



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



XIV CONGRESO  
DE CONFIABILIDAD

# Toma de decisiones informada en el riesgo en el análisis probabilista de cambios de AOT mediante el tratamiento de las incertidumbres de completitud

S. Martorell<sup>1</sup>, A. I. Sanchez<sup>2</sup>, **I. Marton**<sup>1</sup>, S. Carlos<sup>1</sup>, M. Villamizar<sup>1</sup>, J.F. Villanueva<sup>1</sup>

<sup>(1)</sup>Departamento de Ingeniería Química y Nuclear

<sup>(2)</sup>Departamento de Estadística, Investigación Operativa Aplicadas y Calidad  
Universitat Politècnica de Valencia

# CONTENIDOS

- 1. Introduction**
- 2. Objetivos**
- 3. Métricas de riesgo**
- 4. Metodología**
- 5. Caso de aplicación**
- 6. Resultados**
- 7. Conclusiones**

# INTRODUCCIÓN

- La mejora de la seguridad y competitividad de la explotación en las centrales nucleares se basa en los requisitos operacionales establecidos en las Especificaciones Técnicas de funcionamiento (ETF), tanto en los requisitos de vigilancia (RV) como en las condiciones límite de operación (CLO).
- Para ello en los últimos años se han desarrollado metodologías para a partir de métodos probabilistas estudiar cambios en ETF informado en el riesgo, utilizando los modelos y datos del análisis probabilista de seguridad (APS), pero sin tener en cuenta el tratamiento sistemático que las incertidumbres, tanto de completitud, de modelo o de parámetro, tienen en los resultados obtenidos.

# OBJETIVOS

- Esta ponencia presenta la adecuación de la metodología presentada en la 37ª Reunión de la Sociedad Nuclear Española para el tratamiento de las incertidumbres de completitud.
- Aporta un caso de aplicación de ejemplo para el tratamiento de estas incertidumbres en el análisis de cambios en CLO, concretamente en el tiempo máximo permitido de inoperabilidad (AOT), mediante el uso del APS.
- Desde el punto de vista de toma de decisiones, se analiza los resultados y cómo influyen estos en la aceptabilidad del cambio utilizando la información sobre el riesgo en presencia de este tipo de incertidumbre.

