

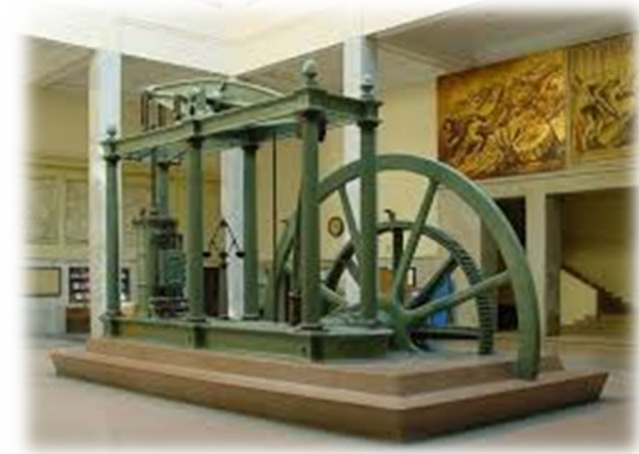
# FANT: características principales y experimentos realizados y en proceso, con una y dos fuentes

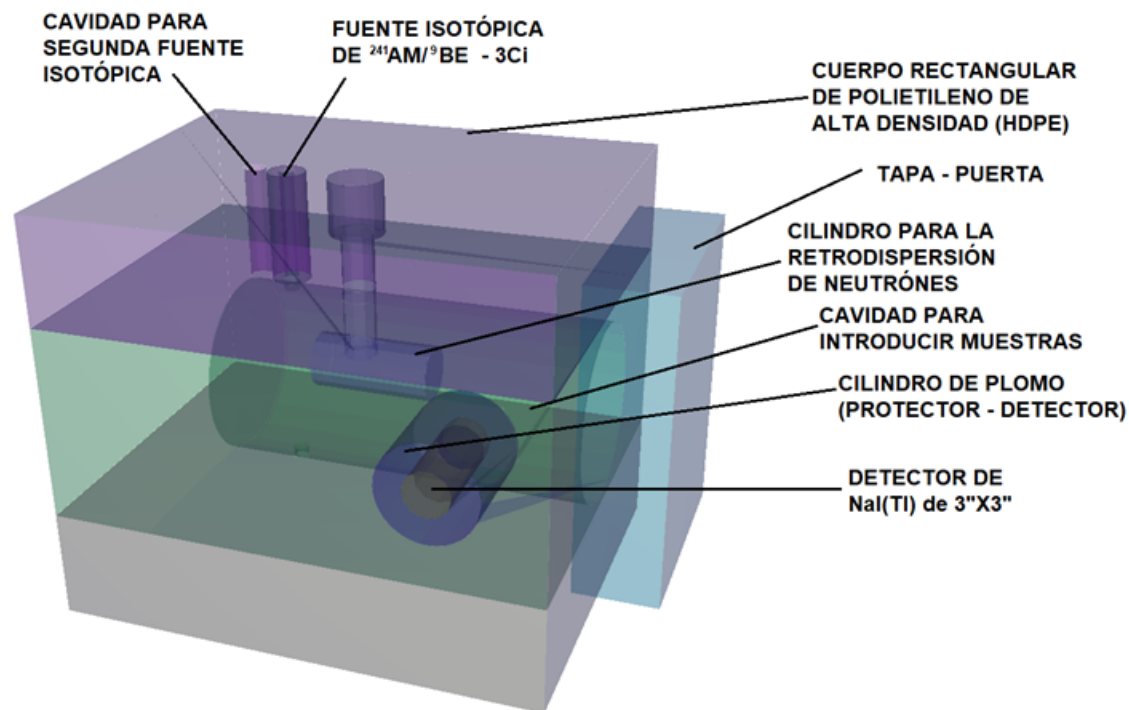
**Eduardo Gallego, Lenin E. Cevallos-Robalino\*, Gonzalo F. García-Fernández,  
Alfredo Lorente, Sviatoslav Ibáñez-Fernández, Luis de Juan-Carbonell**  
Laboratorio de Medidas Neutrónicas

\*Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador



- **Presentación de FANT: Fuente Ampliada de Neutrones Térmicos**
- **Ensayos de caracterización realizados**
- **Conclusiones**





Esquema FANT (modelo en MCNP 6.1)



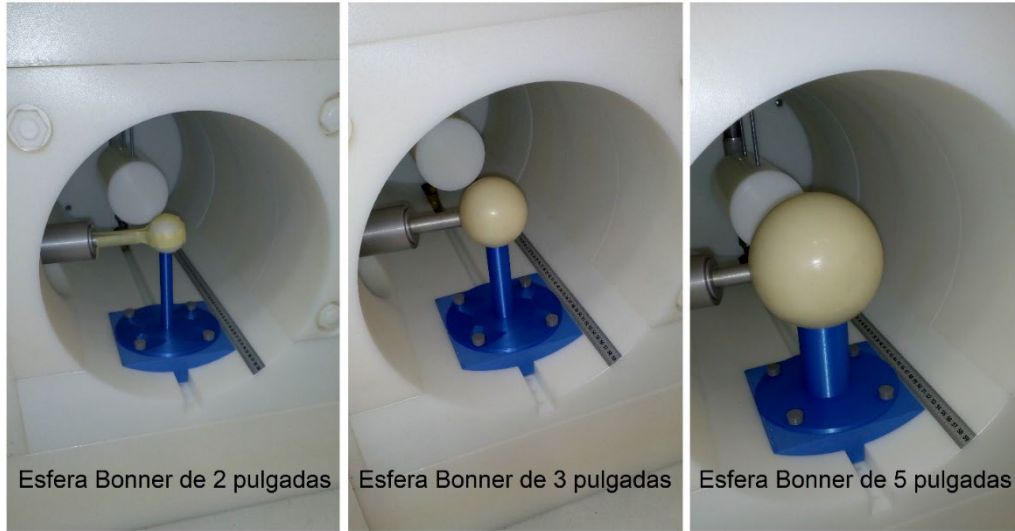
Prototipo FANT



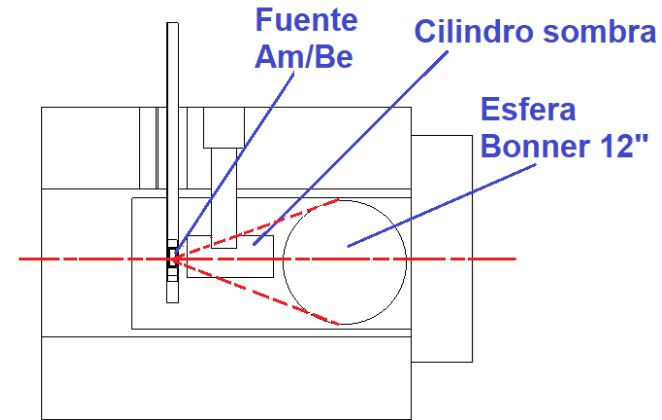
Accesorios FANT para colocación de las esferas de Bonner



