



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA

www.ipresas.upv.es



DEPARTAMENTO
DE INGENIERÍA
HIDRÁULICA
Y MEDIO AMBIENTE

**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



8 DE MARZO DE 2005,

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA

www.ipresas.upv.es

Queda pendiente:

- Estimar la disminución efectiva de riesgos sobre la seguridad de las Presas
- Estimar el coste de la seguridad
- Establecer ***criterios de eficiencia de las inversiones en seguridad de presas***

14 DE JUNIO DE 2006,
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE

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

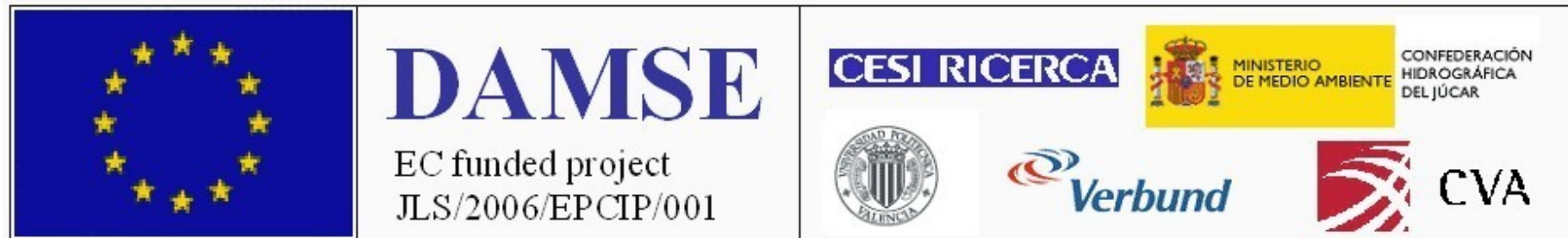
ENTIDAD FINANCIADORA: Ministerio de Ciencia y Tecnología (Plan Nacional de I+D+I, 2004-2007)

DURACIÓN DESDE: 01/12/2006

HASTA: 01/12/2009



1 DE DICIEMBRE DE 2006,
MEC



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

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.

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





www.ipresas.upv.es

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)

- ❑ **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**

**AR APLICADO A DAM SAFETY Y DAM
SECURITY**

- 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

¿ 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

Estimación del riesgo

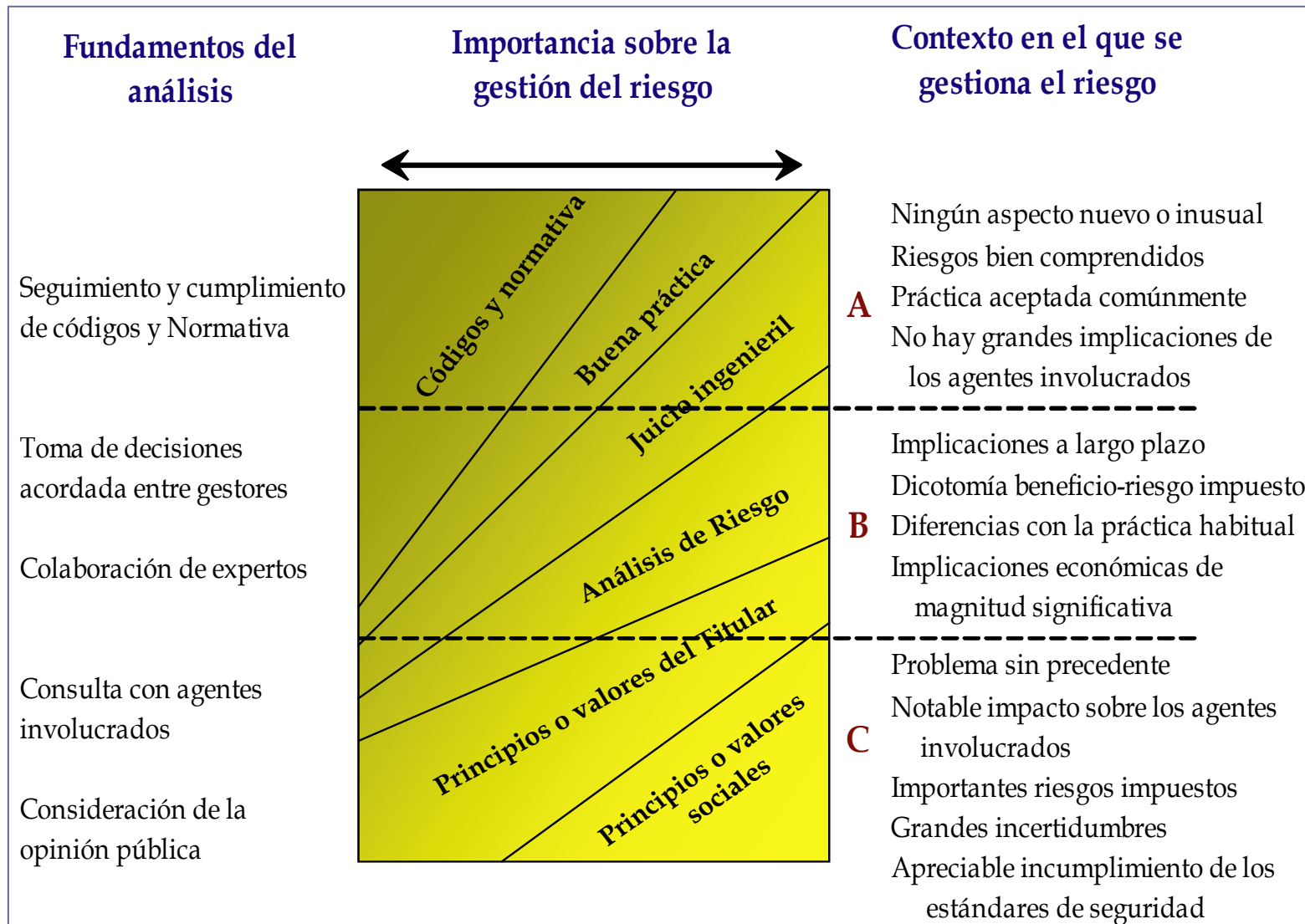
El riesgo se estima combinando las probabilidades de ocurrencia de los escenarios de sollicitación, las probabilidades condicionales de rotura, y la magnitud de las consecuencias y sus distribuciones de probabilidad correspondientes.

Valor esperado

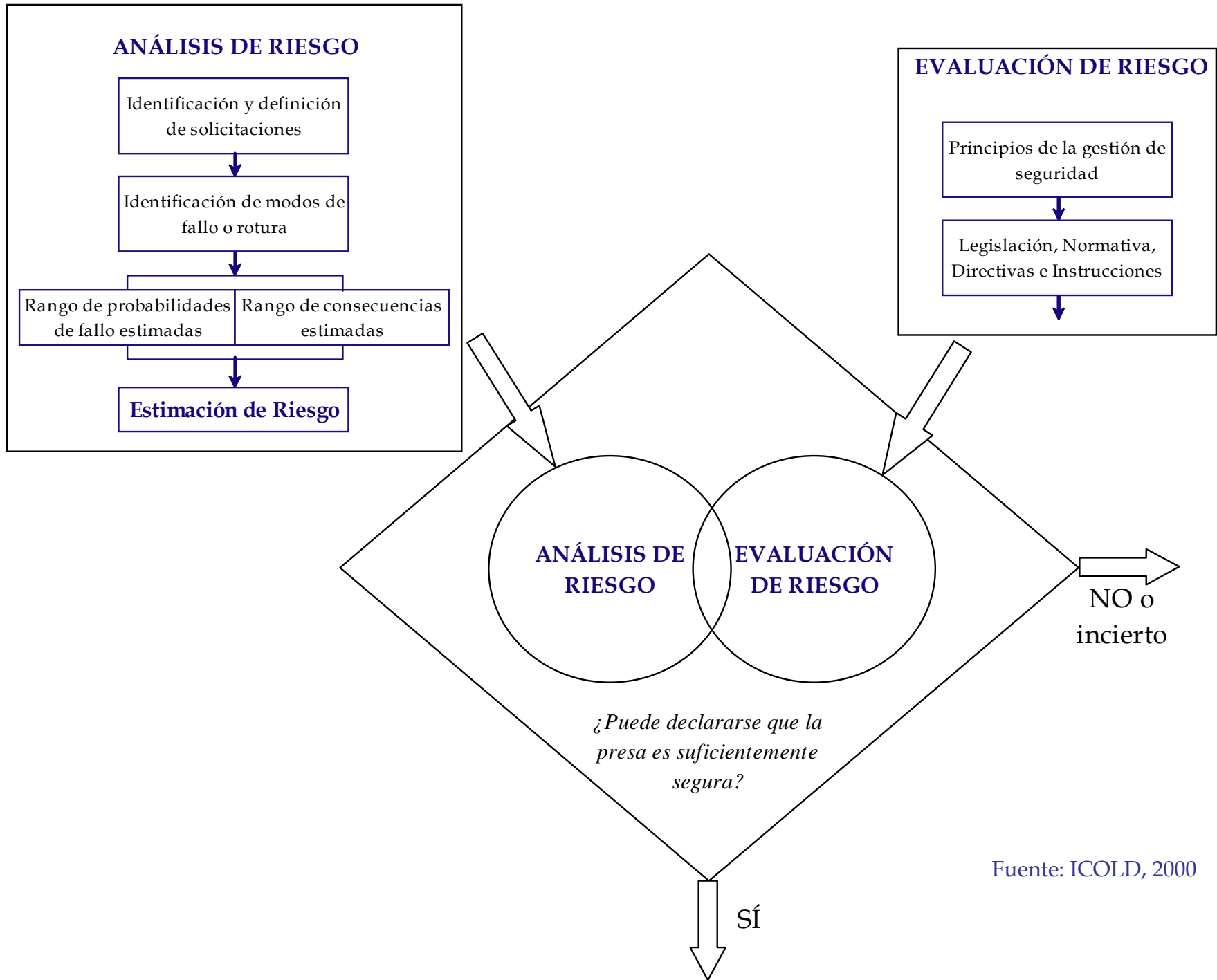
$$\mathcal{R} \approx \sum [P(\text{eventos de carga}) \cdot P(\text{rotura}|\text{eventos}) \cdot P(\text{consecuencias}|\text{eventos})]$$

Estimación rigurosa

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



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



Gestión de Riesgo

Declaración de Riesgo

Análisis de Riesgo

- Escenarios de sollicitación
- Modos de fallo
- Respuesta de la presa
- Probabilidad de rotura
- Consecuencias de la rotura
- **Estimación de Riesgo**

Evaluación de Riesgo

- Legislación
- Normativa
- Guías Técnicas

Control de Riesgo

- Soslayar el riesgo: solución alternativa
- Reducir riesgo: vigilancia e implementación del P.E.M.
- Reevaluar periódicamente estado del arte

¿Cuál es el riesgo de la presa?

¿Es tolerable el riesgo?

¿Se encuentra el riesgo dentro de límites aceptables?

Comparación entre la situación actual de la presa y aquella en la que debería encontrarse

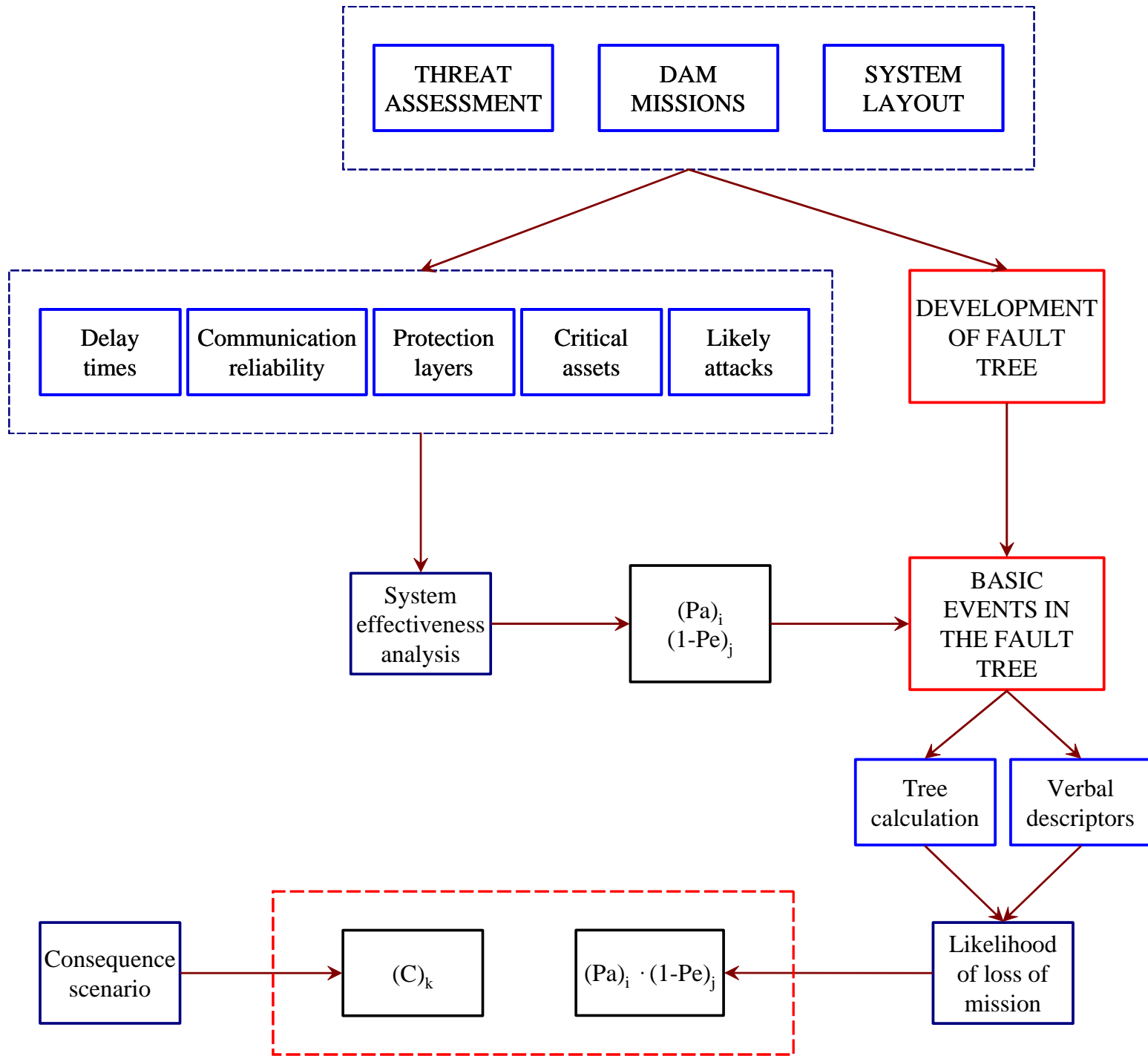
Acciones para controlar el riesgo y llevarlo hasta límites aceptables

- La ecuación de riesgo, en el contexto de "DAM SECURITY"

