

Universidad de San Carlos de Guatemala
Escuela de Ciencias Físicas y Matemáticas
Curso: Laboratorio Avanzado
Profesor: Hector Pérez

Estimación de la Eficiencia de un detector de Geiger-Muller

Proyecto Final

Javier de León
201603068

Guatemala, Mayo de 2023

Resumen—Utilizando los datos y un script de geant4-10-06 proporcionados por Cern y una adaptación proporcionada en el salón de clases. Se realizó una simulación y análisis de un detector de Geiger-Muller de acero inoxidable y gas CL_2 con forma cilíndrica expuestos a rayos gamma. Se analizaron 10e6 interacciones en distintos intervalos de energía, para mayor detalle de las consideraciones físicas del sistema puede consultarse el siguiente instructivo [1].

Además con los datos obtenidos por medio de la simulación se realizó un análisis de la eficiencia del detector bajo las condiciones dadas y se encontró que el gas CL_2 junto con la configuración física y geométrica del sistema, no favorecen a la detección de Geiger-Muller.

I. OBJETIVOS

I-A. General

1. Simular un detector de Geiger-Muller.

I-B. Específicos

1. Estimar la eficiencia en energía del detector.
2. Estimar la eficiencia geométrica del detector.
3. Estimar la eficiencia total del detector.

II. MARCO TEÓRICO

Los detectores de Geiger-Muller se utilizan para detectar y medir la radiación ionizante. Este fue inventado en la década de 1920 para detectar la radiación ionizante y partículas alfa/beta.

El mecanismo detrás de este detector es la ionización secundaria en la cual se llena un tubo con un gas noble para evitar la interacción a baja presión, la configuración del detector es por medio de un electrodo central con carga positiva y un cilindro exterior con carga negativa. Debido a esta configuración cuando se dispara un haz dentro del mismo el gas se ioniza liberando electrones y produciendo iones positivos. Para medir este suceso este detector cuenta con un circuito para obtener la cuenta de partículas por unidad de tiempo.

III. DISEÑO EXPERIMENTAL

III-A. Descripción del Procedimiento

- Se produce un detector de Geiger-Muller creando una configuración geométrica cilíndrica en GEANT4, se utilizan las configuraciones predeterminadas del instructivo.
- Se realiza una simulación de una fuente emitiendo rayos gamma hacia el detector y se analiza el resultado de las detecciones.
- Se estudian 10e6 interacciones y se repite la simulación en distintos intervalos de energía entre $100keV \leq x \leq 1500keV$.
- Con los datos obtenidos se obtienen las eficiencias buscadas de esta configuración.

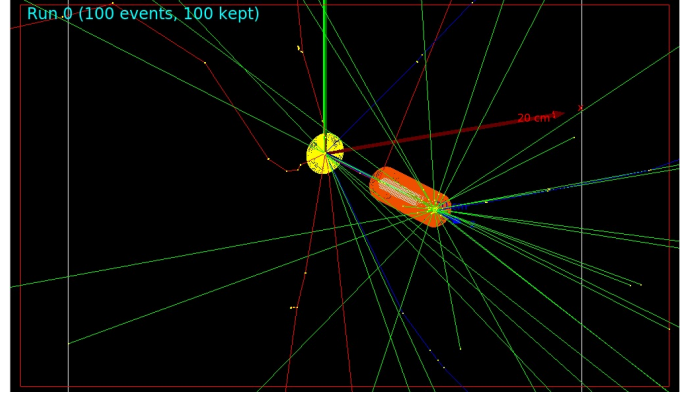


Figura 1. Esquema del Experimento

III-B. Consideraciones Experimentales:

- El cilindro es de acero inoxidable.
- El gas interno es de CL_2 .
- La fuente se considera de acero inoxidable.
- El cilindro tiene un largo de 75cm.
- La ventana tiene un ancho de 0.1mm.

