

Document downloaded from:

<http://hdl.handle.net/10251/61036>

This paper must be cited as:

Mesado Melia, C.; Miró Herrero, R.; Barrachina Celda, TM.; Verdú Martín, GJ. (2014).
Ejecución del modelo Peach Bottom Turbine Trip en estado transitorio con TRACE
V5.0P3/PARCS 3.0. 40ª Reunión Anual de la Sociedad Nuclear Española. Grupo Senda.



The final publication is available at

<http://www.reunionanualsne.es/hemeroteca-ra/heme-ponencias>

Copyright Grupo Senda

Additional Information

EJECUCIÓN DEL MODELO PEACH BOTTOM TURBINE TRIP EN ESTADO TRANSITORIO CON TRACE V5.0P3/PARCS 3.0

C. Mesado, R. Miró, T. Barrachina, G. Verdú

Institute for the Industrial, Radiophysical and Environmental Safety.

Universitat Politècnica de València (UPV).

Camí de Vera s/n.

46021 Valencia, Spain.

cmesado@isiryum.upv.es, rmiro@isiryum.upv.es, tbarrachina@isiryum.upv.es, gverdu@isiryum.upv.es

ABSTRACT

Este trabajo es la continuación del trabajo presentado anteriormente en la 39ª Reunión Anual de la Sociedad Nuclear Española. En dicho trabajo se presentó la traducción semi-automática del modelo termo-hidráulico Peach Bottom Turbin Trip de TRAC-BF1 a TRACE. En este artículo se pretende validar el modelo obtenido en TRACE, por ello se comparan los resultados del modelo resultado de la traducción con los resultados del *Benchmark*: NEA/OECD BWR Peach Bottom Turbine Trip (PBTT), en concreto se trata del escenario extremo 2 del ejercicio 3, en el que no se produce SCRAM en el reactor. Entre otros datos presentes en el *Benchmark* (transitorio), encontramos: potencia total, perfil axial de potencia, presión de la cúpula, reactividad total y sus componentes.

1. INTRODUCCIÓN

Los códigos nucleares están en continuo desarrollo y actualización, ejemplos de mejoras incluyen nuevos modelos físicos, actualizaciones a partir de códigos antiguos o paralelización de algoritmos. En este trabajo, se acopla un modelo termo-hidráulico de TRACE V5.0P3 con el código PARCS V3.0. TRACE es un código termo-hidráulico ampliamente utilizado tanto para reactores PWR como BWR, este código fue desarrollado a partir de TRAC-BF1, código exclusivo para reactores BWR. PARCS es un código neutrónico 3D de difusión nodal desarrollado en la Universidad de Purdue (EE.UU.). El modelo de TRACE se obtuvo mediante una metodología de traducción semi-automático a partir de un modelo equivalente de TRAC-BF1. Dicha metodología de traducción fue desarrollada en la Universitat Politècnica de València (UPV) [1].

El modelo Peach Bottom (PB) de TRACE se usó para simulaciones transitorias de planta. El modelo incluye, a parte del reactor, los componentes exteriores al núcleo, estos son: bomba de chorro, bomba de recirculación, separador y la línea de vapor.

El modelo de Peach Bottom fue escogido para este estudio debido a que, gracias al *Benchmark* NEA/OECD BWR Peach Bottom Turbine Trip (PBTT), se dispone de un amplio rango de resultados y transitorios para su validación [2] y [3]. En este estudio se pretende validar el modelo termo-hidráulico TRACE obtenido a partir de un modelo equivalente de TRAC-BF1, usando para ello la metodología de traducción semi-automática. Para ello se comparan los resultados disponibles en el *Benchmark*. Estos son: potencia total, perfil de potencia axial, presión de la cúpula, reactividad total y sus componentes.

En la siguiente sección se presenta en detalle el modelo Peach Bottom, tanto a nivel termo-hidráulico como neutrónico. A continuación se realiza la comparativa entre el modelo de TRACE y los resultados del *Benchmark*. Finalmente, se resaltan las conclusiones obtenidas, tanto de la metodología semi-automática de traducción como de la comparativa con el *Benchmark* presentada en este artículo.

