

TRAZABILIDAD METROLÓGICA Y COMPETENCIA TÉCNICA EN EL LVRA DEL CPHR

Dr. C. Jorge A. Carrazana González

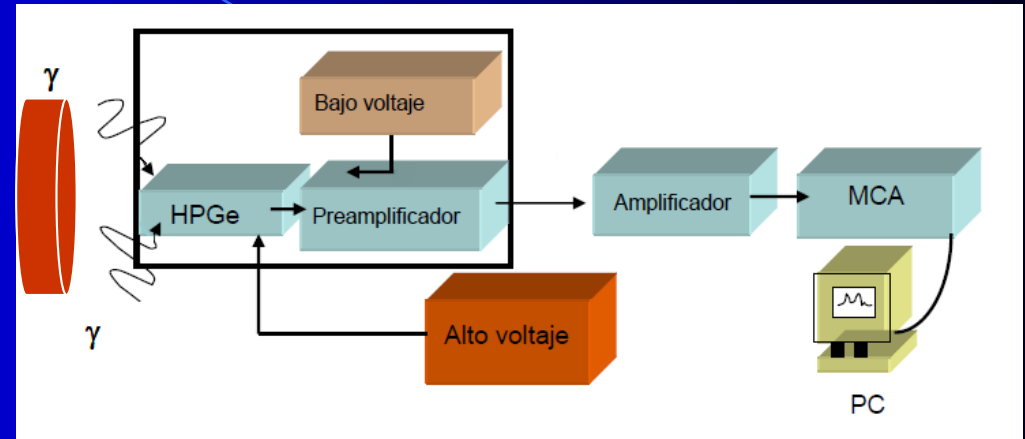
**Laboratorio de Vigilancia Radiológica Ambiental (LVRA)
Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones (CPHR)**

Objetivo

Resaltar la vital importancia que tienen los Ensayos de Aptitud y Ejercicios de Intercomparación para demostrar la trazabilidad metrológica y la competencia técnica del personal en las determinaciones que realiza el LVRA del CPHR por Espectrometría Gamma empleando como método de calibración la simulación Monte Carlo.

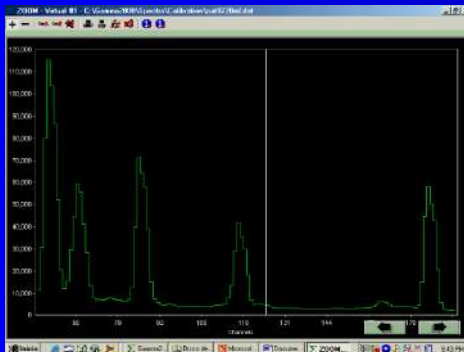
Introducción al ensayo de Espectrometría Gamma

Conformación básica de un Sistema de Espectrometría Gamma



Espectro de la muestra

Picos de Absorción Total



Permite IDENTIFICAR a los radionucleidos
También es posible cuantificar la **ACTIVIDAD**

Semejanza con las huellas digitales

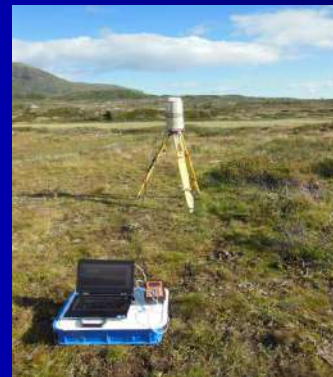


Permite IDENTIFICAR a las personas

Espectrometría Gamma: una de las **técnicas analíticas más usadas a nivel internacional** para la **determinación de radionúclidos emisores gamma** en diferentes tipos de muestras y directamente en el terreno.

Algunas aplicaciones son:

- vigilancia radiológica de los **alimentos y el agua** de consumo humano,
- respuesta a **emergencias radiológicas**,
- caracterización radiológica de sitios de interés,
- desarrollo de **estudios medioambientales** (erosión, sedimentación).



