

PROYECTO INTEGRADOR  
CARRERA DE INGENIERÍA NUCLEAR

**Análisis Neutrónico de las Barras de Control  
del Reactor CAREM-25 haciendo uso del  
Código MCNP.**

Juan Francisco Bertona

Director  
**Ing. Juan Longhino**

Co-Director  
**Dr. Edmundo Lopasso**

Instituto Balseiro  
Comisión Nacional de Energía Atómica  
Universidad Nacional de Cuyo  
Junio 2012

# Resumen

El CAREM 25 es un diseño de reactor de producción eléctrica refrigerado y moderado por agua liviana, autopresurizado, integrado, de convección natural y con sistemas de seguridad pasivos. Actualmente el estado de desarrollo de la ingeniería alcanzado en el diseño hace relevante la realización de ciertos estudios que hacen a la performance. En este marco es de importancia la evaluación de los efectos de la radiación sobre las barras de control de Ag-In-Cd.

En el presente trabajo se realizó un modelado del núcleo con el código de transporte probabilístico MCNP junto con sus barras de control y otros componentes pertinentes para el cálculo, a partir de un modelo de fuente neutrónica fija partiendo de los resultados de la cadena de cálculo CONDOR→CITVAP/THERMIT.

Se obtuvieron resultados relacionados con el flujo neutrónico, el calentamiento instantáneo o prompt, el calentamiento por decaimientos nucleares, la activación y el quemado o “depletion” de los materiales de las barras de control.

Entre los resultados se encontró una fuerte depletion del isótopo  $^{113}\text{Cd}$  que tiene como consecuencia una notable disminución en la sección eficaz macroscópica del material Ag-In-Cd.

# Abstract

CAREM 25 is the design for a light water, self pressurized natural convection integrated nuclear power reactor with passive security systems. The actual engineering development stage makes the evaluation of certain performance parameters relevant. In this context the evaluation of the effects of radiation on the Ag-In-Cd control rods is of importance.

In the present work a model of the core was developed in the probabilistic transport code MCNP along with its control rods and other relevant components for the calculation as well as a model for a fixed neutronic source using results from the CONDOR→CITVAP/THERMIT calculation sequence.

Results were obtained regarding neutronic flux, prompt and decay heating, activation and depletion of the control rod materials.

Among the results, a strong depletion of  $^{113}\text{Cd}$  was found, having as a consequence a remarkable decrease in the macroscopic cross section of the Ag-In-Cd material.

# Índice general

<b>1. Introducción</b>	<b>11</b>
1.1. Motivación del trabajo . . . . .	12
1.2. Herramienta de cálculo . . . . .	12
1.3. Métodos Estocásticos vs Determinísticos para la resolución de problemas de Transporte . . . . .	13
1.4. El método Monte Carlo y el código MCNP . . . . .	13
<b>2. Componentes del Reactor</b>	<b>15</b>
2.1. Núcleo . . . . .	15
2.2. Barras de control . . . . .	17
2.3. Componentes no modelados . . . . .	19
<b>3. Modelado del problema con MCNP</b>	<b>20</b>
3.1. Geometría . . . . .	20
3.2. Fuente de Neutrones del Cálculo . . . . .	22
3.2.1. Distribución espacial . . . . .	23
3.2.2. Distribución en intensidad . . . . .	23
3.2.3. Distribución espectral . . . . .	25
3.2.4. Fuente gamma . . . . .	26
3.3. Tallies . . . . .	26
3.3.1. Flujo neutrónico . . . . .	27
3.3.2. Tasa de reacción y depletion . . . . .	27
3.3.3. Actividad . . . . .	27
3.3.4. Calentamiento . . . . .	29
3.3.5. Esquema de reducción de varianza . . . . .	30
<b>4. Resultados y Análisis</b>	<b>32</b>
4.1. Resultados . . . . .	32
4.1.1. Flujo neutrónico . . . . .	33
4.1.2. Calentamiento . . . . .	36
4.1.2.1. Prompt Vaina . . . . .	36
4.1.2.2. Prompt Absorbente . . . . .	37
4.1.2.3. Delayed Vaina . . . . .	38

4.1.2.4. Delayed Absorbente . . . . .	39
4.2. Análisis . . . . .	40
4.2.1. Flujo neutrónico . . . . .	40
4.2.2. Tasa de reacción y Depletion . . . . .	42
4.2.3. Actividad . . . . .	45
4.2.4. Calentamiento . . . . .	47
4.2.4.1. Calentamiento delayed . . . . .	47
4.2.4.2. Calentamiento prompt . . . . .	47
4.2.4.3. Calentamiento total . . . . .	48
<b>5. Conclusiones</b>	<b>49</b>
<b>A. Estructura del input</b>	<b>52</b>
A.1. Definición de Celdas . . . . .	53
A.2. Definición de superficies . . . . .	57
A.3. Definición de Materiales . . . . .	60
A.4. Definición de Fuente . . . . .	61
A.5. Definición de Tallies . . . . .	64
A.6. Transformaciones y finalización . . . . .	65
<b>B. Resultados</b>	<b>66</b>
B.1. Flujo Neutrónico . . . . .	67
B.1.1. Absorbente . . . . .	67
B.1.2. Vaina . . . . .	70
B.2. Tasa de Reacción . . . . .	76
B.2.1. Absorbente . . . . .	76
B.2.2. Vaina . . . . .	78
B.3. Actividad . . . . .	80
B.4. Calentamiento . . . . .	87
B.4.1. Prompt . . . . .	87
B.4.1.1. Absorbente . . . . .	87
B.4.1.2. Vaina . . . . .	90
B.4.2. Delayed . . . . .	93
B.4.2.1. Absorbente . . . . .	94
B.4.2.2. Vaina . . . . .	97
<b>C. Multiplicadores</b>	<b>99</b>