# MÉTRICAS DE RIESGO

**Medidas de impacto en el riesgo de AOT** (RG. 1.177 y NUREG 6141)

RIESGO  
INSTANTÁNEO

$$\Delta R_x = R_1 - R_n$$

RIESGO SIMPLE

$$r_x = AOT \cdot \Delta R_x$$

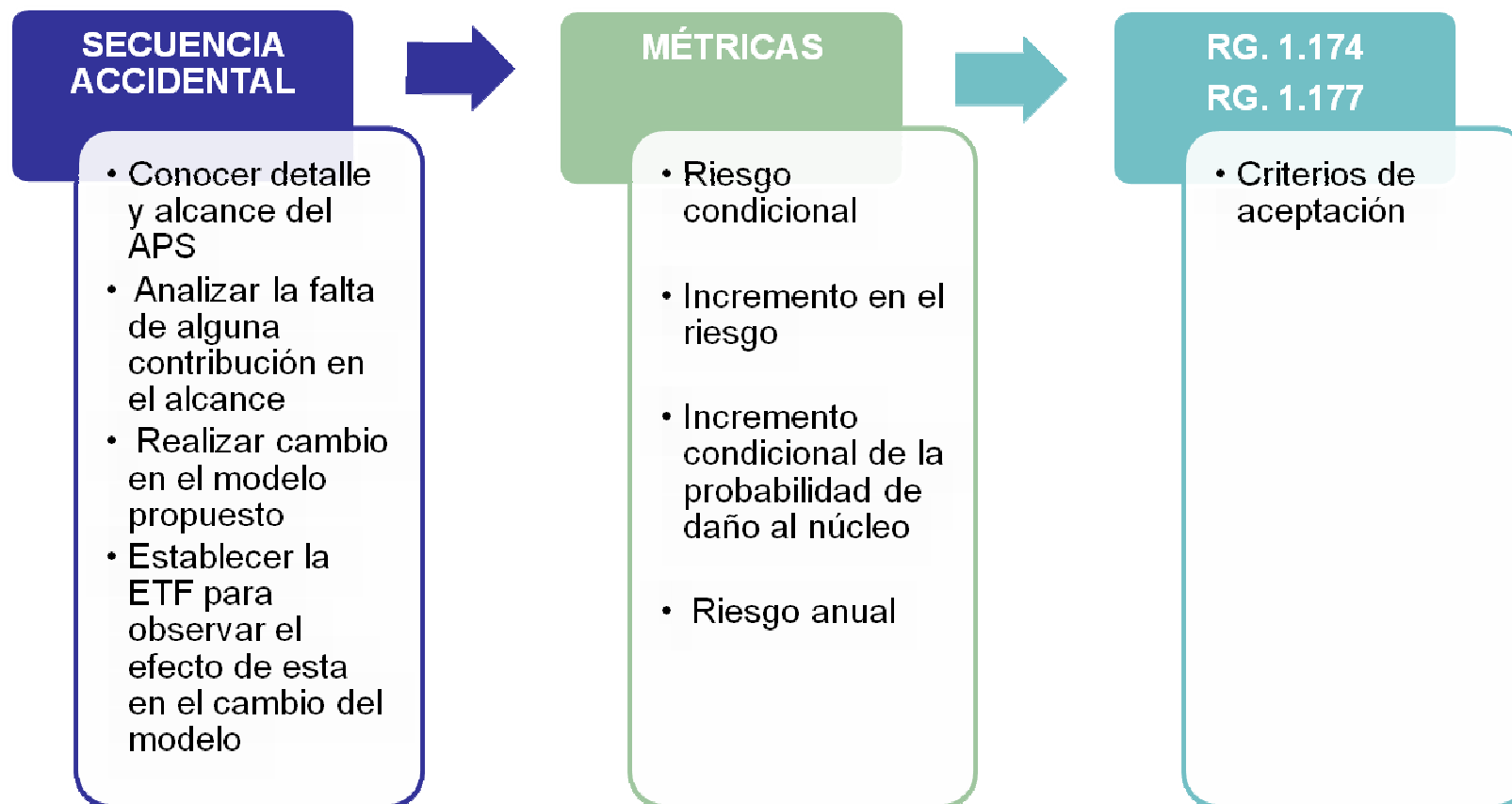
RIESGO ANUAL

$$R_x = f \cdot r_x$$

$R_1, R_n$ :	Riesgo condicional
$AOT$ :	Tiempo permitido de inoperabilidad
$f$ :	Frecuencia ocurrencia desviación

- Las mediciones de riesgo se realizan a partir de los resultados numéricos del APS.
- Estas mediciones de riesgo incluyendo la incertidumbre asociada se comparan con los criterios de aceptación adecuados para la toma de decisiones informada en el riesgo.