2. MODELO PEACH BOTTOM

2.1 Modelo termo-hidráulico

El núcleo de Peach Bottom está compuesto por 764 elementos combustibles. Sin embargo, en el modelo simulado, estos se simulan usando 33 canales colapsados, ver Figura 1. En esta figura las posiciones con el mismo número y color representan el mismo canal termo-hidráulico.

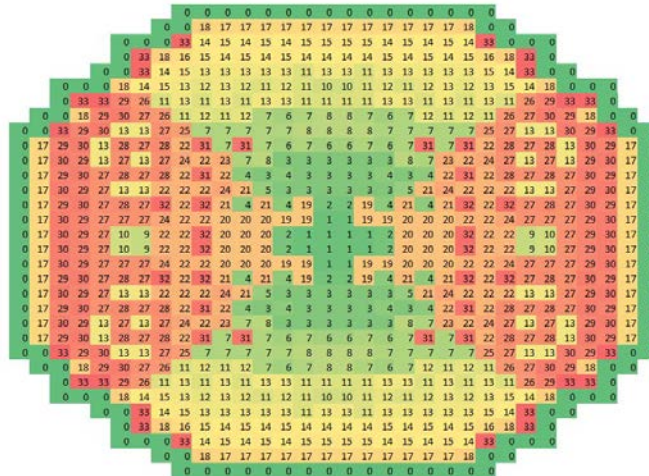


Figura 1: Colapsamiento de canales.

Dichos canales están dentro de la vasija del reactor en la que además también encontramos la bomba de chorro, y el separador. La vasija se ha discretizado usando 9 celdas axiales y 2 radiales. Las celdas radiales exteriores representan el downcomer. Los canales están en los niveles axiales 4 y 5 (celda radial central). El agua de alimentación entra a la vasija por el nivel axial 7. La línea de vapor parte del nivel axial 8, ver Figura 2. La línea de vapor contiene varias válvulas de alivio, las principales son la válvula del bypass (id 77) y la válvula de la turbina (id 76), ver Figura 3.

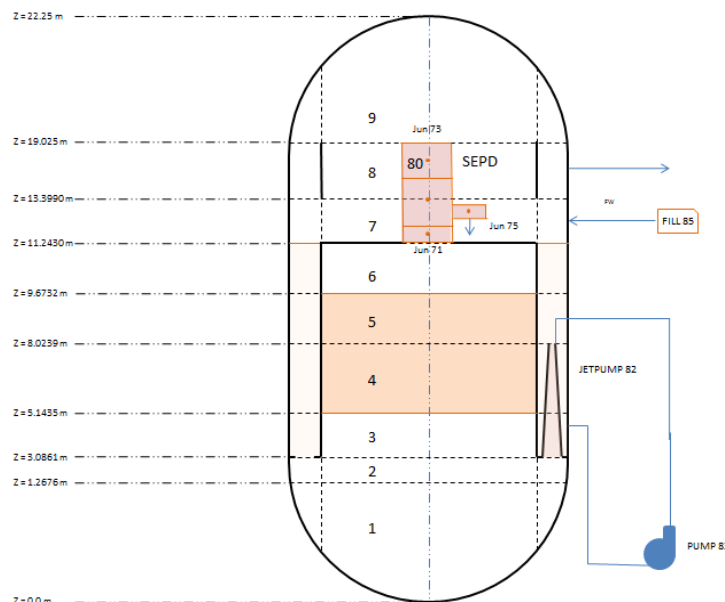


Figura 2: Discretización espacial de la vasija y sus principales componentes

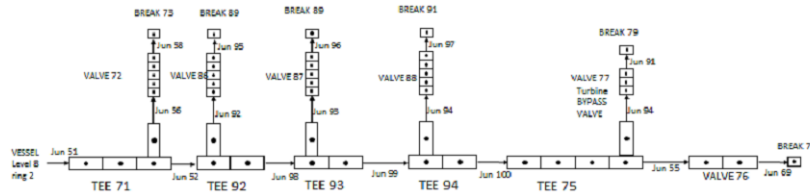


Figura 3: Esquema de la línea de vapor

Las principales condiciones iniciales del transitorio a simular se detallan en la Tabla 1 [3].

