Cinética puntual y determinación experimental de la reactividad en el Reactor Nuclear RA-1

BÉLICO, Melina[1]; ORSO, José[1,2].

[1]Instituto de Estudios Nucleares y Radiaciones Ionizantes, Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario/ melibelico03@gmail.com
[2] Comisión Nacional de Energía Atómica

Palabras claves: Cinética puntual; Reactividad; Ecuación de Inhour; Reactor Nuclear RA-1.

INTRODUCCIÓN

La reactividad cuantifica el apartamiento de un reactor respecto de la condición crítica y determina la evolución de la población neutrónica. El modelo de cinética puntual permite describir esta evolución temporal, mientras que la ecuación de Inhour relaciona la reactividad con el período asintótico del reactor. En este trabajo, estos fundamentos se vinculan con experiencias realizadas en el reactor RA-1 para la determinación experimental de la reactividad mediante distintos métodos.

OBJETIVOS

Desarrollar los fundamentos de la cinética puntual y aplicarlos al estudio experimental de la reactividad en el reactor RA-1.

- Analizar la relación período–reactividad mediante la ecuación de Inhour.
- Comparar los modelos de uno y seis grupos de precursores.
- Analizar distintos métodos experimentales de determinación de la reactividad.
- Vincular el desarrollo teórico con los resultados obtenidos en el RA-1.

MARCO TEÓRICO

A partir de la ecuación de difusión y suponiendo que durante el transitorio varía principalmente la amplitud temporal del flujo neutrónico, se obtiene el modelo de cinética puntual y la ecuación de Inhour, que relaciona reactividad y período.

Ecuación de difusión

$$\frac{1}{v}\frac{\partial \phi(\mathbf{r},t)}{\partial t} = D\nabla^2\phi(\mathbf{r},t) - \Sigma_a\phi(\mathbf{r},t) + \nu\Sigma_f\phi(\mathbf{r},t)$$

Hipótesis: un grupo de energía, medio homogéneo y sin fuente externa, despreciando inicialmente los neutrones retardados.

Cinética puntual - Modelo para 6 grupos de neutrones retardados

$$\begin{cases} \dfrac{dn(t)}{dt} = \dfrac{\rho-\beta}{\Lambda}n(t) + \displaystyle\sum_{i=1}^{6}\lambda_i C_i(t), \\ \dfrac{dC_i(t)}{dt} = \dfrac{\beta_i}{\Lambda}n(t) - \lambda_i C_i(t), \qquad i = 1,\ldots,6. \end{cases} \longrightarrow$$

Ecuación de Inhour

$$\rho = \Lambda\omega + \sum_{i=1}^{6}\frac{\beta_i\omega}{\omega+\lambda_i}$$

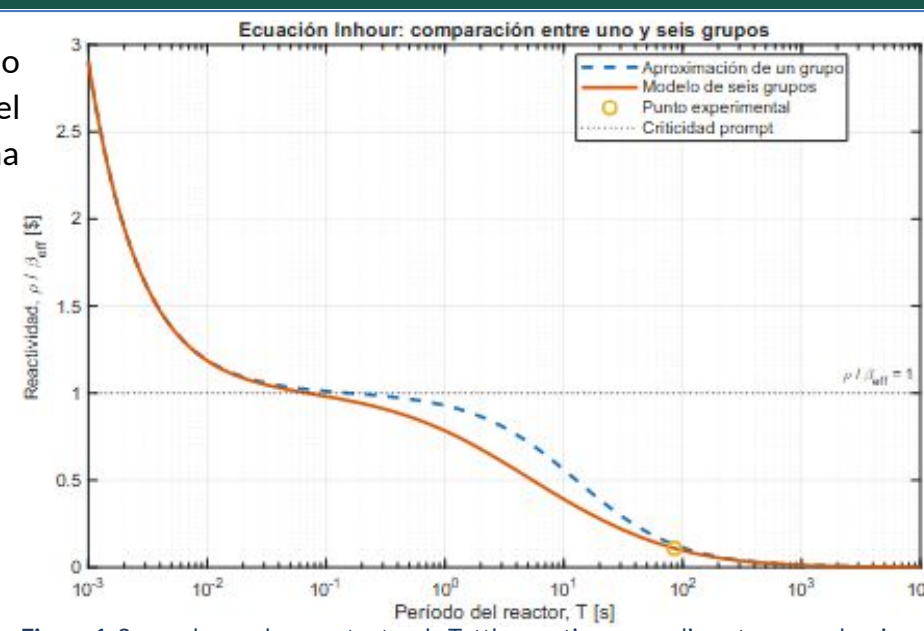


Figura 1. Se emplearon las constantes de Tuttle y un tiempo medio entre reproducciones reducido de Λ* = 0,0019 s. Se obtuvoρ = 0,109262 $ para el período experimental Texp = 85,119 s.