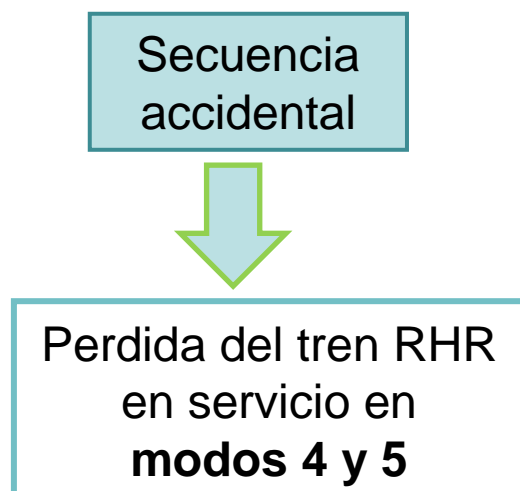
# METODOLOGÍA



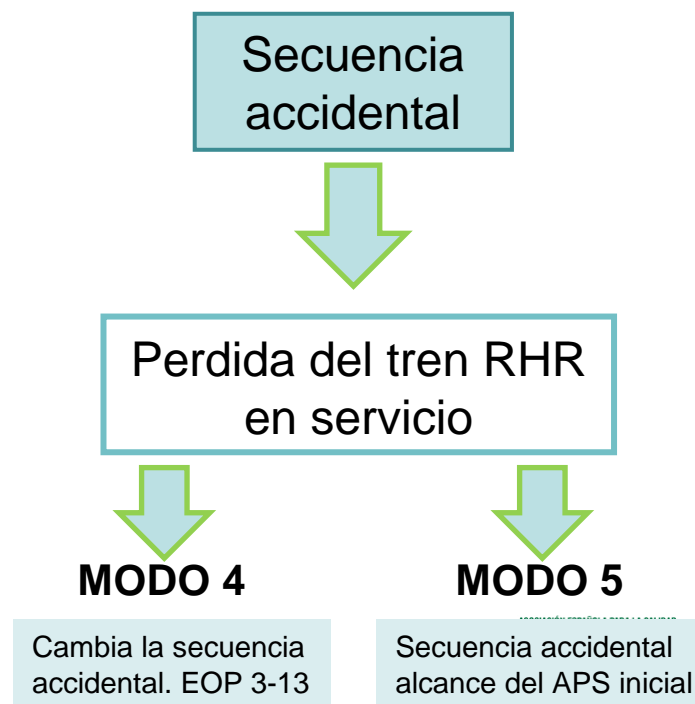
# CASO DE APLICACIÓN

- Análisis del **efecto de un AOT** del sistema de evacuación del calor residual (RHR) en otros modos, concretamente en los modos 4 y 5, enfriamiento con el RHR hasta 93°C y 60 °C
- **INCERTIDUMBRE DE COMPLETITUD**

## ALCANCE APS (INICIAL)



## NUEVO MODELO



# CASO DE APLICACIÓN

## Secuencia accidental del APS en alcance: Pérdida del tren RHR en servicio en Modos 4 y 5

ARBOL DE SUCESOS DE PERDIDA DEL TREN DE RHR EN SERVICIO EN MODO 4

PERDIDA DEL TREN DE RHR EN SERVICIO EN MODOS 4 Y 5	EVACUACION DE CALOR CON RHR DISPONIBLE (11)	ENFRIAMIENTO CON 1/2 CVs EN RECIRCULACION	APERTURA CAMINOS DE ALIVIO DE PRESION	INYECCION A ALTA PRESION DE UNA BOMBA (1/2 IH)	REPOSICION DEL T/AAR	No.	Freq.	Conseq.	Code
11E000RH1F	W2	E1-M4	CS3	U5	TA1				
						1		NO	
						2		NO	W2
						3		NO	W2-E1
						4		DN	W2-E1-TA1
						5		DN	W2-E1-U5
						6		DN	W2 E1 CS3