Potencia (W)	$2.03 \cdot 10^9$
Agua alimentación (kg/s)	980.26
Velocidad (m/s)	11.80
Temperatura (K)	442.31
Presión antes de turbina (Pa)	$6.65 \cdot 10^6$
Presión antes de condensador (Pa)	$1.25 \cdot 10^5$
Pérdida de presión en el núcleo (Pa)	$113.56 \cdot 10^3$
Caudal másico por el núcleo (kg/s)	10445.00

Tabla 1: Principales condiciones iniciales del modelo termo-hidráulico

2.2 Simulación transitorio: PBT Benchmark

Para validar el modelo, se simula el accidente transitorio detallado en el escenario extremo 2 (ejercicio 3) del *Benchmark* [2] y [3]. En este accidente se activa la señal de parada de turbina sin que se produzca SCRAM en el reactor. Como consecuencia de esta señal, la válvula de parada de la turbina (TSV) se cierra completamente en menos de 0.1 segundos, y tras 0.06 segundos la válvula del bypass (BRV) empieza a abrirse. Para obtener una fiabilidad mayor de los resultados, se ha simulado un transitorio nulo de 50 segundos antes de producirse el accidente. Este procedimiento es una práctica habitual para verificar que la simulación en estado estacionario ha convergido satisfactoriamente. Los principales eventos ocurridos y el tiempo a partir del inicio del accidente se presentan en la Tabla 2 [3].

	Tiempo (s)
TSV empieza a cerrarse	0.000
BRV empieza a abrirse	0.060
TSV totalmente cerrada	0.096
BRV totalmente abierta	0.846
Respuesta inicial de la presión de la turbina	
Línea de vapor A	0.102
Línea de vapor D	0.126
Respuesta inicial de la línea de vapor	
Línea de vapor A	0.348
Línea de vapor D	0.378
Respuesta inicial de la presión en la vasija	0.432
Respuesta inicial de la presión en la salida del núcleo	0.486

Tabla 2: Tiempo de los eventos principales en el accidente de disparo de turbina de Peach Bottom

En las Figura 4 y Figura 5, se muestra la fracción de área de ambas válvulas (TSV and BRV) en función del tiempo. Puede observarse que la TSV se cierra en menos de una décima de segundo, mientras que la BRV se abre en casi un segundo.

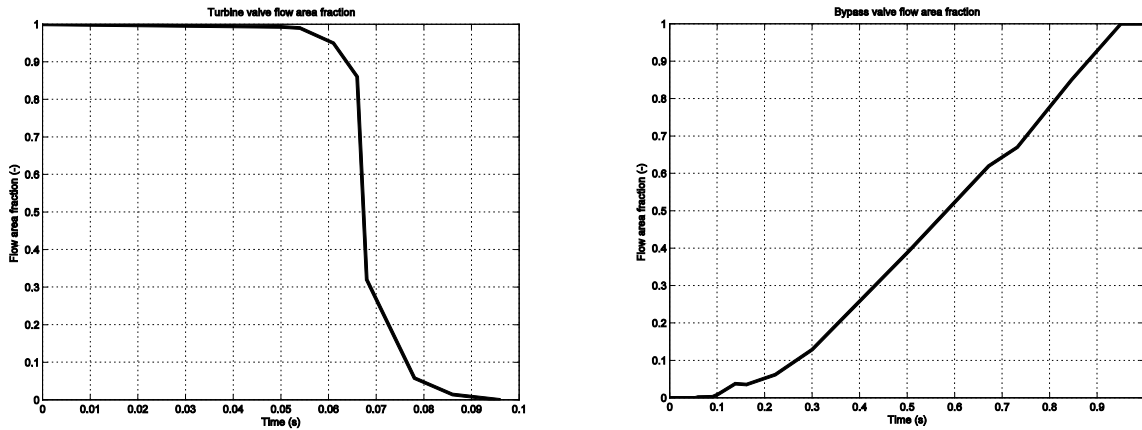


Figura 4: Fracción de área de la válvula de parada de la turbina (izquierda) y de la válvula de bypass (derecha) después del disparo de la turbina

La potencia total relativa del reactor de los participantes del *Benchmark* se muestra en la Figura 5. Puede verse que el pico de potencia en todos los casos se produce casi un segundo desde el disparo de la turbina (0 segundos). Después de esto, la potencia oscila y el segundo pico se produce entre 2 y 3 segundos después de la señal de disparo. Finalmente, la potencia alcanza un nuevo punto estacionario.

