

Cálculo de mejor estimación más incertezas de la temperatura del combustible y de vaina en un canal combustible de la Central Nuclear Embalse durante una pérdida de refrigerante

Mugrabi, F.I. y Lazarte, A.I.

CÁLCULO DE MEJOR ESTIMACIÓN MÁS INCERTEZAS DE LA TEMPERATURA DEL COMBUSTIBLE Y DE VAINA EN UN CANAL COMBUSTIBLE DE LA CENTRAL NUCLEAR EMBALSE DURANTE UNA PÉRDIDA DE REFRIGERANTE

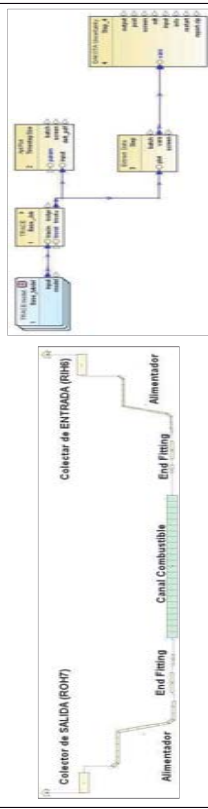
Mugrabi, F.I., Lazarte, A.I.
fmugrabi@arn.gov.ar

Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN), Av. Del Libertador 8250, CABA C1429PNB

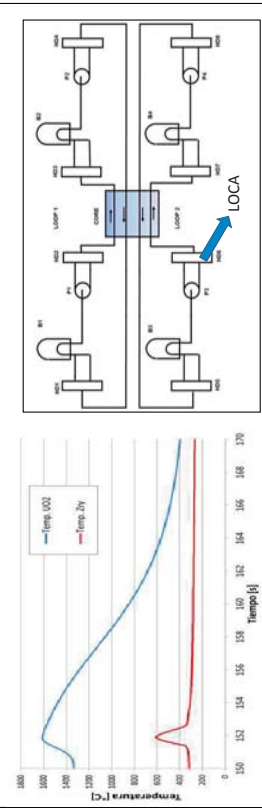


Resumen:
En este trabajo se presenta un cálculo de mejor estimación más incertezas en TRACES Patch4/DAKOTA de la temperatura de vaina y combustible durante un evento de pérdida de refrigerante en la Central Nuclear Embalse. La simulación consiste en el análisis del comportamiento de un canal combustible (O6) durante un LOCA del 40% del colector de entrada (RIH6) por un periodo de 20 segundos.
El estudio de incertezas realizado sigue la metodología elaborada por el GRS, donde se eligen parámetros geométricos (p. ej. diámetros), hidráulicos (pérdidas de cargas), térmicos (excursión de potencia) y factores multiplicativos en distintas correlaciones semiempíricas que serán variados aleatoriamente. El número de cálculos para obtener una cota superior con un 95% de probabilidad y un 95% de confianza se determinó utilizando la fórmula de Wilks.
Los resultados evaluados fueron la temperatura de combustible y la de vaina, ambas para el caso mejor estimación (BE) y el caso mejor estimación más incertezas (BEPU).
Se observó que el valor de la potencia y la densidad del combustible son las variables que más afectan a la temperatura de combustible. Mientras que la presión en el colector de descarga y la potencia son las que más afectan la temperatura de vaina.

Modelado del Canal Combustible: Modelo elaborado con TRACES patch4 del canal O6 de la Central Nuclear Embalse (CNE) (izq.). Etapas de cálculo que lleva a cabo el código al realizar la simulación del evento y el análisis de incertezas (der.).



Temperatura de vaina y centro de pastilla (BE):
Cálculo BE para la temperatura de la vaina de Zry y combustible durante un LOCA del 40% en un colector de entrada (RIH 6) (izq.). Ubicación de la rotura en el sistema primario de la CNE (der.).



Base Teórica para el cálculo de incertezas:
Wilks
• El método consiste en un conjunto de técnicas estadísticas que establecen el número necesario de ejecuciones de un código para obtener resultados con una determinada incerteza. La ventaja del método radica en que dicho número es independiente de la cantidad de parámetros con incertezas que son utilizados.