Específicamente, en Cuba, la Espectrometría Gamma forma parte de:

- **Sistema de Alerta Temprana** de Vigilancia Radiológica Ambiental del territorio nacional,
- Sistema de **Respuesta Nacional ante una Situación de Emergencia Radiológica y Nuclear,**

Encargos estatales desde el punto de vista de **Seguridad Nacional**

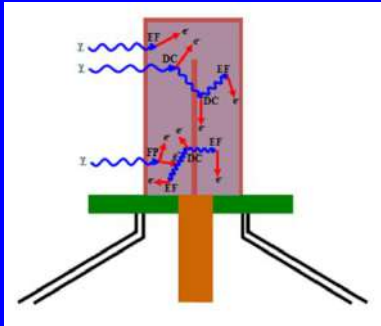
Especial importancia tiene:

- Servicio Estatal de **Vigilancia Radiológica de Alimentos y Agua** de consumo humano,
- Red Nacional de **Vigilancia Radiológica Ambiental,**
- Desarrollo de **estudios medioambientales** (erosión y sedimentación).



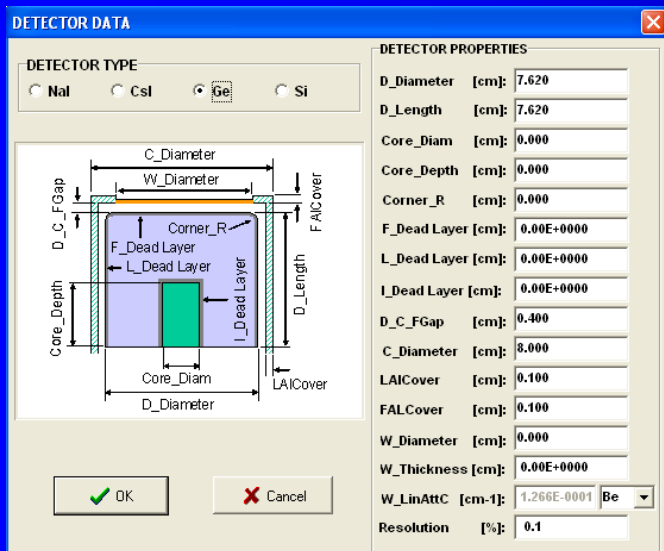
Es imprescindible que las mediciones que se realicen por Espectrometría Gamma sean **confiables y trazables**, y sean ejecutadas por **personal con competencia técnica**.

Desde hace más de 15 años, de forma ininterrumpida, el **ensayo** ha estado **acreditado ante la ONARC** utilizando como método de calibración la **simulación Monte Carlo**