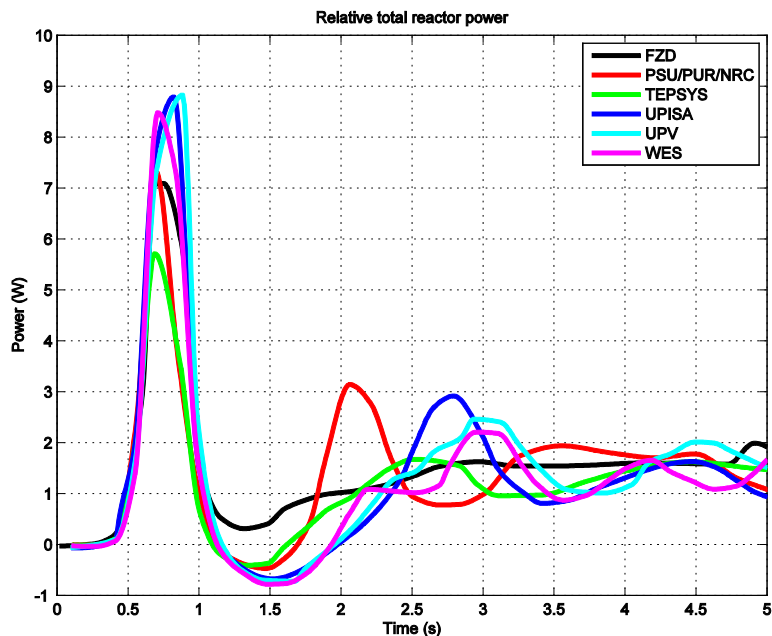


Figura 5: Potencia total relativa para todos los participantes del *Benchmark*

2.3 Neutronic model

El modelo neutrónico 3D se simula mediante el código PARCS V3.0. El núcleo se discretiza espacialmente en 26 niveles axiales, cada uno de ellos con 888 celdas, de las cuales 124 representan el reflector (23088 celdas en total). Todas las celdas tienen una dimensión de 15.24 cm en sus tres dimensiones, ver Figura 6 (izquierda). Hay

dentro del núcleo del reactor (izquierda) y el error absoluto (derecha). En la Figura 9 también se compara el perfil axial promediado, ya que es en la dirección axial donde se producen los gradientes más acusados.

