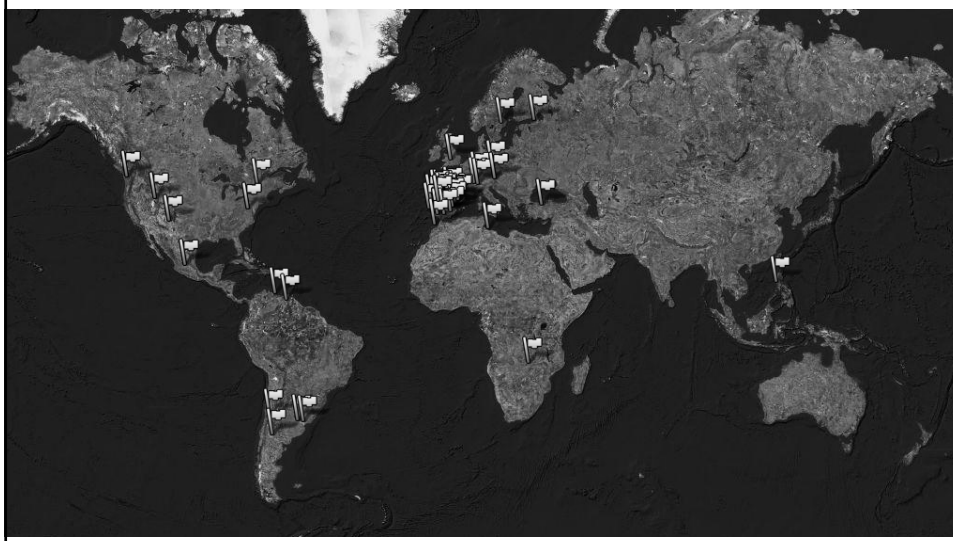
EC-DAMSE WORKSHOP 26 de febrero de 2008 26th February 2008	CURSO TEÓRICO-PRÁCTICO THEORETICAL-PRACTICAL COURSE Del 27 al 29 de febrero de 2008 27th-29th February 2008
--	--

II SEMANA INTERNACIONAL SOBRE LA APLICACION DEL ANALISIS DE

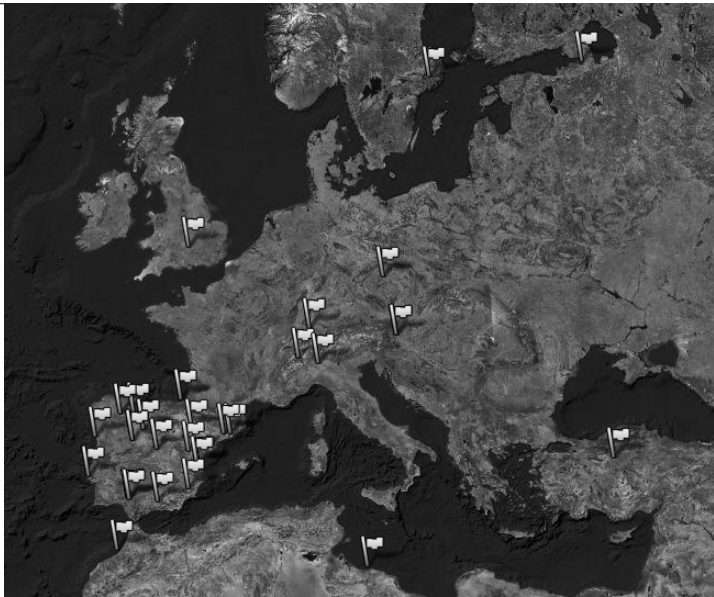
www.ipresas.upv.es **iPresas eDams**

PRESENTACION 8



www.ipresas.upv.es **iPresas eDams**

PRESENTACION 9



www.ipresas.upv.es

iPresas
eDams

1

PRESENTACION 10


OBJETIVOS:

- Reflexionar sobre los retos en seguridad de presas por:
 - ✓ acciones naturales (hidrológicas, sísmicas...)
 - ✓ inducidas por el hombre (sabotaje, vandalismo, terrorismo...)
- Proporcionar herramientas concretas de:
 - ✓ evaluación de la seguridad
 - ✓ evaluación de la eficiencia de inversiones
- Dar formación sobre el análisis de riesgos
(programa doctorado del DIHMA_mención de calidad_MEC)


www.ipresas.upv.es


iPresas
eDams

1


 ESTRUCTURA DE LA EXPOSICIÓN 11

- AR APLICADO A "DAM SAFETY" Y "DAM SECURITY"
- "SCREENING" DE RIESGO Y DE CONSECUENCIAS
- SOLICITACIONES Y ATAQUES
- MODOS DE FALLO Y PERDIDAS DE MISION
- PROBABILIDADES DE FALLO E INEFECTIVIDAD
- CONSECUENCIAS
- ANALISIS CUANTITATIVO Y CUALITATIVO

www.ipresas.upv.es 

 1. AR EN DAM SAFETY AND DAM SECURITY 12

AR APLICADO A DAM SAFETY Y DAM SECURITY

www.ipresas.upv.es 



1. AR EN DAM SAFETY AND DAM SECURITY

13

- Todas las sociedades reconocen mayoritariamente los extraordinarios beneficios asociados a las grandes presas
- Junto con otras grandes infraestructuras que el hombre ha construido, resultan imprescindibles para el desarrollo
- Sin embargo, vienen acompañadas de un riesgo impuesto sobre gran número de personas y propiedades
- Históricamente se asumía que el concepto *infraestructura segura* iba ligado al de *seguridad absoluta*
- No obstante, grandes infraestructuras construidas de acuerdo con los más elevados estándares han sufrido severos accidentes



1. AR EN DAM SAFETY AND DAM SECURITY

14

¿ Qué se entiende por riesgo ?

- R.A.E.: contingencia o proximidad de un daño
- CSA, ICOLD: la oportunidad de producirse pérdidas o daños, entendidos como una medida de la probabilidad y severidad de los efectos adversos sobre la salud, la propiedad, el medio ambiente u otro elemento de valor



1. AR EN DAM SAFETY AND DAM SECURITY

Estimación del riesgo

El riesgo se estima combinando las probabilidades de ocurrencia de los escenarios de sollicitación, las probabilidades condicionales de rotura, y la magnitud de las consecuencias y sus distribuciones de probabilidad correspondientes.

Valor esperado

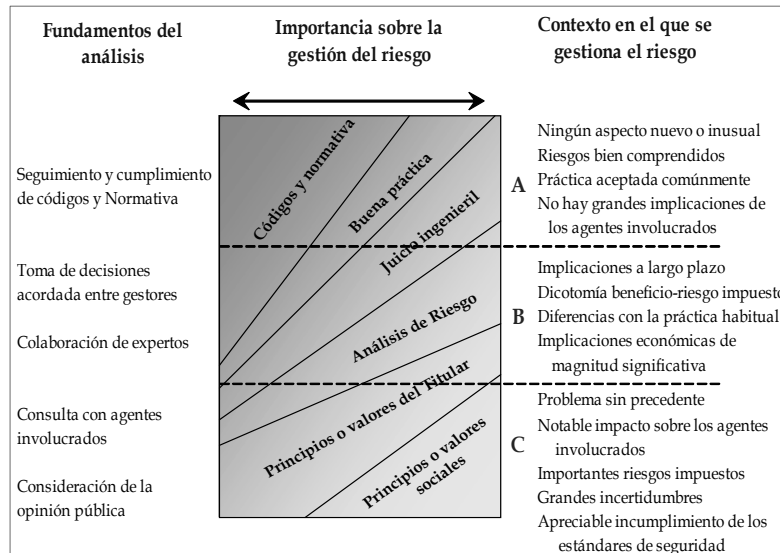
$$\mathcal{R} \approx \sum [P(\text{eventos de carga}) \cdot P(\text{rotura}|\text{eventos}) \cdot P(\text{consecuencias}|\text{eventos})]$$

Estimación rigurosa

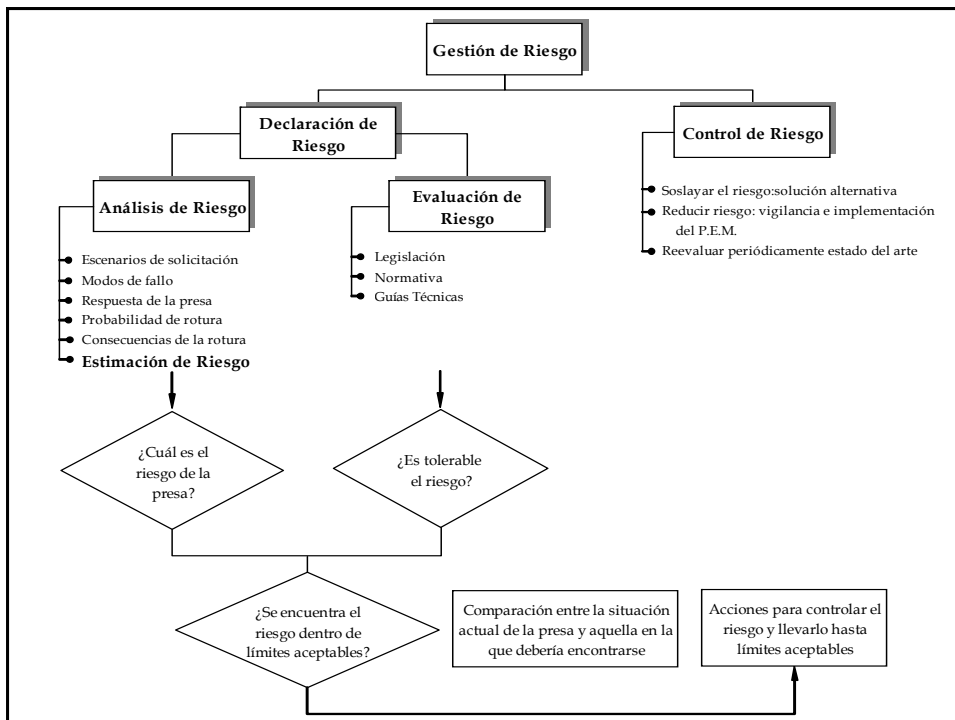
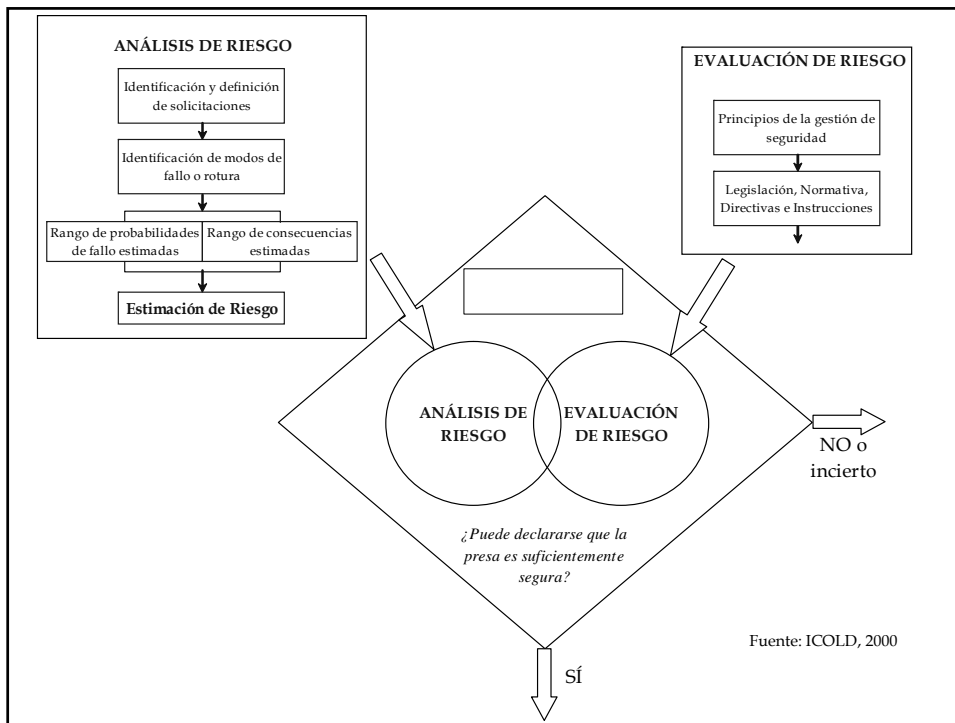
$$\mathcal{R} = \int_{g(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq 0} f_{X_1, X_2, \dots, X_n}(x_1, x_2, \dots, x_n) dx_1 dx_2 \dots dx_n.$$



