

# Diseño del difractómetro de neutrones – Amauta

Yuri Ravello<sup>(1)</sup> [yavello@ipen.gob.pe](mailto:yavello@ipen.gob.pe)

(1) IPEN, Oficina Técnica de la Autoridad Nacional, Justo Vigil 456, Lima 17, Perú

## Resumen

Se ha preparado el diseño de un difractómetro de neutrones para muestras tipo polvo, al cual se le ha denominado AMAUTA. Este difractómetro del tipo doble eje, se instalará en la sala experimental del reactor nuclear peruano de investigación RP-10. La resolución determinada por simulación será de  $\Delta d/d = 10^{-2}$ .

## 1. Introducción

El Centro Nuclear RACSO cuenta con un reactor nuclear de investigación, RP-10, de 10 MW de potencia térmica. Este reactor cuenta con seis haces de neutrones, de los cuales cuatro son del tipo radial y dos del tipo tangencial.

Con el fin de optimizar la infraestructura existente, el IPEN se ha embarcado en la implementación de un difractómetro de neutrones del tipo doble eje, para muestras en polvo, al cual se le ha bautizado con el nombre de AMAUTA, que en quechua significa maestro.

El difractómetro AMAUTA servirá para complementar los servicios de análisis de materiales con otras técnicas, tales como, difractómetros de rayos X, microscopios de electrones, entre otros.

A continuación se describe el diseño básico del difractómetro de neutrones.

## 2. Diseño Base

Los ejes del difractómetro AMAUTA son: el primer eje corresponde al cristal monocromador y el segundo eje a la muestra. El diseño base será un símil del difractómetro de neutrones de doble eje instalado en el reactor nuclear de investigación de la Universidad de Missouri en los Estados Unidos de Norteamérica<sup>1</sup>.

Las características principales que tendrá el difractómetro de neutrones son: un cristal monocromador de silicio focalizado en los ejes vertical y horizontal, muestras de diámetro pequeño (menor a 1 cm), y el sistema de detección conformado con detectores sensible a la posición.

El cristal monocromador será construido a base de pequeños cristales de silicio, los cuales serán deformados mecánicamente para poder focalizar a los neutrones, siendo los planos de reflexión de (331) y (511).

Las ventajas de este diseño<sup>2</sup>, son: no requiere el uso de colimadores tipo Soller, con lo cual la intensidad en la muestra será máxima, y a pesar de ser delgada la muestra, no se pierde en intensidad. Este diseño es ideal para reactores de baja potencia, como lo es el reactor RP-10.

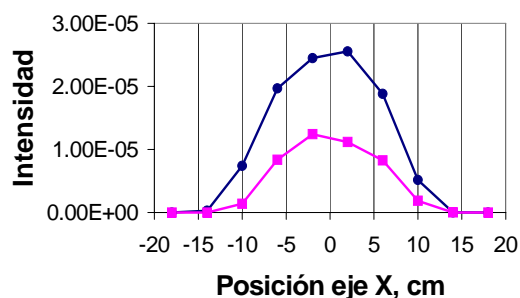
El sistema de detección de neutrones más adecuado, desde el punto de vista económico, será en base a detectores lineales sensibles a la posición, arreglados convenientemente para obtener una mejor eficiencia.

## 3. Simulación

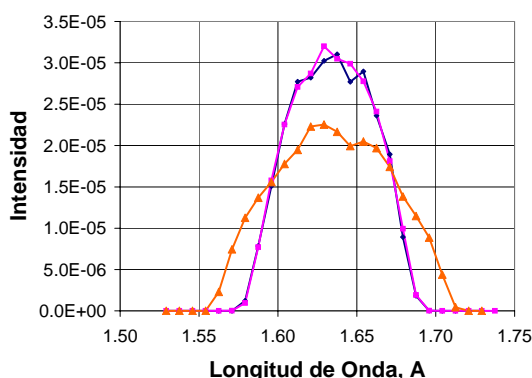
Para el diseño se ha empleado el programa IDEAS-Instrument Design and Experiment Assessment Suit<sup>3</sup>, programa desarrollado por el Laboratorio Nacional de Oak Ridge, en los Estados Unidos de Norteamérica.