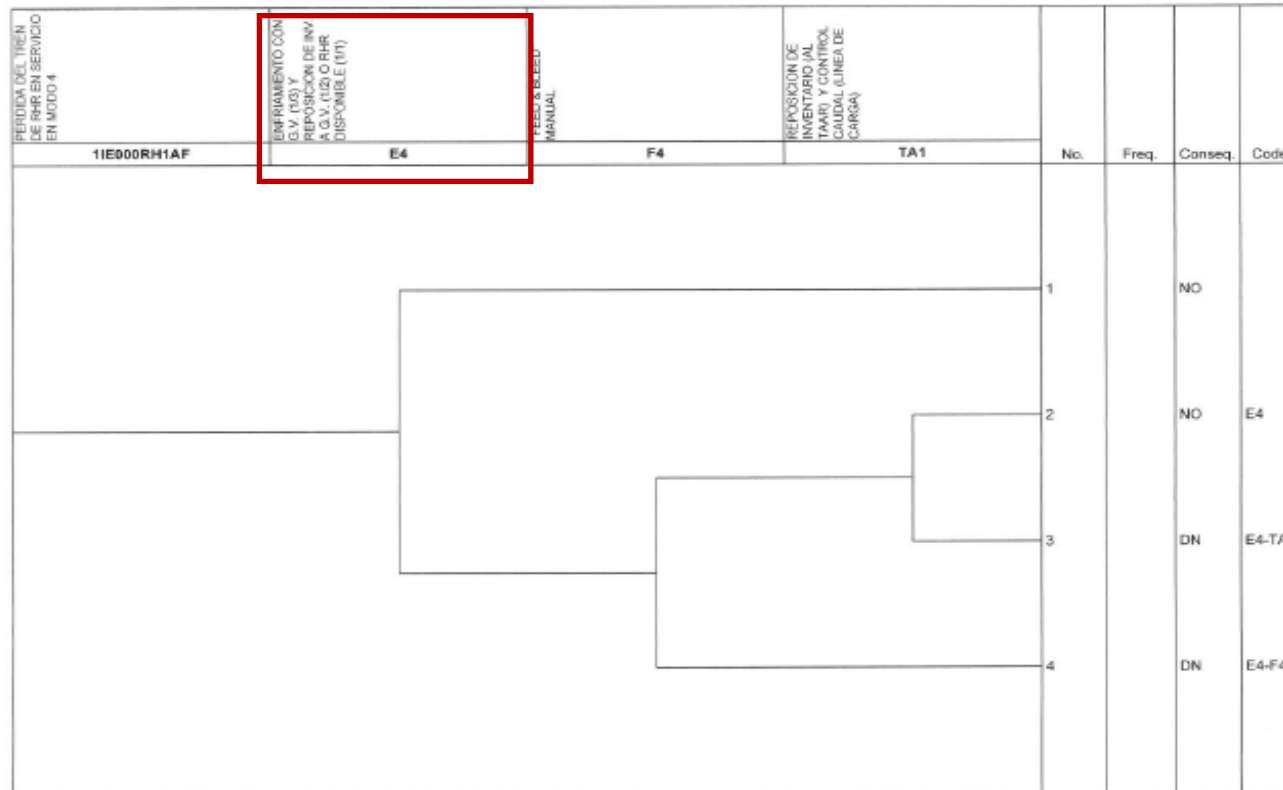


# CASO DE APLICACIÓN

## Secuencia accidental del APS en alcance: Pérdida del tren RHR en servicio en Modos 4

ARBOL DE SUCESOS DE PERDIDA DEL TREN DE RHR EN SERVICIO EN MODO 4 (RH1A)