1. AR EN DAM SAFETY AND DAM SECURITY



Marco general para la toma de decisiones durante la gestión del riesgo. Fuente: (Brinded,2000)





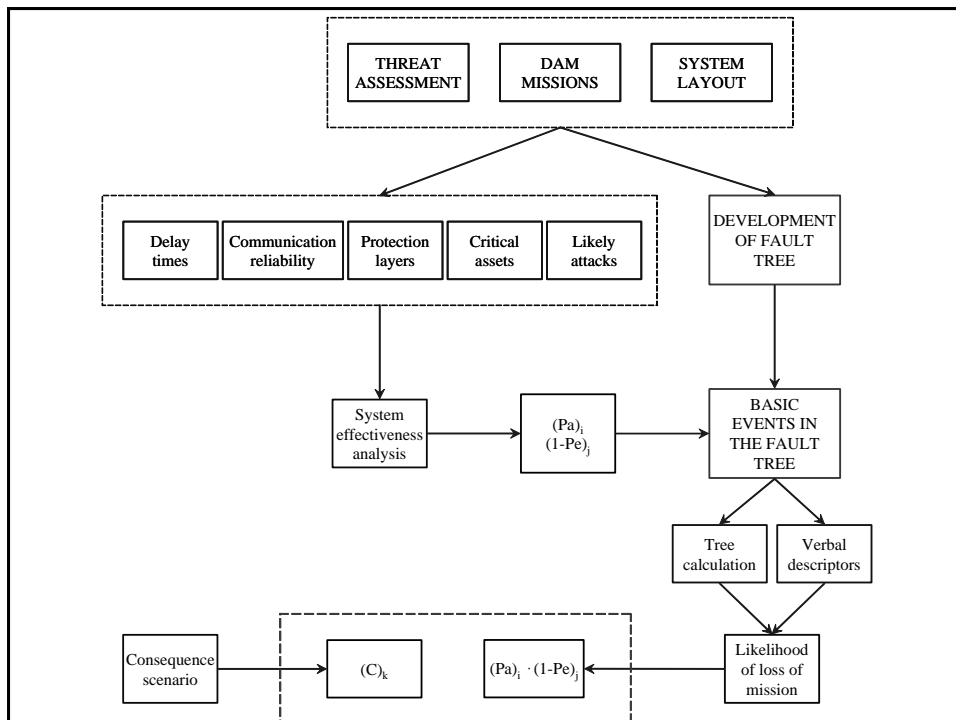
1. AR EN DAM SAFETY AND DAM SECURITY

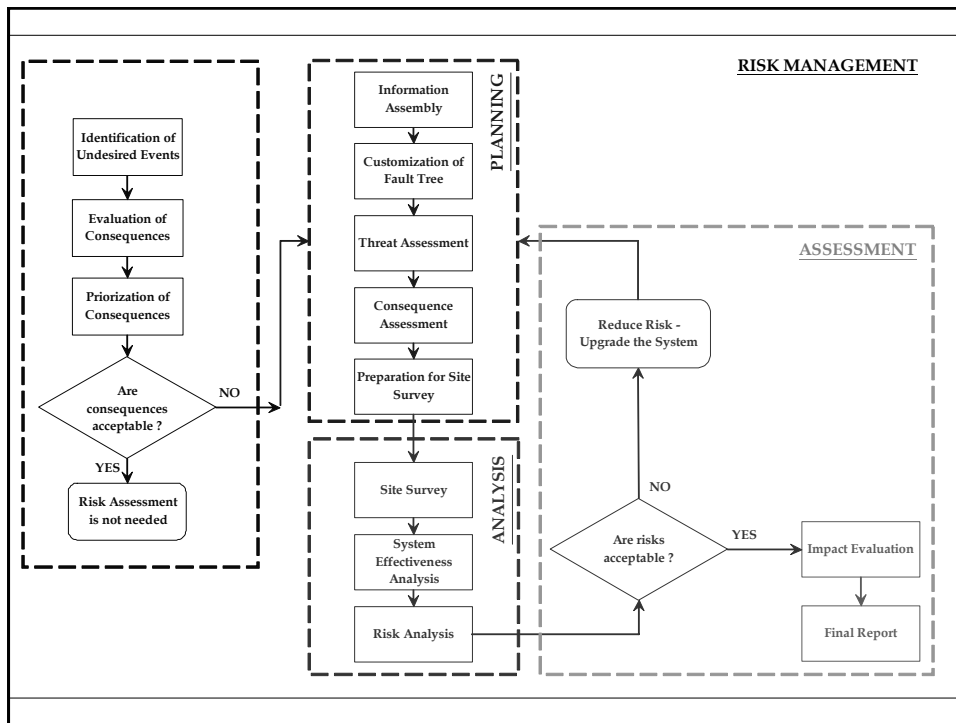
- The risk equation, as applied to "DAM SECURITY" matters


$$\text{RISK} = (\text{LIKELIHOOD OF ATTACK}) \cdot (1 - \text{SYSTEM EFFECTIVENESS}) \cdot (\text{CONSEQUENCES})$$

- The methodology will therefore address the factors of the equation

$$R = PA \cdot (1 - PE) \cdot C$$






 2. SCREENING22

“SCREENING” DE RIESGO Y DE CONSECUENCIAS

www.ipresas.upv.es

 iPresas eDams



2. SCREENING

23

Consideración de los tres escenarios de sollicitación con relevancia en la gestión de seguridad

Se añade la influencia del factor humano y los medios en las condiciones de explotación

Escenario de sollicitación	A. Factor de carga	B. Factor de respuesta	C. Índice de rotura	D. Factor de pérdida de vidas humanas	E. Índice de riesgo	F. Población en riesgo	G. Índice socio-económico	H. Factor de consecuencias
Explotación ordinaria	1	75	75	404.62	30,346.81	10,131	760	
Hidrológico			0	404.64	0.00	10,110	0	
Sísmico	0	100	0	404.64	0.00	10,110	0	
Factor humano y coyuntural			0	0.1	0			
Totales			75.00		30,346.81		760	M

www.ipresas.upv.es



2. SCREENING

24

El **INDICE DE ROTURA** combina las dos primeras componentes de la ecuación del riesgo:

las **CARGAS** y la **RESPUESTA ESTRUCTURAL**

Escenario de sollicitación	A. Factor de carga	B. Factor de respuesta	C. Índice de rotura	D. Factor de pérdida de vidas humanas	E. Índice de riesgo	F. Población en riesgo	G. Índice socio-económico	H. Factor de consecuencias
Explotación ordinaria	1	75	75	404.62	30,346.81	10,131	760	
Hidrológico			0	404.64	0.00	10,110	0	
Sísmico	0	100	0	404.64	0.00	10,110	0	
Factor humano y coyuntural			0	0.1	0			
Totales			75.00		30,346.81		760	M

www.ipresas.upv.es





2. SCREENING

25

El **FACTOR DE PÉRDIDAS** considera la tercera componente del riesgo:

las **CONSECUENCIAS SOBRE LA VIDA HUMANA**

Escenario de solicitud	A. Factor de carga	B. Factor de respuesta	C. Índice de rotura	D. Factor de pérdida de vidas humanas	E. Índice de riesgo	F. Población en riesgo	G. Índice socio-económico	H. Factor de consecuencias
Explotación ordinaria	1	75	75	404.62	30,346.81	10,131	760	
Hidrológico			0	404.64	0.00	10,110	0	
Sísmico	0	100	0	404.64	0.00	10,110	0	
Factor humano y coyuntural			0	0.1	0			
Totales			75.00		30,346.81		760	M

www.ipresas.upv.es



2. SCREENING

26

Combinando las tres componentes se obtiene el **INDICE DE RIESGO**: una representación simplificada del RIESGO

Escenario de solicitud	A. Factor de carga	B. Factor de respuesta	C. Índice de rotura	D. Factor de pérdida de vidas humanas	E. Índice de riesgo	F. Población en riesgo	G. Índice socio-económico	H. Factor de consecuencias
Explotación ordinaria	1	75	75	404.62	30,346.81	10,131	760	
Hidrológico			0	404.64	0.00	10,110	0	
Sísmico	0	100	0	404.64	0.00	10,110	0	
Factor humano y coyuntural			0	0.1	0			
Totales			75.00		30,346.81		760	M

www.ipresas.upv.es





2. SCREENING

27

El Factor de consecuencias trata de considerar de forma global, y a este nivel, las consecuencias sobre la vida humana, la economía y el medio ambiente

Escenario de solicitud	A. Factor de carga	B. Factor de respuesta	C. Índice de rotura	D. Factor de pérdida de vidas humanas	E. Índice de riesgo	F. Población en riesgo	G. Índice socio-económico	H. Factor de consecuencias
Explotación ordinaria	1	75	75	404.62	30,346.81	10,131	760	
Hidrológico			0	404.64	0.00	10,110	0	
Sísmico	0	100	0	404.64	0.00	10,110	0	
Factor humano y coyuntural			0	0.1	0			
Totales			75.00		30,346.81		760	M

www.ipresas.upv.es

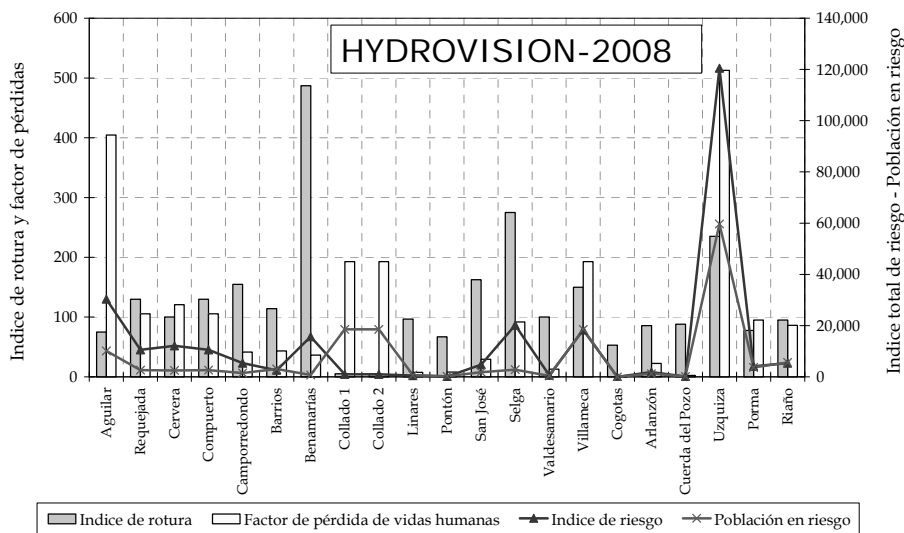
iPresas
eDams



2. SCREENING

28

Resultados del análisis de cribado en las presas de la C.H. del Duero



www.ipresas.upv.es

iPresas
eDams



2. SCREENING

29

- La mayor parte de la información está en los INFORMES DE SEGURIDAD y en los PLANES DE EMERGENCIA
- En general, la distribución del riesgo entre presas viene determinada, fundamentalmente, por las potenciales CONSECUENCIAS sobre la población ubicada aguas abajo