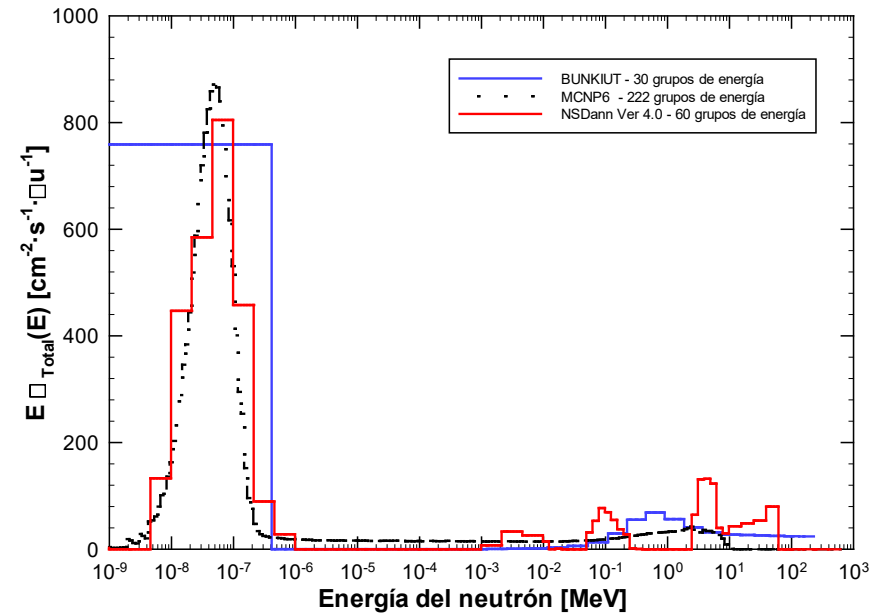
# Caracterización FANT (Esferas Bonner Li<sup>6</sup>I + BUNKIUT + NSDann 4.0 y MCNP6)



**Sistema de esferas Bonner de 2,3,5,8,10 y 12 pulgadas con detector de <sup>6</sup>LiI (LMN-UPM) para realizar la espectrometría**

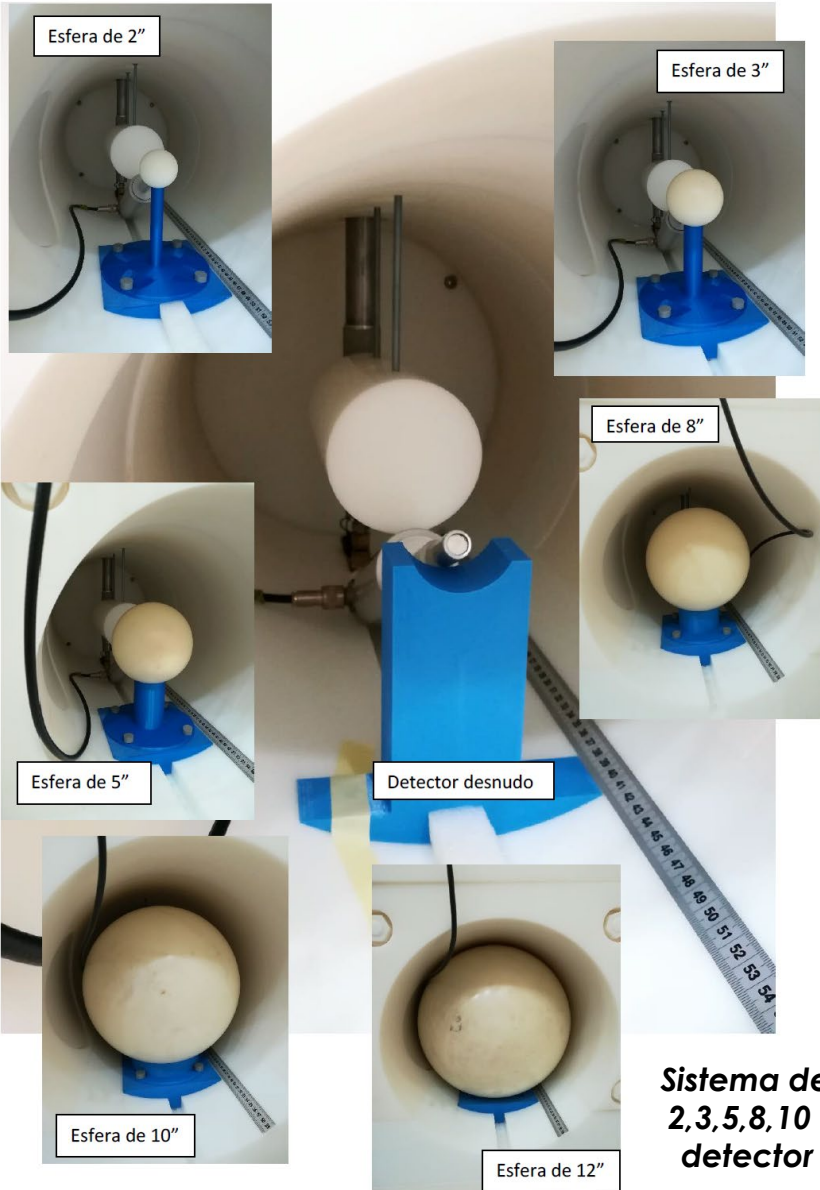


Esquema del sistema y ubicación de la esfera Bonner 12", obtenida con VISED, para el input del código MCNP6,1

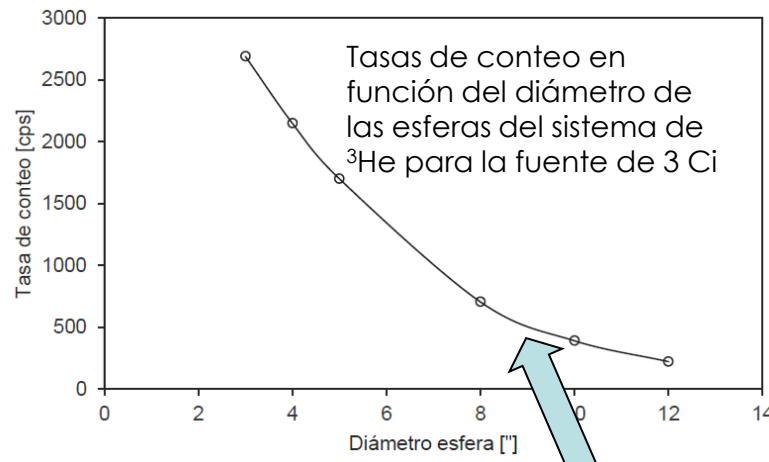
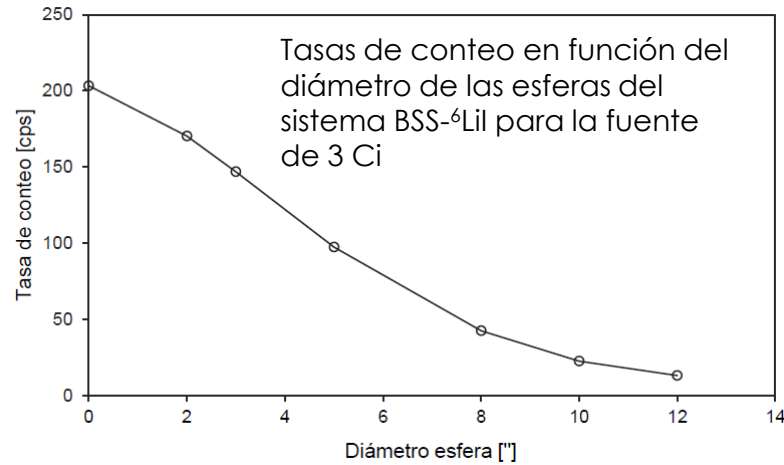