- El número mínimo de cálculos requeridos (n) está determinado por la fórmula de Wilks:
 $(1 - \alpha)^n \leq \beta$
- α : probabilidad de encontrarse en el intervalo de confianza
- β : intervalo de confianza seleccionado

Número mínimo (n) de cálculos establecidos por la fórmula de Wilks	
α/β	0.99
0.9/0.9	45
0.9/0.95	29
0.95/0.9	59
0.95/0.99	44
0.99/0.9	99
0.99/0.99	459

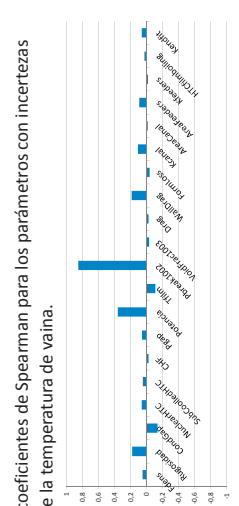
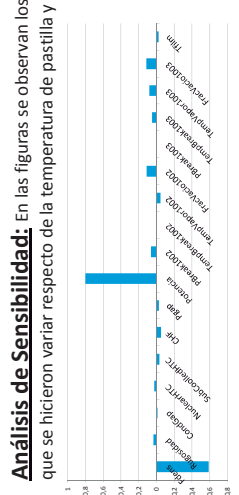
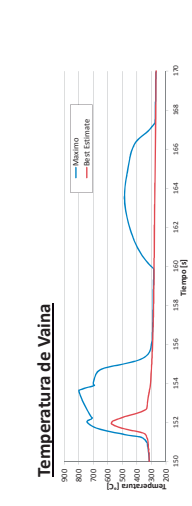
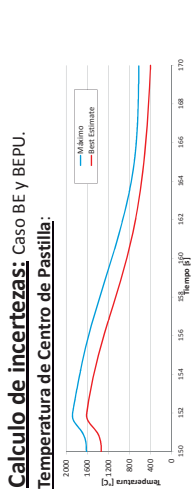
Base Teórica para el análisis de sensibilidad:
Spearman
El coeficiente de Spearman muestra el ajuste de dos variables con respecto a una función monótona (creciente o decreciente). Se utilizó para correlacionar los distintos parámetros modificados con la temperatura de vaina y de combustible.

$$r_s = 1 - \frac{6 \times \sum D^2}{N \times (N^2 - 1)}$$

D = diferencia entre los correspondientes estadísticos de orden de X e Y
N = número de parejas de datos

Parámetros modificados en el cálculo de incertezas y su distribución probabilística

Nombre de la distribución	Parámetros de la distribución
Uniformidad del tipo de IEP	Uniforme a:0.2, b:0.0
Uniformidad de transferencia de calor	Uniforme a:0.2, b:1.0
Coefficiente de transferencia de calor (Cálculo de ETC)	Uniforme a:0.7, b:1.25
Presión del gas	Uniforme a:0.9, b:1.1
Potencia	Normal $\mu:1.0, \sigma:0.025, [0.92, 1.0]$
Densidad del combustible	Normal $\mu:1.0, \sigma:0.025, [0.92, 1.0]$
Temperatura de entrada	Uniforme a:0.9, b:1.05
Presión en el colector de salida (Etapas 10/2)	Uniforme a:0.9, b:1.1
Coefficiente de pérdidas de carga K del canal	Uniforme a:0.9854, b:1.0146
Área del Canal	Uniforme a:0.9, b:1.1
Área de los "Feeders"	Uniforme a:0.9, b:1.1
Coefficiente de transferencia de calor del colector	Uniforme a:0.9, b:1.1
Coefficiente de transferencia de calor del fuel	Uniforme a:0.9, b:1.1
Coefficiente de pérdidas de carga K de los "Fuel Fingers"	Uniforme a:0.9, b:1.1



Conclusiones:

- Se ha realizado el cálculo de las incertezas de la temperatura de vaina y combustible durante un LOCA del 40% en un colector de entrada (RIH6) de la CNE.
- El valor máximo obtenido para la temperatura de combustible es de 1882 °C, mientras que el de mejor estimación es de 1613 °C. Los parámetros con incertezas que más impactan son: la potencia y la densidad del combustible.
- El valor máximo obtenido para la temperatura de la vaina es de 788 °C, mientras que el de mejor estimación es de 612 °C. Los parámetros con incertezas que más impactan son: la presión en el colector de descarga y en menor medida la potencia.