2. SCREENING

30

DAMSE Preliminary Screening Procedure

Dam description Name	Dam missions loss	Consequences Assessment					
		Public Safety	Economic	Environmental	Total Score	Classification	Full Security Assessment ?
dam1	x Loss of Flood Control or retaining capacity	10	8	10	28	H	YES
	Loss of Hydroelectric Generation		n/a		0	n/a	NO
	x Loss of Water Supply and Irrigation		8	2	10	M	YES
	x Loss of recreation, tourism		4		4	L	NO
	Loss of Commercial Navigation		n/a		0	n/a	NO
	Tot. Score	10	20	12	42	M	YES
dam2	x Loss of Flood Control or retaining capacity	4	2	4	10	M	YES
	Loss of Hydroelectric Generation		n/a		0	n/a	NO
	x Loss of Water Supply and Irrigation		4	n/a	4	L	NO
	Loss of recreation, tourism		n/a		0	n/a	NO
	Loss of Commercial Navigation		n/a		0	n/a	NO
	Tot. Score	4	6	4	14	L	NO
dam3	x Loss of Flood Control or retaining capacity	4	2	2	8	L	NO
	x Loss of Hydroelectric Generation		4		4	L	NO
	x Loss of Water Supply and Irrigation		4	n/a	4	L	NO
	Loss of recreation, tourism		n/a		0	n/a	NO
	Loss of Commercial Navigation		n/a		0	n/a	NO
	Tot. Score	4	10	2	16	L	NO

2. SCREENING

31

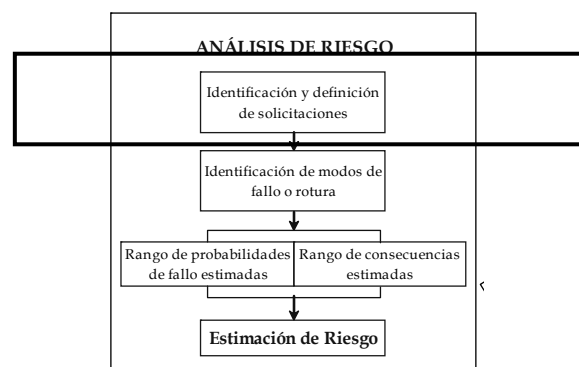
- DAM 1 (54)
- DAM 2 (40)
- DAM 3 (32)
- DAM 4 (30)
- DAM 5 (30)
- DAM 6 (30)
- DAM 7 (30)
- DAM 8 (30)
- DAM 9 (28)
- DAM 10 (28)
- DAM 11 (26)
- DAM 12 (24)
- DAM 13 (20)
- DAM 14 (20)
- DAM 15 (18)
- DAM 8-LATERAL (18)
- DAM 17 (16)
- DAM 18 (12)
- DAM 19 (12)

PROYECTO DAMSE

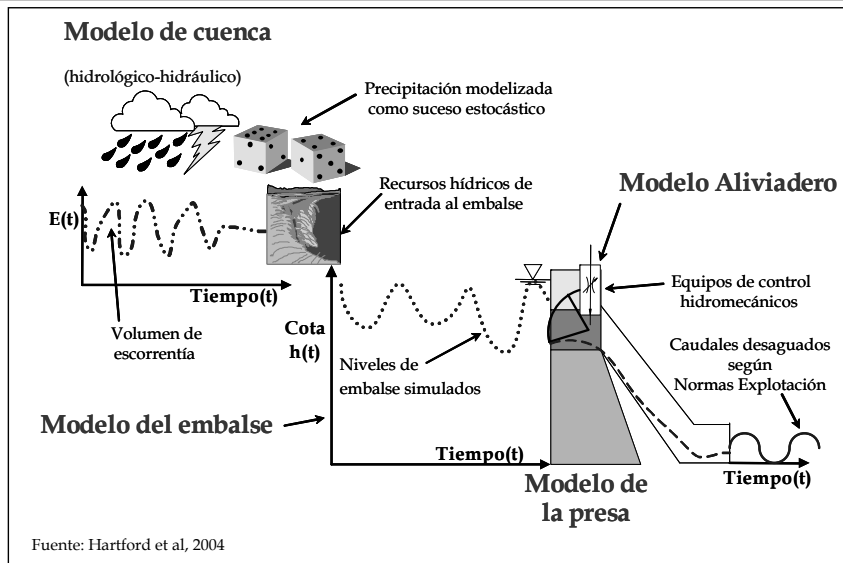
Resultados del screening de "security"
en función de las consecuencias, en
las presas de la CHJ

3. SOLICITACIONES Y ATAQUES

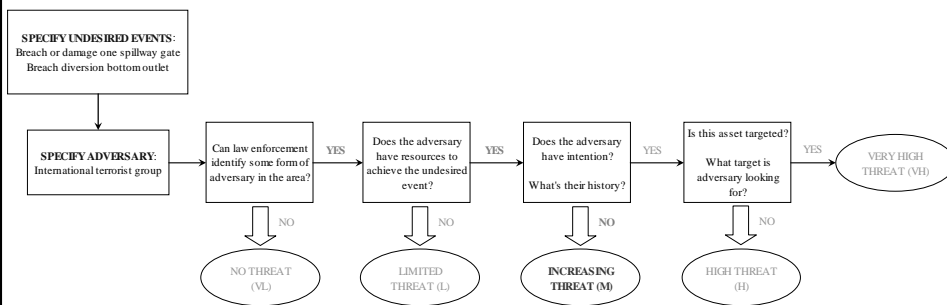
32

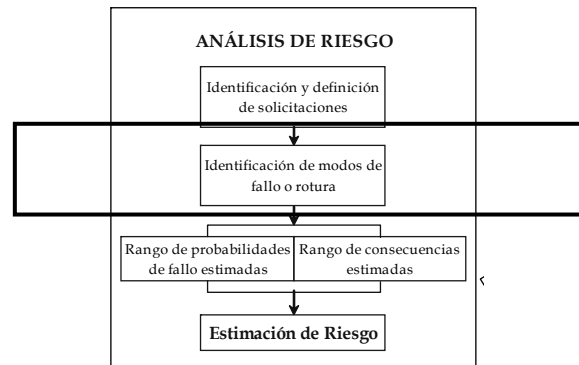


SOLICITACIONES Y ATAQUES



Threat Assessment





MODOS DE FALLO Y PÉRDIDAS DE MISION

Análisis de los modos de fallo potenciales (AMFP)

- i. Revisión y análisis de la información recopilada
- ii. Repaso de todos los escenarios de sollicitación:
 - i. Escenario hidrológico
 - ii. Escenario de operación normal
 - iii. Escenario sísmico
- Propuesta y descripción de potenciales modos de fallo
 - Propuesta y descripción detallada
 - Clasificación según grados
 - Factores a favor y en contra de la aparición del modo

4. MODOS DE FALLO Y PERDIDAS DE MISIÓN

37

- **Grado I.-** Modos de fallo que claramente se consideren factibles al existir alguna condición o estado sintomático detectado, resultar la serie de eventos probables e implicar consecuencias potenciales importantes.
- **Grado II.-** Modos de rotura considerados igualmente factibles, aunque con menores posibilidades de ocurrir o consecuencias reducidas.
- **Grado III.-** Modos de fallo para los que la información disponible resulta, a todas luces, insuficiente aunque se estiman factibles y con consecuencias potenciales de magnitud elevada. Requieren una campaña de investigación urgente.
- **Grado IV.-** Modos de rotura descartados y cuya aparición no se considera razonable.

4. MODOS DE FALLO Y PERDIDAS DE MISIÓN

38

- iv. Para los modos de grado I y II:
 - i. Análisis pormenorizado del mecanismo de rotura
 - ii. Factores a favor y en contra de cada uno de los eventos que componen el mecanismo de rotura
 - iii. Naturaleza y características de la rotura: velocidad, dimensiones, caudales resultantes
 - iv. Estimación aproximada de las consecuencias aguas abajo
 - v. Estimación aproximada de las consecuencias económicas



- v. Para los modos de grado I y II, determinación de:
 - i. Necesidades de inspección y vigilancia para la detección
 - ii. Necesidades de auscultación o monitorización
 - iii. Determinación de si los actuales medios de I.V.A. son suficientes
 - iv. Propuesta de nuevas necesidades de I.V.A.
 - v. Propuesta de necesidades de investigación y estudios
 - vi. En caso necesario, propuesta de acciones urgentes
 - vii. Posibles repercusiones sobre las normas de operación del embalse
 - viii. Repercusiones sobre el Plan de Emergencia



□ EROSIÓN INTERNA_DIQUE LATERAL_PRESA 1

CARACTERIZACION HECHA POR EDELCA Y LA UPV,
PUERTO ORDAZ (VENEZUELA),
ENTRE OCTUBRE DE 2007 Y ENERO DE 2008

4. MODOS DE FALLO Y PERDIDAS DE MISIÓN

41



PUERTO ORDAZ
(VENEZUELA),
OCTUBRE DE 2007

www.ipresas.upv.es

iPresas
eDams

4. MODOS DE FALLO Y PERDIDAS DE MISIÓN

42

A FAVOR:	EN CONTRA:
∇ filtro	Al menos 2 pzt en cimentación
tubería $\approx \phi 800\text{mm}$	↑ SPT
∇ pzt en el cuerpo	nivel de.
Δu en 10 años	∇ incidentes graves
∇ registros de obra	Tubería revestida internamente
Filtracs. no detectables	Poco asiento en coronación

*OPERACIÓN NORMAL

ROTURA DEL DIQUE
POR EROSIÓN INTERNA
CON ORIGEN EN UNA
TUBIFICACIÓN O
EROSIÓN REMONTANTE

www.ipresas.upv.es

iPresas
eDams

4. MODOS DE FALLO Y PERDIDAS DE MISIÓN

43

① NIVEL EMBALSE

A favor:	En contra:
Niveles des.	fluctuacs.