Resultados de la reconstrucción del espectro mediante los códigos BUNKIUT, NSDann VER 4.0, y el código MCNP6.1

# Caracterización FANT con esferas Bonner con $Li^6$ (LMN-UPM) y $^3He$ (LMRI-CIEMAT)



**Sistema de esferas Bonner de 2,3,5,8,10 y 12 pulgadas con detector de  $^6Li$  (LMN-UPM)**



**Sistema de esferas Bonner de 3,4,5,8,10 y 12 pulgadas con detector de  $^3He$  (LMRI-Ciemat)**

TRABAJO FIN DE GRADO

## ESPECTROMETRÍA DE NEUTRONES EN FANT. SISTEMA DE ESFERAS BONNER CON DETECTOR DE $Li(Eu)$

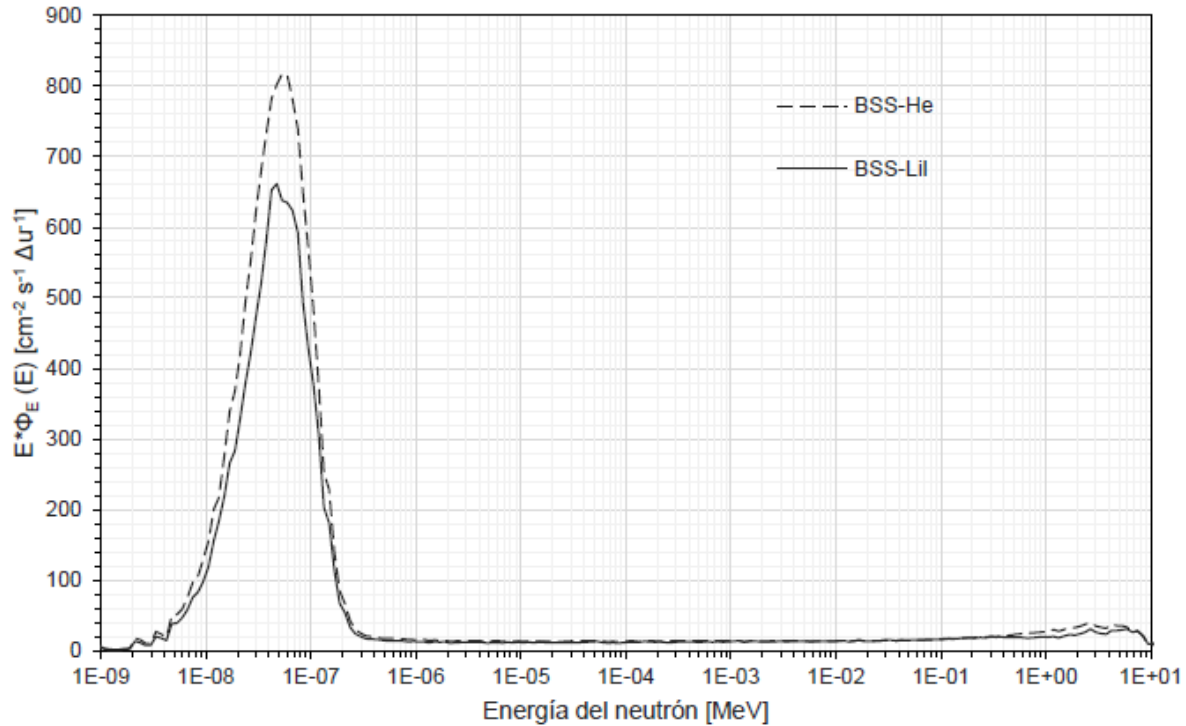
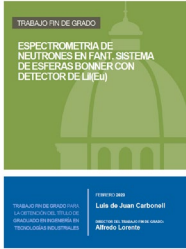
TRABAJO FIN DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE GRADUADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