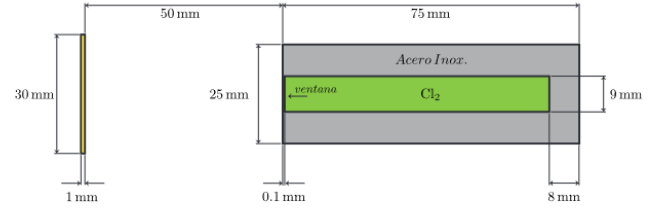


Figura 2. Medidas del Detector

III-C. Estimación de Eficiencias

Para realizar el análisis de esta simulación se toman en cuenta las siguientes relaciones proporcionadas por [1].

Eficiencia de energía,

$$\epsilon(E) = \frac{n_{\gamma}(E)}{N_{\gamma}(E)}. \quad (1)$$

Donde $n_{\gamma}(E)$ es el número de rayos detectados y $N_{\gamma}(E)$ es el número de rayos emitidos por la fuente para esta energía. Se debe obtener la curva de $\epsilon(E)$ para rayos gamma dentro del rango de energía $100keV \leq E \leq 1500keV$.

Eficiencia geométrica,

$$\epsilon_g = \frac{n_{\gamma}}{N_{\gamma}}. \quad (2)$$

Donde n_{γ} es el número de rayos gamma que alcanzan el volumen de detección y N_{γ} es el número de rayos gamma emitidos por la fuente en todas las direcciones posibles.

Eficiencia total,

$$\epsilon_{\tau}(E) = \epsilon(E)\epsilon_g. \quad (3)$$

Esta eficiencia al depender de la geométrica, también en específica para este montaje experimental.

IV. RESULTADOS

Energía Fuente (keV)	Energía pc/V (keV)
0.10	53.99
0.38	46.71
0.66	37.32
0.94	35.17
1.22	34.68
1.50	34.47

Cuadro I
RESULTADOS SIMULACIONES

% Eff Energía
1.47
0.33
0.15
0.10
0.08
0.06

Cuadro II
VALORES DE $\epsilon(E)$ OBTENIDOS

Energía Fuente (keV)	# Partículas Detectadas
0.10	14664
0.38	3339
0.66	1536
0.94	1016
1.22	772
1.50	624

Cuadro III
CANTIDAD DE PARTÍCULAS DETECTADAS $N_{\gamma}(E)$

Partículas Detectadas Promedio	% Eff Geo
4000 \pm 2000	0.4 \pm 0.2

Cuadro IV
EFICIENCIA GEOMÉTRICA

Energía Fuente (keV)	Eff Tot
0.1	0.53
0.38	0.12
0.66	0.06
0.94	0.04
1.22	0.03
1.5	0.02