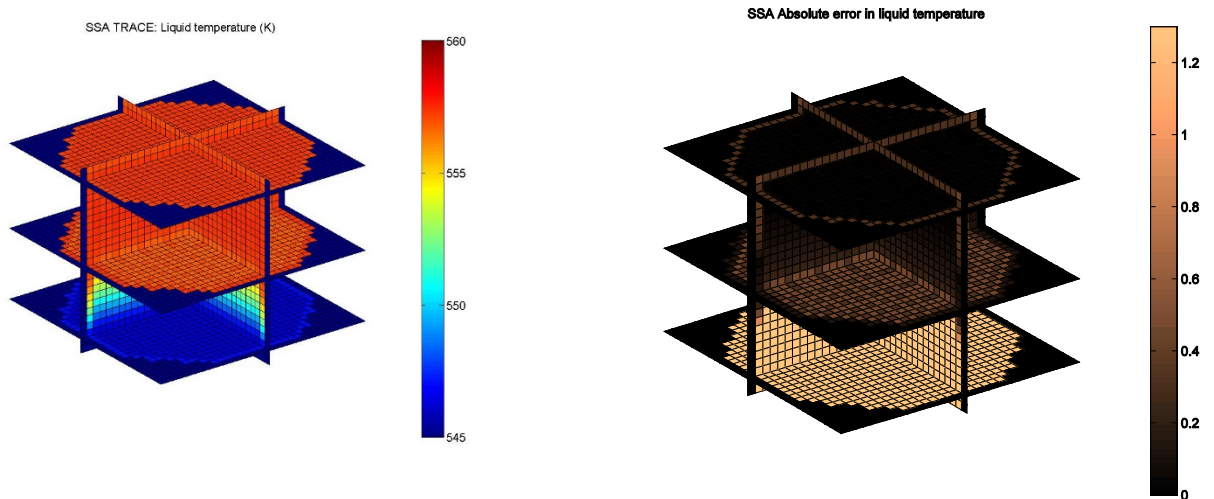


Figura 8: Temperatura del moderador de TRACE a través del núcleo (izquierda) y error absoluto en relación a TRAC-BF1 (derecha)

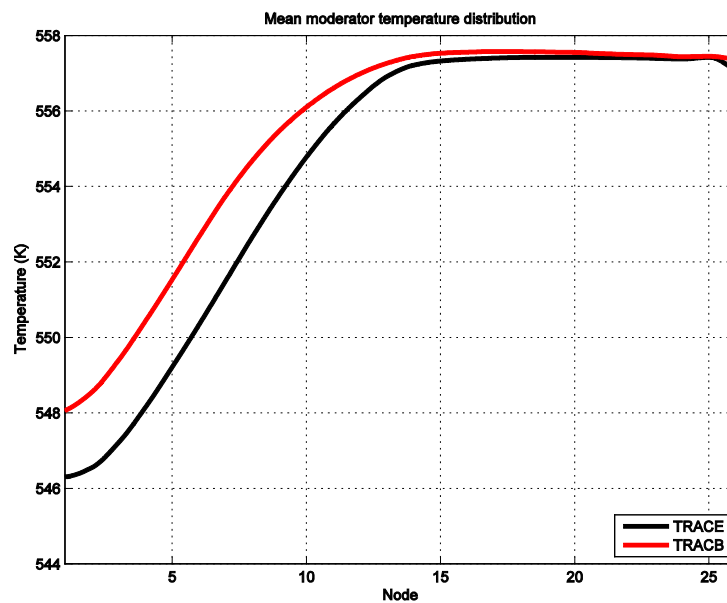


Figura 9: Perfil axial promediado de la temperatura del moderador

El perfil de potencia axial se muestra en la Figura 10. En ella se representan los valores obtenidos mediante el acople del modelo termo-hidráulico estacionario con el modelo neutrónico de PARCS v3.0. Se comparan los valores obtenidos con el modelo de TRACE, TRAC-BF1 y el proporcionado por el *Benchmark*.