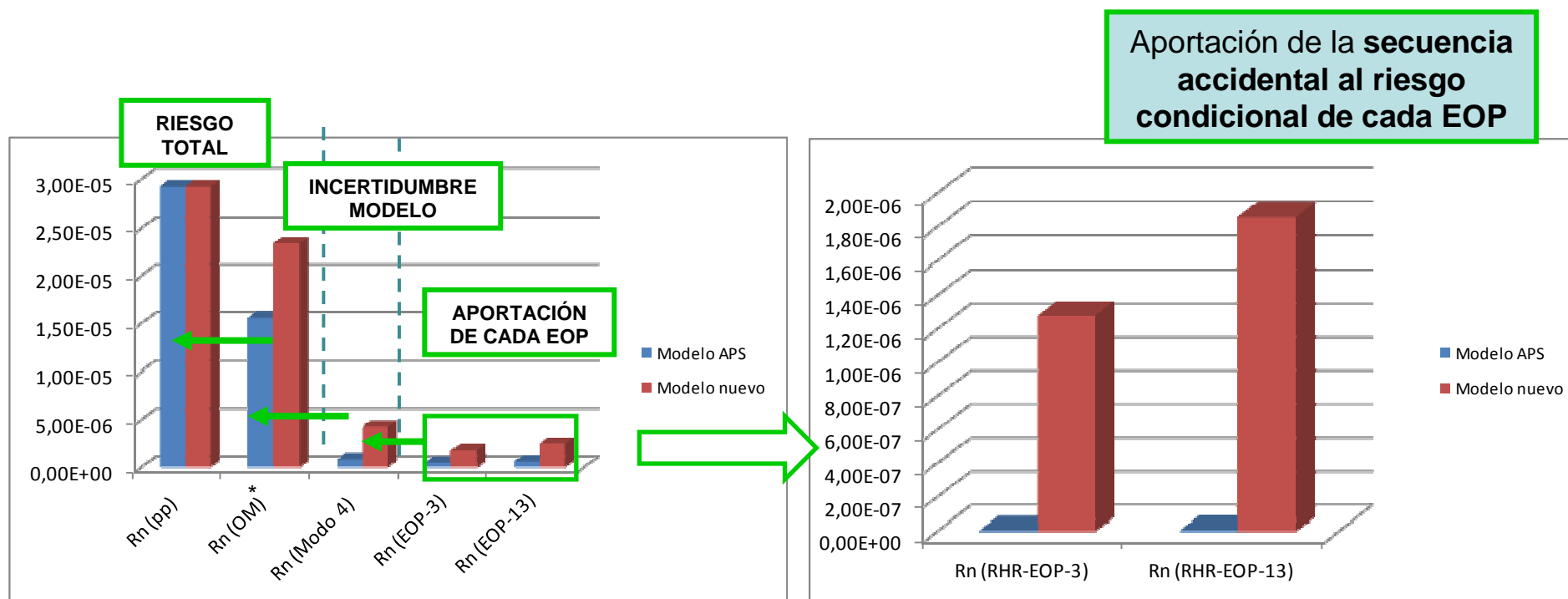
Figura 17



- El tren RHR en reserva no se pone en funcionamiento por condiciones termohidráulicas. Se extrae calor con alivio del secundario de GV, hasta alcanzar las condiciones de puesta en funcionamiento

# RESULTADOS

## RIESGO BASE



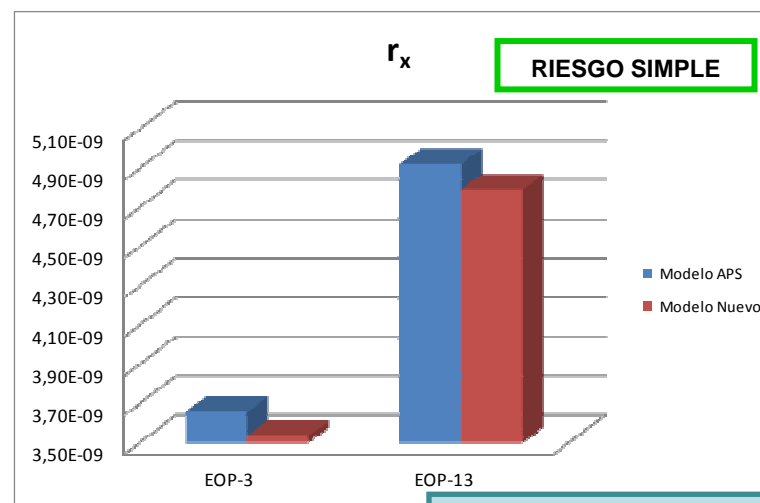
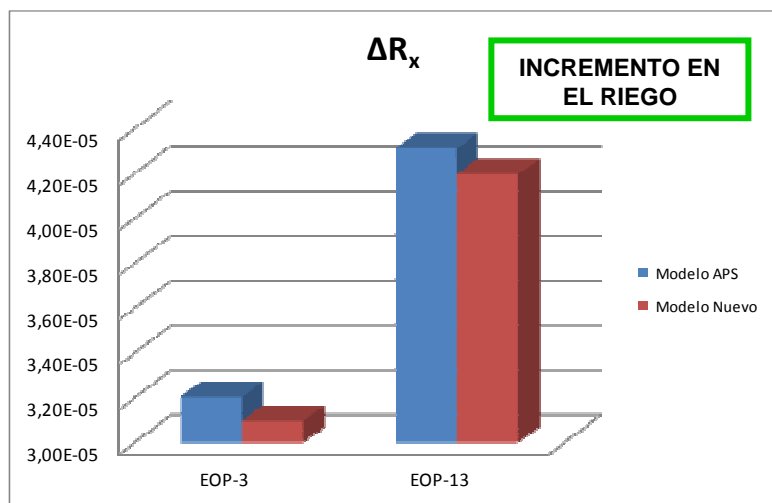
\* Incluye el efecto en EOP 3,13,4 y 12