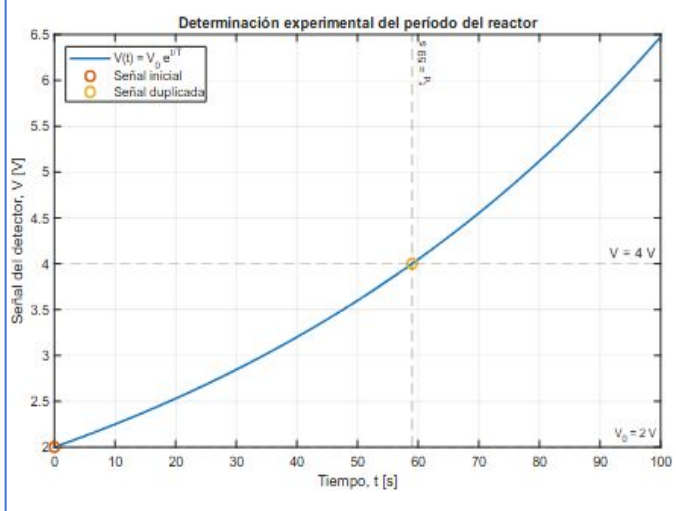
RESULTADOS y DISCUSIÓN

Método	Reactividad [$]	Alcance
Período	+0,109	Período experimental de 85,119 s.
Reactímetro digital	+0,110	Medición del mismo transitorio.
Compensación	+1,169	Extracción de la barra 3 del 43,8 % al 100 %.
Rod Drop	−0,99*	Inserción parcial de la barra 3.

*Resultado discrepante con lo esperado para el tramo ensayado; no se utilizó para determinar la reactividad total de la barra.

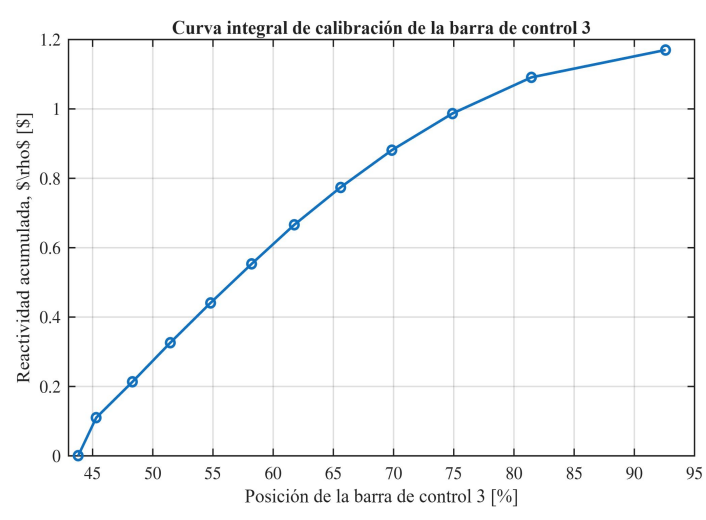
El Rod Drop arrojó -0,99$, una magnitud mayor que la esperada para el pequeño tramo ensayado próximo al extremo del recorrido, donde la disminución del flujo neutrónico axial reduce la efectividad de la barra. El método presenta elevada incertidumbre, especialmente cuando el salto de señal asociado a la inserción de reactividad es pequeño.

Método del Período



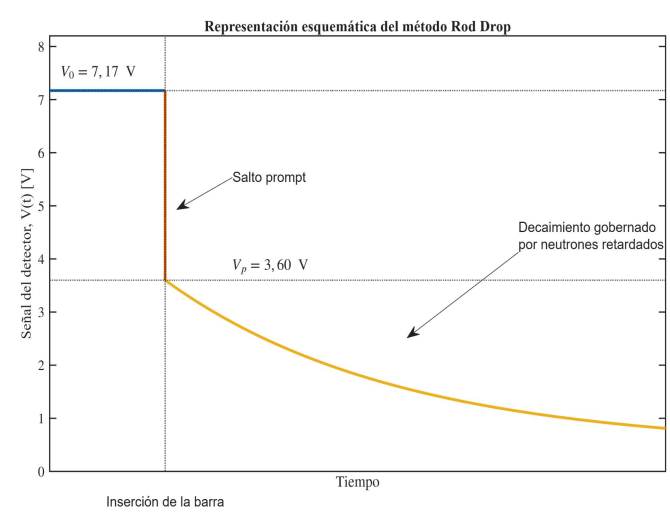
$$T = \frac{t_d}{\ln 2} \quad \Rightarrow \quad T = 85{,}119\,\text{s},\ \rho = 0{,}109\,\$$$

Método de Compensación



$$\rho_{\text{acum}} = \sum \Delta\rho_i = 1{,}169\ \$$$

Rod-Drop



$$\rho(\$) = 1 - \frac{V_0}{V_p} \qquad V_0 = 7{,}17\,\text{V}, \qquad V_p = 3{,}60\,\text{V} \Rightarrow \rho = -0{,}99$$

METODOLOGÍA

Las experiencias se realizaron en el reactor RA-1 (CNEA), registrando la respuesta temporal mediante una cámara de ionización auxiliar ubicada en el canal central. La reactividad se determinó mediante los métodos del período, compensación y *Rod-Drop*, complementados con un reactímetro digital.

CONCLUSIONES

- El método del período y el reactímetro presentaron buena concordancia, con una diferencia relativa del 0,92 %. La ecuación de Inhour reprodujo el valor obtenido mediante las tablas período–reactividad.
- En compensación se obtuvieron valores del orden esperado, sujetos a incertidumbres asociadas al ajuste manual de criticidad y a la lectura de posiciones.
- El Rod Drop arrojó −0,99 $, una magnitud mayor que la esperada para el pequeño tramo ensayado próximo al extremo del recorrido, donde el menor flujo neutrónico reduce la efectividad de la barra.