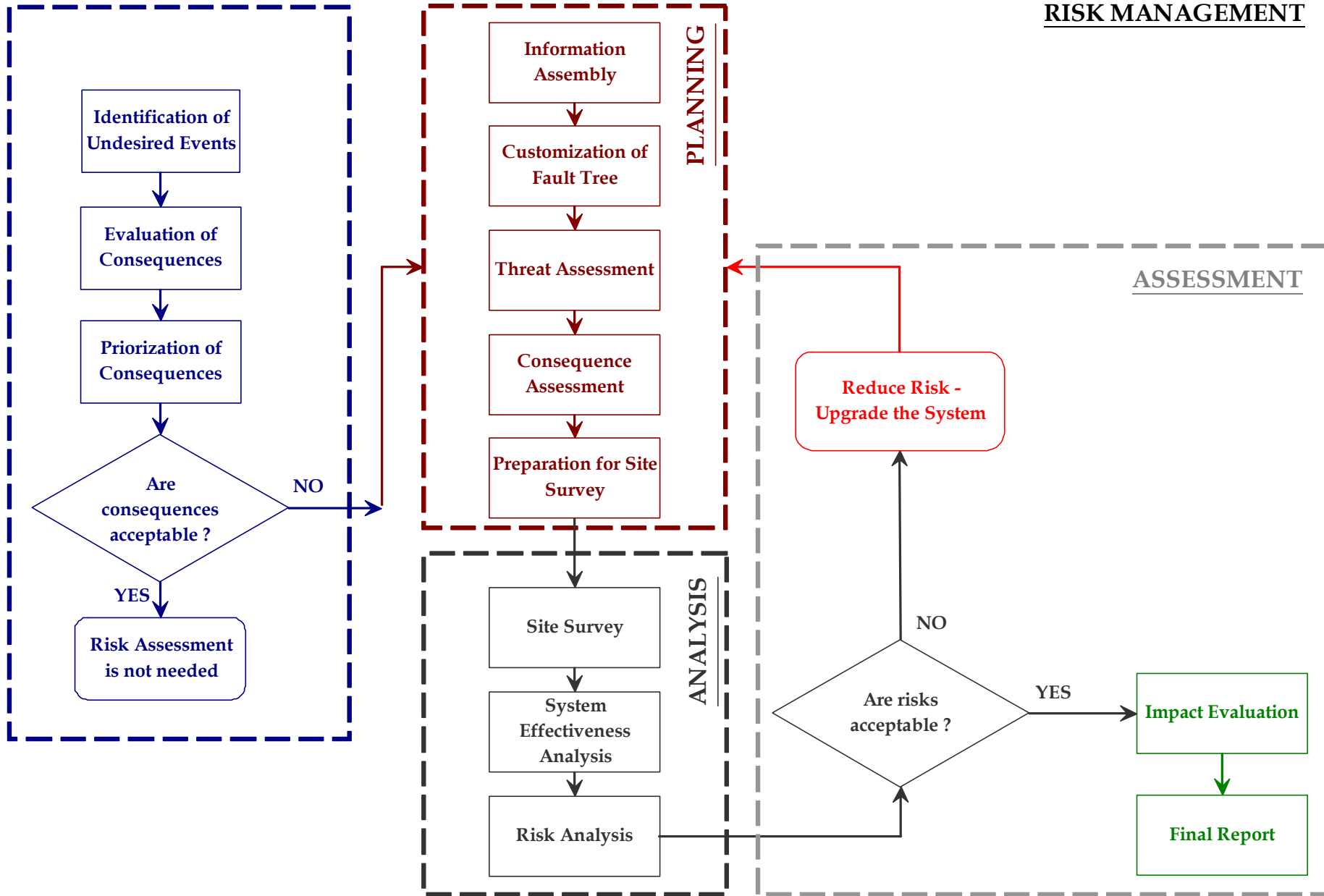
$$\mathbf{RISK} = \begin{aligned} & (\text{LIKELIHOOD OF ATTACK}) \cdot \\ & (1 - \text{SYSTEM EFFECTIVENESS}) \cdot \\ & (\text{CONSEQUENCES}) \end{aligned}$$

- Por tanto la metodología trabaja necesariamente con los tres factores

$$\mathbf{R} = R(\text{PA}; (1 - \text{PE}); \text{C})$$



RISK MANAGEMENT



“SCREENING” DE RIESGO Y DE CONSECUENCIAS

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

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

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

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

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

Escenario de solicitación	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

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

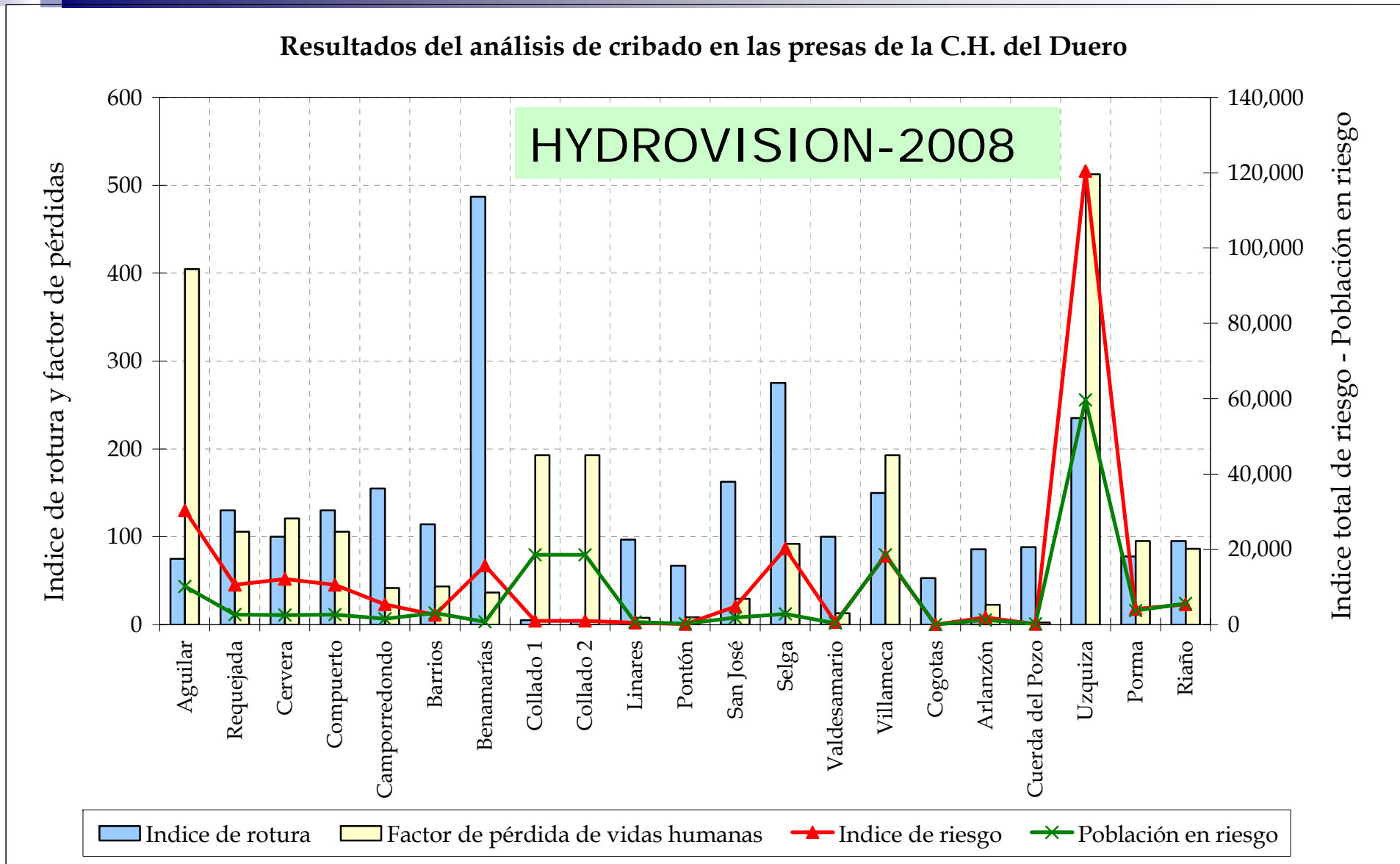
Combinando las tres componentes se obtiene el **INDICE DE RIESGO**: una representación simplificada del RIESGO

Escenario de solicitación	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

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 solicitación	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

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



- 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

DAMSE Preliminary Screening Procedure

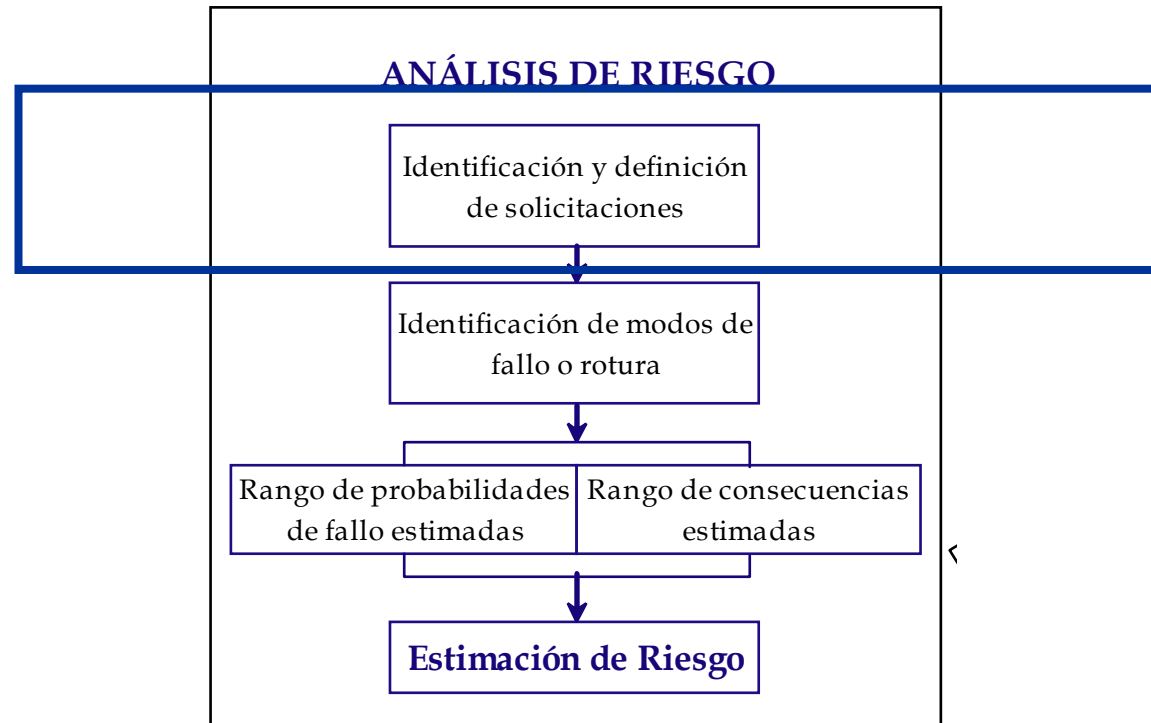
Dam description	Dam missions loss	Consequences Assessment					
		Public Safety	Economic	Environmental	Total Score	Classification	Full Security Assessment ?
dam1	x Loss of Flood Control or retaining capacity	10	8	10	28	H	YES
	Loss of Hydroelectric Generation		n/a		0	n/a	NO
	x Loss of Water Supply and 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

- 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)

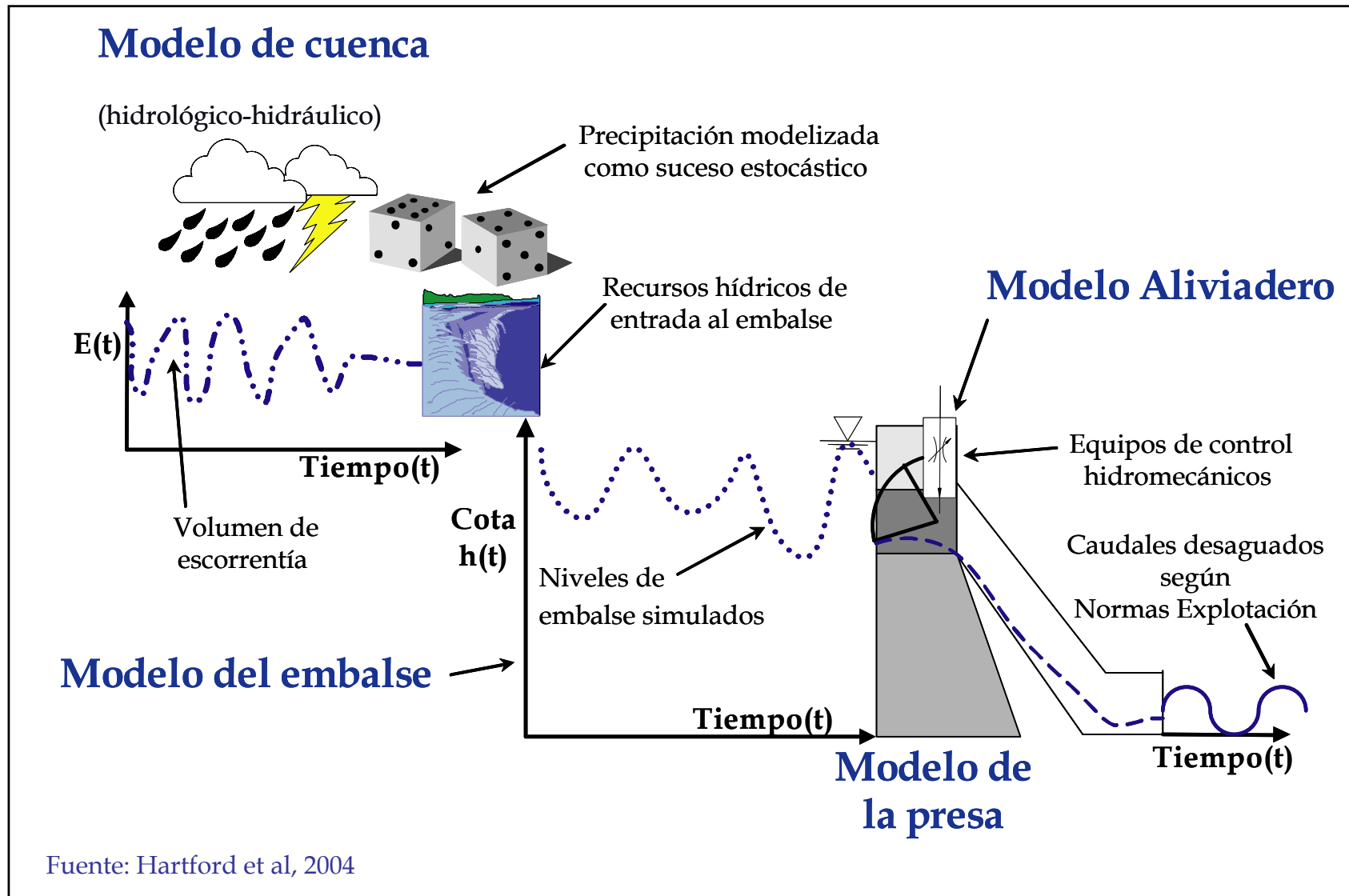
PROYECTO DAMSE

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

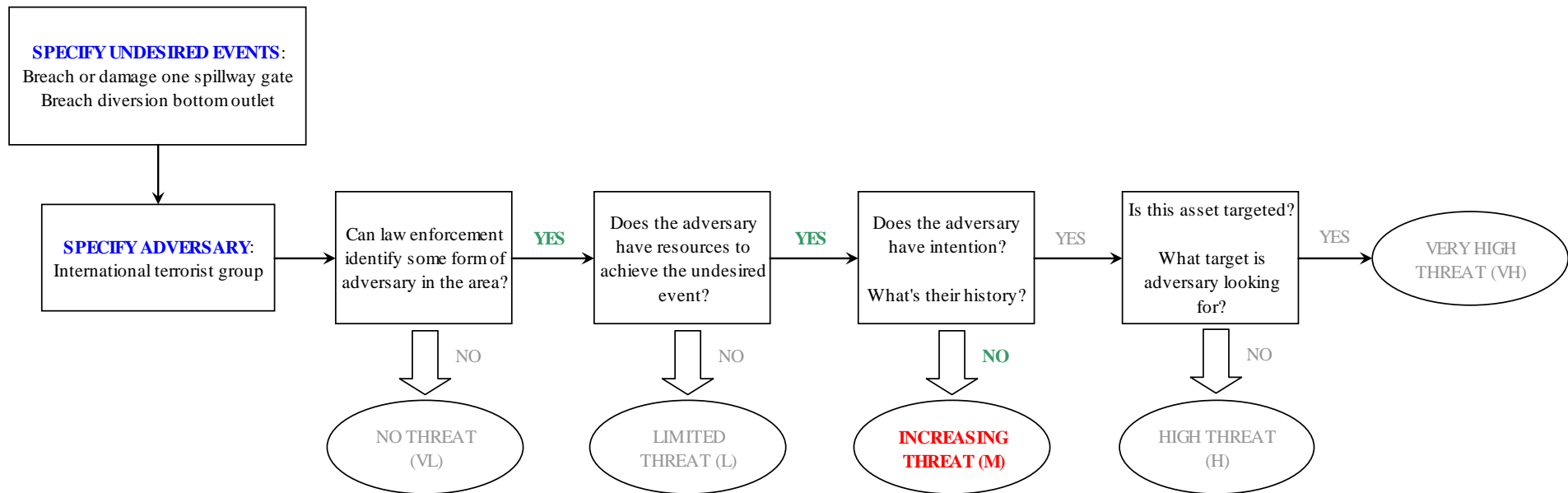
Consequence classification			
Single mission loss	$2 \leq S < 10$	$10 \leq S \leq 20$	$20 < S \leq 30$
Multiple mission loss	$4 \leq S < 26$	$26 \leq S \leq 53$	$53 < S \leq 80$
Category	Low (L)	Medium (M)	High (H)