② ∃ FILTRACIÓN a/ab

A favor:	En contra:
Lluvias muy intensas y persistentes	Muy localizado
Incertidumbre en la existencia de filtraciones	∃ vegetación y sen gramíneas
∃ TUBERÍA	∃ variacs.

www.ipresas.upv.es

iPresas
eDams

4. MODOS DE FALLO Y PERDIDAS DE MISIÓN

44

③ ∃ EROSIÓN MATERIAL

A favor:	En contra:
∃ filtro	∃ datos de granulometría
Se desconoce granulometría	(SM IPα8-1α)
$i_h \approx 0.1$	

④.1 → ⑤ PROGRESO DE EROSIÓN y CONDUCTO HASTA AGUAS ARRIBA

A favor:
¿% finos > 15%?
v flujo

www.ipresas.upv.es

iPresas
eDams

⑥ ROTURA DEL DIQUE

- Hundimientos o dolinas
 - Sobrevertido
 - Grietas
- Colapso conducto
 - Sobrevert.
 - Grietas
- Erosión localizada
 - Deslizamiento

$Q_{rot} \approx 3000 - 5000 \text{ m}^3/\text{s}$

• Investigacs., estudios:

- Caracts. cuerpo del dique⁽¹⁾
- Cuando, cómo se revistió la tubería
- Onda de rotura a/ab
- Caract. territorio a/ab

(1) Granulometrías, IP, Dispersividad, SPT, Cortes D, Triaxiales

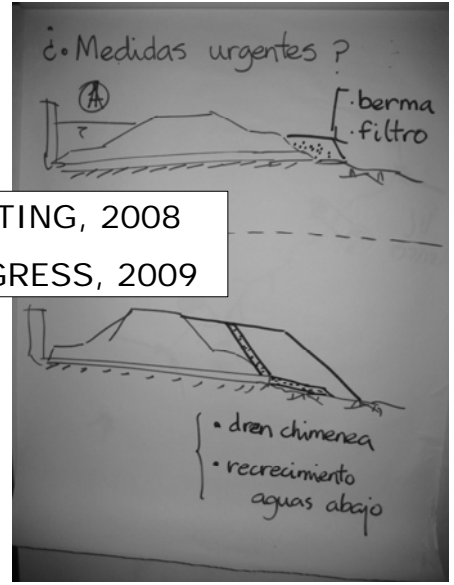
• I.V.A.

- Inspección visual: 1v/día
 - Pie y coronación (cámara remota)
- Vigilancia:
 - Niveles embalse
 - Temblores, sismos
 - Fuertes lluvias
- Auscultación:
 - Pzt cuerpo de dique
 - Vertedero (Thomson)
 - Turbidímetro

4. MODOS DE FALLO Y PERDIDAS DE MISIÓN

47

- Normas Operación; P.E.
- Protocolo frente a variacs. de nivel en M
- Protocolos ... a la vigilancia
- Consideración en PACEM



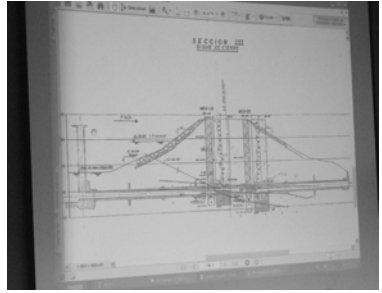
ICOLD MEETING, 2008
ICOLD CONGRESS, 2009

www.ipresas.upv.es



4. MODOS DE FALLO Y PERDIDAS DE MISIÓN

48



Vínculos con la Inspección Formal (Informe de Seguridad)

PUERTO ORDAZ (VENEZUELA),

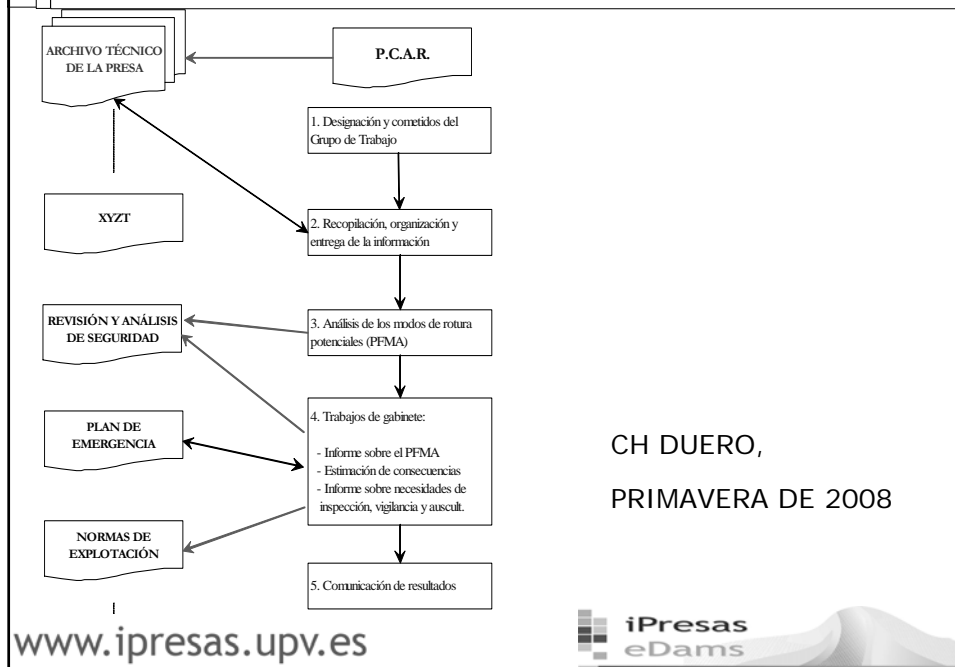
ENERO DE 2008

www.ipresas.upv.es



4. MODOS DE FALLO Y PERDIDAS DE MISIÓN

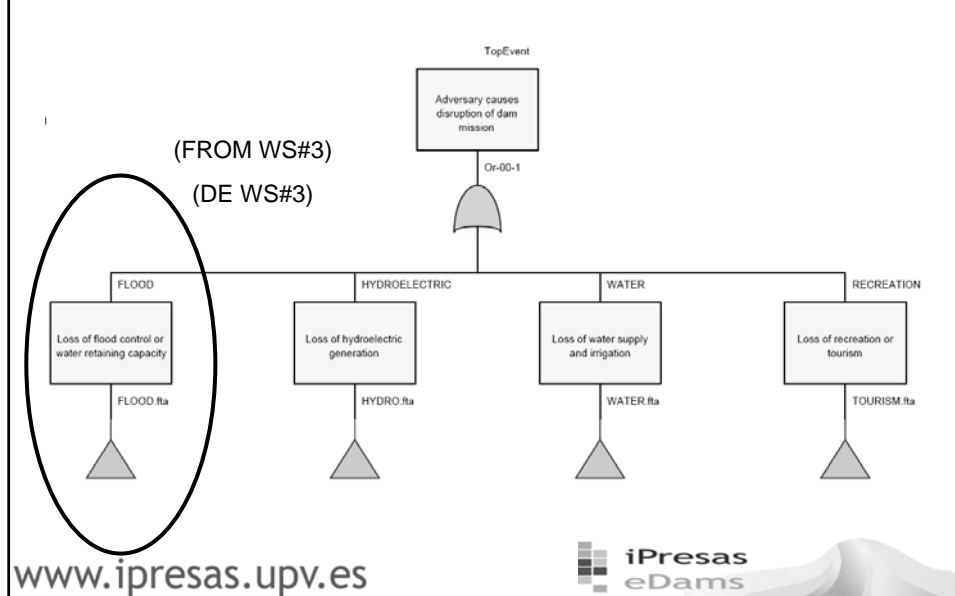
49



4. MODOS DE FALLO Y PERDIDAS DE MISIÓN

50

GENERIC FAULT TREE/ ARBOL DE FALLO GENERICO



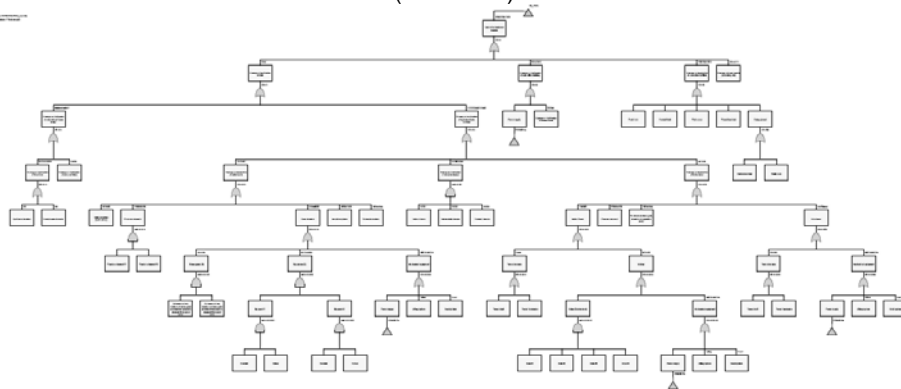
4. MODOS DE FALLO Y PERDIDAS DE MISIÓN

51

CUZTOMIZED FAULT TREE FOR "FLOOD"
/ ARBOL DE FALLO ESPECÍFICO PARA PÉRDIDA DE
CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO Y LAMINACION DE
AVENIDAS

(FROM WS#4)

(DE WS#4)

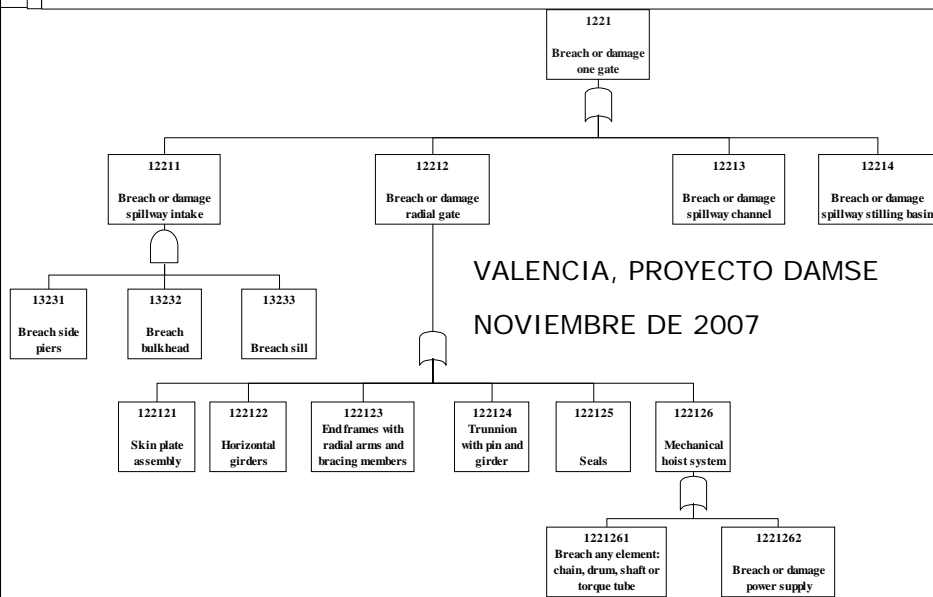


www.ipresas.upv.es

iPresas
eDams

4. MODOS DE FALLO Y PERDIDAS DE MISIÓN

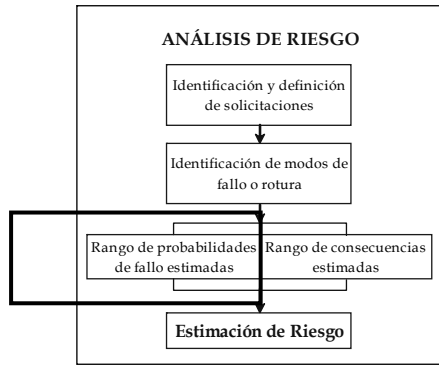
52



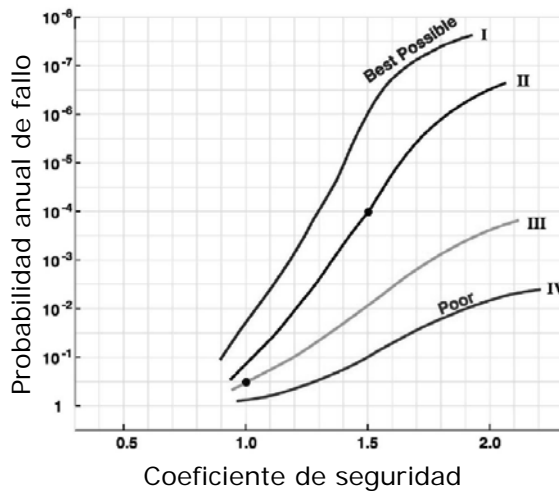
VALENCIA, PROYECTO DAMSE
NOVIEMBRE DE 2007