Cuadro V
EFICIENCIA TOTAL

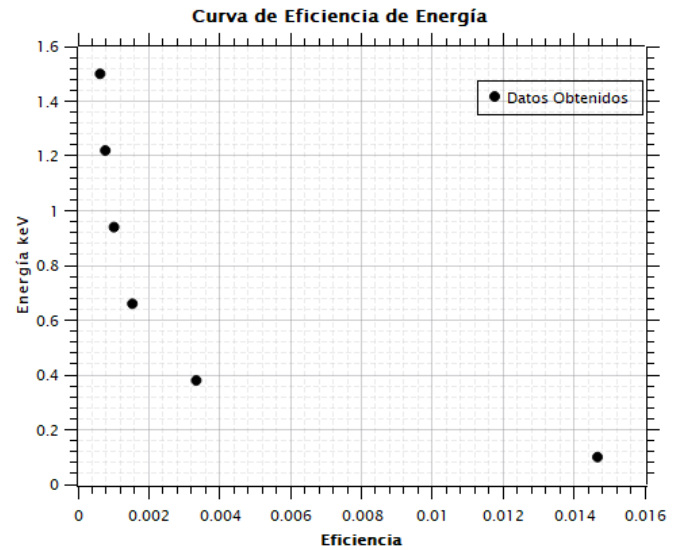


Figura 3. Curva $\epsilon(E)$

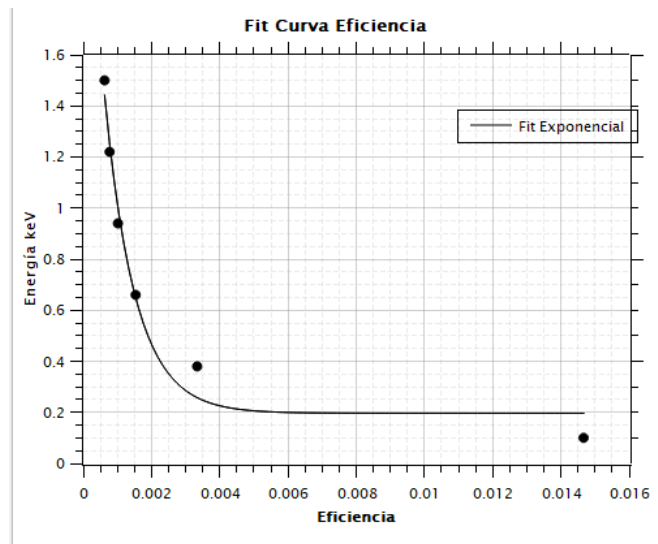


Figura 4. Fit Eficiencia de Energía

R^2
0.98
Cuadro VI
DATOS FIT DEC EXP

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Como podemos notar en el Cuadro I en nuestras simulaciones aparece una relación bastante clara con respecto a la cantidad de energía de nuestra fuente y la energía que quedó localizada en nuestro detector. Esta relación por medio de una relación lineal con respecto de E, nos permite reproducir la eficiencia

de la energía de nuestro detector en el Cuadro II. El comportamiento de estas curvas como puede ser observado en las Figuras 3 y 4 tiene forma de decaimiento exponencial, por lo cual se realizó el fit canónico de ese estilo y se obtuvo en el Cuadro VI un R^2 bastante cercano a 1. Esto nos da una certeza que bajo estas condiciones es válido suponer este tipo de comportamiento sobre la energía y la eficiencia de la misma en el detector.

Debido a la naturaleza constante de la eficiencia geométrica y a las limitaciones de nuestras variables a medir, se tomó la decisión de realizar el promedio de los valores encontrados de la eficiencia de la energía para obtener el valor presentado en el Cuadro IV, ya que este era necesario para poder encontrar la eficiencia total del detector. De esta manera se obtiene en el Cuadro V la eficiencia total que depende de la energía de nuestra fuente utilizando los valores encontrados en las simulaciones y calculados con anterioridad.

Notamos que la cantidad de eficiencia de esta configuración es extremadamente baja, por lo que no se sugiere utilizar esta combinación de energías, geometría y materiales físicos para realizar un experimento físico en un laboratorio real.

VI. CONCLUSIONES

- La configuración física propuesta para las simulaciones presenta una eficiencia bastante baja.
- Existe una relación inversamente proporcional entre la cantidad de energía de la fuente y la eficiencia del detector.
- Es posible estimar la eficiencia geométrica a partir de relaciones en las cuales solo se conoce el cambio por medio de la energía.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar nuevamente la simulación permutando las variables físicas de los materiales del sistema para estudiar la eficiencia de la energía del sistema.
- Se recomienda realizar nuevamente la simulación cambiando las configuraciones geométricas con los mismos materiales para estudiar la eficiencia de la energía del sistema.
- Se recomienda desactivar la gui para realizar las corridas al orden de 10^6 ya que esto optimiza considerablemente el tiempo de ejecución y así producir resultados eficientemente.

REFERENCIAS

- [1] Hector Pérez *Proyecto final*
<https://ecfm.usac.edu.gt/portal/mod/assign/view.php?id=6351>
- [2] Javier de León *Repositorio*.
<https://github.com/javdlgomez/LabAvanzado/tree/main/Detecci%C3%B3n%20Geiger-Mueller>
- [3] Liebson, S. H. The discharge mechanism of self-quenching Geiger-Mueller counters, 1947.