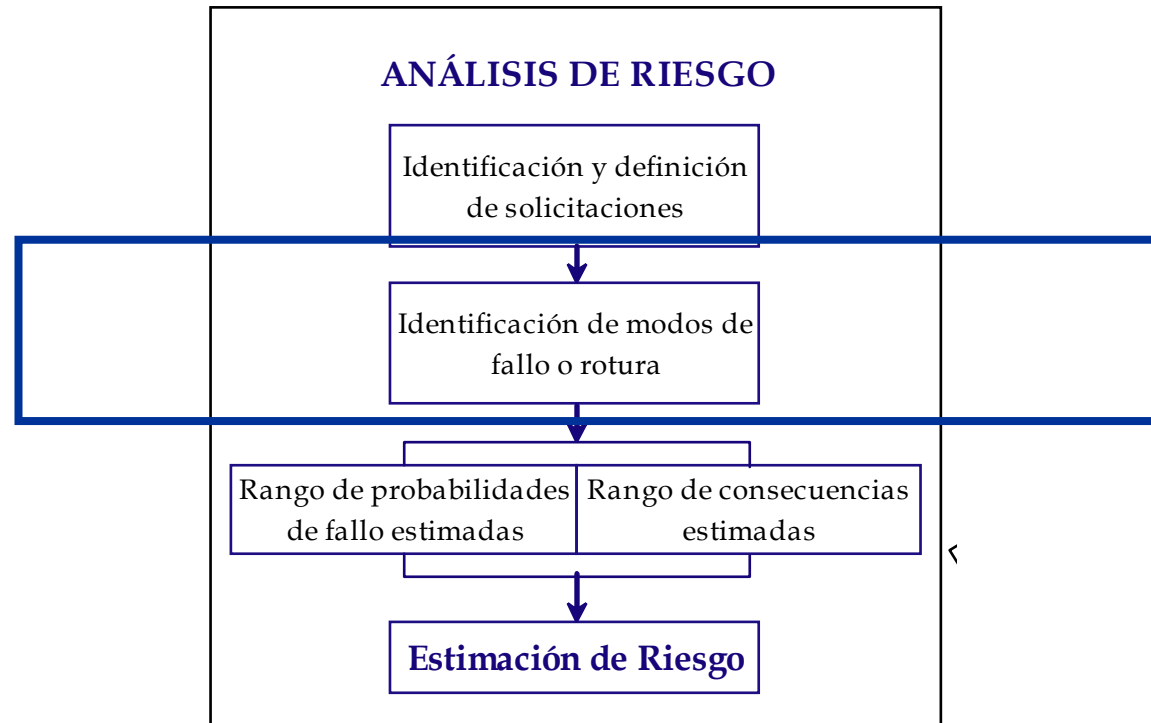


SOLICITACIONES Y **ATAQUES**



Evaluación de la amenaza de ataque





MODOS DE FALLO Y PÉRDIDAS DE MISIÓN

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

- **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 **campana de investigación** urgente.
- **Grado IV.-** Modos de rotura **descartados** y cuya aparición no se considera razonable.

- 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

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

* OPERACIÓN NORMAL

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

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 son gramíneas
∃ TUBERÍA	∃ variacs.

③ ∃ EROSIÓN MATERIAL

A favor:	En contra:
∄ filtro	∄ datos de granulometría
Se desconoce granulometría	(SM IP ≈ 8-10)
$i_h \approx 0'1$	

④.1. → ⑤ PROGRESO DE EROSIÓN y CONDUCTO HASTA AGUAS ARRIBA

A favor:

¿% finos > 15%?

v flujo

⑥ ROTURA DEL DIQUE

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

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

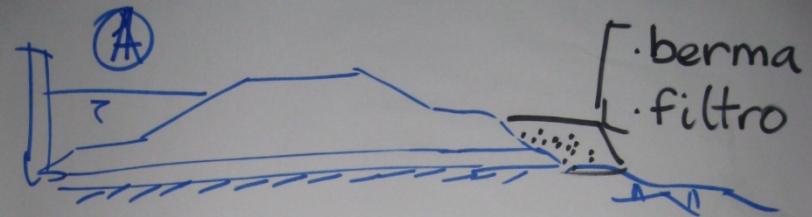
- Investigacs., estudios:
 - Caracts. cuerpo del dique⁽¹⁾
 - Cuándo, cómo se revistió la tubería
 - Onda de rotura a/ab
 - Caract. territorio a/ab

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

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

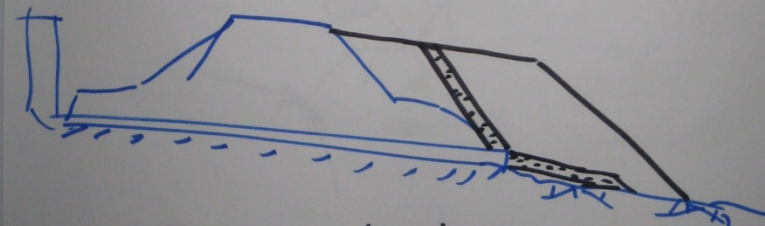
- Normas Operación; P.E.
- Protocolo frente a variacs. de nivel en M
- Protocolos a la vigilancia
- Consideración en PACEM

¿Medidas urgentes?

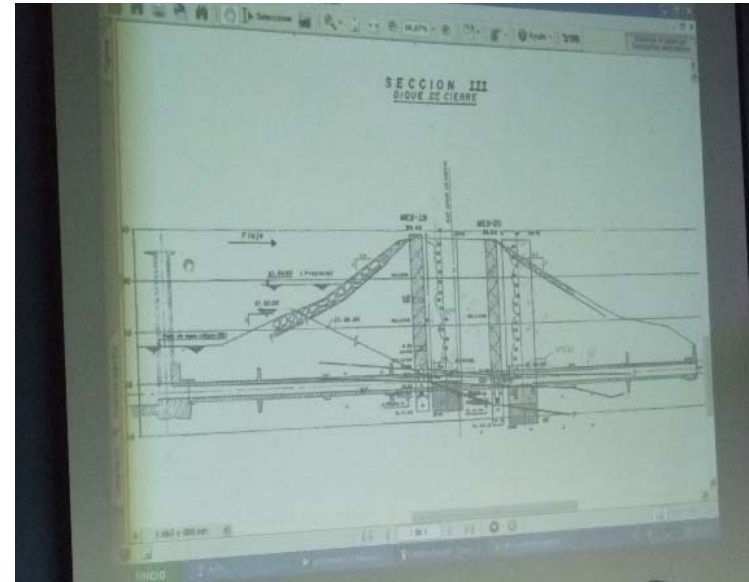


ICOLD MEETING, 2008

ICOLD CONGRESS, 2009



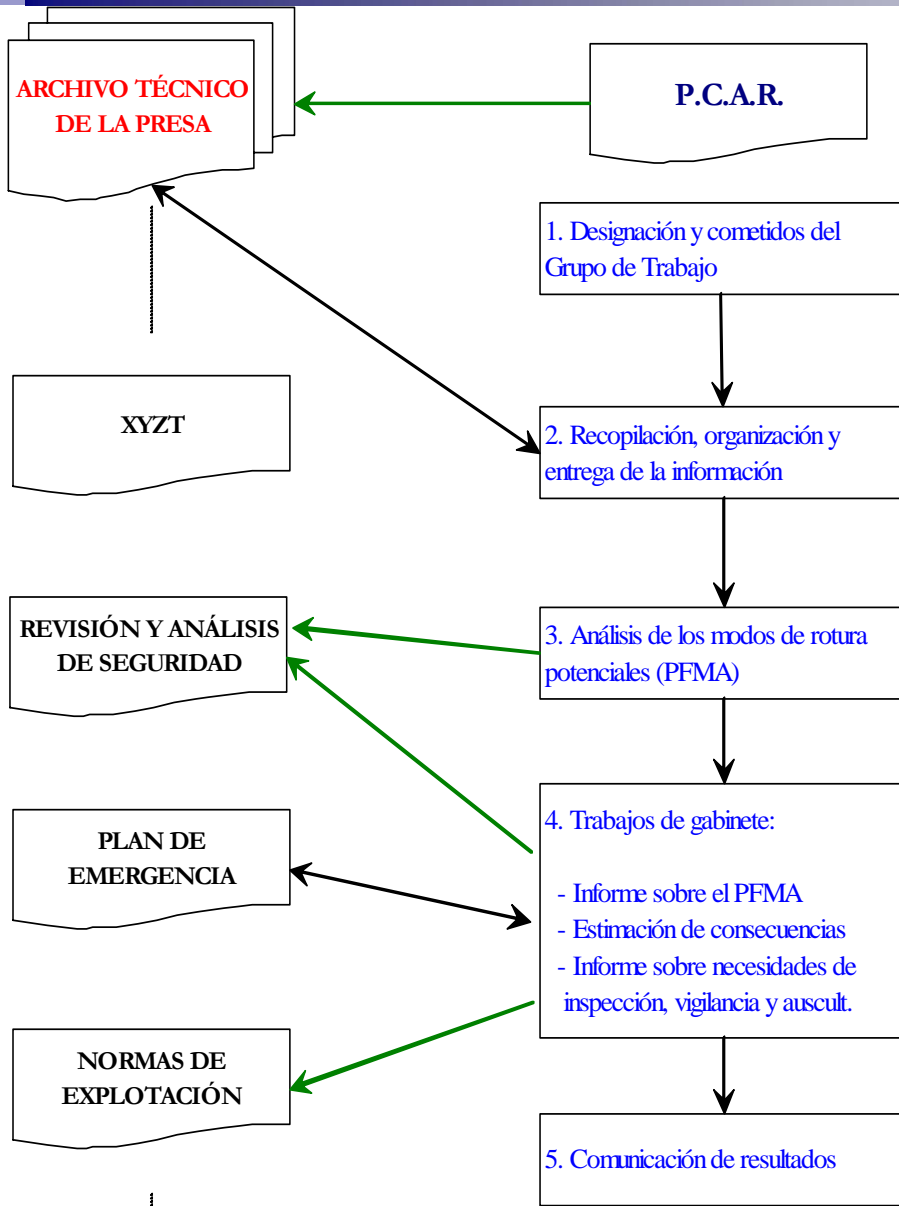
- dren chimenea
- recrecimiento aguas abajo



Vínculos con la Inspección
Formal (Informe de
Seguridad)

