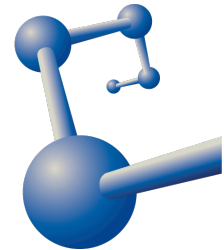




Instituto de
Ciencias
Nucleares
UNAM



Simulación de un detector de clase RPC

Dalia R. G.
Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM.

Motivación

- ▶ Debido a su alta resolución y bajo costo los detectores RPC son de gran utilidad en experimentos de altas energías alrededor del mundo.
- ▶ En ICN se desarrolla un prototipo de RPC.
- ▶ Nuestro interés es mostrar a nivel simulación los materiales y gases usados para lograr una mayor eficiencia y menor costo del detector.



Detectores de partículas

Dependiendo del tipo de partícula que se desee identificar y su modo de operación, se han desarrollado diferentes tipos de detectores que se pueden clasificar en tres grupos:

- ◆ De centelleo y Cherenkov
- ◆ Por ionización de gas
- ◆ De trazas

Los detectores RPC son de tipo gaseoso

Las características con las que cuentan los detectores son:

- ✓ Eficiencia
- ✓ Resolución energética
- ✓ Respuesta
- ✓ Sensibilidad
- ✓ Tiempo muerto

Los RPC tienen una eficiencia cercana al 100%, una resolución temporal de hasta 15 ps, su costo es bajo y de fácil construcción.



Interacción radiación-materia

Las partículas pueden ser cargadas o neutras y sus mecanismos de interacción son los siguientes:

- ✓ Cargadas: Excitación e ionización, emisión Bremsstrahlung y aniquilación electrón-positrón.
- ✓ Neutras: Efecto Compton, efecto fotoeléctrico y producción de pares.

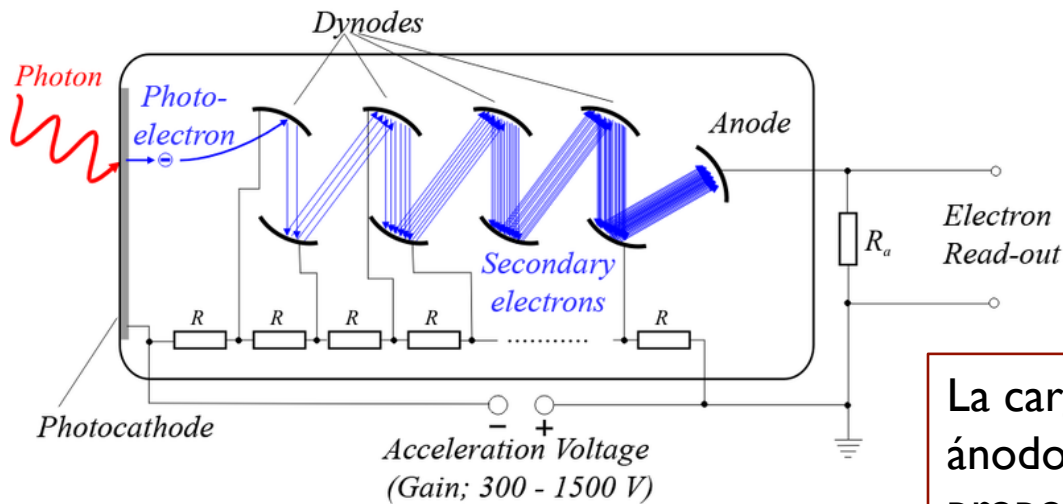
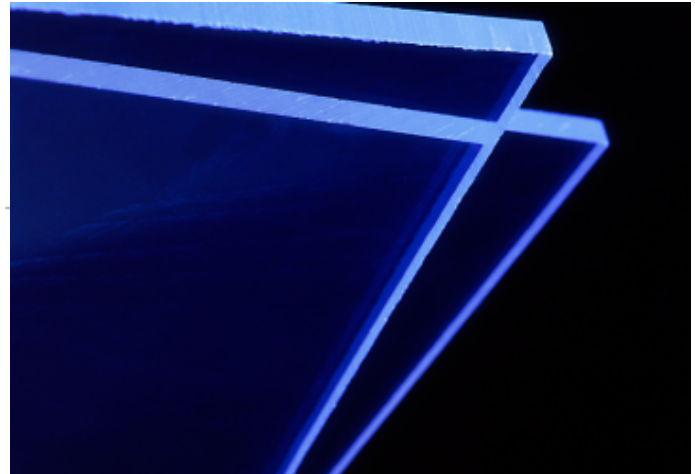
Los efectos que se estudiaron del detector RPC es la pérdida de energía debido a excitación e ionización que sufren las partículas cargadas que lo atraviesan.



Detector de centelleo

Los detectores de centelleo constan de un material centellador y un tubo fotomultiplicador para convertir la señal de la radiación de centelleo emitida en un pulso eléctrico. Se dividen en:

- ▶ Orgánicos (menor rendimiento pero respuesta rápida)
- ▶ Inorgánicos (lenta respuesta luz de salida superior).