VIII. ANEXOS

Estos archivos pueden ser encontrados en [2]

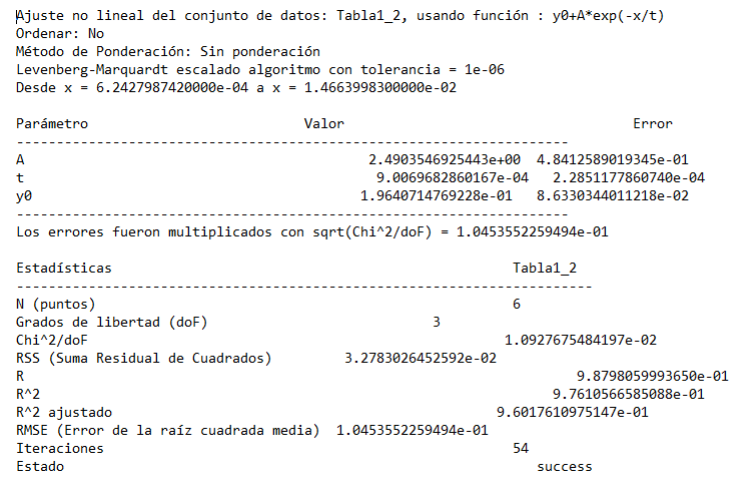


Figura 5. Datos Fit

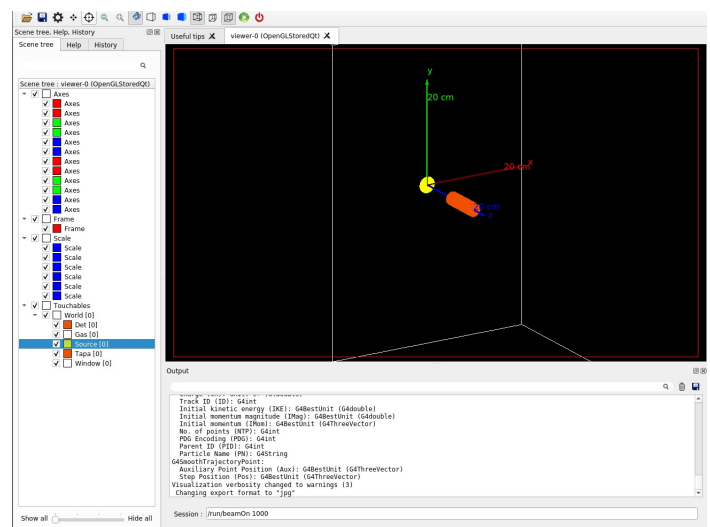


Figura 6. Simulación Gráfica

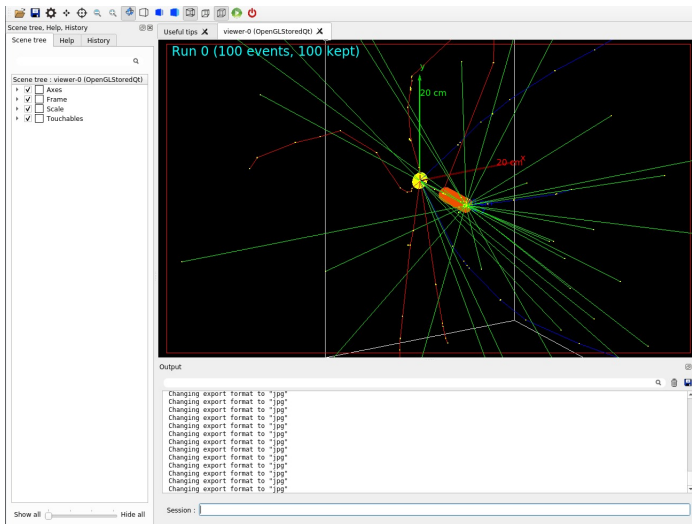


Figura 7. Simulación Gráfica