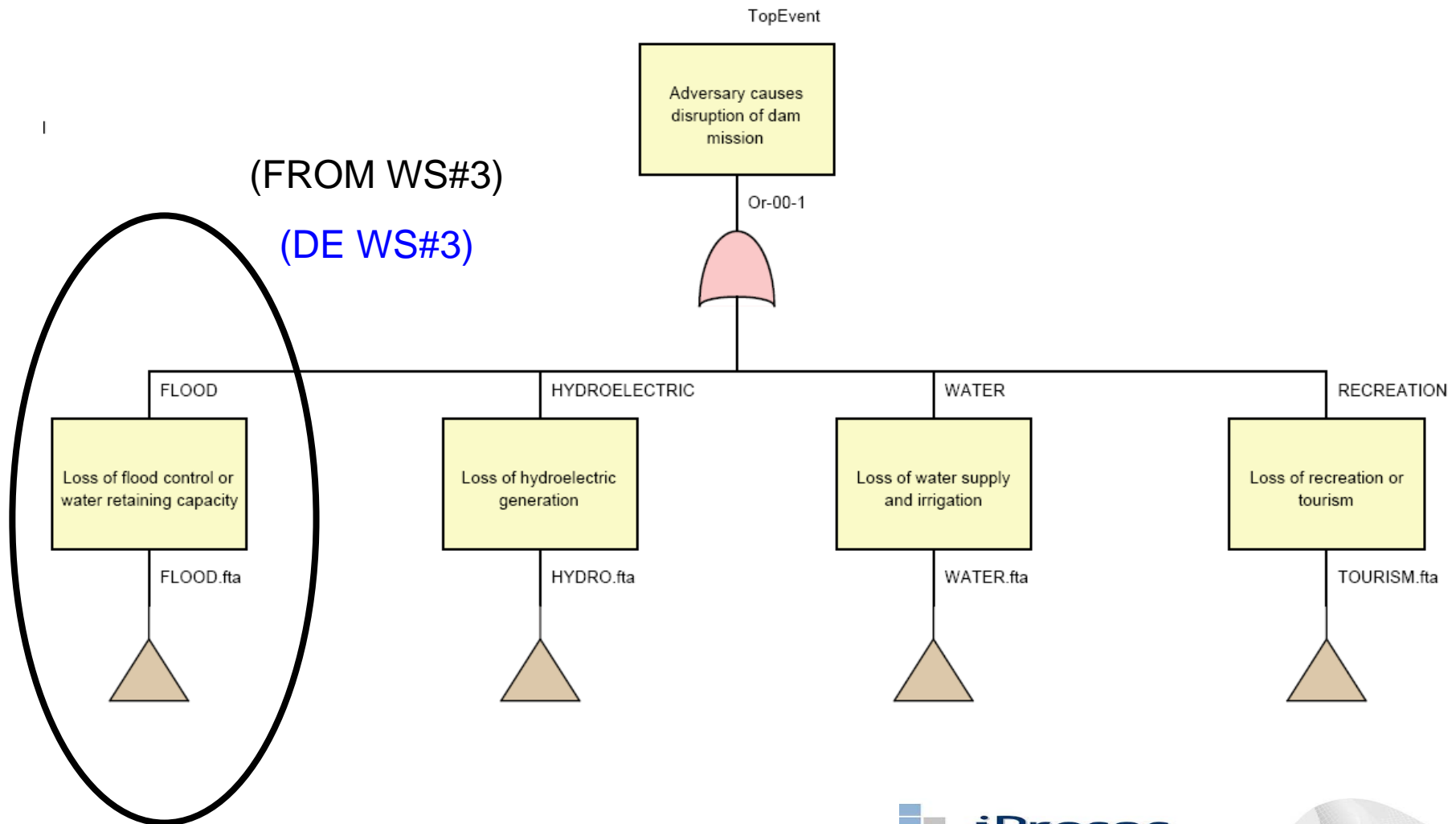
PUERTO ORDAZ
(VENEZUELA),
ENERO DE 2008

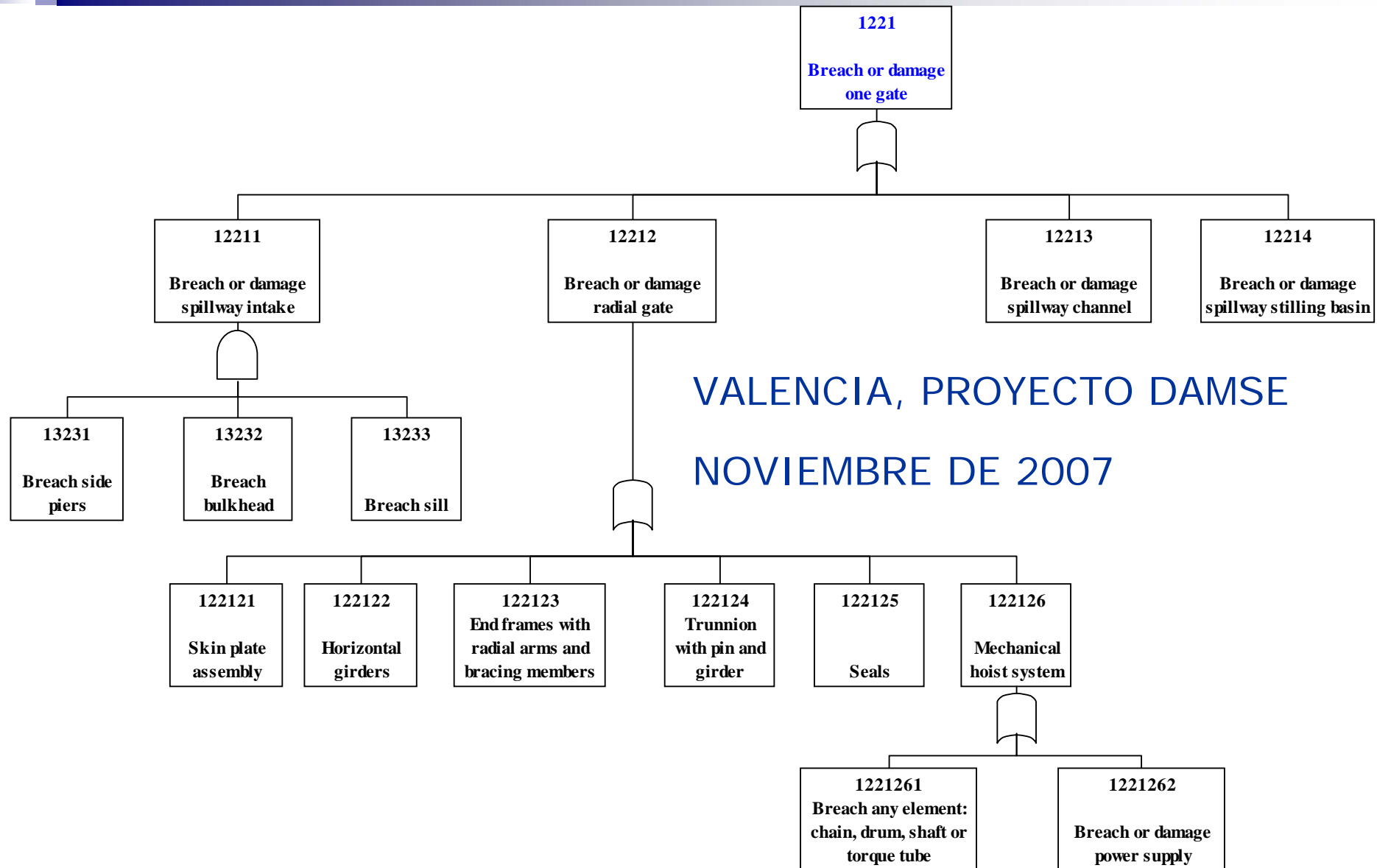
4. MODOS DE FALLO Y PERDIDAS DE MISIÓN

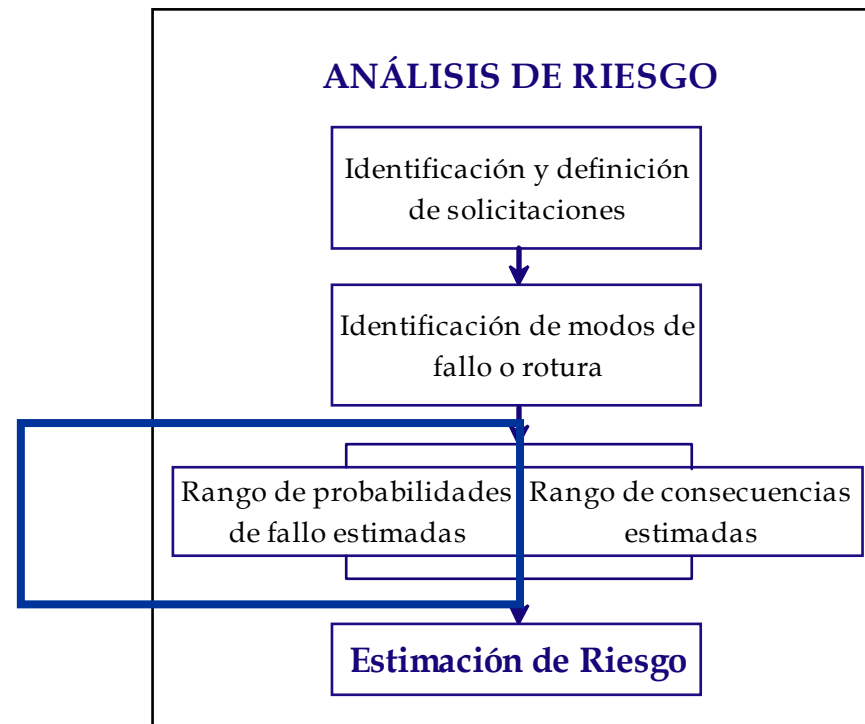


CH DUERO,
PRIMAVERA DE 2008

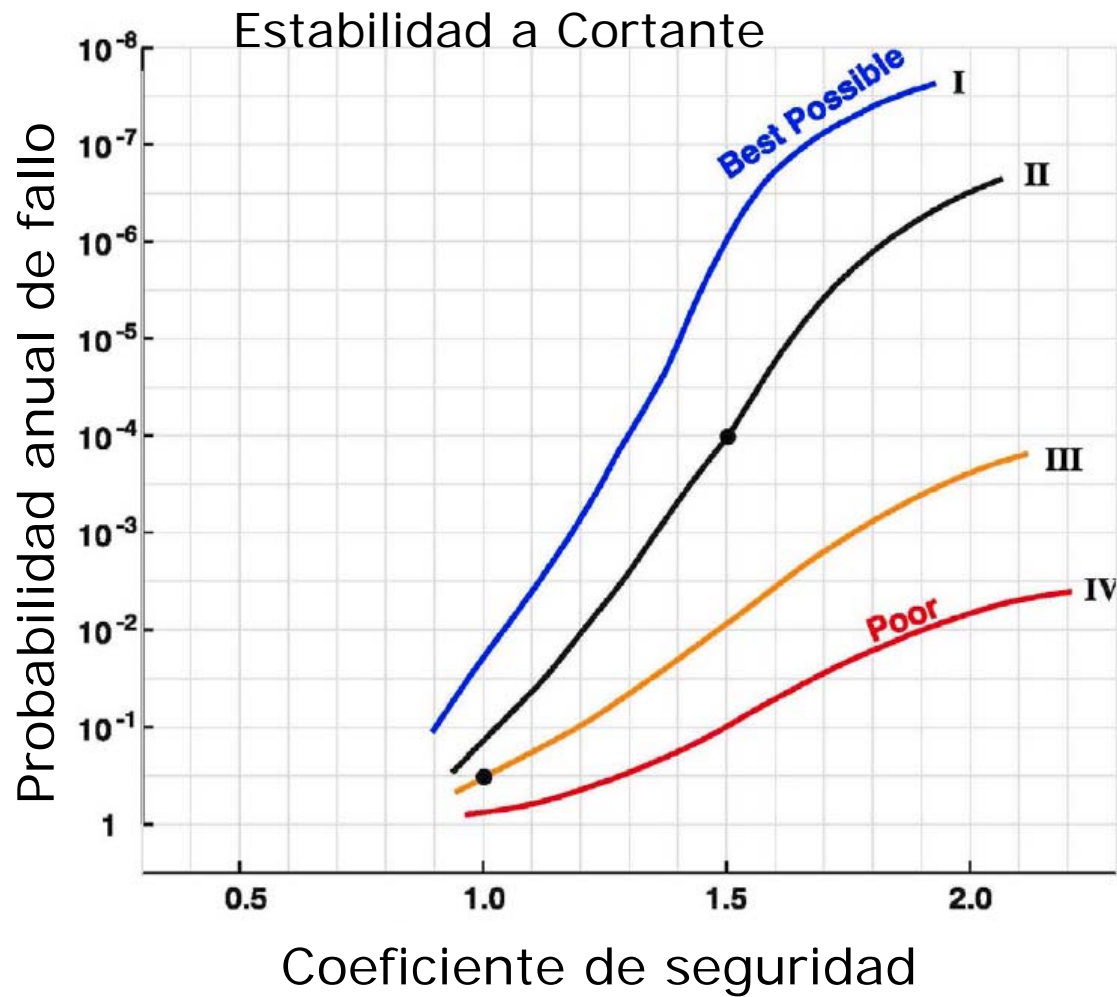
GENERIC FAULT TREE/ ARBOL DE FALLO GENERICO







PROBABILIDADES DE FALLO E INEFECTIVIDAD



Fuente: F. Silva-Tula (2007)

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

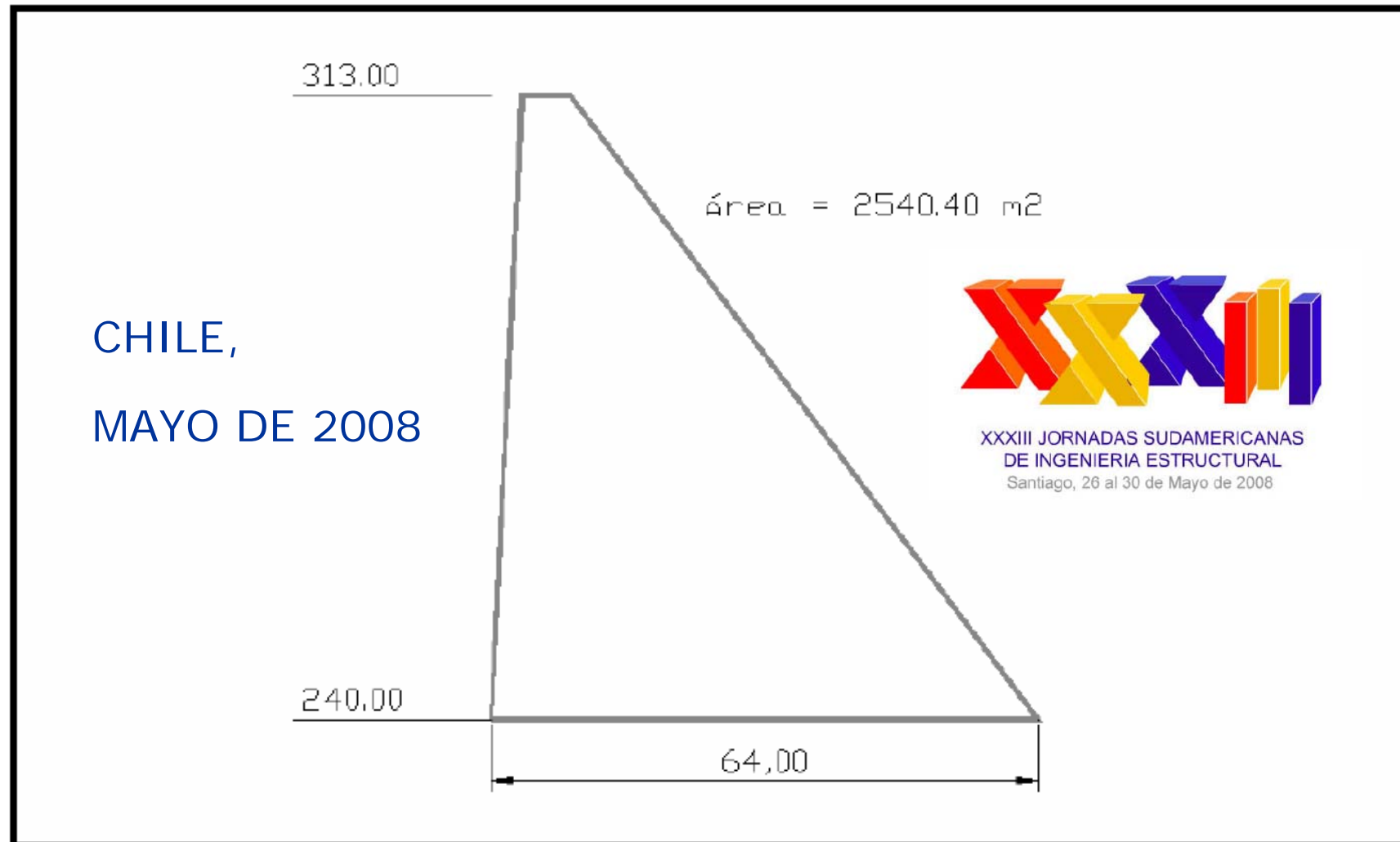


Figura 4: Sección simplificada por el aliviadero de la presa analizada.