www.ipresas.upv.es

iPresas
eDams



PROBABILIDADES DE FALLO E INEFECTIVIDAD



Fuente: F. Silva-Tula (2007)

5. PROB. DE FALLO E INEFECTIVIDAD

55

Expresión	Probabilidad, % (mediana de las respuestas)	Rango especificado, % (cotas superior e inferior de la mediana)
Casi imposible	2	0 a 15
Muy improbable	5	1 a 15
Muy poco probable	10	2 a 15
Muy baja probabilidad	10	5 a 15
Improbable	15	5 a 20
Poco probable	15	10 a 25
Baja probabilidad	20	10 a 20
Posible	40	40 a 70
Posibilidades medias	50	40 a 60
Posibilidades iguales	50	45 a 55
Probable	70	60/65 a 75/85
Muy posible	80	70 a 87.5
Muy probable	80/85	75 a 90/92
Alta probabilidad	80	80 a 92
Muy alta probabilidad	90	85 a 99
Casi seguro	90	90 a 99.5

Utilizado en Nashville (USA),
Noviembre de 2006

www.ipresas.upv.es

iPresas
eDams

5. PROB. DE FALLO E INEFECTIVIDAD

56

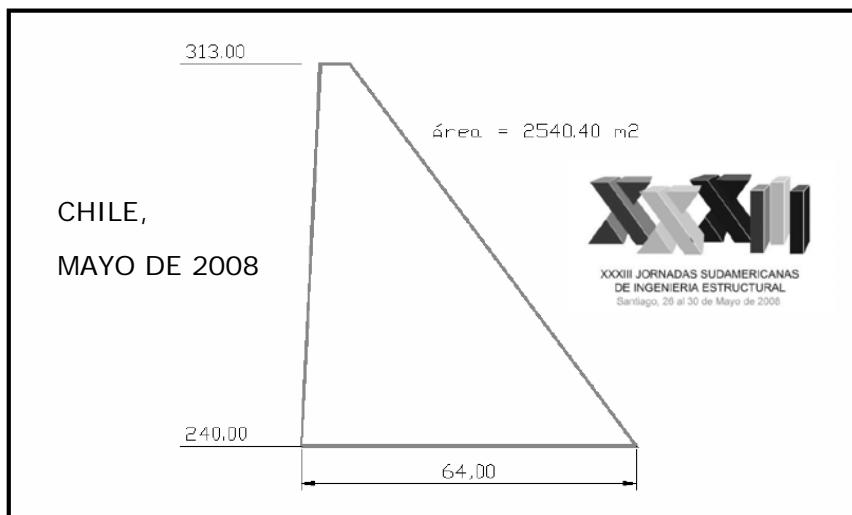


Figura 4: Sección simplificada por el aliviadero de la presa analizada.

www.ipresas.upv.es

iPresas
eDams

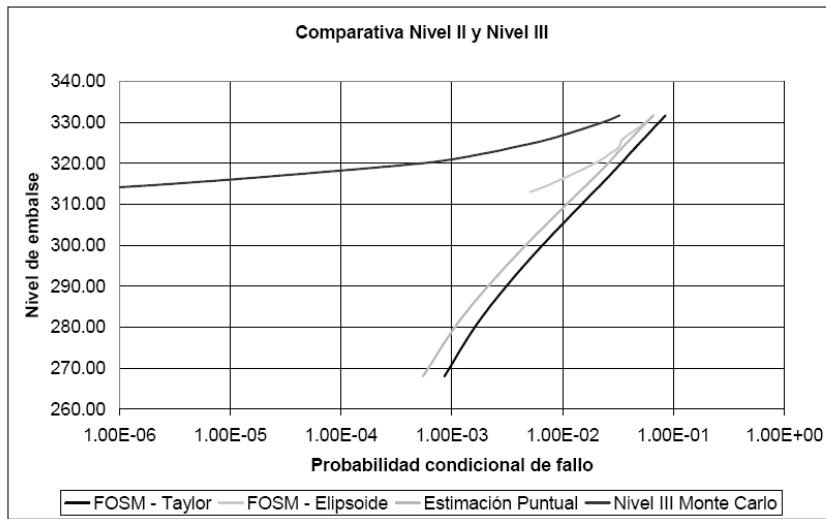
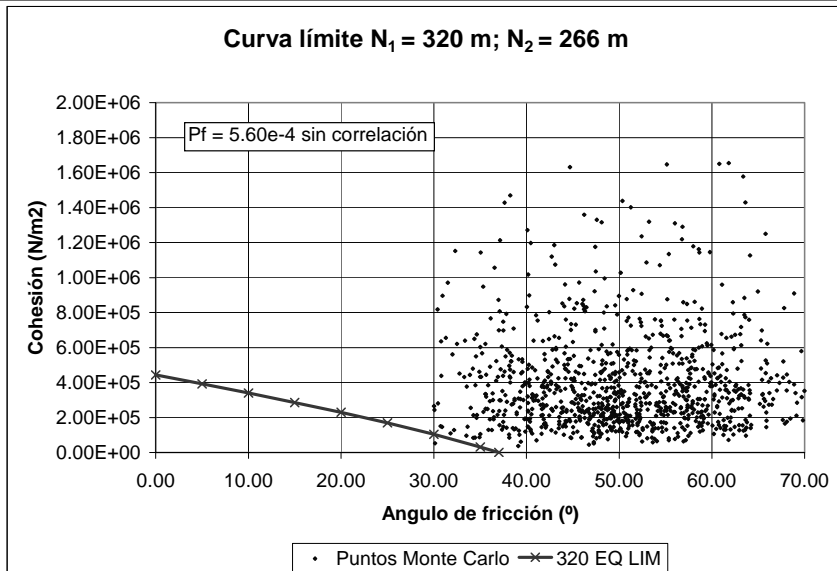
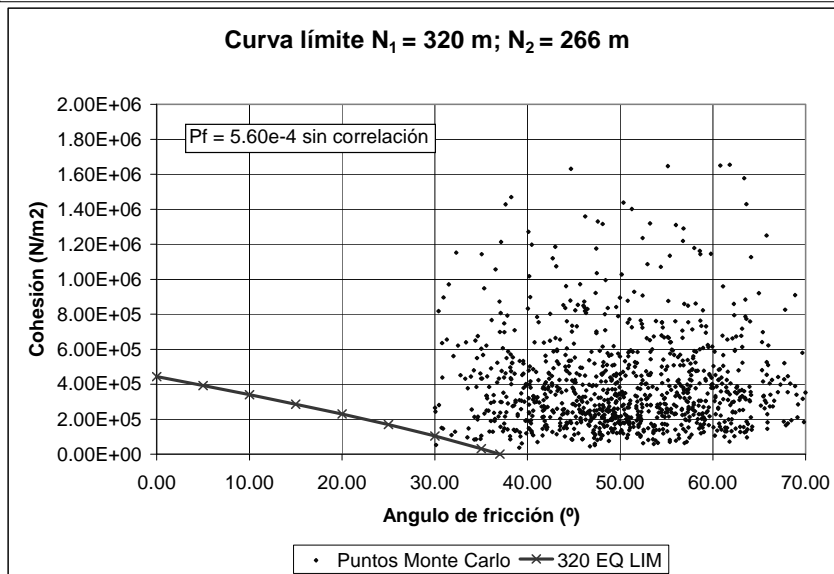


Figura 10: Comparativa de Nivel II y Nivel III. Probabilidades condicionales de fallo.



5. PROB. DE FALLO E INEFECTIVIDAD

59

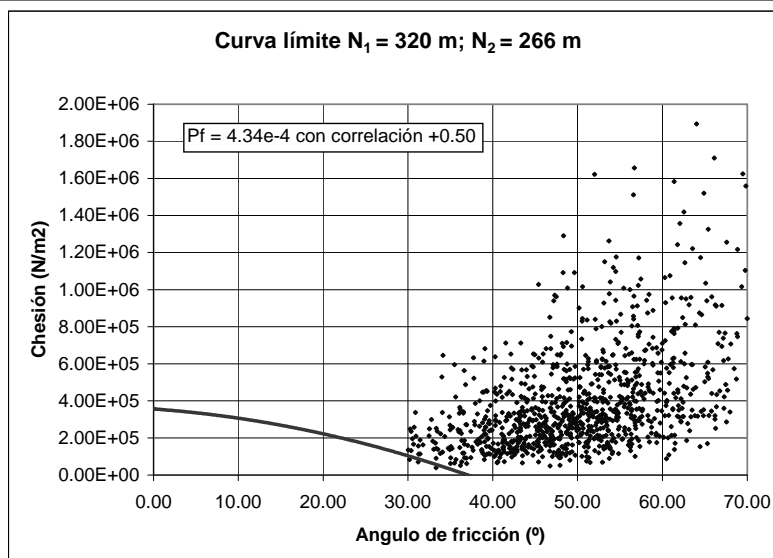


www.ipresas.upv.es

iPresas
eDams

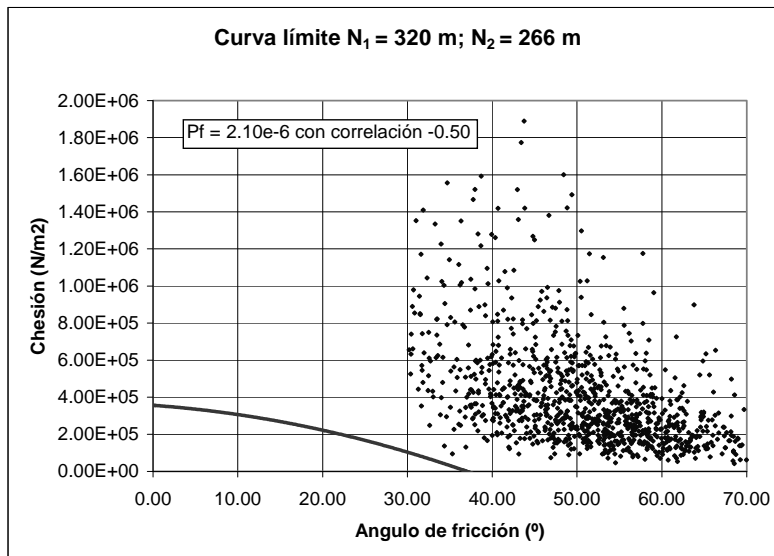
5. PROB. DE FALLO E INEFECTIVIDAD

60



www.ipresas.upv.es

iPresas
eDams



System Effectiveness Analysis
 Análisis de la Efectividad del Sistema

Response and Mitigation effectiveness
Efectividad en la detección, respuesta e intercepción