La carga que llega al ánodo es también proporcional a la energía.

Producción de centelleo: Procesos

- ▶ Fluorescencia
- ▶ Fosforescencia
- ▶ Fluorescencia retardada

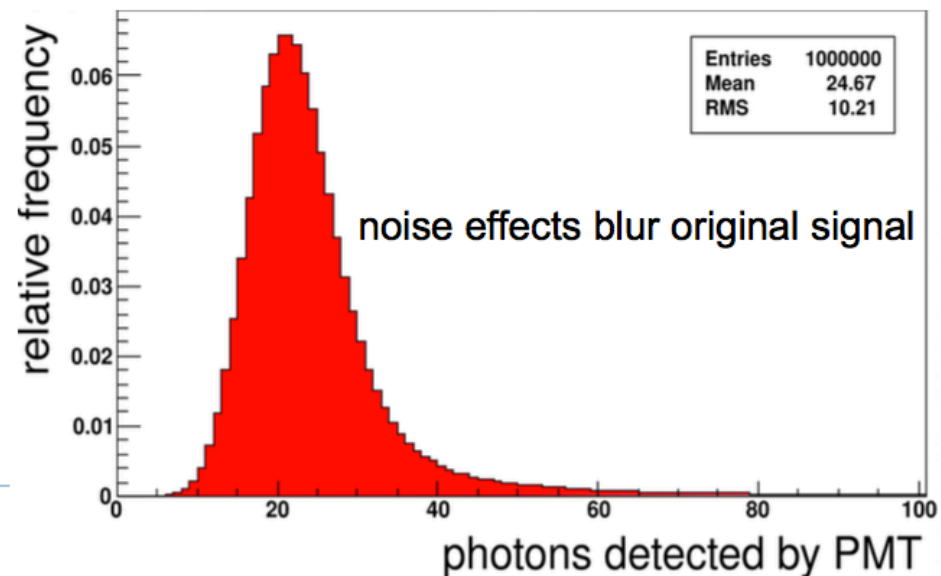
Por otro lado los parámetros para caracterizar al centellador son la eficiencia de centelleo y la eficiencia fotoeléctrica.

$$S = \frac{\langle N_{ph} \rangle}{E_{abs}}$$

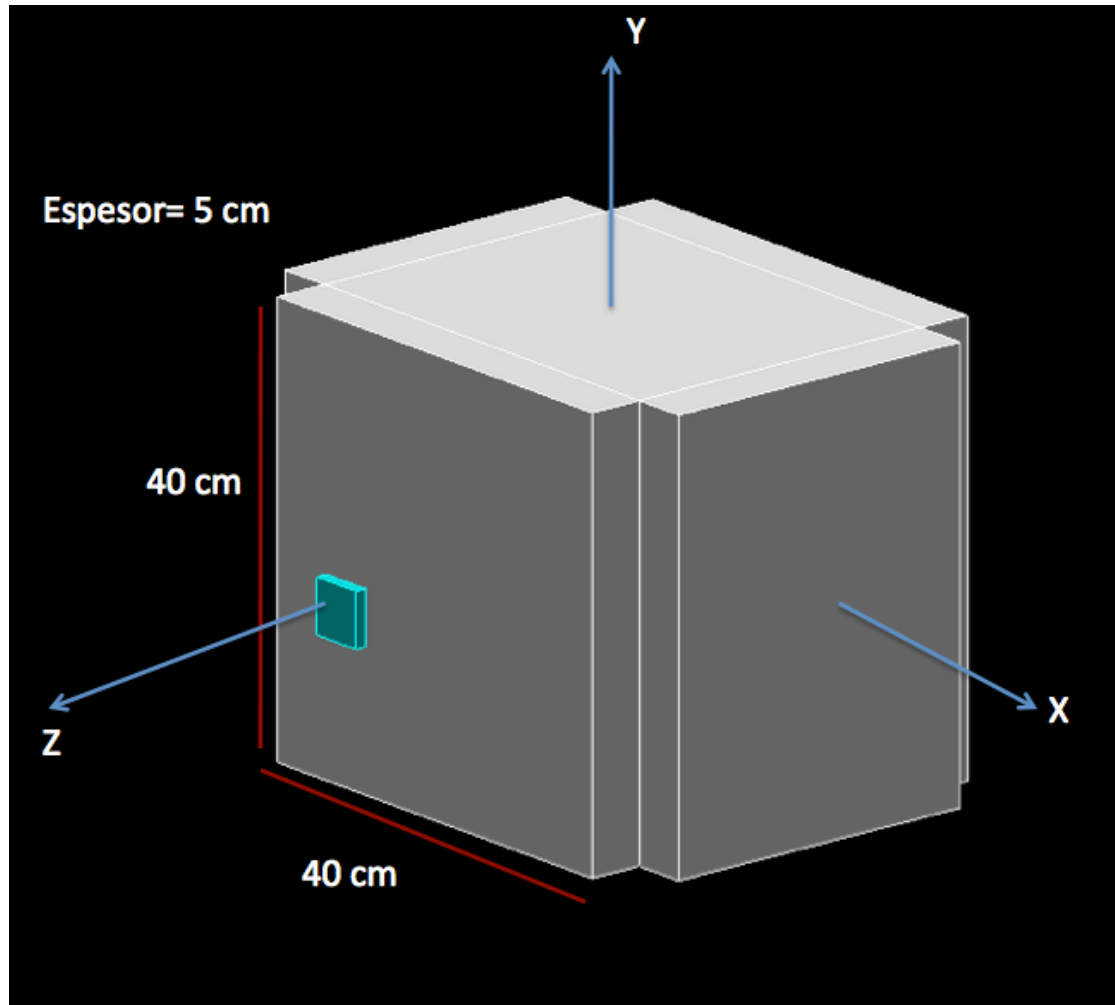
$$S_{pe} = \frac{\# \gamma \text{ absorbidos}}{\# \gamma \text{ detectados}}$$