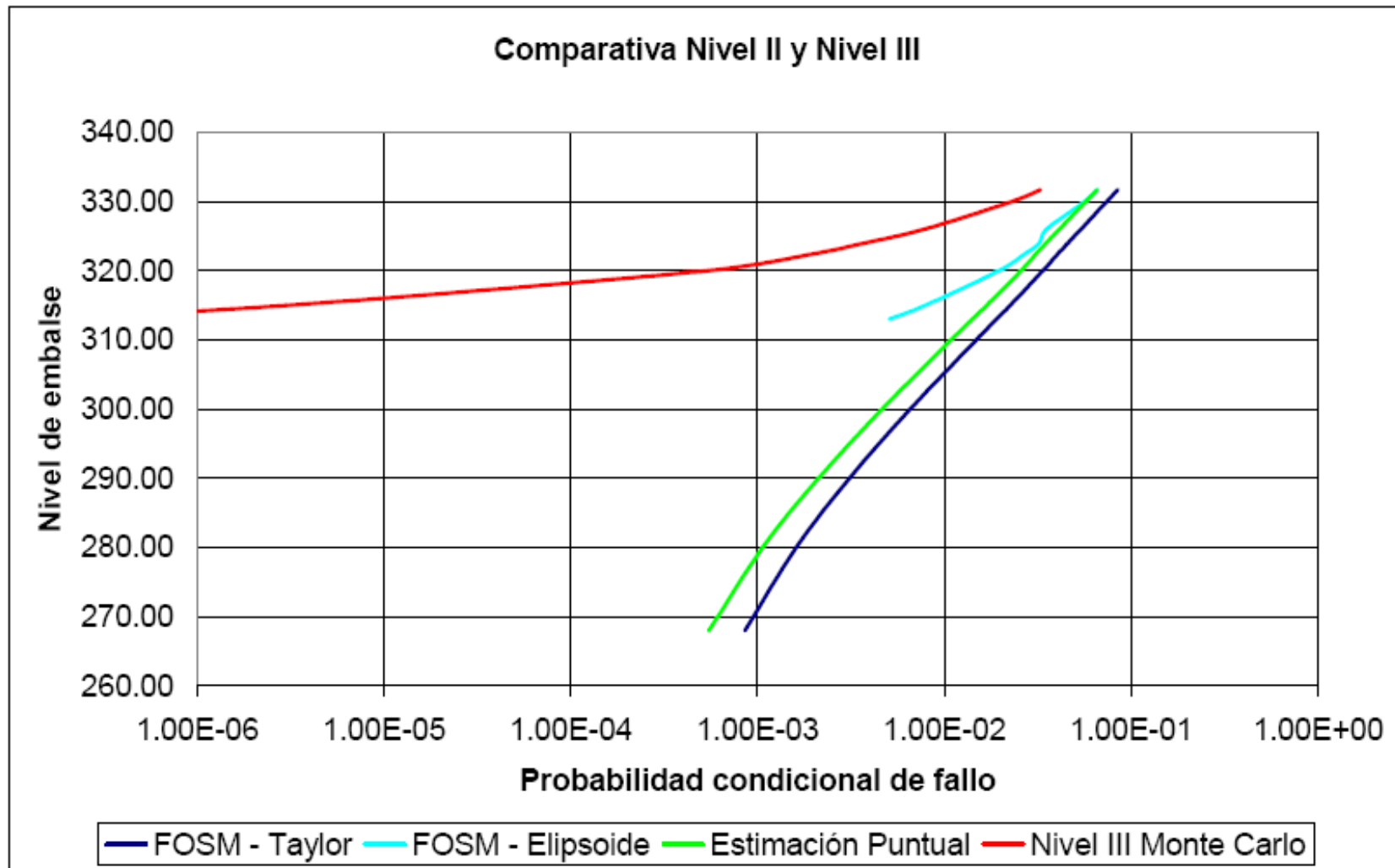
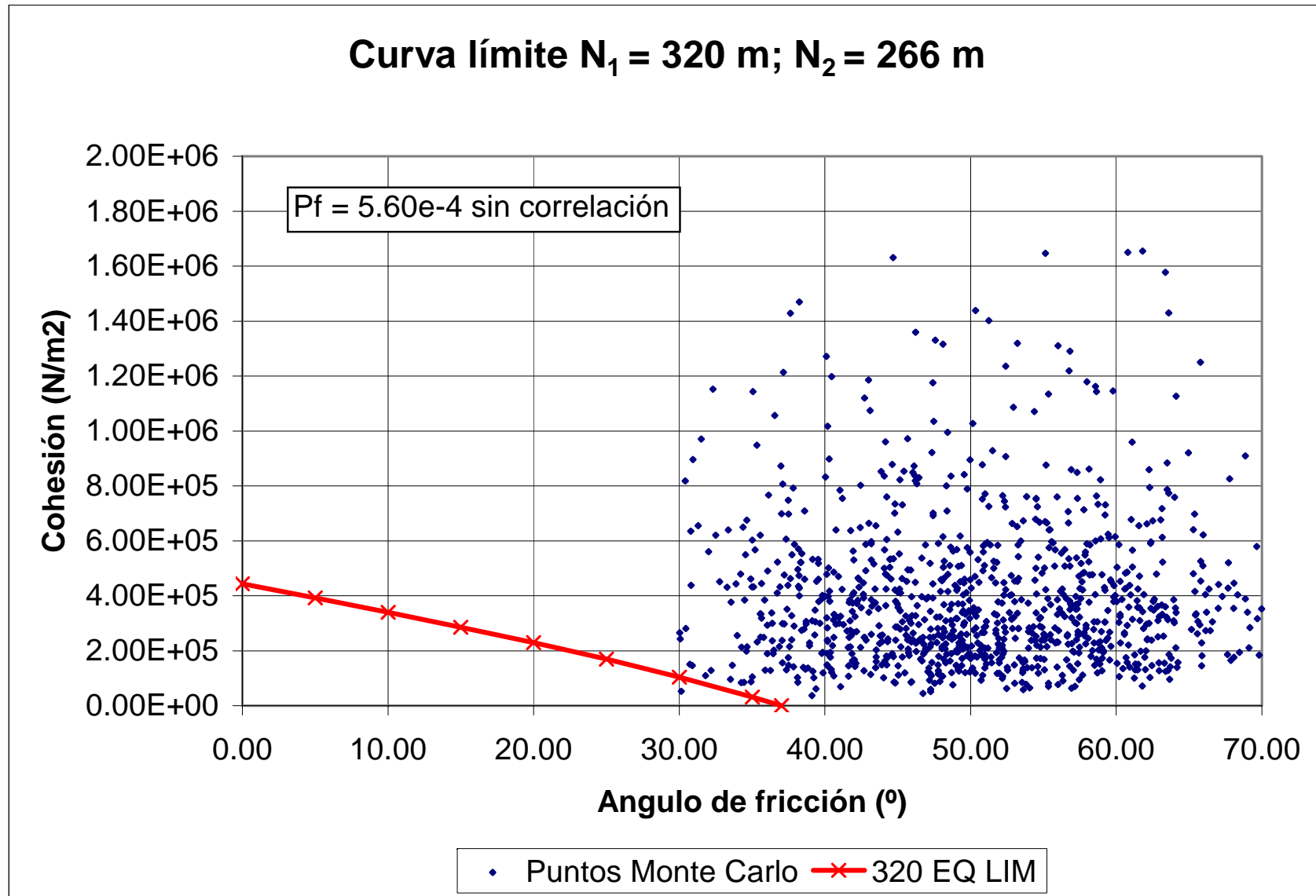
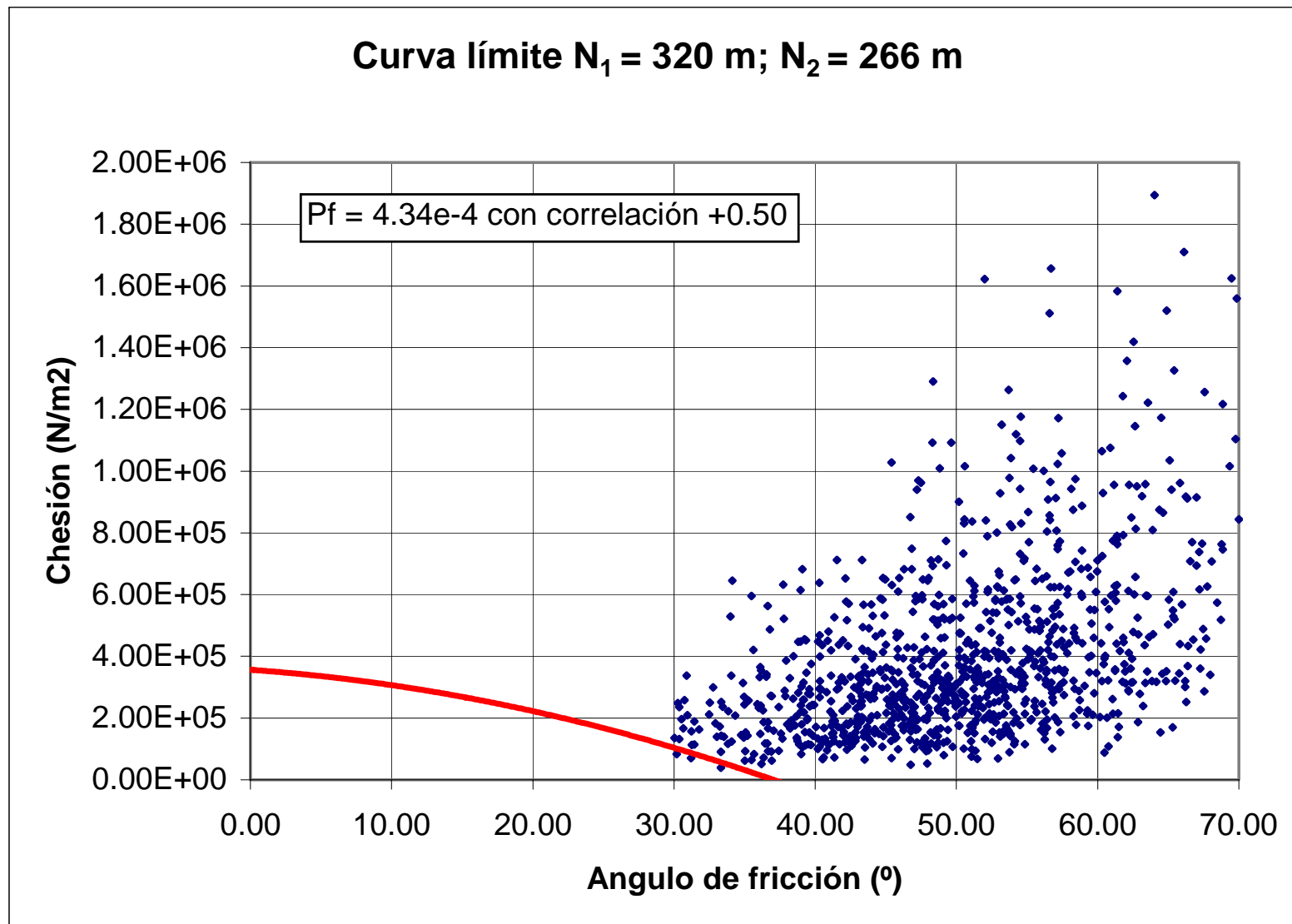


Figura 10: Comparativa de Nivel II y Nivel III. Probabilidades condicionales de fallo.





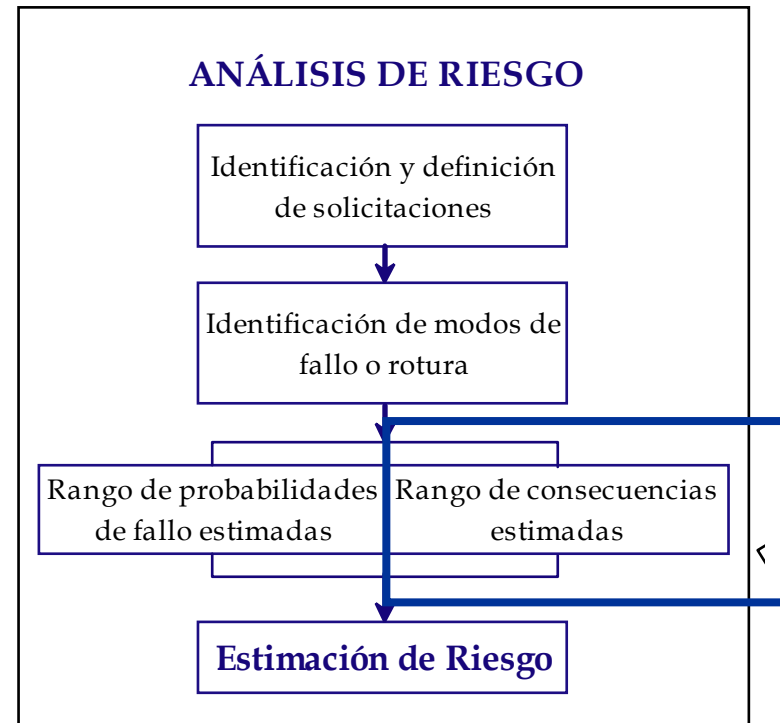
System Effectiveness Analysis Análisis de la Efectividad del Sistema

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

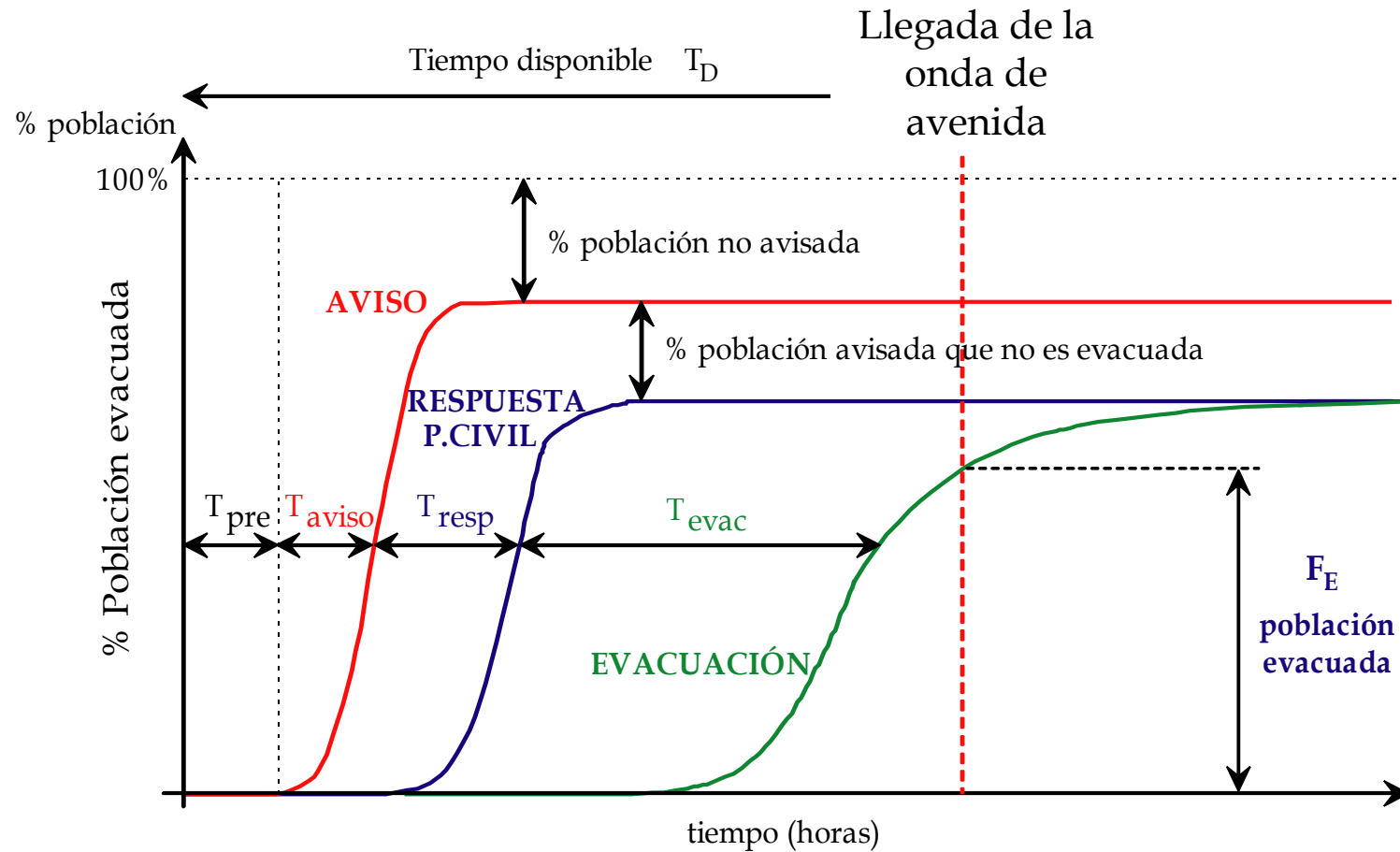
- Detection Effectiveness/ Eficacia en la detección
(FROM WS#6 and WS#4)
(DE WS#6 y WS#4)
- Communication reliability/ Fiabilidad en la comunicación
(FROM WS#7)
(DE WS#7)
- Delay time/ Tiempo para llevar a cabo la acción
(FROM WS#5 and WS#8)
(DE WS#5 Y WS#8)
- Response time/ Tiempo de respuesta
(FROM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