FEBRERO 2020

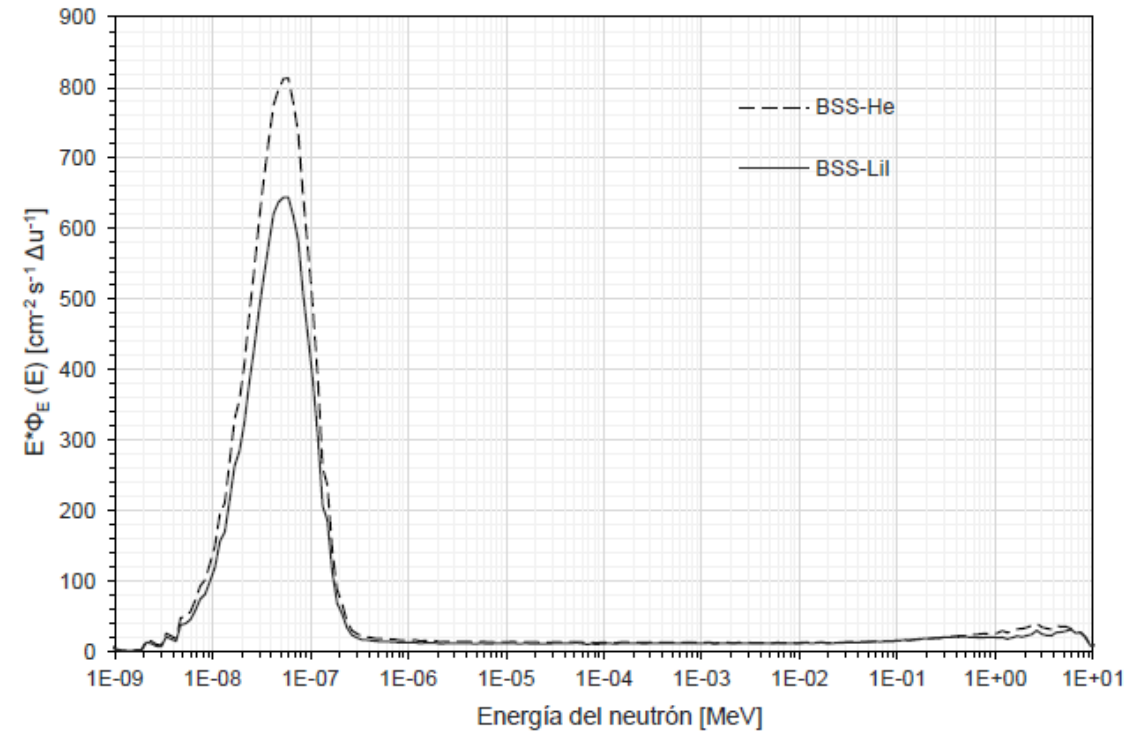
**Luis de Juan Carbonell**

DIRECTOR DEL TRABAJO FIN DE GRADO: **Alfredo Lorente**

# Caracterización FANT con esferas Bonner con $Li^6I$ (LMN-UPM) y $^3He$ (LMRI-CIEMAT)

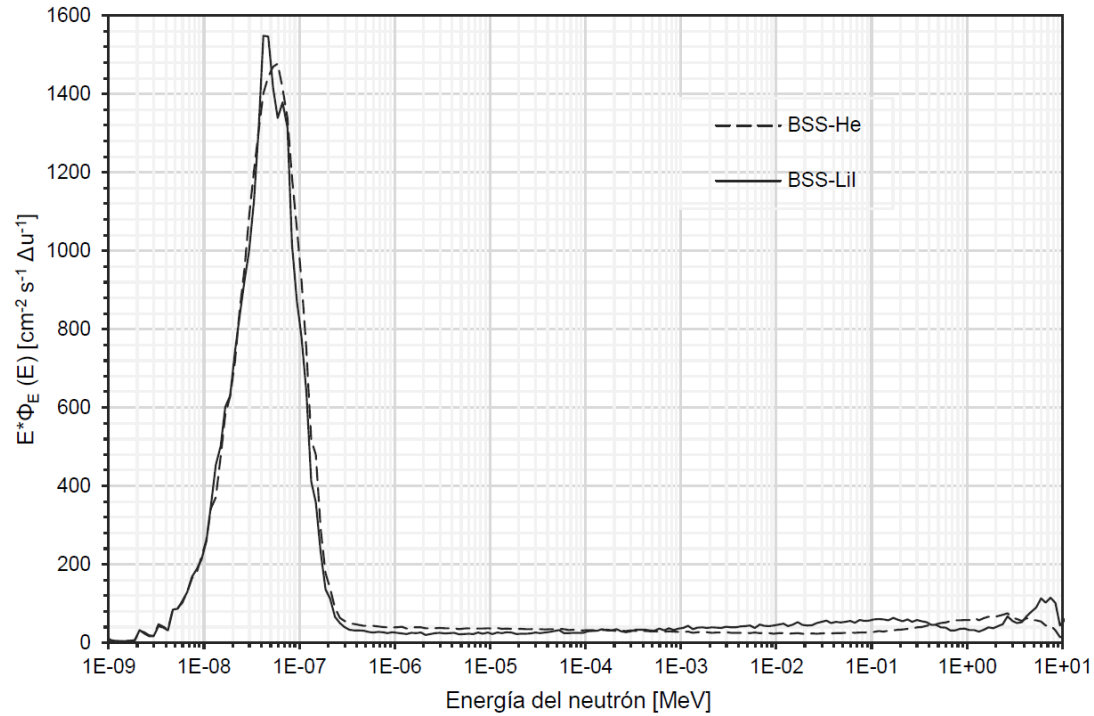


*Espectros para la fuente de 3 Ci con ambos sistemas mediante GRAVEL*

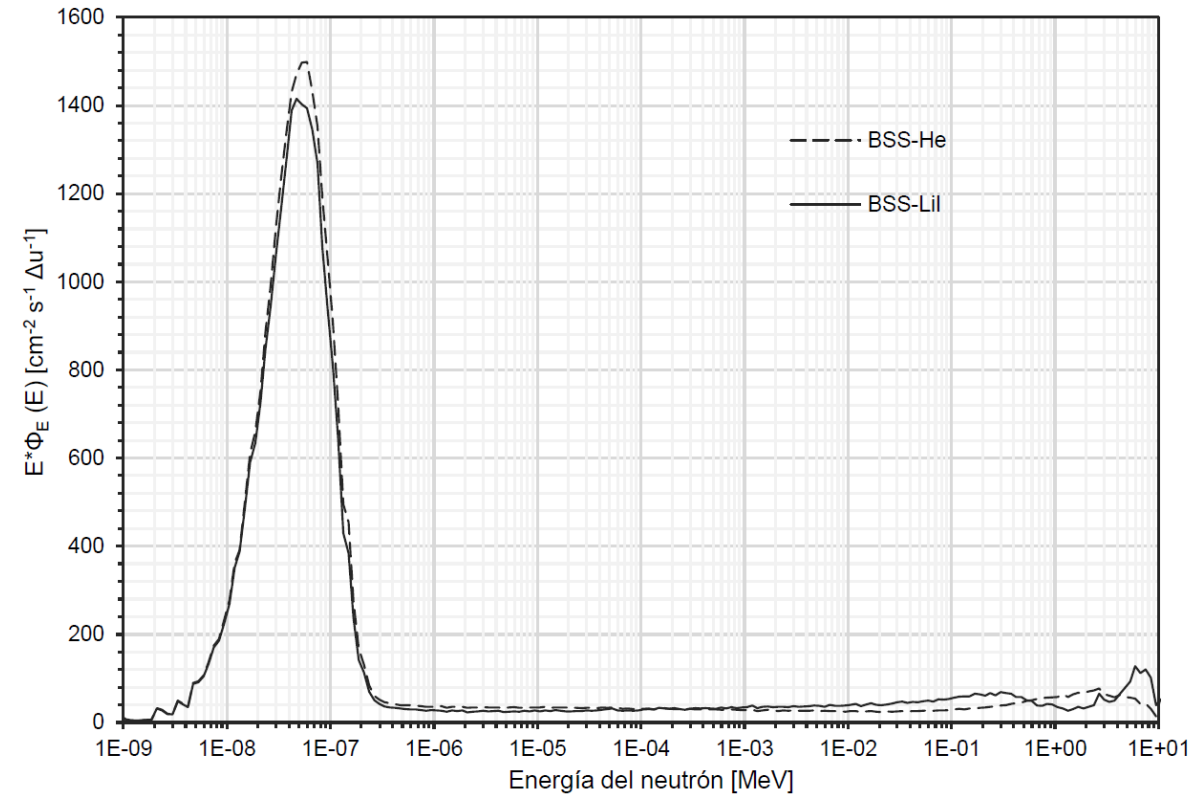


*Espectros para la fuente de 3 Ci con ambos sistemas mediante MAXED*

# Caracterización FANT para las dos fuentes de neutrones, con esferas Bonner con $\text{Li}^6\text{I}$ (LMN-UPM) y $^3\text{He}$ (LMRI-CIEMAT)