XIV CONGRESO  
DE CONFIABILIDAD

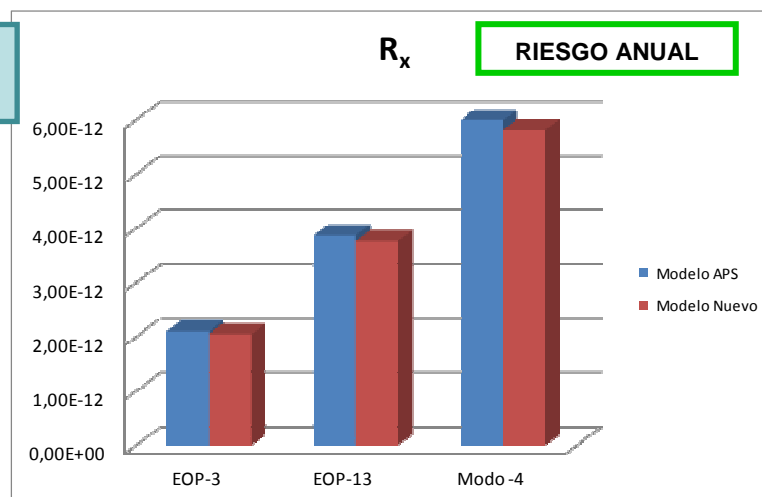
# MÉTRICAS DE RIESGO

## RESULTADOS



La frecuencia (f) de la secuencia accidental en cada EOP

f (EOP-3) [año <sup>-1</sup> ]	5,81E-04
f (EOP-13) [año <sup>-1</sup> ]	7,87E-04



La **condición límite de operación (CLO)** considerada, en modo 4, para observar el efecto que esta tiene sobre el cambio del modelo, será que el tiempo permitido de **inoperabilidad (AOT) de los trenes del RHR no será superior a 1 hora.**

# CONCLUSIONES

- Esta ponencia presenta una adaptación a la metodología propuesta en la 37<sup>a</sup> Reunión de la sociedad nuclear española para el tratamiento de las incertidumbres de completitud.
- Aporta un caso de aplicación para el tratamiento de la incertidumbre de completitud en el análisis de cambios de AOT.
- El caso de aplicación se centra en el análisis de un cambio en el AOT del sistema de evacuación del calor residual (RHR) en otros modos, concretamente en los modos 4 y 5, enfriamiento con el RHR hasta 93°C y 60 °C.
- Se muestra el impacto en el riesgo en las diferentes medidas es pequeño ya que las medidas de riesgo están por debajo de los umbrales con respecto a las directrices de aceptación específicas para cambios de AOT teniendo en cuenta las incertidumbres de modelo (RG.1.177)
- El riesgo base debido al cambio de modelo teniendo en cuenta la incertidumbre de completitud se incrementa aproximadamente dos órdenes de magnitud, lo cual plantea establecer medidas para la gestión de la configuración para que esto no ocurra y así gestionar la incertidumbre de completitud

# Referencias

## REFERENCIAS

- RG 1.174 (2002). “An Approach For Using Probabilistic Risk Assessment In Risk-Informed Decisions On Plant-Specific Changes To The Licensing Basis”, USNRC.
- RG 1.177 (1998). “An Approach For Plant-Specific, Risk-Informed Decision making: Technical Specifications”, USNRC.
- NUREG 1855 Vol 1 (2009). “Guidance on the Treatment of Uncertainties Associated with PRAs in Risk-Informed Decision Making”, USNRC.
- Martorell.S., Villamizar.M, Villanueva J.F., Sánchez I., Martón I., Carlos S., Tratamiento de las incertidumbres en el análisis probabilista de cambios de AOT, 37ª Reunión de la Sociedad Española, Burgos, 2011.
- NUREG/CR-6141, BNL-NUREG-52398 (1994). “Handbook of Methods for Risk-Based Analyses of Technical Specifications”, USNRC.



**Gracias por su atención.**



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

Universidad Politécnica  
de Valencia  
[smartore@iqn.upv.es](mailto:smartore@iqn.upv.es)