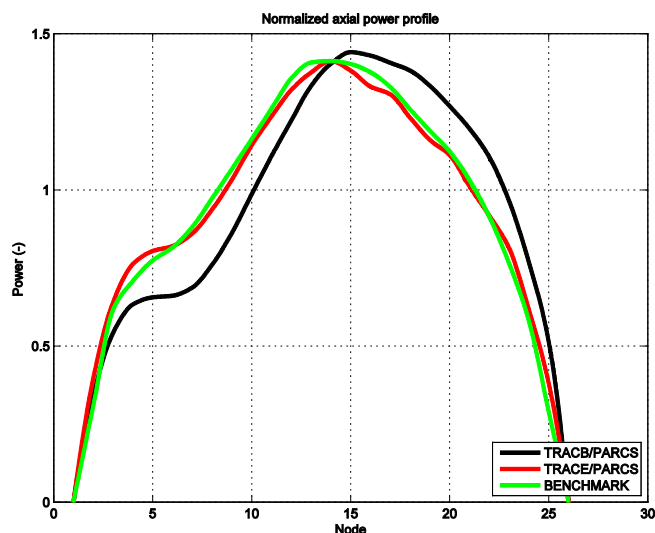


Figura 10: Perfil axial de potencia

3.2 Simulación transitorio: disparo de turbina

La Figura 10 muestra la potencia total relativa del reactor, tras el disparo de la turbina, usando TRACE/PARCS. Se realiza una comparación con los resultados de los distintos participantes del *Benchmark* (izquierda) y con el promedio del *Benchmark* y los resultados obtenidos de TRAC-BF1/PARCS (derecha). Antes del disparo de turbina se realizó un transitorio nulo de 50 segundos de duración para verificar la adecuada convergencia del estado estacionario acoplado, por lo que la duración total de la simulación es de 55 segundos. Sin embargo, en las gráficas mostradas en esta sección, el disparo de turbina se muestra a tiempo 0 y el eje de abscisas se extiende hasta los 5 segundos.

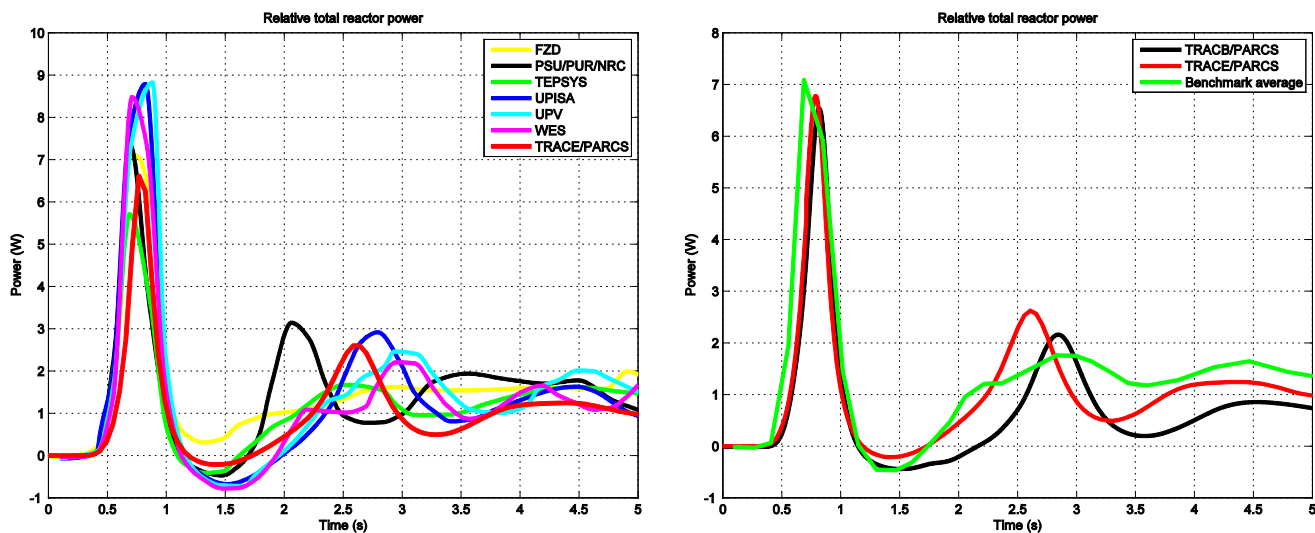


Figura 11: Potencia total del reactor después de la parada de turbina. Izquierda: comparación con los participantes del *Benchmark*. Derecha: comparación con el promedio del *Benchmark* y resultados de TRAC-BF1

Finalmente, en la Figura 12 se observa la presión en la cúpula de la vasija. En la Figura 13, se muestra la evolución de la reactividad total después de la parada de la turbina. Se comparan los resultados de los distintos participantes del *Benchmark* (series en negro) y los obtenidos con TRACE/PARCS (serie en rojo). Además, se

aprecia en la Figura 14 los componentes de la reactividad total: reactividad de la temperatura del fuel (Doppler) (izquierda) y la reactividad del moderador (fracción de huecos) (derecha).