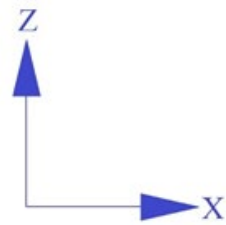
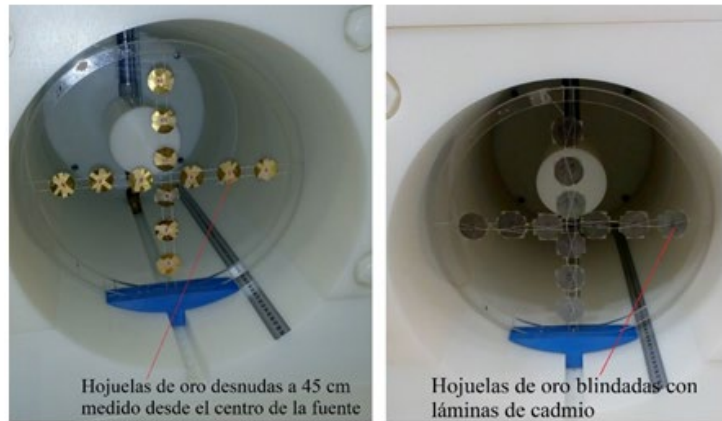
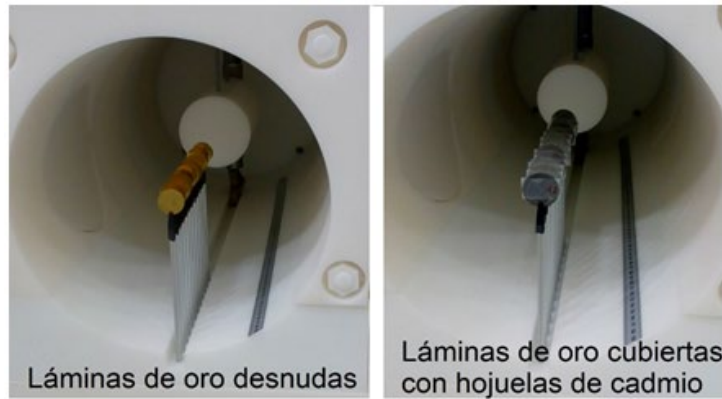


*Espectros con ambas fuentes de neutrones (111 GBq y 74 GBq) mediante GRAVEL*

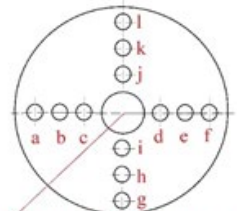


*Espectros con ambas fuentes de neutrones (111 GBq y 74 GBq) mediante MAXED*

- Se realizó una verificación experimental activando láminas de oro, mediante el método de la relación cadmio-oro, para conocer la variación de la tasa de fluencia real de neutrones térmicos y resonantes en el interior de la cavidad de irradiación.

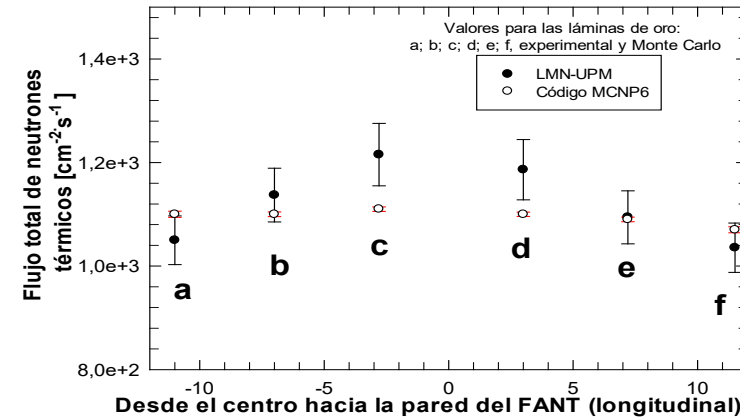


Esquema de la ubicación de las láminas para irradiación

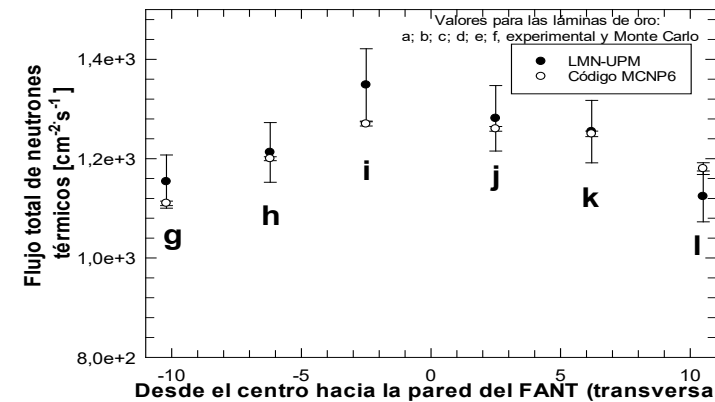


Centro o punto 6 del esquema (a 45 cm de distancia medido desde el centro de la fuente)

Fotografía del experimento para medida de tasa de fluencia mediante láminas de Au

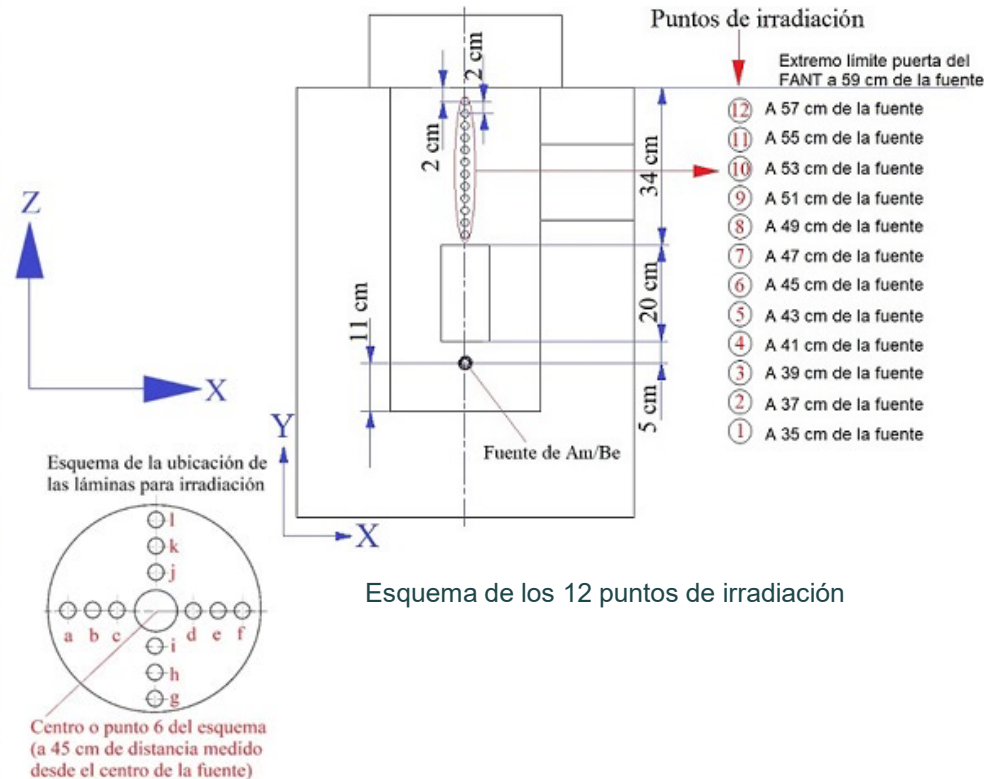


Comparación de valores medidos y calculados para el flujo térmico en los puntos a, b, c, d, e y f