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

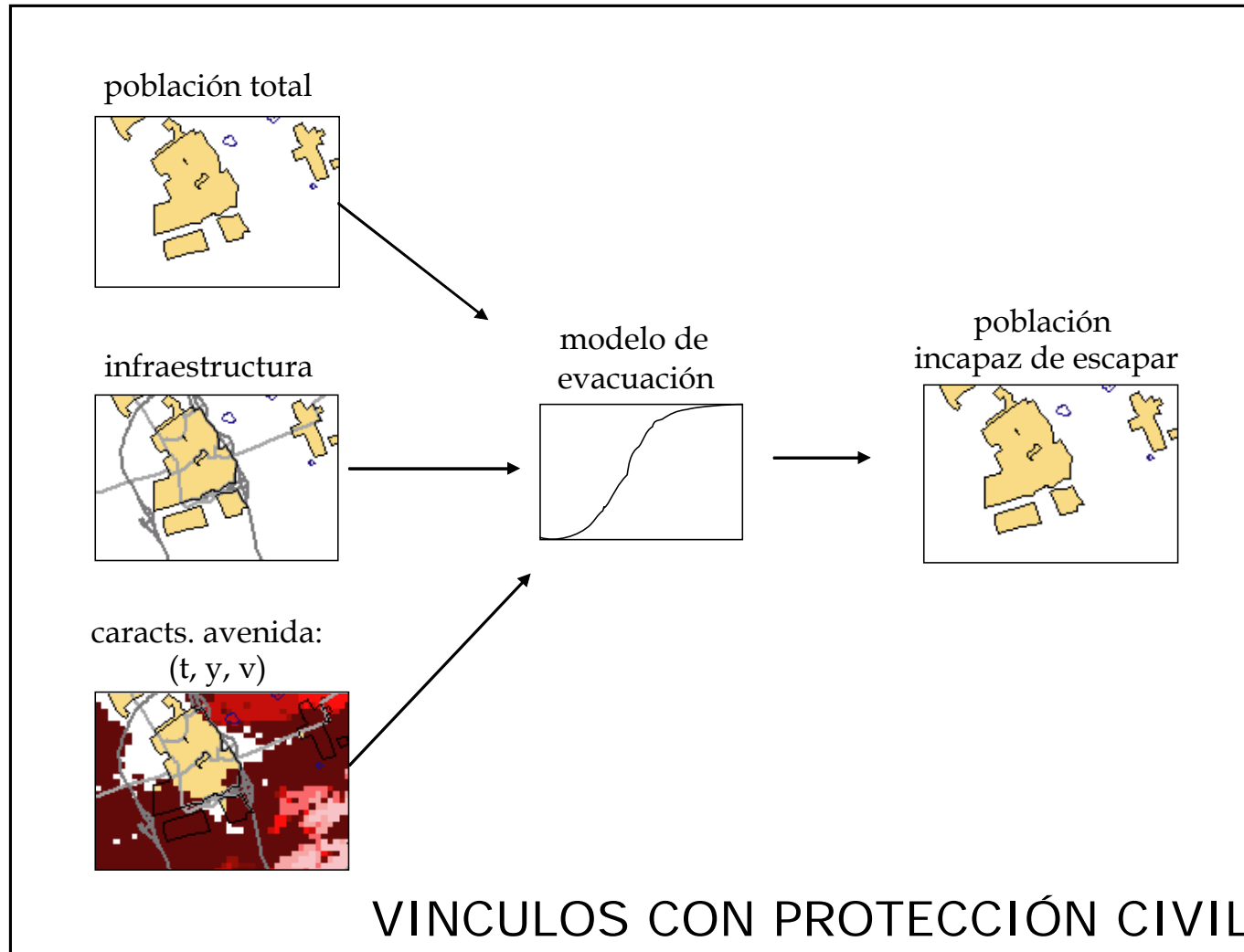


CONSECUENCIAS

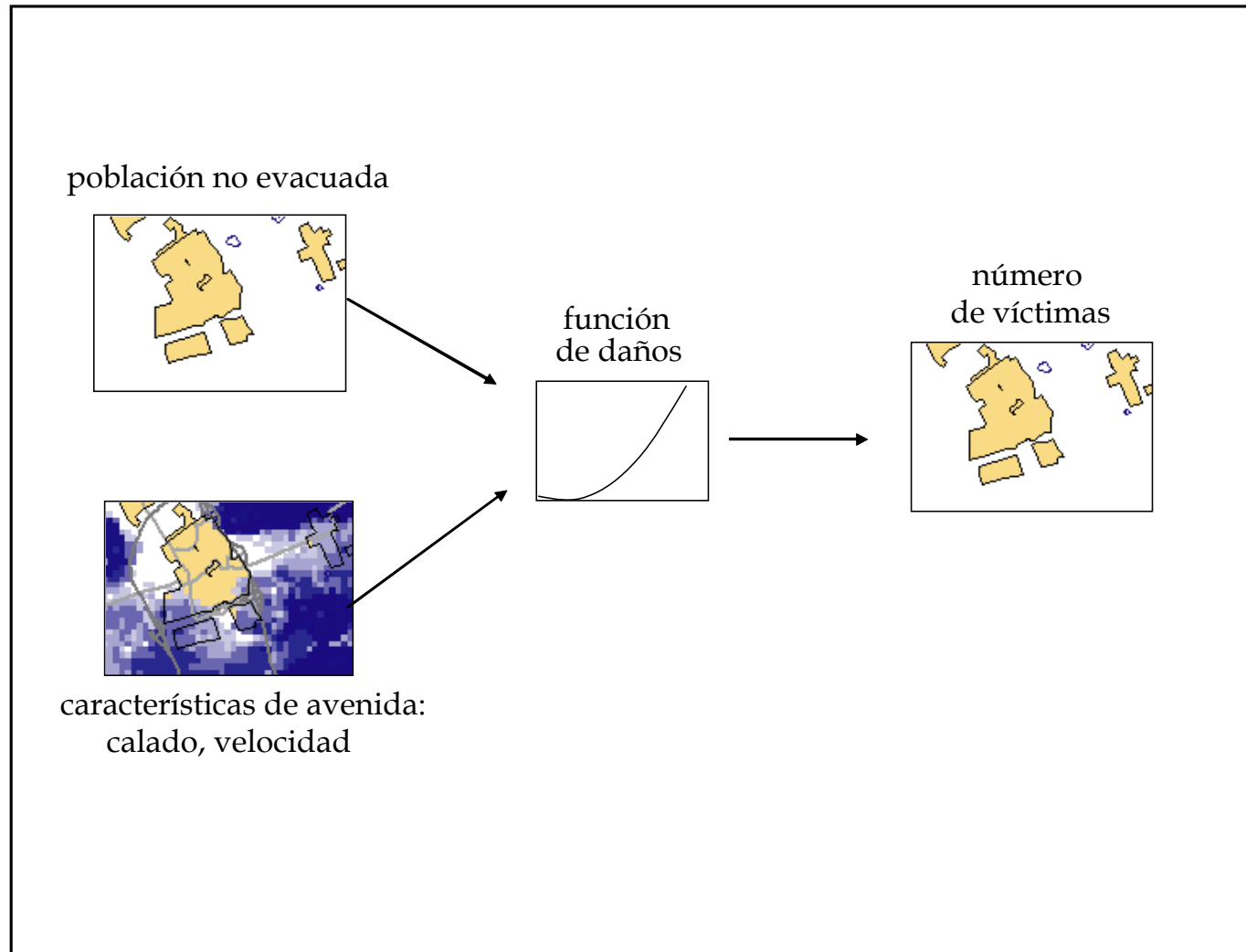


RELACION CON PEP

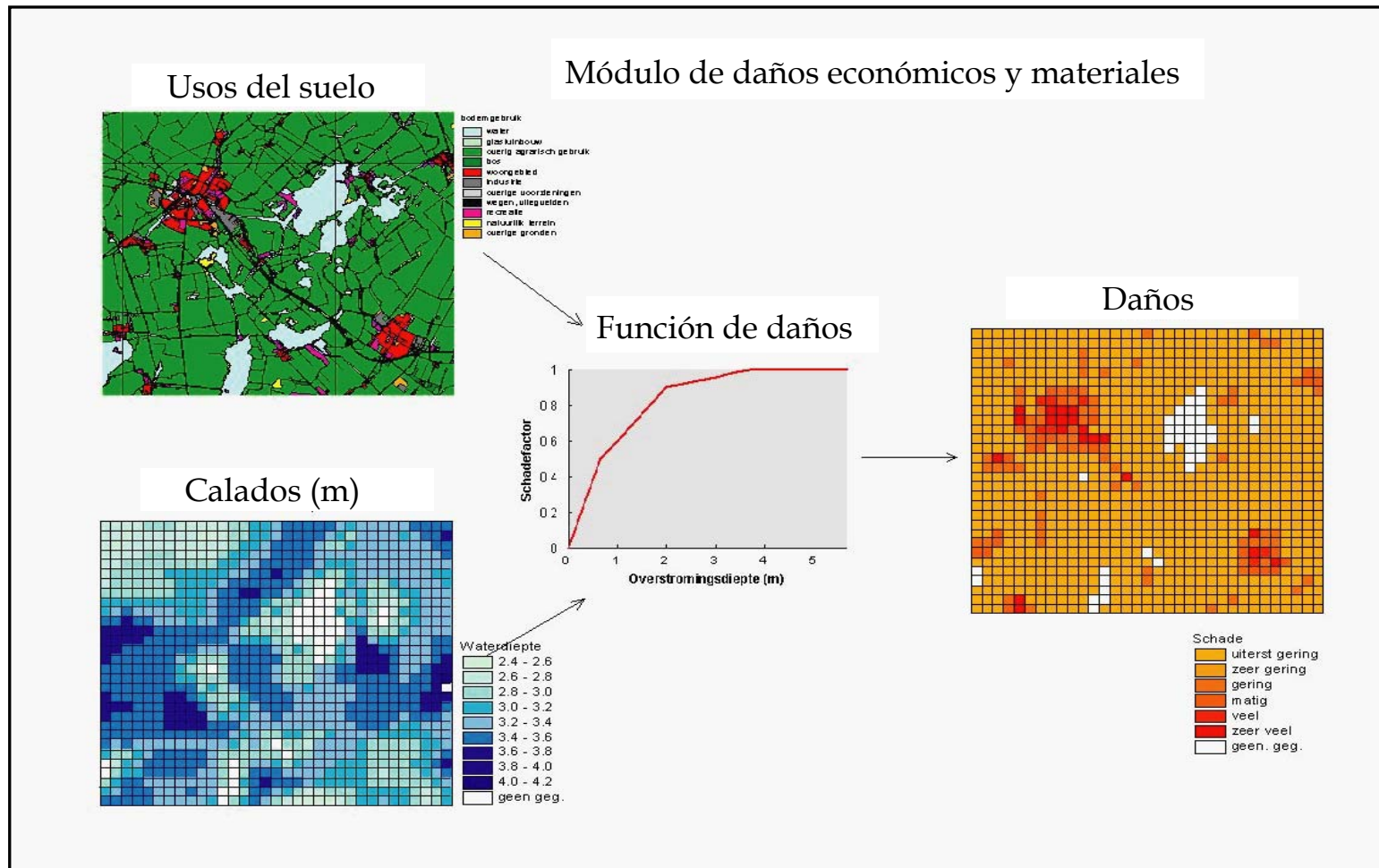
Consecuencias sobre la vida humana



Consecuencias sobre la vida humana



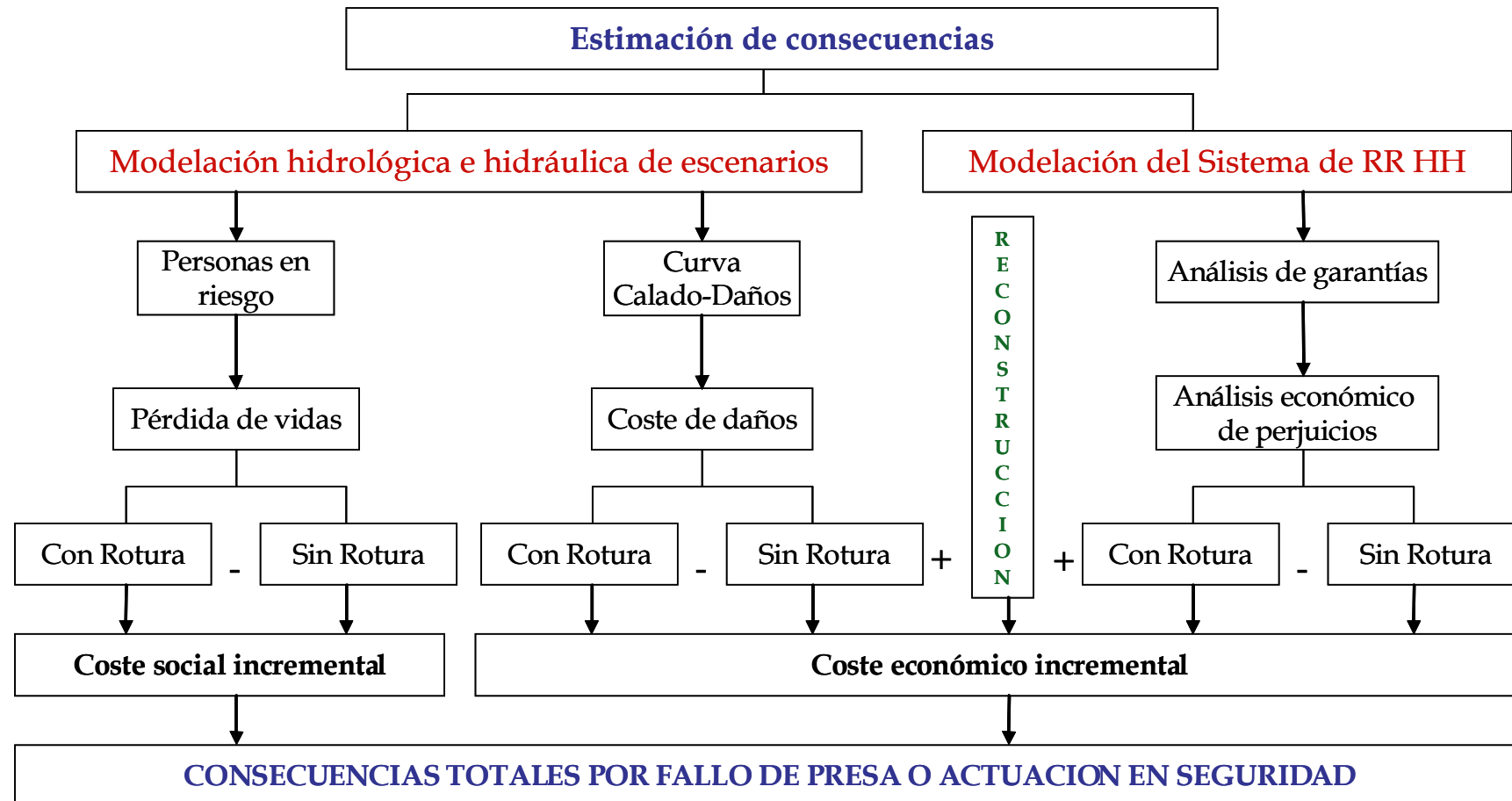
Consecuencias económicas

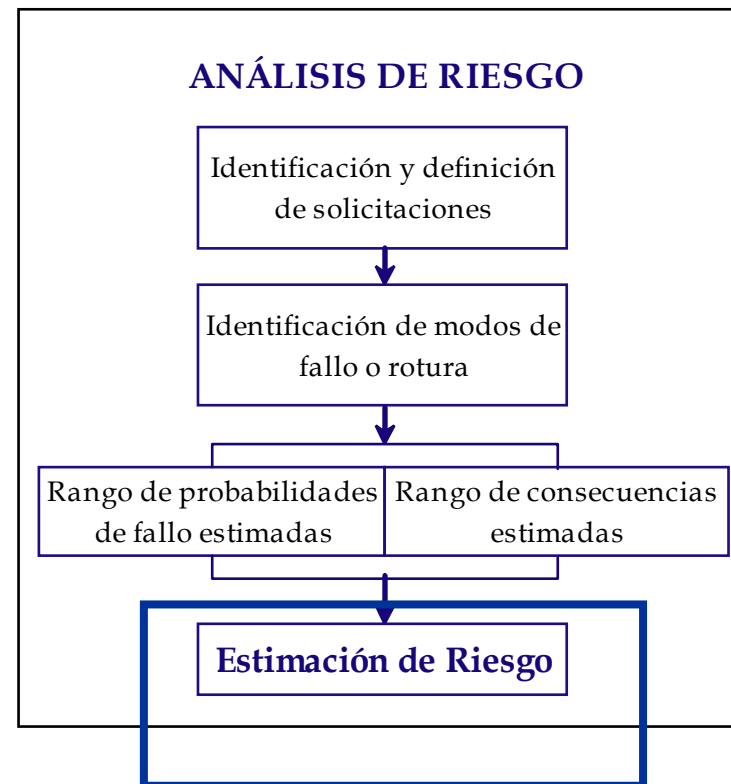


Fuente: van Gelder et al, 2003

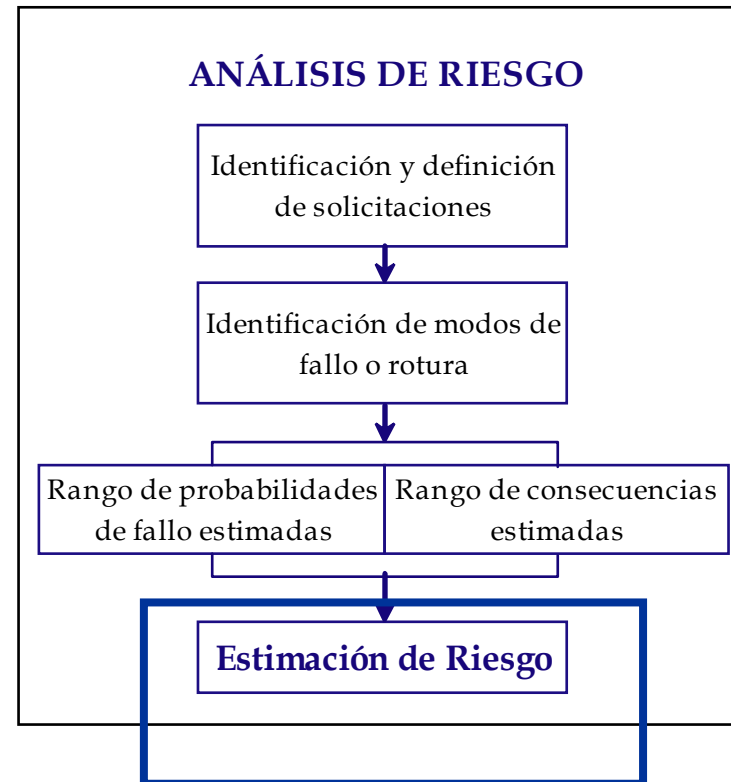
Modelo general de consecuencias DIHMA (Triana, 2007)