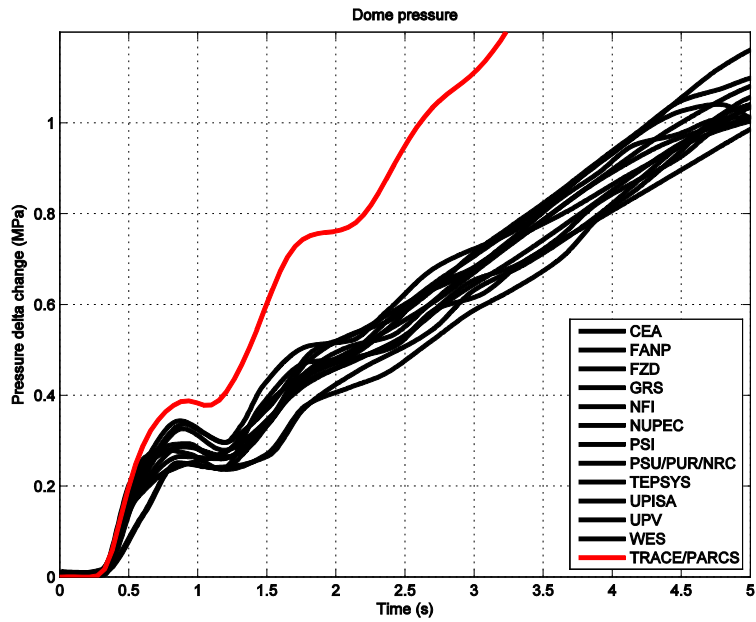


Figura 12: Presión en la cúpula de la vasija

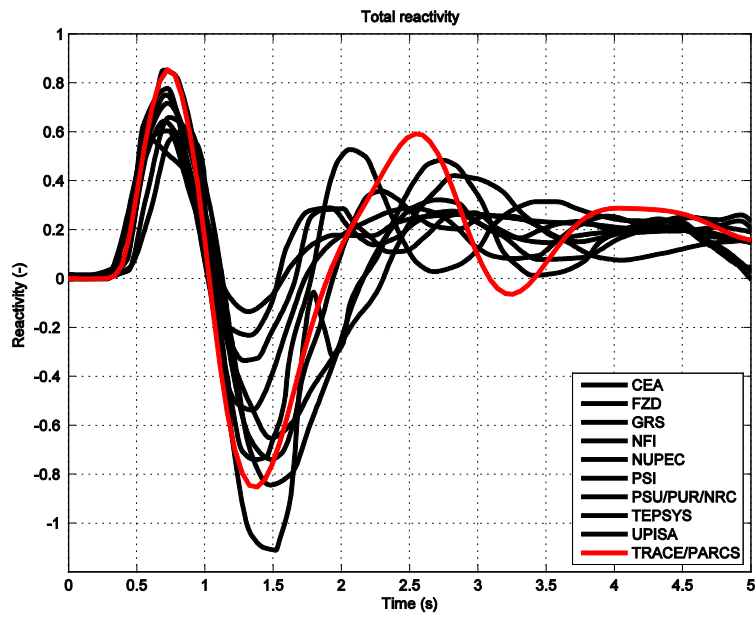


Figura 13: Reactividad total

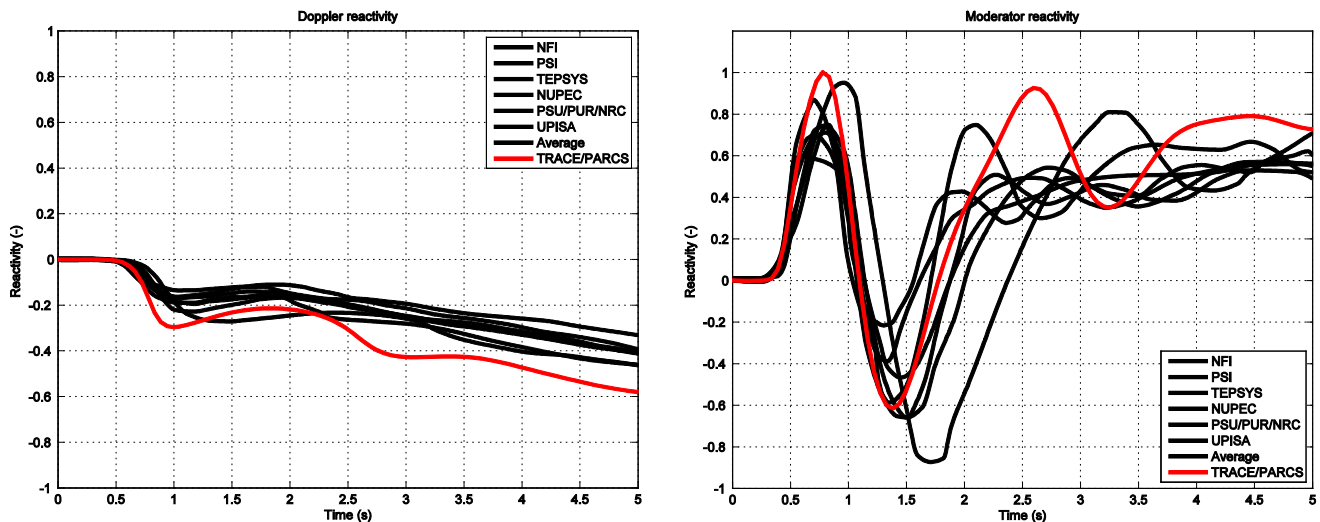


Figura 14: Reactividad Doppler (izquierda) y reactividad del moderador (derecha)

4. COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

Se ha obtenido un modelo del reactor de Peach Bottom para el código TRACE. Este modelo se ha obtenido a partir de una metodología, desarrollada en la Universitat Politècnica de València (UPV), para la traducción semi-automática de un modelo de TRAC-BF1 a TRACE [1]. Además, con este modelo se ha llevado a cabo la simulación del transitorio por disparo de turbina, de acuerdo a lo especificado en el *Benchmark: NEA/OECD BWR Peach Bottom Turbine Trip (PBTB)* (escenario extremo 2 del ejercicio 3) [2] y [3]. Aprovechando la publicación de los resultados de los distintos participantes del *Benchmark*, se ha podido comparar para la validación del modelo de TRACE/PARCS.

A pesar de que el modelo termo-hidráulico de TRACE se tuvo que ajustar ligeramente, en base a los datos de TRAC-BF1, los resultados para el estado estacionario del caudal, Figura 7, y la temperatura de moderador, Figura 8, obtenidos están en concordancia con los de TRAC-BF1. Por otro lado, el perfil axial de potencia es muy similar al proporcionado por el *Benchmark*, pero