- Detection Effectiveness/ Eficacia en la detección
(FROM WS#6 and WS#4)
 (DE WS#6 y WS#4)
- Communication reliability/ Fiabilidad en la comunicación
(FROM WS#7)
 (DE WS#7)
- Delay time/ Tiempo para llevar a cabo la acción
(FROM WS#5 and WS#8)
 (DE WS#5 Y WS#8)

(FROM WS#7)
 (DE WS#7)

5. PROB. DE FALLO E INEFECTIVIDAD

63

Detection effectiveness	Communication reliability	Delay time (s)	Response time (s)	Response-delay time relation	System Effectiveness
VH		60 s			
M		30 s			
L		90 s			
NA		180 s			
L		720 s			
M	H	1047 s	1500 s	M	M

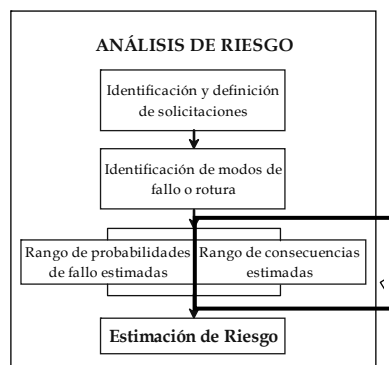
PROYECTO DAMSE,
VALENCIA,
DICIEMBRE DE 2007

www.ipresas.upv.es

iPresas
eDams

6. CONSECUENCIAS

64



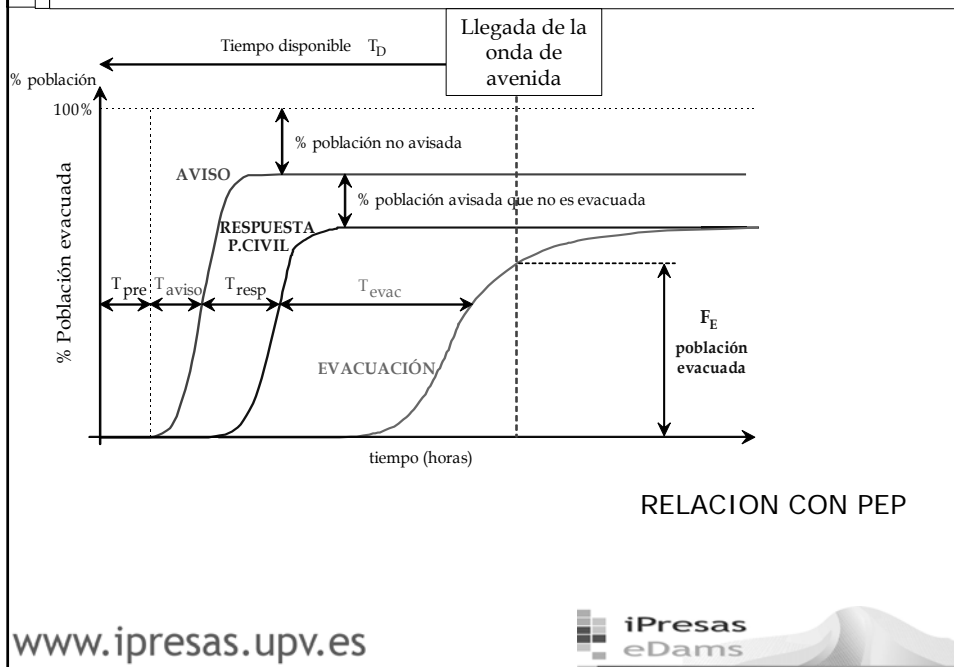
CONSECUENCIAS

www.ipresas.upv.es

iPresas
eDams

6. CONSECUENCIAS

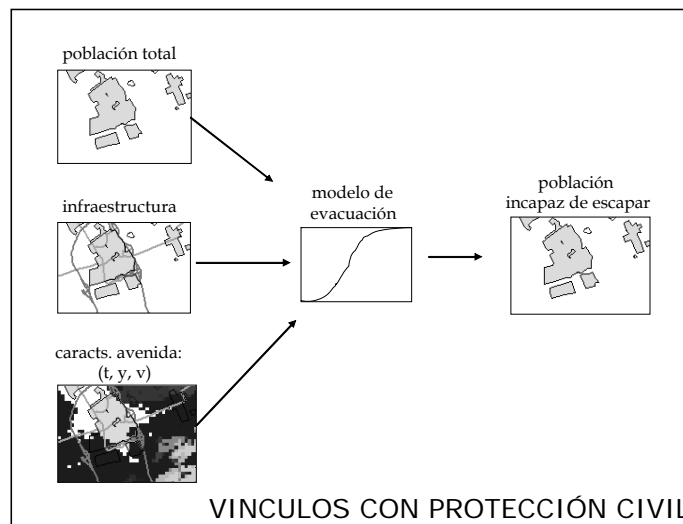
65



6. CONSECUENCIAS

66

Consecuencias sobre la vida humana

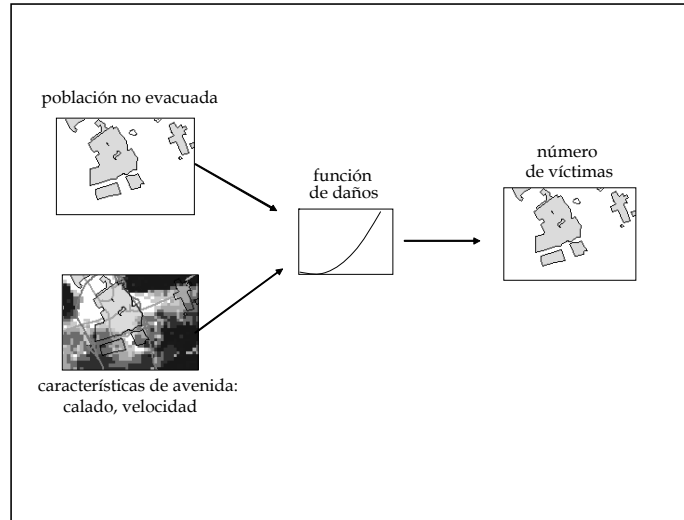




6. CONSECUENCIAS

67

Consecuencias sobre la vida humana



www.ipresas.upv.es

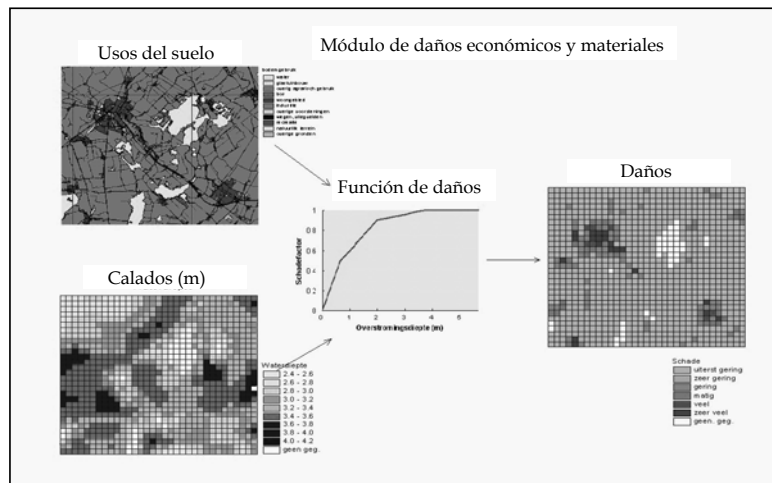
iPresas
eDams



6. CONSECUENCIAS

68

Consecuencias económicas



Fuente: van Gelder et al, 2003

www.ipresas.upv.es

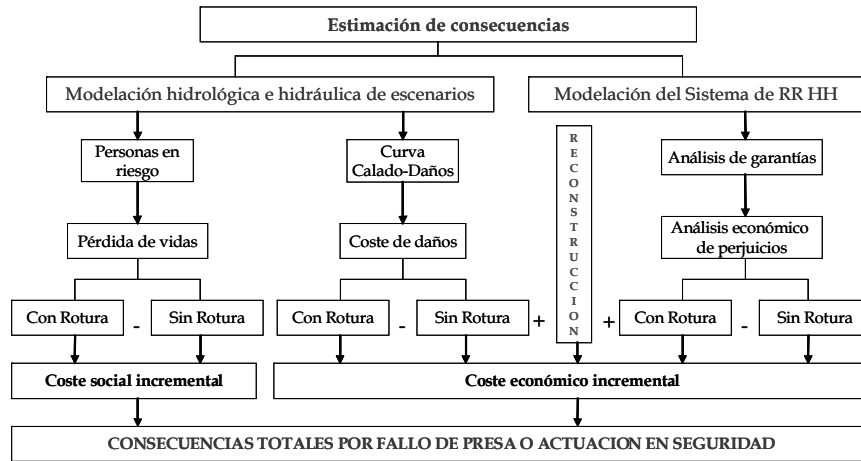
iPresas
eDams

6. CONSECUENCIAS

69

Modelo general de consecuencias DIHMA (Triana, 2007)

TESIS VALENCIA,
ENERO DE 2007

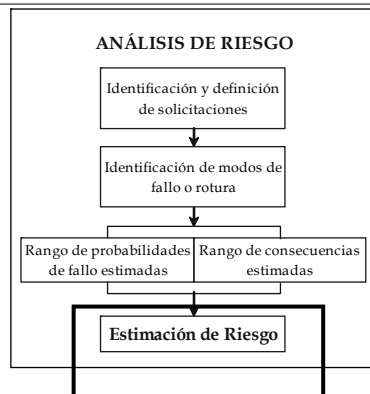


www.ipresas.upv.es



7. ANALISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO

70



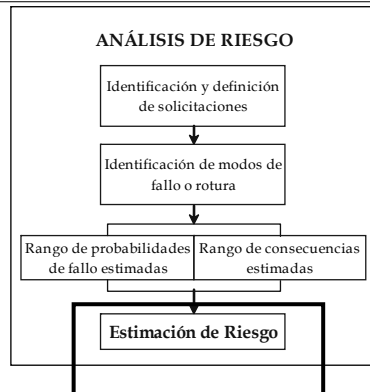
ANALISIS CUANTITATIVO Y CUALITATIVO

www.ipresas.upv.es



7. ANALISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO

71



ANÁLISIS CUANTITATIVO Y CUALITATIVO

www.ipresas.upv.es

iPresas
eDams

7. ANALISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO

72

Probabilidad Anual de Excedencia	Solicitud		Respuesta del Sistema		Consecuencias	
	Funcionamiento de las Compuertas del Aliviadero	Nivel Máximo de Embalse	Modos de Rotura (incluidos los internos)	Estación	Semana	Día / Noche
AEP1-AEP2	<input type="checkbox"/>	21 - 22	<input type="checkbox"/>			
AEP2-AEP3	<input type="checkbox"/>	No falta ninguna compuerta	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>	1 compuerta no funciona	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>	2 compuertas no funcionan	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>	3 compuertas no funcionan	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>	Todas las compuertas fallan	<input type="checkbox"/>			
AEP(n-1)-AEPn	<input type="checkbox"/>	22 - 23	<input type="checkbox"/>			
> AEPn	<input type="checkbox"/>	z(n-1) - zn	<input type="checkbox"/>			