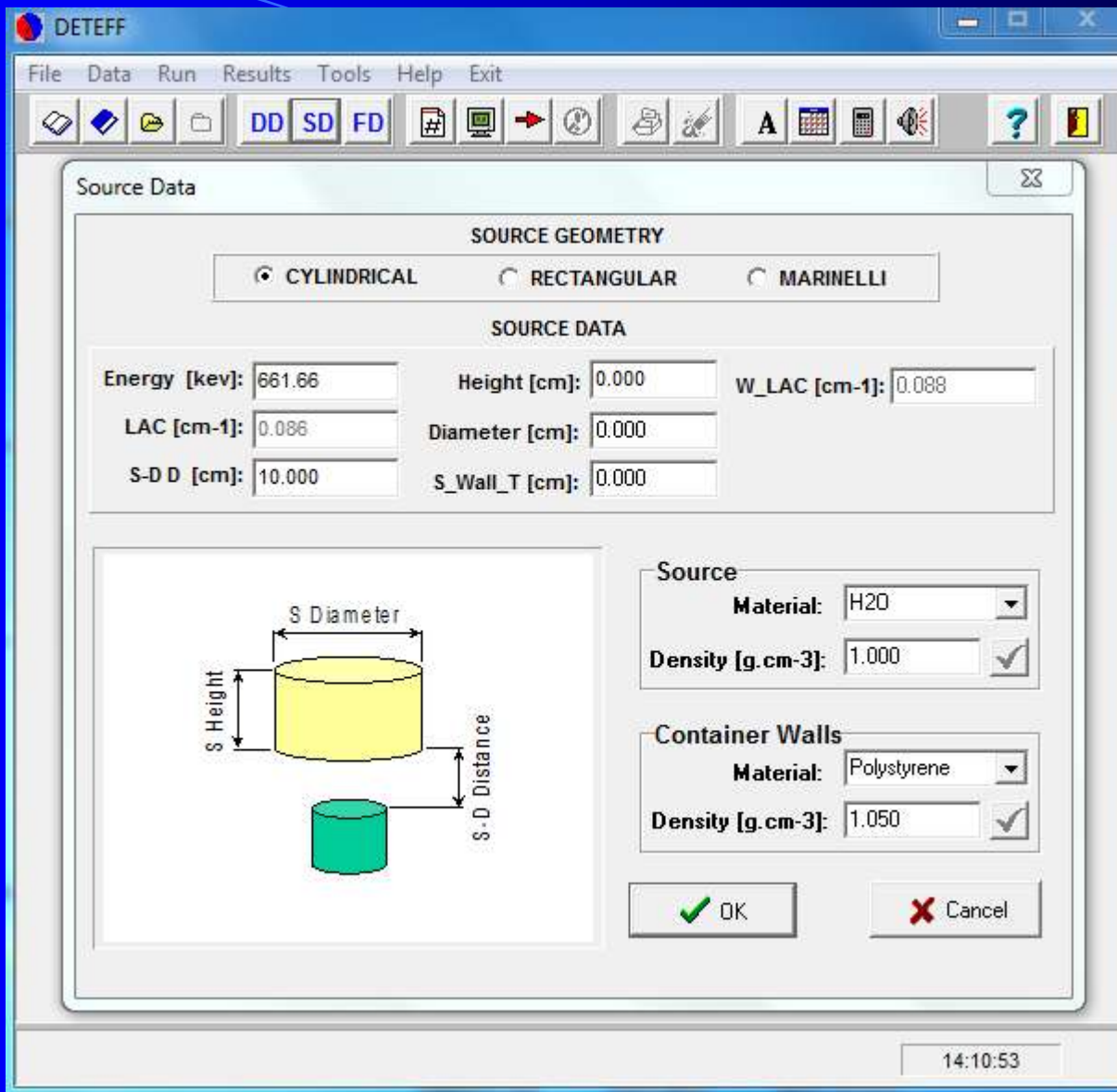


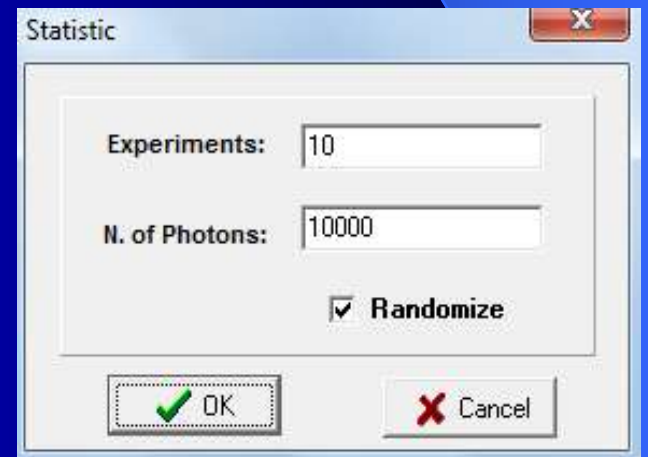
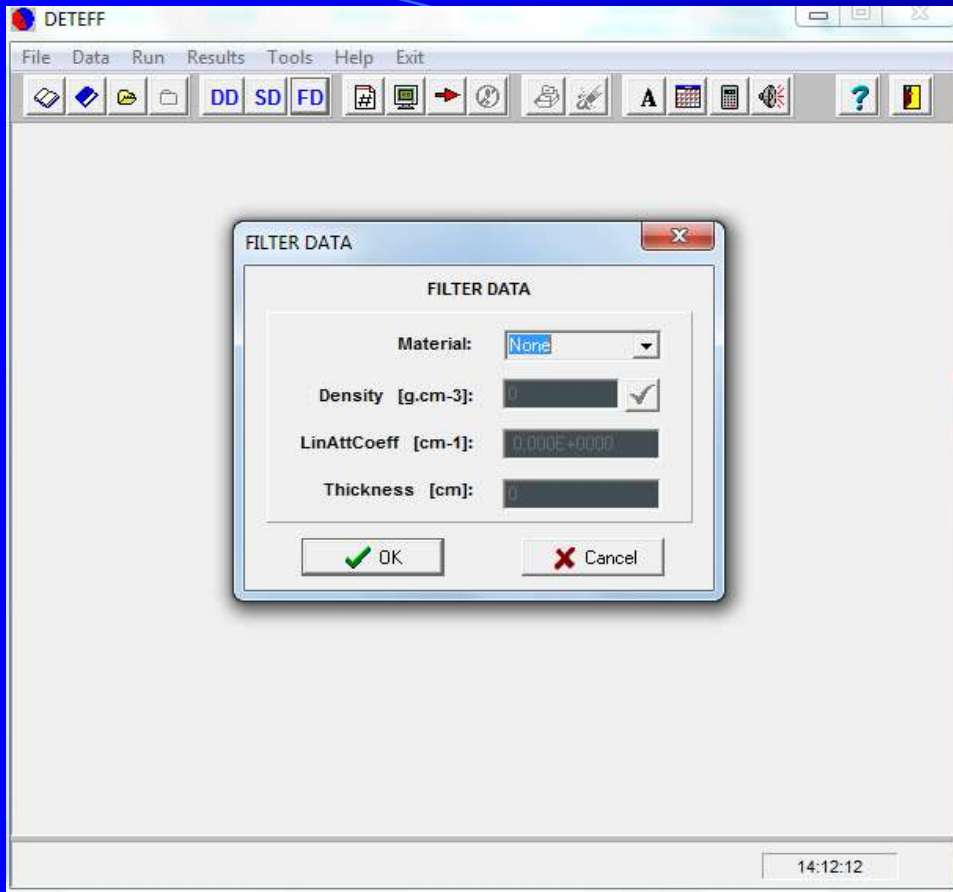
- ✓ **una respuesta** a la imposibilidad de comprar todos los patrones experimentales requeridos
- ✓ simulación de procesos físicos en el sistema fuente - detector
- ✓ se sigue la historia de cada fotón (origen, interacción, proceso de cada partícula)
- ✓ uso del método de **TRANSFERENCIA de EFICIENCIAS** (no requiere datos exactos del DETECTOR)

DETEFF - Programa de simulación Monte Carlo diseñado y creado en el CPHR



- ✓ **código específico** escrito en Borland Delphi 3
- ✓ simulación estadística de **procesos físicos en sistema fuente - detector**
- ✓ **diferentes detectores**: NaI, CsI, Ge y Si.
- ✓ **programa fiable, ampliamente validado internacionalmente** con medidas experimentales





Instituciones nacionales e internacionales que han solicitado, a lo largo de los años, el programa DETEFF para calibraciones en eficiencia en Espectrometría Gamma

Tabla 6.1: Instituciones que cuentan con el código DETEFF

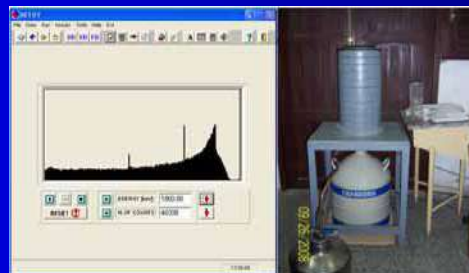
Institución	País
Instituto Superior de Ciencias y Tecnologías Avanzadas	Cuba
Instituto Nazionale di fisica Nucleare, Laboratori Nazionali di Frascati	Italia
Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones	Cuba
CIEMAT	España
Jozef Stefan Institute	Eslovenia
Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos	Cuba