difiere considerablemente del de TRAC-BF1, Figura 10. Los resultados de la simulación del disparo de turbina son razonablemente buenos si se compara con los distintos participantes del *Benchmark*, Figura 11 - Figura 14. Existe una discrepancia mayor en el caso de la presión en la cúpula de la vasija, Figura 12, siendo objeto de trabajos futuros el mejorar su validación.

Con este trabajo se ha demostrado que usando la metodología semi-automática, se ahorra una gran cantidad de tiempo (y por tanto de recursos económicos), como alternativa a tener que construir un modelo de TRACE nuevo a partir de cero. Además, se ha validado el modelo obtenido mediante la simulación del disparo de turbina y posterior validación de resultados.

5. REFERENCIAS

- [1] Conversión del input de Peach Bottom de TRAC-BF1 a TRACE. A. Jambrina, C. Mesado, T. Barrachina, R. Miró, y G. Verdú. 39ª Sociedad Nuclear Española (SNE) Reus (Tarragona) 25-27 Septiembre 2013
- [2] Boiling Water Reactor Turbine Trip (TT) Benchmark - Volume I, Benchmark Specification (25 June 2001) by J. Solis, K. Ivanov, B. Sarikaya, A. Olson and K.W. Hunt (final printed version), NEA/NSC/DOC(2001)1, ISBN 92-64-18470-8.

- [3] Boiling Water Reactor Turbine Trip (TT) Benchmark - Volume IV: Summary Results of Exercise 3, by Bedirhan Akdeniz, Kostadin N. Ivanov and Andy M. Olson, OECD 2010, NEA/NSC/DOC(2010)1, ISBN 978-92-64-99137-8.