Modos de Rotura (incluidos los internos)	Estación	Semana	Día / Noche
Sobrevvertido en coronación			
Erosión en el pie de aguas abajo			
Rotura por colapso de los equipos hidromecánicos del desagüe	Estación 1	Fin de Semana	Día
	Estación 2		Noche
Seco: Aliviadero - Rotura temporal		Semana	Día
			Noche
Seco: Aliviadero - Rotura por inestabilidad			
Sección Lateral - Deslizamiento en el cimiento			
Sección Lateral - Rotura por inestabilidad			
Rotura por fisuras en cuerpo de presa con entrada de agua			
Deslizamiento en el Estribo Derecho			
Sifonamiento en el cimiento			

LEYENDA:
 Nodo que es desarrollado
 Nodo colapsado
 Nodo de Consecuencias

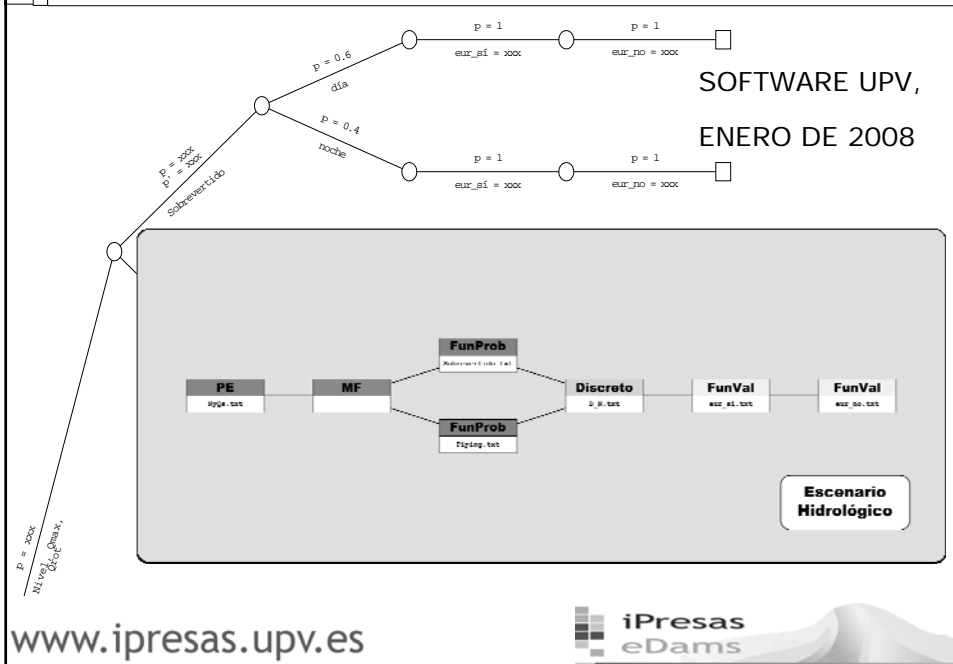
TESIS VALENCIA,
OCTUBRE DE 2007

www.ipresas.upv.es

iPresas
eDams

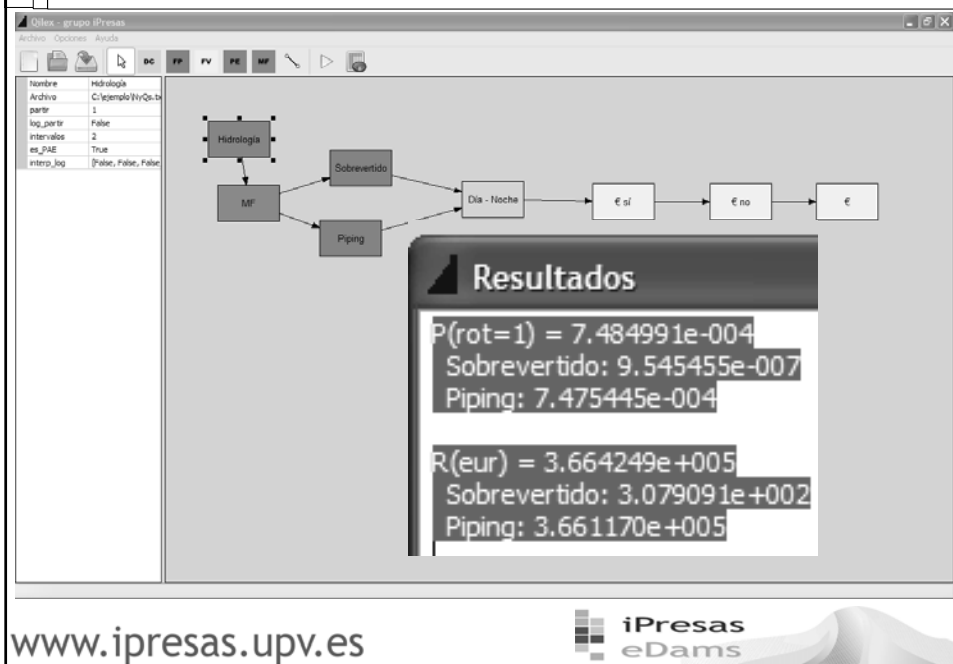
7. ANALISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO

73



7. ANALISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO

74





Caso Base: estado natural sin intervención alguna

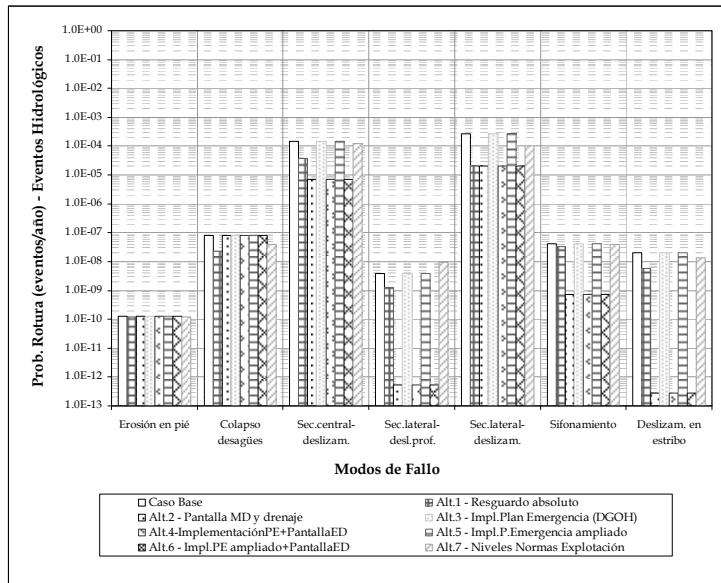
1. Restricción absoluta del nivel de explotación
2. Ejecución de una pantalla de inyecciones y drenaje
3. Aplicación del Plan de Emergencia con los medios disponibles antes de su implantación
4. Aplicación conjunta de las Alternativas 2 y 3
5. Implantación total del Plan de Emergencia
6. Aplicación conjunta de las Alternativas 2 y 5
7. Restricciones estacionales de nivel según las vigentes Normas de Explotación



	Probabilidad de Rotura (eventos/año)			
	Hidrológico	Sísmico	Hidrológico interno	Total
Caso Base	8.01E-08	1.27E-04	4.10E-04	5.38E-04
Alt.1 - Resguardo absoluto	2.32E-08	2.06E-06	5.85E-05	6.06E-05
Alt.2 - Pantalla MD y drenaje	8.01E-08	4.67E-05	2.72E-05	7.40E-05
Alt.3 - Impl.Plan Emergencia (DGOH)	8.01E-08	1.27E-04	4.10E-04	5.38E-04
Alt.4-ImplementaciónPE+PantallaED	8.01E-08	4.67E-05	2.72E-05	7.40E-05
Alt.5 - Impl.P.Emergencia ampliado	8.01E-08	1.27E-04	4.10E-04	5.38E-04
Alt.6 - Impl.PE ampliado+PantallaED	8.01E-08	4.67E-05	2.72E-05	7.40E-05
Alt.7 - Niveles Normas Explotación	4.01E-08	1.51E-05	2.24E-04	2.39E-04

7. ANALISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO

77

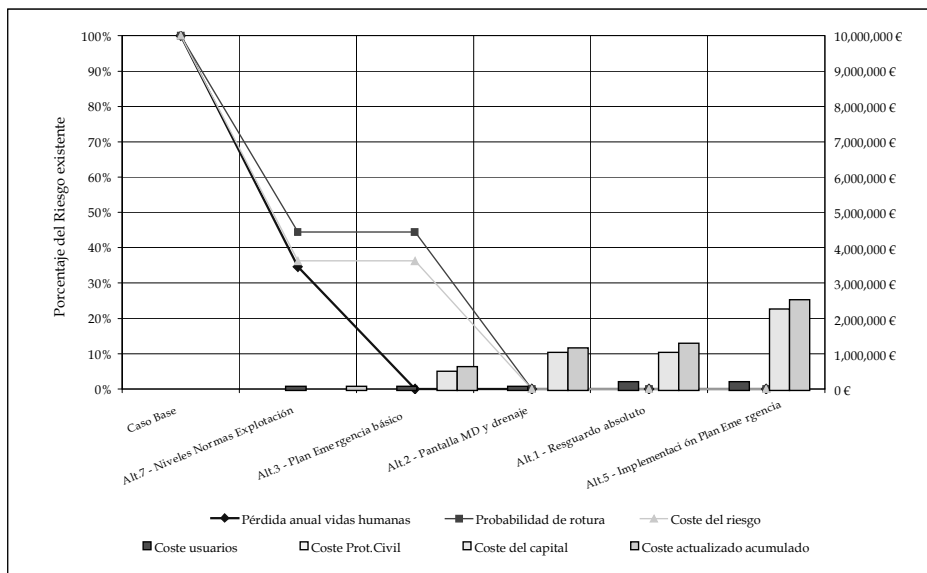


www.ipresas.upv.es

iPresas
eDams

7. ANALISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO

78



www.ipresas.upv.es

iPresas
eDams

7. ANALISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO

79

	Beneficio/ Coste (-)	ACSL5 (Bowles) (€/vida)	USBR (2003)			
			Total Pf	Hidrológico	Sismico	Hidr.interno
Caso Base			NO	SÍ	NO	NO
Alt.1 - Resguardo absoluto	-	-	SÍ	SÍ	SÍ	NO
Alt.2 - Pantalla MD y drenaje	4.28	B/C es > 1	SÍ	SÍ	NO	SÍ-¿ALARP?
Alt.3 - Impl.Plan Emergencia (DGOH)	-	538,402	NO	SÍ	SÍ-¿ALARP?	SÍ-¿ALARP?
Alt.4-ImplementaciónPE+PantallaED	1.61	B/C es > 1	SÍ	SÍ	SÍ-¿ALARP?	SÍ-¿ALARP?
Alt.5 - Impl.P.Emergencia ampliado	-	648,980	NO	SÍ	SÍ	SÍ
Alt.6 - Impl.PE ampliado+PantallaED	1.13	B/C es > 1	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
Alt.7 - Niveles Normas Explotación	-	-	NO	SÍ	SÍ-¿ALARP?	NO