Universidad de San José.	Costa Rica
Laboratorio de Ambiente Marino del OIEA en Mónaco	Italia
Centro de Isótopos (CENTIS)	Cuba
Faculty of Physics, Bucharest University	Rumanía
Centro de Estudios Aplicados al Desarrollo Nuclear	Cuba
National Center of Scientific Research "Demokritos"	Grecia
FACILIA A.B.	Suecia
Universidad de Extremadura	España
Commissariat à l'Energie Atomique (CEA)	Francia
Australian Nuclear Science and Technology Organisation (ANSTO)	Australia
Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA)	Argentina
Universidad de Asunción	Paraguay
Comisión Ecuatoriana de Energía Atómica	Ecuador
Instituto de Radioprotección y Dosimetría	Brasil
Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN)	Chile
Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias	México
Centre for Energy Research and Training (CERT)	Nigeria
Ahmadu Bello University (ABU)	
Dirección de Asuntos Nucleares	Venezuela
Dirección General de Energía, Ministerio de Energía y Minas	Guatemala
Ministere de l'Agriculture des Ressources Naturelles et du Developpement Rural	Haiti
Laboratoire Veterinaire et de Controle de Qualite des Aliments	
Chemistry Unit, Agency's Laboratories (IAEA) Seibersdorf	Austria
Department of Physics, University Mentouri Constantine	Argelia
National Academy of Sciences of Ukraine	Ukrania
Department of Nuclear Physics, University of Natural Sciences	Viet Nam