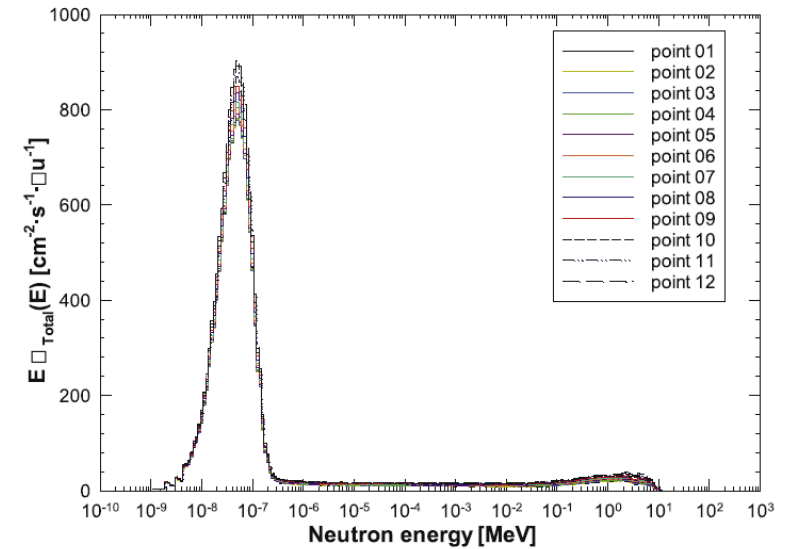


Comparación de valores medidos y calculados para el flujo térmico en los puntos g, h, i, j, k y l

- Se realizó una verificación experimental activando láminas de oro, mediante el método de la relación cadmio-oro, para conocer la variación de la tasa de fluencia real de neutrones térmicos y resonantes en el interior de la cavidad de irradiación.

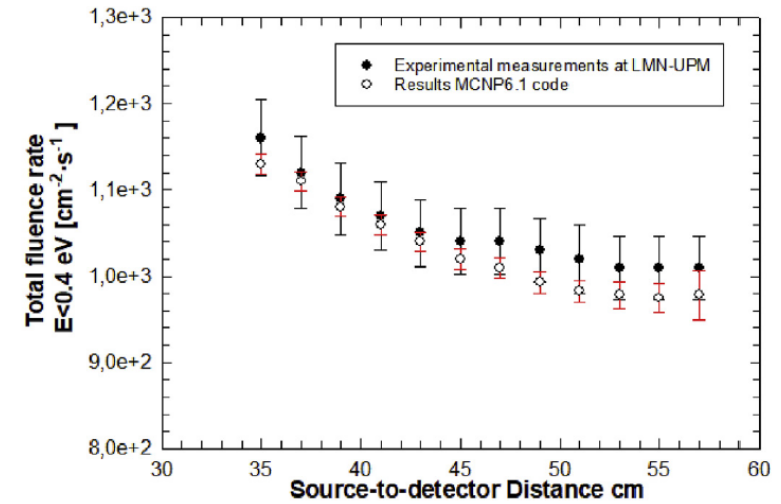
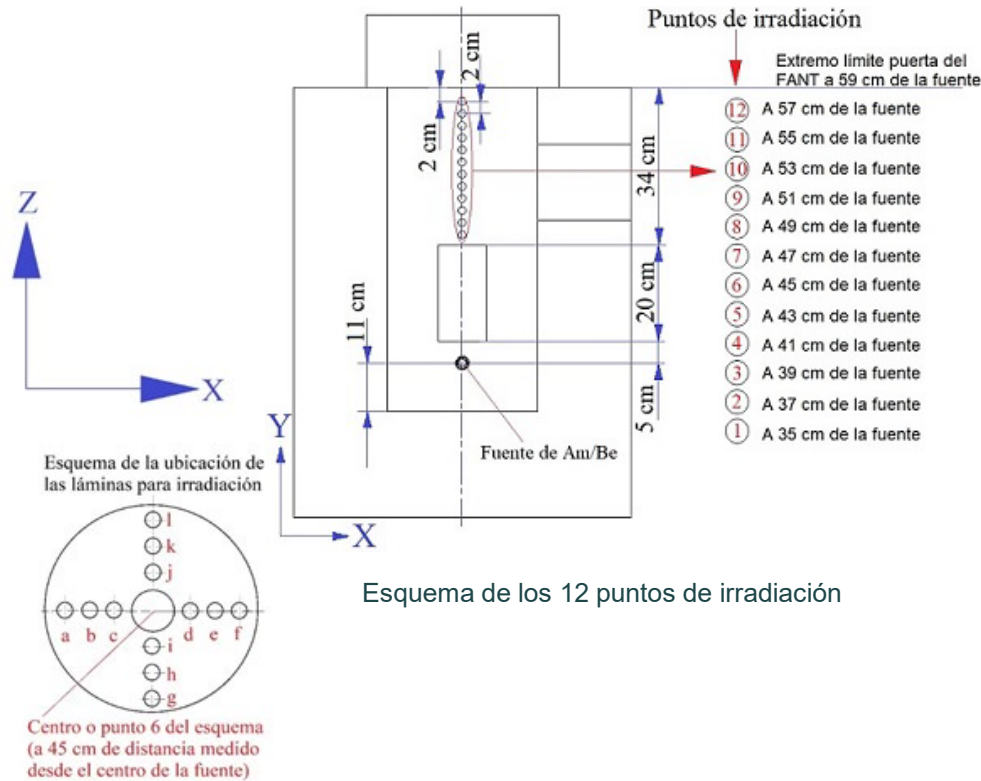


- La fluencia y el espectro neutrónico fueron calculados teóricamente (MCNP 6.1) para 222 grupos de energía, en 12 puntos en el interior de la cámara de irradiación a lo largo del eje principal



Fotografía del experimento para medida de tasa de fluencia mediante láminas de Au

- Se realizó una verificación experimental activando láminas de oro, mediante el método de la relación cadmio-oro, para conocer la variación de la tasa de fluencia real de neutrones térmicos y resonantes en el interior de la cavidad de irradiación.