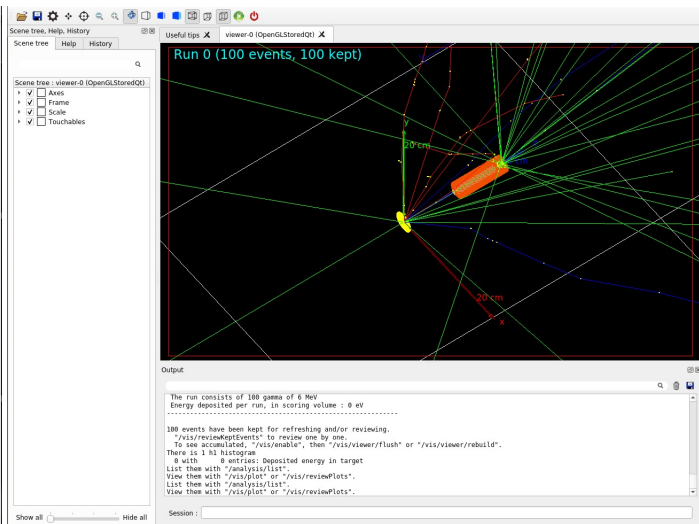


Figura 9. Simulación Gráfica

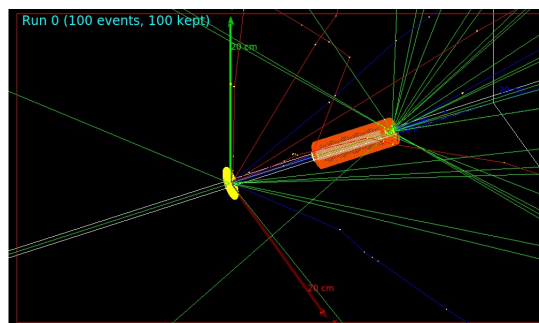


Figura 10. Simulación Gráfica

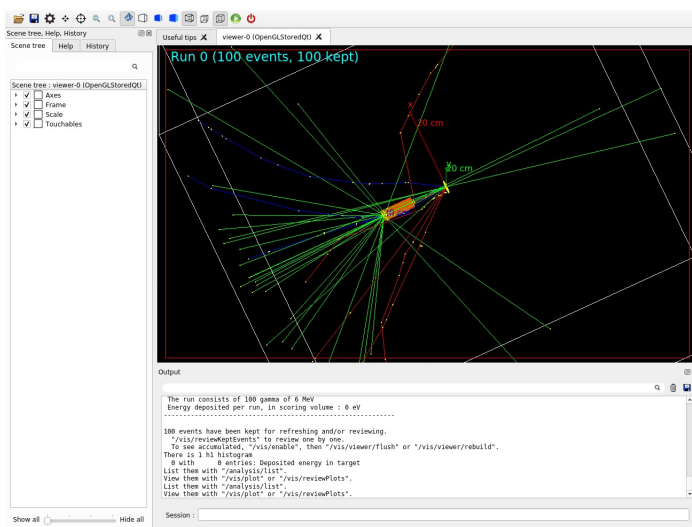


Figura 8. Simulación Gráfica

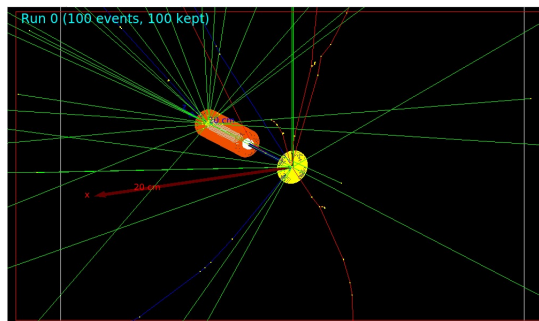


Figura 11. Simulación Gráfica