Como parte de su **Programa de Aseguramiento de la Calidad**, el ensayo de Espectrometría Gamma del LVRA, participa desde hace más de 15 años en rondas de **Ensayos de Aptitud y Ejercicios de Intercomparación** organizados por el **Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA)**.

De especial importancia son los desarrollados por la **Red Mundial de Laboratorios Analíticos para la Medición de la Radiactividad Ambiental (ALMERA)**.



Los ejercicios que anualmente organiza ALMERA, tienen como finalidad **comprobar** no solo la **veracidad** y la **precisión** de los resultados de las mediciones, sino también la **rapidez de la respuesta**.



Criterio del OIEA para evaluación de los Ensayos de Aptitud organizados por ALMERA

Evaluación del Ensayo de Aptitud
(criterio del OIEA)

Test de veracidad:

$$A_1 \leq A_2$$

$$A_1 = |V_{\text{ref}} - V_{\text{lab}}|$$

$$A_2 = 2.58 \cdot \sqrt{U_{\text{ref}}^2 + U_{\text{lab}}^2}$$

Test de precisión:

$$P \leq LAP$$

$$P = \sqrt{\frac{U_{\text{ref}}^2}{V_{\text{ref}}^2} + \frac{U_{\text{lab}}^2}{V_{\text{lab}}^2}} \times 100\%$$

u-score

$$u_{\text{rest}} = \frac{|Value_{\text{target}} - Value_{\text{reported}}|}{\sqrt{u_{\text{target}}^2 + u_{\text{reported}}^2}}$$