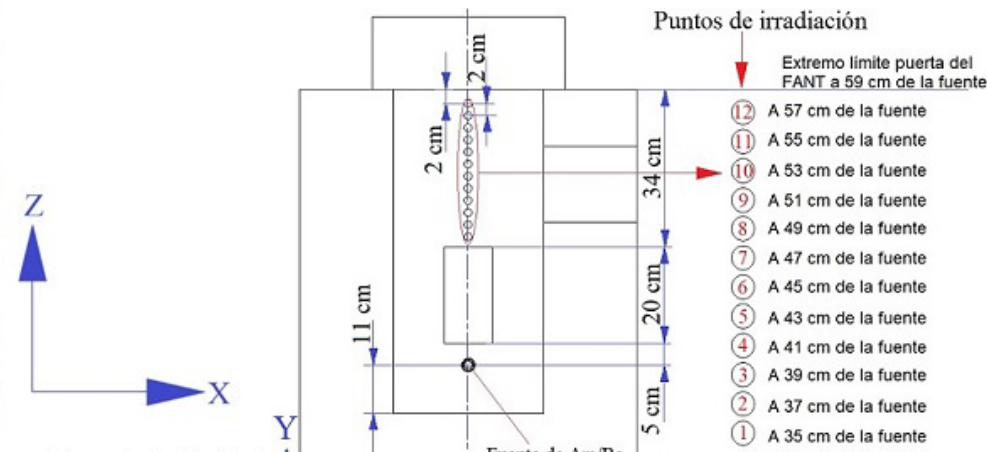
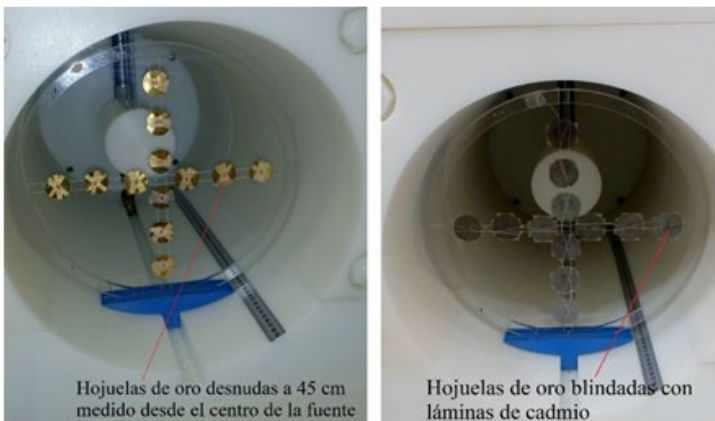
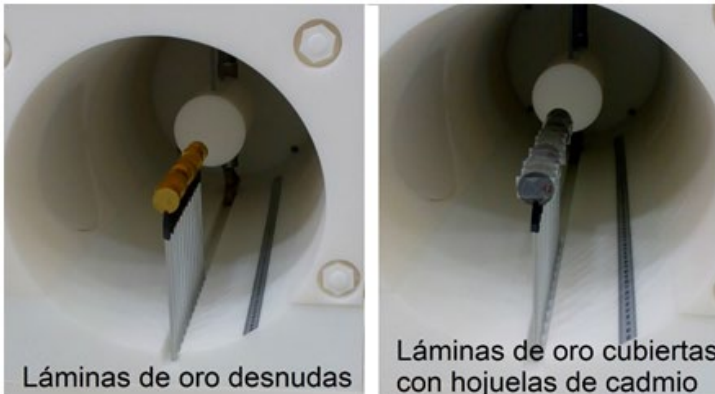
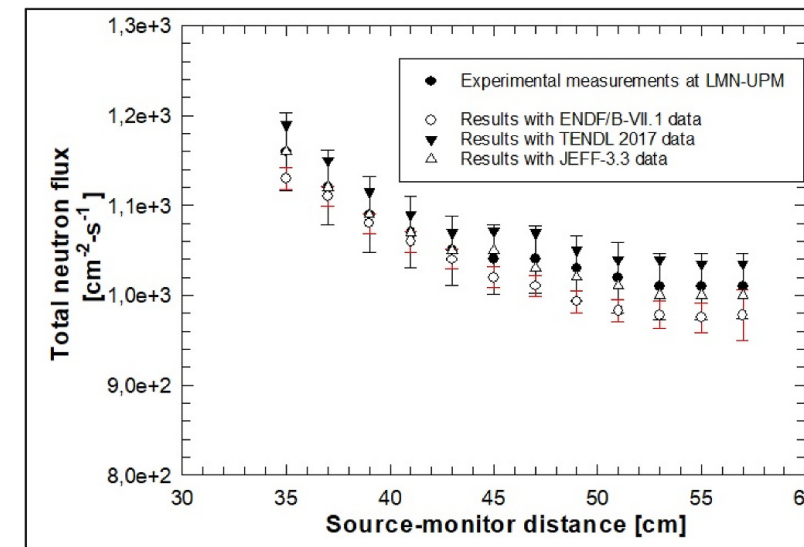
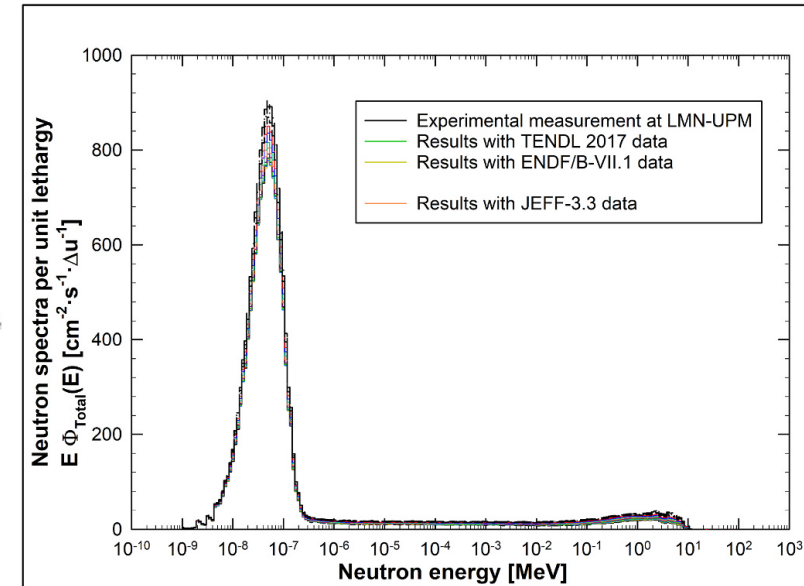


Tasa de fluencia de neutrones térmicos y epitérmicos (bajo la energía de corte del cadmio) a lo largo del eje principal de la cámara de irradiación de FANT. Comparación entre los resultados de MCNP6.1 y las medidas experimentales con activación de láminas de Au en el LMN-UPM.

Fotografía del experimento para medida de tasa de fluencia mediante láminas de Au

# Caracterización FANT mediante cálculo MCNP6.1 con diferentes librerías de secciones eficaces

- Los valores obtenidos experimentalmente se han comparado con cálculos de Monte Carlo empleando diferentes librerías de secciones eficaces: ENDF/B-VII.1, JEFF-3.3 y TENDL 2017.
- En todos los casos se ha calculado el transporte de neutrones térmicos en HDPE,  $E < 1\text{eV}$ , teniendo en cuenta el tratamiento térmico S ( $\alpha, \beta$ ).



Esquema de los 12 puntos de irradiación

JEFF-3.3 nuclear data library shows the best similarity between experimental and computational results.