TESIS VALENCIA,
ENERO DE 2007



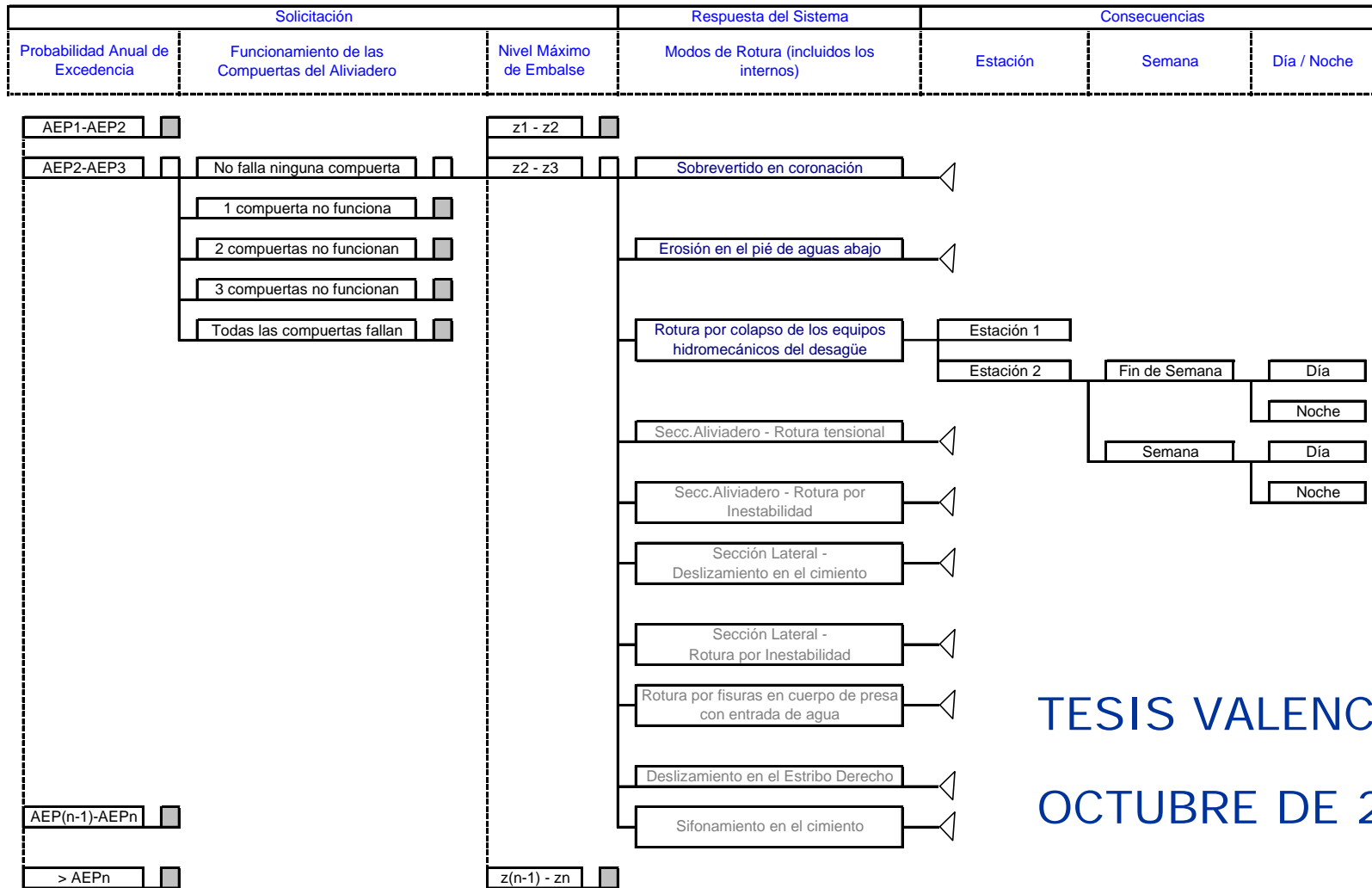


ANALISIS CUANTITATIVO Y CUALITATIVO



ANALISIS CUANTITATIVO Y CUALITATIVO

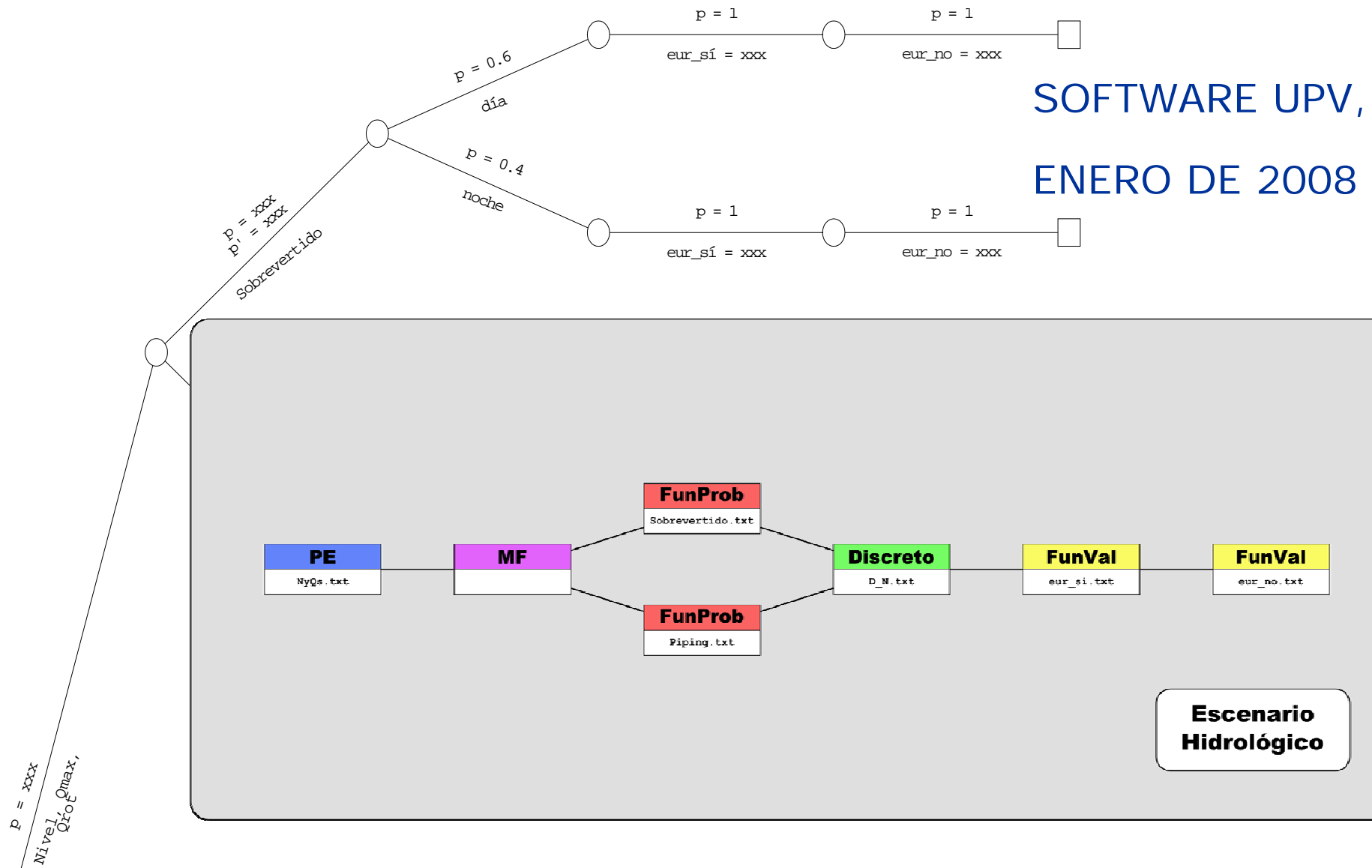
7. ANALISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO



LEYENDA:

- Nodo que es desarrollado
- Nodo colapsado
- Nodo de Consecuencias

TESIS VALENCIA,
OCTUBRE DE 2007



Qilex - grupo iPresas

Archivo Opciones Ayuda

DC FP FV PE MF

Nombre	Hidrología
Archivo	C:\ejemplo\NyQs.b
partir	1
log_partir	False
intervalos	2
es_PAE	True
interp_log	[False, False, False]

```

graph TD
    Hidrología[Hidrología] --> MF[MF]
    MF --> Sobrevertido[Sobrevertido]
    MF --> Piping[Piping]
    Sobrevertido --> DiaNoche[Día - Noche]
    Piping --> DiaNoche
    DiaNoche --> EuroSi[€ sí]
    EuroSi --> EuroNo[€ no]
    EuroNo --> Euro[€]
    
```