Los resultados de la simulación se pueden apreciar en las figuras mostradas. En la figura 1 podemos apreciar la ventaja del monocromador curvado con respecto del plano, en lo que se refiere a la intensidad de neutrones, la ganancia es de aproximadamente el doble.

En la figura 2 podemos apreciar como varía la resolución en función de la curvatura del cristal monocromador. Aunque la resolución del cristal doblemente curvado es ancha, este fue obtenido para un espectro constante en longitud de onda, por lo que para un espectro real, el ancho será menor.

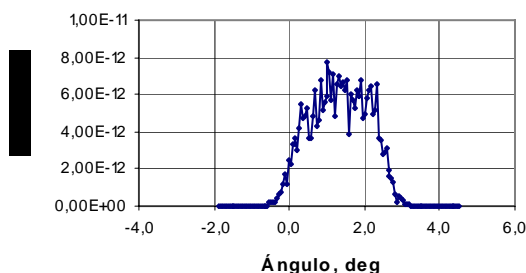


**Figura 1.** La curva inferior muestra la intensidad producida por un cristal monocromador plano, y la curva superior, para un cristal monocromador doblemente curvado.



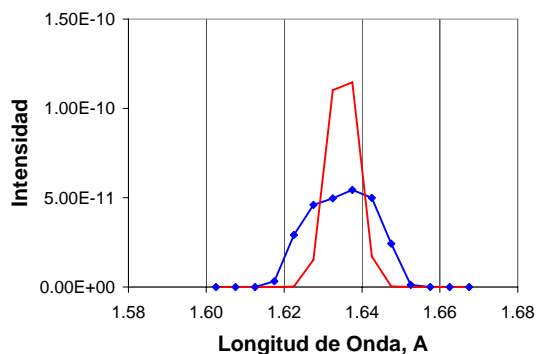
**Figura 2.** Resolución en longitud de onda en la posición de la muestra en función de la curvatura del cristal. La curva más ancha corresponde a un cristal doblemente curvado, mientras que las otras corresponden a un cristal plano y a un cristal curvado verticalmente.

En la figura 3 podemos apreciar la resolución angular producida por una muestra arbitraria.



**Figura 3.** Resolución angular para un plano de dispersión  $d=1,00$  Å.

En la figura 4 podemos apreciar la resolución en longitud de onda, donde se deduce que la resolución relativa del instrumento es del orden de  $10^{-2}$ .



**Figura 4.** Resolución en longitud de onda para una  $d = 1,00$  Å. El ajuste a una gaussiana, línea roja, muestra que el FWHM es aproximadamente  $0,01$  Å.

Los resultados en la simulación tienen una incertidumbre relativa del orden del 20%.

#### 4. Discusión

Aunque la resolución obtenida de  $10^{-2}$  está por debajo de la resolución estándar de  $10^{-3}$  para difractómetros de alta resolución, con esta resolución es posible analizar diversos tipos de muestras, no muy complejas. Además, el tiempo para obtener los espectros sería del orden de unas pocas horas.

Finalmente, queda para un estudio posterior, como reducir la resolución por medio de otros dispositivos adicionales, tal como un colimador radial.

#### 5. Conclusiones

Los resultados obtenidos nos demuestran que no es un sueño pensar en la posibilidad de tener un difractómetro de neutrones de buena calidad en nuestro reactor nuclear de baja potencia, capaz de analizar diversos tipos de muestras, tales como las que se vienen analizando en nuestro país con los difractómetros de rayos X.

#### Bibliografía

1. Yelon, W.B., Berliner, R., Popovici, M., *Physica B* 241-243 (1998) p. 237.
2. Stoica, A.D., Popovici, M., and Yelon, W.B., *J. Appl. Cryst.* **33** (2000) p. 137.
3. IDEAS, <http://www.sns.gov/ideas>.