www.ipresas.upv.es

iPresas
eDams

7. ANALISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO

80

	ANCOLD (2003)	UK-HSE, 2001 (adaptado por Dr. Bowles)		
		Total Pf	R	Conclusión
Caso Base	NO	5.38E-04		
Alt.1 - Resguardo absoluto	NO-¿ALARP?	6.06E-05	-	Actuación Justificada
Alt.2 - Pantalla MD y drenaje	NO	7.40E-05	B/C es > 1	Actuación Justificada
Alt.3 - Impl.Plan Emergencia (DGOH)	NO	5.38E-04	0.30	Actuación Necesaria
Alt.4-ImplementaciónPE+PantallaED	NO-¿ALARP?	7.40E-05	B/C es > 1	Actuación Justificada
Alt.5 - Impl.P.Emergencia ampliado	SÍ	5.38E-04	0.36	Actuación Necesaria
Alt.6 - Impl.PE ampliado+PantallaED	SÍ	7.40E-05	B/C es > 1	Actuación Justificada
Alt.7 - Niveles Normas Explotación	NO	2.39E-04	-	Actuación Necesaria

www.ipresas.upv.es

iPresas
eDams

7. ANALISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO

81

	Rettemeir et al, 2001 ALEMANIA	Industrias peligrosas REINO UNIDO - HSE, 1989	Industrias peligrosas DINAMARCA
Caso Base	NO & Plan Emergencia preciso	NO	NO
Alt.1 - Resguardo absoluto	NO & Plan Emergencia preciso	SÍ	NO
Alt.2 - Pantalla MD y drenaje	NO & Plan Emergencia preciso	NO-¿ALARP?	NO
Alt.3 - Impl.Plan Emergencia (DGOH)	NO & Plan Emergencia preciso	NO-¿ALARP?	NO
Alt.4-ImplementaciónPE+PantallaED	NO & Plan Emergencia preciso	SÍ	NO
Alt.5 - Impl.P.Emergencia ampliado	SÍ	SÍ	SÍ
Alt.6 - Impl.PE ampliado+PantallaED	SÍ	SÍ	SÍ
Alt.7 - Niveles Normas Explotación	NO & Plan Emergencia preciso	NO	NO

www.ipresas.upv.es

iPresas
eDams

7. ANALISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO

82

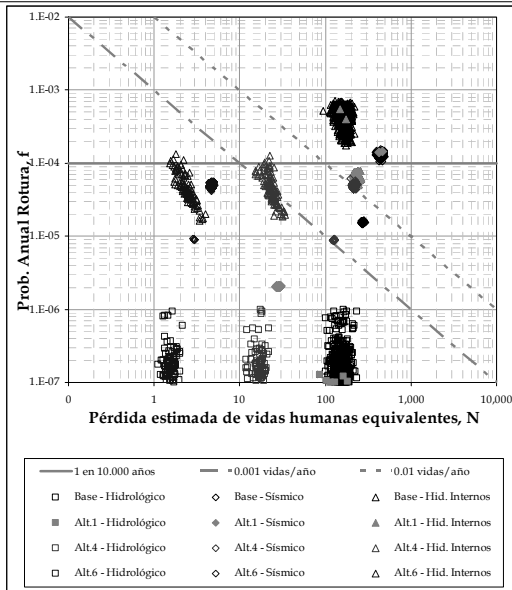
	Holanda VROM, 2004	Comité Técnico Consultor en Diques (T.A.W.) (Holanda, 1985)		
		Riesgo total	Criterio	Conclusión
Caso Base	NO	759 (vidas/año)	<571 (vidas/año)	RIESGO TOTAL INACEPTABLE
Alt.1 - Resguardo absoluto	NO	412 (vidas/año)	<571 (vidas/año)	CUMPLE CRITERIOS T.A.W.
Alt.2 - Pantalla MD y drenaje	NO	762 (vidas/año)	<571 (vidas/año)	RIESGO TOTAL INACEPTABLE
Alt.3 - Impl.Plan Emergencia (DGOH)	NO	255 (vidas/año)	<571 (vidas/año)	CUMPLE CRITERIOS T.A.W.
Alt.4-ImplementaciónPE+PantallaED	NO	254 (vidas/año)	<571 (vidas/año)	CUMPLE CRITERIOS T.A.W.
Alt.5 - Impl.P.Emergencia ampliado	NO-¿ALARP?	8 (vidas/año)	<571 (vidas/año)	CUMPLE CRITERIOS T.A.W.
Alt.6 - Impl.PE ampliado+PantallaED	SÍ	8 (vidas/año)	<571 (vidas/año)	CUMPLE CRITERIOS T.A.W.
Alt.7 - Niveles Normas Explotación	NO	598 (vidas/año)	<571 (vidas/año)	RIESGO TOTAL INACEPTABLE

www.ipresas.upv.es

iPresas
eDams

7. ANALISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO

83



www.ipresas.upv.es

iPresas
eDams

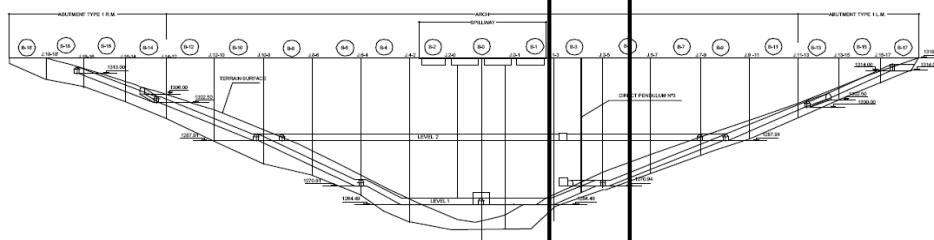
7. ANALISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO

84



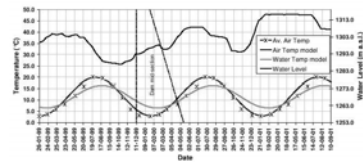
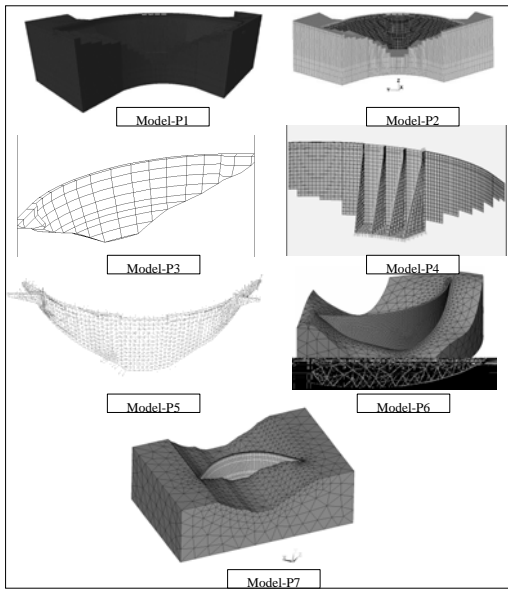
ICOLD BENCHMARK,
S. PETERSBURGO,
JUNIO DE 2007

(H&D, Octubre, 2007)

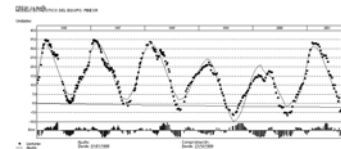


www.ipresas.upv.es

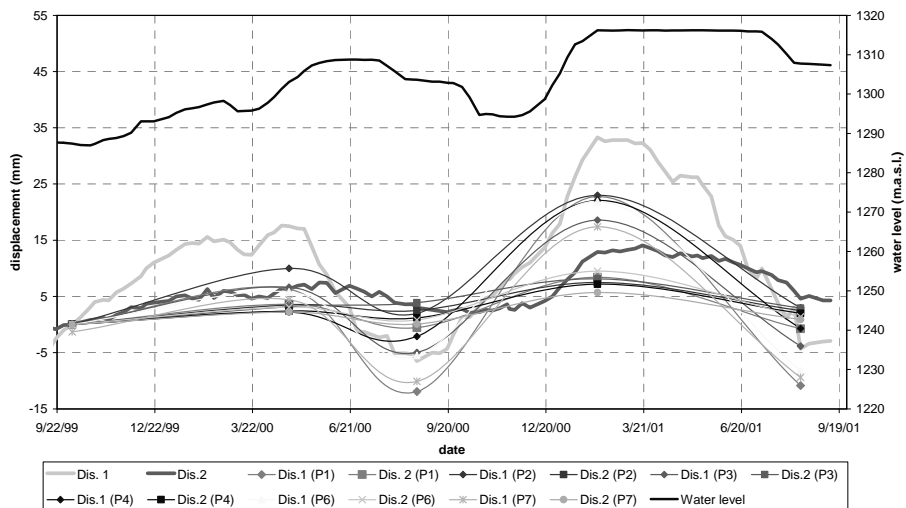
iPresas
eDams



← Sources of uncertainty



Results of the analysis (with given parameters)



STAGE 1/ SITUACION1

$$P_A \cdot (1 - P_E) \cdot C = R$$

$(1 - P_E) = \text{System Ineffectiveness}$ $M (\text{effectiveness}) = M (\text{ineffectiveness})$	M	M	M	M
--	---	---	---	---

STAGE 2/ SITUACION2

$$P_A \cdot (1 - P_E) \cdot C = R$$

$(1 - P_E) = \text{System Ineffectiveness}$ $L (\text{effectiveness}) = H (\text{ineffectiveness})$	M	H	M	H
--	---	---	---	---

STAGE 3/ SITUACION3

$$P_A \cdot (1 - P_E) \cdot C = R$$

$(1 - P_E) = \text{System Ineffectiveness}$ $M (\text{effectiveness}) = M (\text{ineffectiveness})$	M	M	M	M
--	---	---	---	---

CONCLUSIONES



- Proporciona al Titular de la presa una información objetiva e inédita
- Expone de forma explícita las incertidumbres presentes y cada uno de los modos de fallo
- Como beneficios directos ayuda a especificar:
 - las necesidades de investigación
 - la organización de los trabajos de inspección
 - la toma de registros y análisis posterior de la auscultación
 - la determinación de alternativas de reducción de riesgo
- Complementa y nutre los “documentos de seguridad” asociados al enfoque tradicional



THANK YOU

MUCHAS GRACIAS