Resultados

P(rot=1) = 7.484991e-004

Sobrevertido: 9.545455e-007

Piping: 7.475445e-004

R(eur) = 3.664249e+005

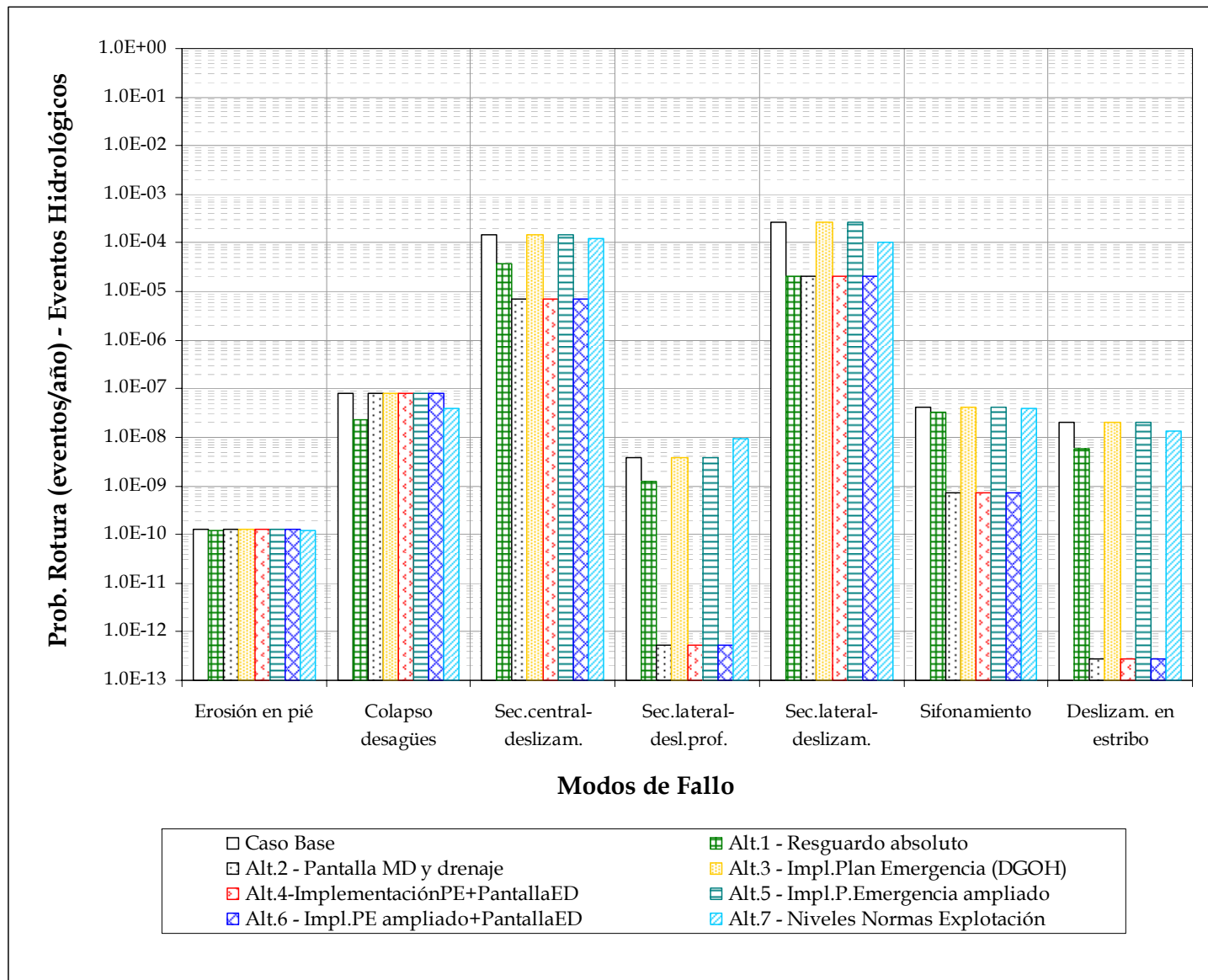
Sobrevertido: 3.079091e+002

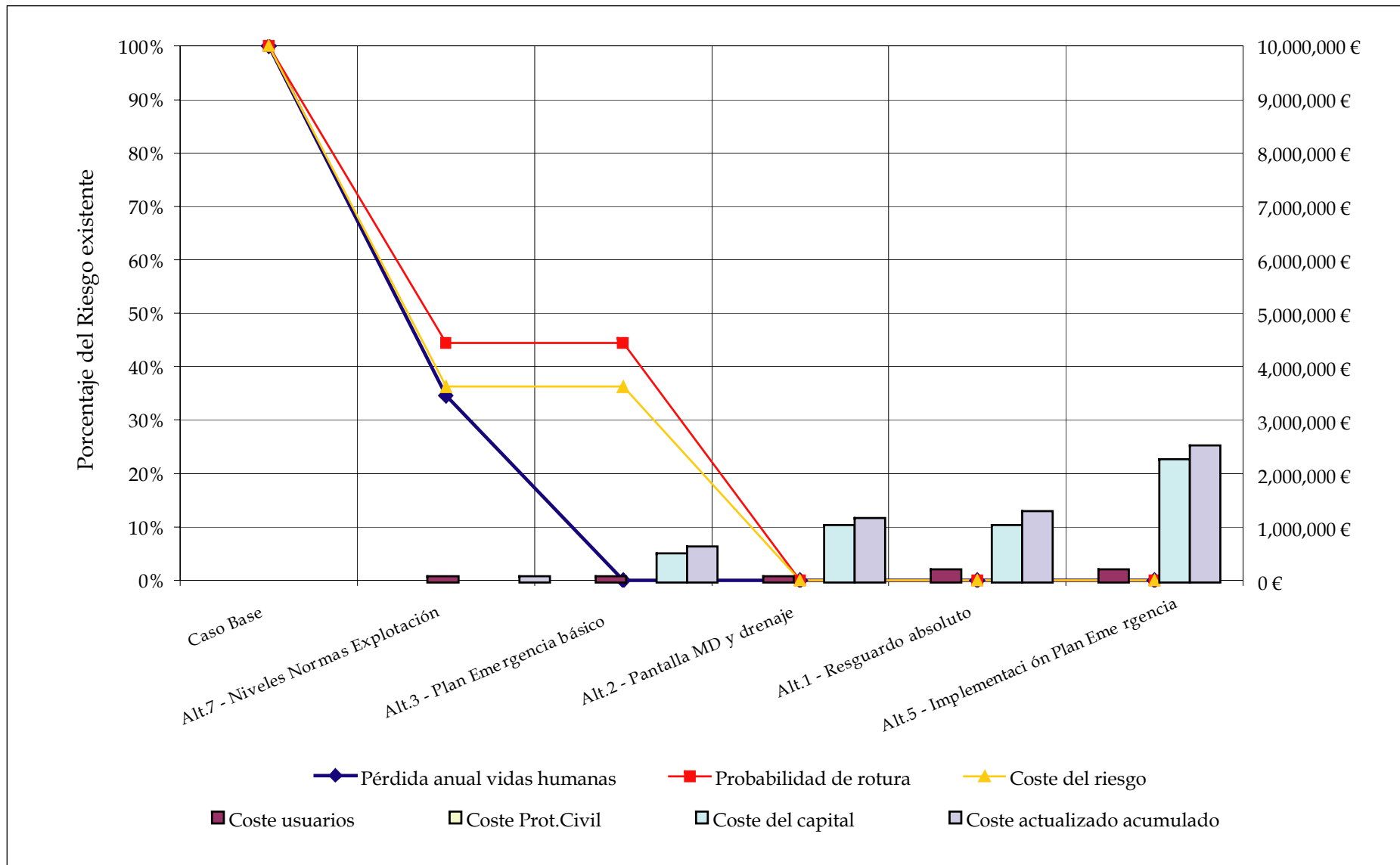
Piping: 3.661170e+005

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



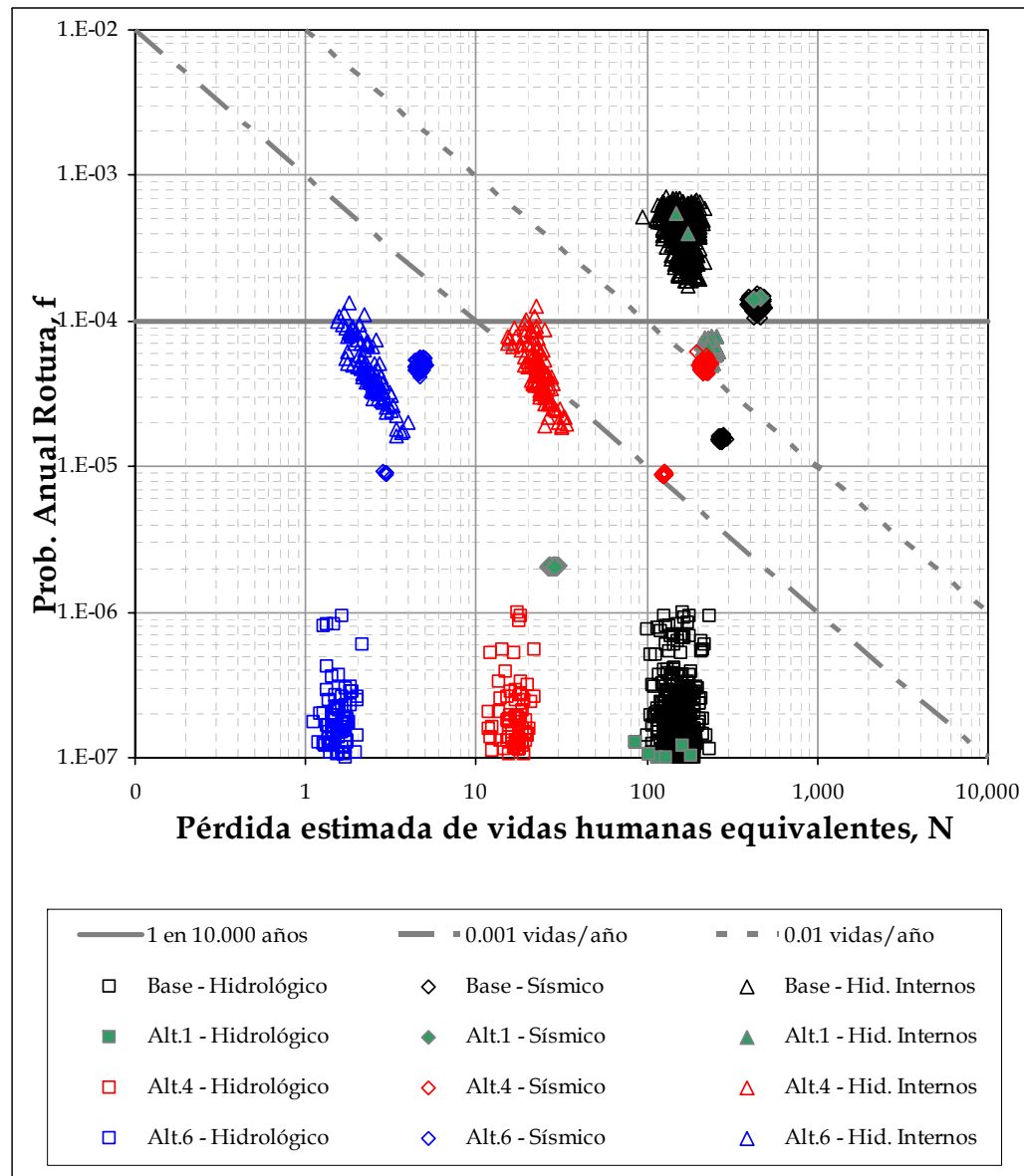


	Beneficio/ Coste	ACSLs (Bowles)	USBR (2003)			
	(-)	(€/vida)	Total Pf	Hidrológico	Sísmico	Hidr.interno
Caso Base	/	/	NO	SÍ	NO	NO
Alt.1 - Resguardo absoluto	-	-	SÍ	SÍ	SÍ	NO
Alt.2 - Pantalla MD y drenaje	4.28	B/C es > 1	SÍ	SÍ	NO	SÍ-¿ALARP?
Alt.3 - Impl.Plan Emergencia (DGOH)	-	538,402	NO	SÍ	SÍ-¿ALARP?	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

	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

	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

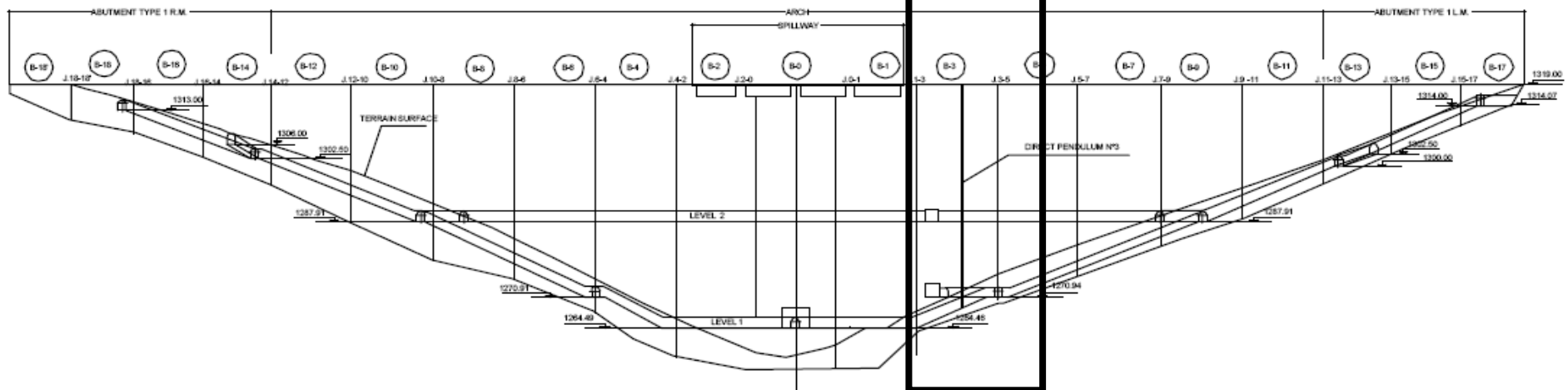
	Holanda VROM, 2004	Comité Técnico Consultor en Diques (T.A.W.) (Holanda, 1985)		
		Riesgo total	Criterio	Conclusión
Caso Base	NO	759 (vidas/año)	<571 (vidas/año)	RIESGO TOTAL INACEPTABLE
Alt.1 - Resguardo absoluto	NO	412 (vidas/año)	<571 (vidas/año)	CUMPLE CRITERIOS T.A.W.
Alt.2 - Pantalla MD y drenaje	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

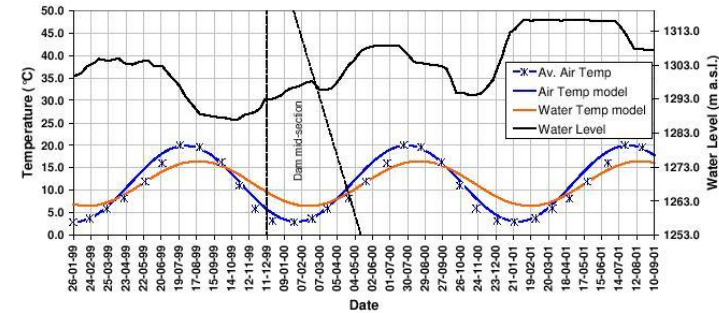
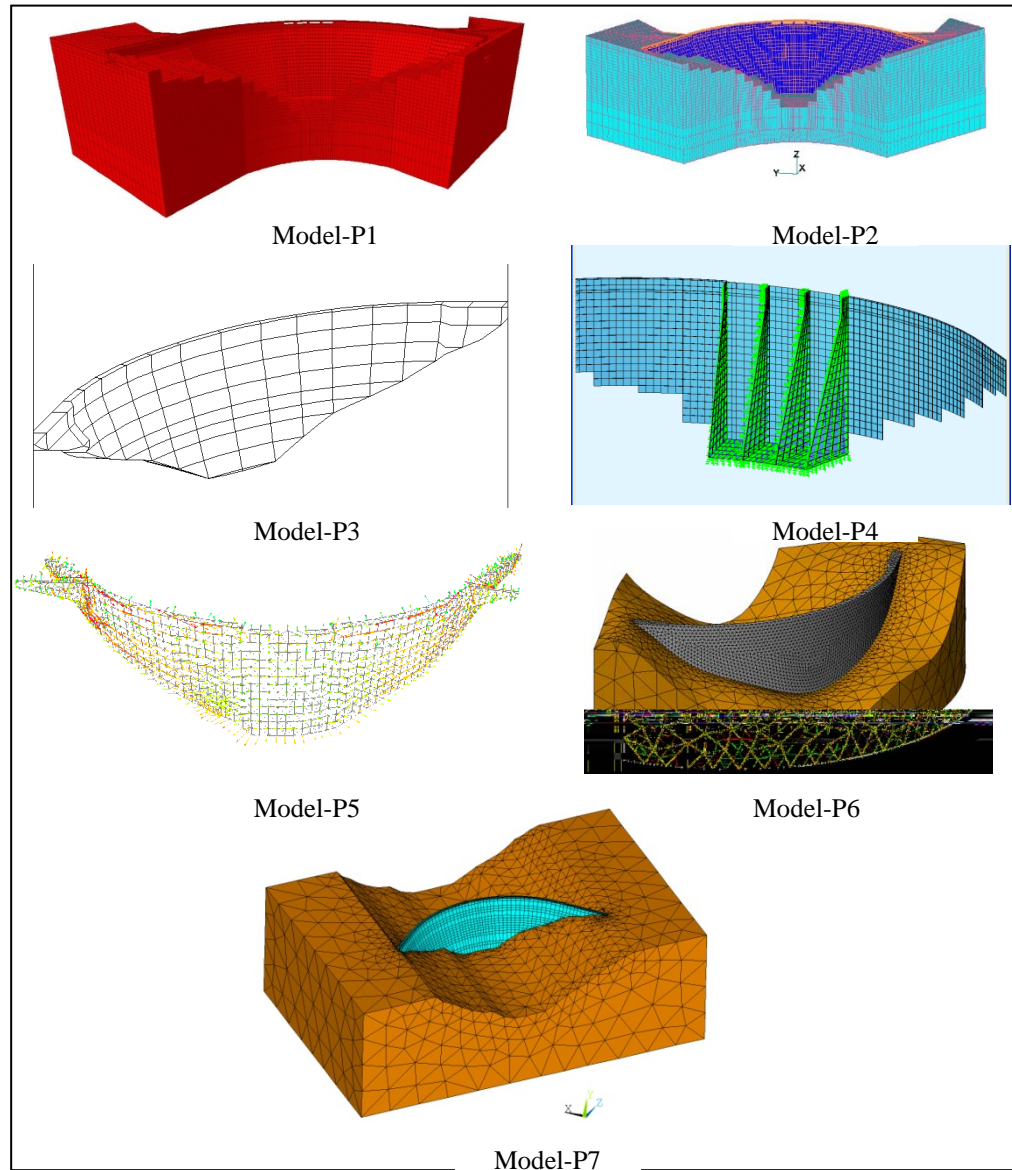




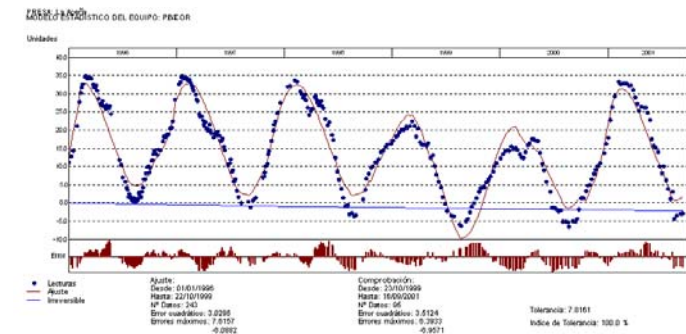
ICOLD BENCHMARK,
S. PETERSBURGO,
JUNIO DE 2007

(H&D, Octubre, 2007)

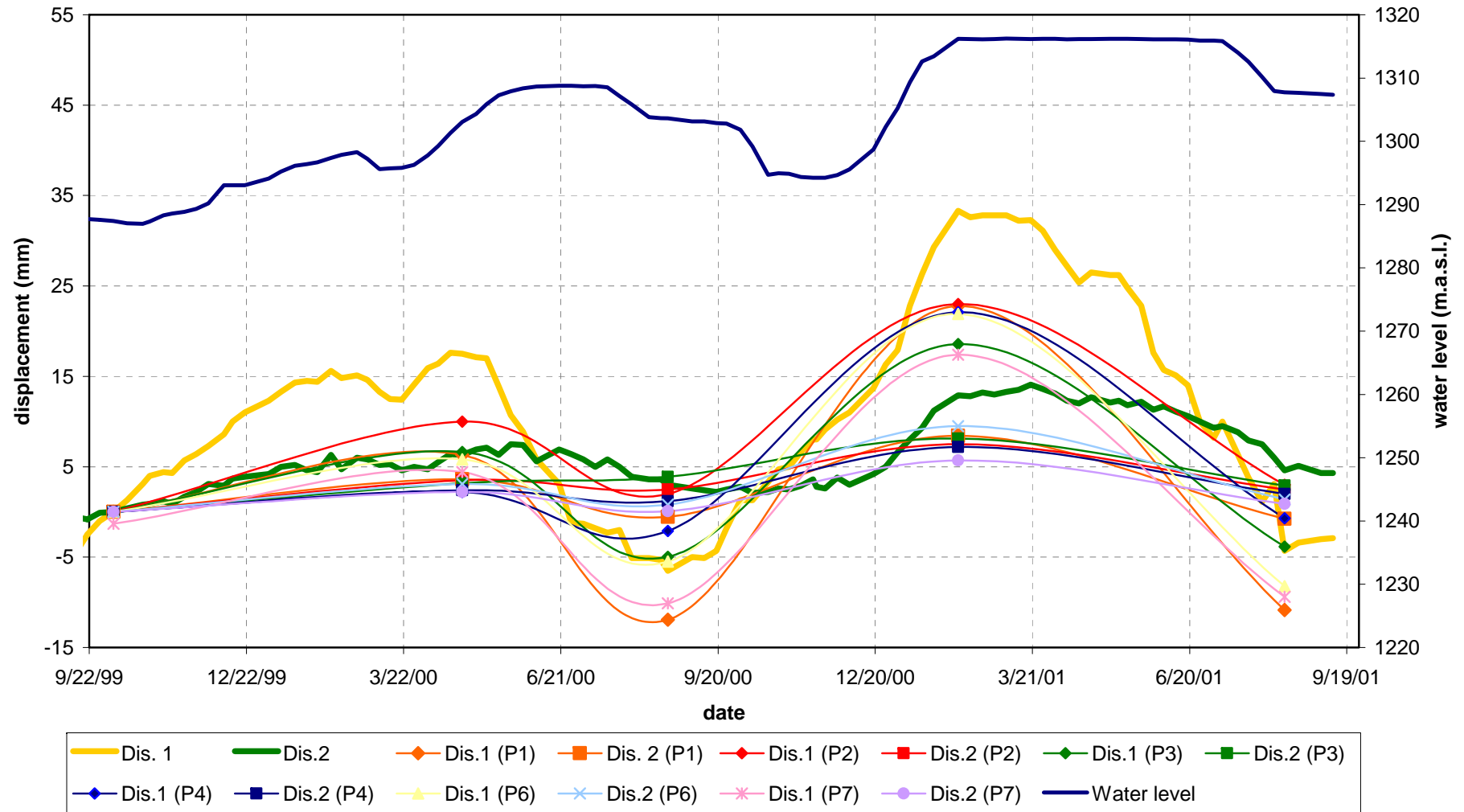




← Sources of uncertainty



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