Fotografía del experimento para medida de tasa de fluencia mediante láminas de Au



**Tabla 10.** Tasa de equivalente de dosis ambiental a 1 m de FANT para la fuente de 3 Ci de  $^{241}\text{AmBe}$ .

	$\dot{H}^*(10)_{\text{LB6411}}$ ( $\mu\text{Sv h}^{-1}$ )	$\dot{H}^*(10)_{\text{LB1236}}$ ( $\mu\text{Sv h}^{-1}$ )	$\dot{H}^*(10)_{\text{Total}}$ ( $\mu\text{Sv h}^{-1}$ )
Cara norte	8.02 ± 0.16	3.71 ± 0.16	11.73 ± 0.23
Cara frontal	1.47 ± 0.14	1.83 ± 0.04	3.30 ± 0.14
Cara sur	8.48 ± 0.11	3.60 ± 0.10	12.08 ± 0.15
Cara posterior*	8.30 ± 0.25	3.61 ± 0.12	11.91 ± 0.28

\*Medida a 80 cm por falta de espacio.

**Tabla 15.** Tasas de equivalente de dosis ambiental a 1 m de FANT para las fuentes de 3 y 2 Ci de  $^{241}\text{AmBe}$  mediante los Berthold.

	$\dot{H}^*(10)_{\text{LB6411}}$ ( $\mu\text{Sv h}^{-1}$ )	$\dot{H}^*(10)_{\text{LB1236}}$ ( $\mu\text{Sv h}^{-1}$ )	$\dot{H}^*(10)_{\text{Total}}$ ( $\mu\text{Sv h}^{-1}$ )
Cara norte	14.61 ± 0.44	12.47 ± 0.10	27.09 ± 0.45
Cara frontal	1.66 ± 0.12	4.14 ± 0.08	5.80 ± 0.14
Cara sur	14.65 ± 0.16	10.68 ± 0.16	25.33 ± 0.23
Cara posterior	15.22 ± 0.64	10.89 ± 0.06	26.11 ± 0.64

**Tabla 16.** Tasas de equivalente de dosis ambiental a 1 m de FANT para las fuentes de 3 y 2 Ci de  $^{241}\text{AmBe}$  mediante el LUPIN. Comparativa entre las medidas con LUPIN y Berthold.

	$\dot{H}^*(10)_{\text{LUPIN}}$ ( $\mu\text{Sv h}^{-1}$ )	$\dot{H}^*(10)_{\text{LUPIN}} / \dot{H}^*(10)_{\text{LB6411}}$ ( $\mu\text{Sv h}^{-1}$ )
Cara norte	17.06 ± 0.34	1.17
Cara frontal	2.31 ± 0.15	1.39
Cara sur	17.23 ± 0.42	1.18
Cara posterior	17.04 ± 0.29	1.12

Radiation Physics and Chemistry 168 (2020) 108599



Contents lists available at [ScienceDirect](#)

## Radiation Physics and Chemistry

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/radphyschem](http://www.elsevier.com/locate/radphyschem)



### Monte Carlo design and experimental characterization of a moderator device to produce a thermal neutron source from a $^{241}\text{Am}/^9\text{Be}$ source

Lenin E. Cevallos-Robalino<sup>a,b</sup>, Gonzalo F. García-Fernández<sup>a</sup>, Alfredo Lorente<sup>a</sup>, Eduardo Gallego<sup>a,\*</sup>, Sviatoslav Ibañez-Fernández<sup>a</sup>, Hector Rene Vega-Carrillo<sup>c</sup>, Karen A. Guzmán-García<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Departamento de Ingeniería Energética, ETSI Industriales, Universidad Politécnica de Madrid, José Gutiérrez Abascal 2, 28006, Madrid, Spain

<sup>b</sup> Grupo de Investigación en Sistemas de Control y Robótica, GISCOR, Universidad Politécnica Salesiana, C. Robles 107 Chambers, 090108, Guayas, Guayaquil, Ecuador

<sup>c</sup> Unidad Académica de Estudios Nucleares, Universidad Autónoma de Zacatecas, C. Ciprés No. 10, Fracc. La Peñuela, C.P. 981000, Zacatecas, Zac, Mexico



Applied Radiation and Isotopes 167 (2021) 109437

Contents lists available at [ScienceDirect](#)

## Applied Radiation and Isotopes

journal homepage: <http://www.elsevier.com/locate/apradiso>



Applied Radiation and Isotopes 179 (2022) 109992

Contents lists available at [ScienceDirect](#)

## Applied Radiation and Isotopes

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/apradiso](http://www.elsevier.com/locate/apradiso)



### Experimental characterization of FANT, a new thermal neutron source

Lenin E. Cevallos-Robalino<sup>a,b,\*</sup>, Gonzalo García-Fernández<sup>a</sup>, Alfredo Lorente<sup>a</sup>, Eduardo Gallego<sup>a</sup>, Hector Rene Vega-Carrillo<sup>c</sup>, Sviatoslav Ibañez<sup>a</sup>, Karen A. Guzmán-García<sup>d</sup>

<sup>a</sup> Departamento de Ingeniería Energética, ETSI Industriales, Universidad Politécnica de Madrid, C. José Gutiérrez Abascal 2, 28006, Madrid, Spain

<sup>b</sup> Grupo de Investigación en Sistemas de Control y Robótica, GISCOR, Universidad Politécnica Salesiana, C. Robles 107 Chambers, 090108, Guayas, Guayaquil, Ecuador

<sup>c</sup> Unidad Académica de Estudios Nucleares, Universidad Autónoma de Zacatecas, C. Ciprés, 10, 98060, Zacatecas, Zac, Mexico

<sup>d</sup> AORTech, Research Department, Calle Purísima 227, Lomas de Cristo, 98085, Zacatecas, Mexico



### Comparison of FANT results using the ENDF/B-VII.1, JEFF-3.3 and TENDL2017 nuclear data libraries

Lenin E. Cevallos-Robalino<sup>a,\*</sup>, Roberto García-Baonza<sup>b</sup>, Gonzalo García-Fernández<sup>b</sup>, Eduardo Gallego<sup>b</sup>, Hector Rene Vega-Carrillo<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Carrera de Ingeniería Electrónica, Grupo de Investigación en Micro-Nanotecnología y Energía Nuclear, (NANOTECH), Universidad Politécnica Salesiana (UPS), C. Robles 107 Chambers, 090108, Guayas, Guayaquil, Ecuador

<sup>b</sup> Departamento de Ingeniería Energética, ETSI I

<sup>c</sup> Unidad Académica de Estudios Nucleares, Uni



- **Conseguimos una fuente de neutrones térmicos a partir de una o dos fuentes de Am-Be**
- **Caracterización mediante cálculos con el código MCNP6.1, espectrometría con esferas Bonner y diferentes códigos de deconvolución, así como mediante activación con láminas de Au**
- **El sistema posee un alto grado de uniformidad en la tasa de fluencia de neutrones térmicos en la zona de irradiación, tanto radial como axial.**
- **Posibles aplicaciones:**
  - **calibración y pruebas a detectores**
  - **calibración dosímetros personales**
  - **análisis de muestras mediante activación neutrónica ...**