< 2,58

Si u-score < 2,58 el resultado se considera aceptable con un 99% de confianza

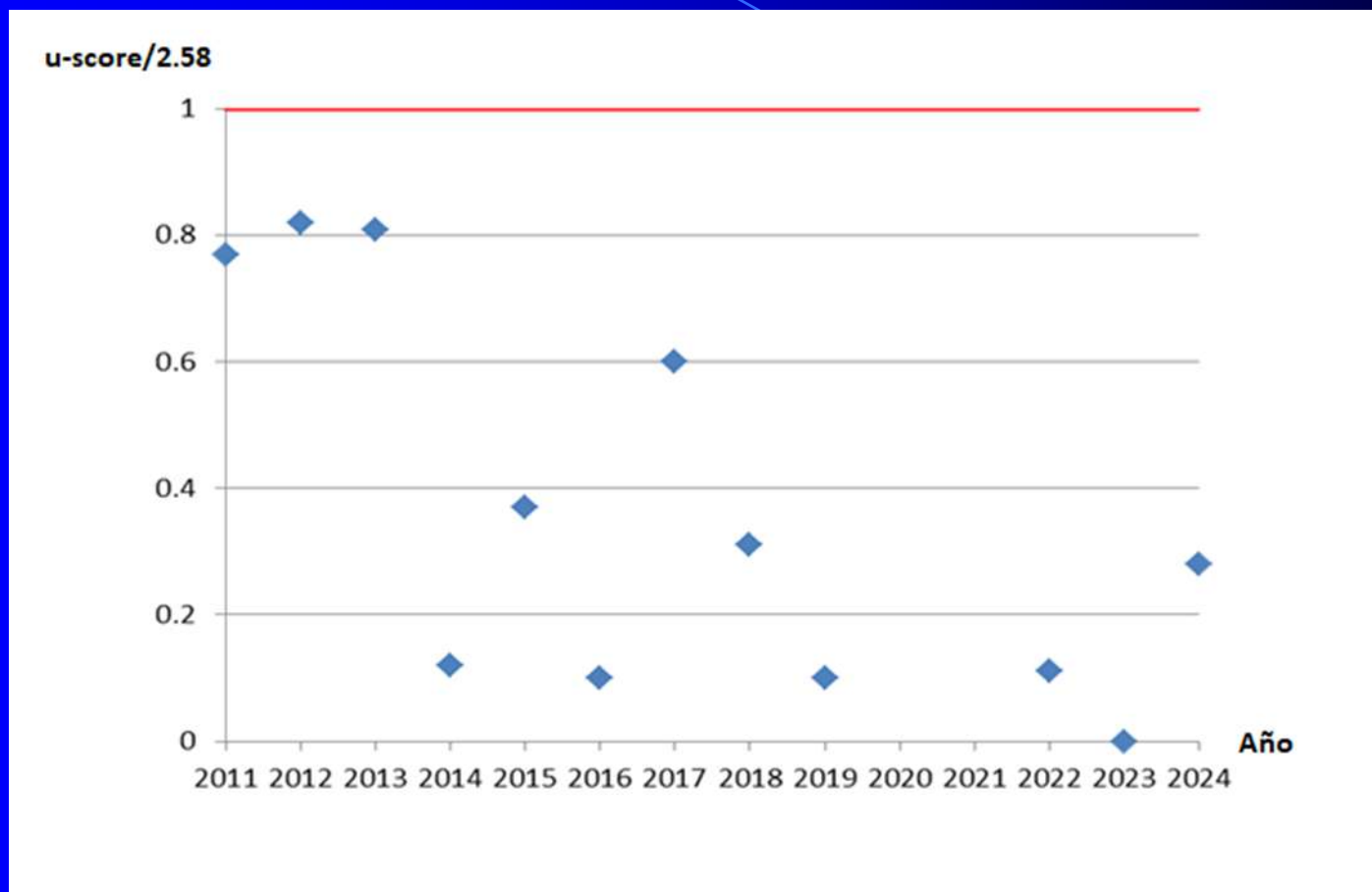
Ejemplo de participación exitosa del LVRA del CPHR en Ensayos de Aptitud del OIEA en los últimos años

Ensayo: Espectrometría Gamma de alta resolución con detector HPGe

Radionucleido determinado: ^{137}Cs

- ✓ uno de los radionucleidos que más se mide a nivel internacional (diferentes tipos de muestras)
- ✓ es un producto de activación
- ✓ está asociado a accidentes nucleares

Ejemplo de participación exitosa del LVRA del CPHR en Ensayos de Aptitud del OIEA en los últimos años



Para los otros radionucleidos que han sido determinados también en los Ensayos de Aptitud, los resultados han sido igualmente satisfactorios.

Conclusiones

La participación exitosa del LVRA del CPHR en Ensayos de Aptitud organizados por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) por más de 15 años ha permitido demostrar la trazabilidad metrológica y la competencia técnica del personal asociados al ensayo de determinación de radionucleidos por Espectrometría Gamma.

El buen desempeño en los Ensayos de Aptitud ha sido de vital importancia para mantener la condición de Laboratorio Acreditado, ante la ONARC, para este ensayo por más de 15 años de manera ininterrumpida.

Especial significación tuvieron los Ensayos de Aptitud organizados por el OIEA para lograr acreditar el método de simulación Monte Carlo como método confiable y trazable para realizar calibraciones en eficiencia en Espectrometría Gamma.

Gracias

The image features a dark blue background with a lighter blue curved line starting from the top left and curving towards the right. On the right side, there is a blue shape that resembles a stylized 'L' or a corner piece, with a gradient from dark blue to light blue.