La Ley de Birks

$$\frac{dL}{dx} = S \frac{\frac{dE}{dx}}{1 + k_B \frac{dE}{dx}}$$



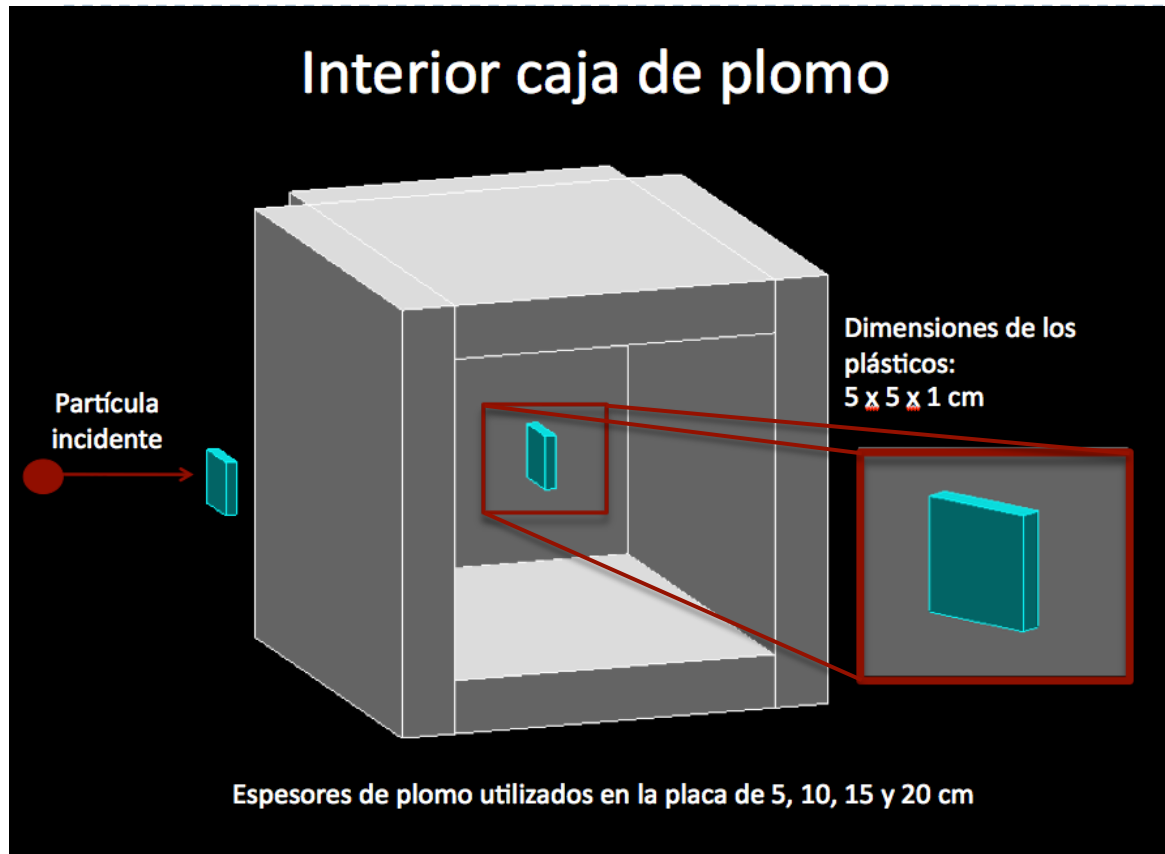
Simulación con Geant4 del detector de centelleo



La geometría de este detector consta de una caja de plomo y un par de plásticos centelleadores cuyas densidades son:

$$\rho_{\text{Pb}} = 11.35 \text{ g/cm}^3$$
$$\rho_{\text{Plastico}} = 1.032 \text{ g/cm}^3$$

Simulación de la geometría del detector de centelleo

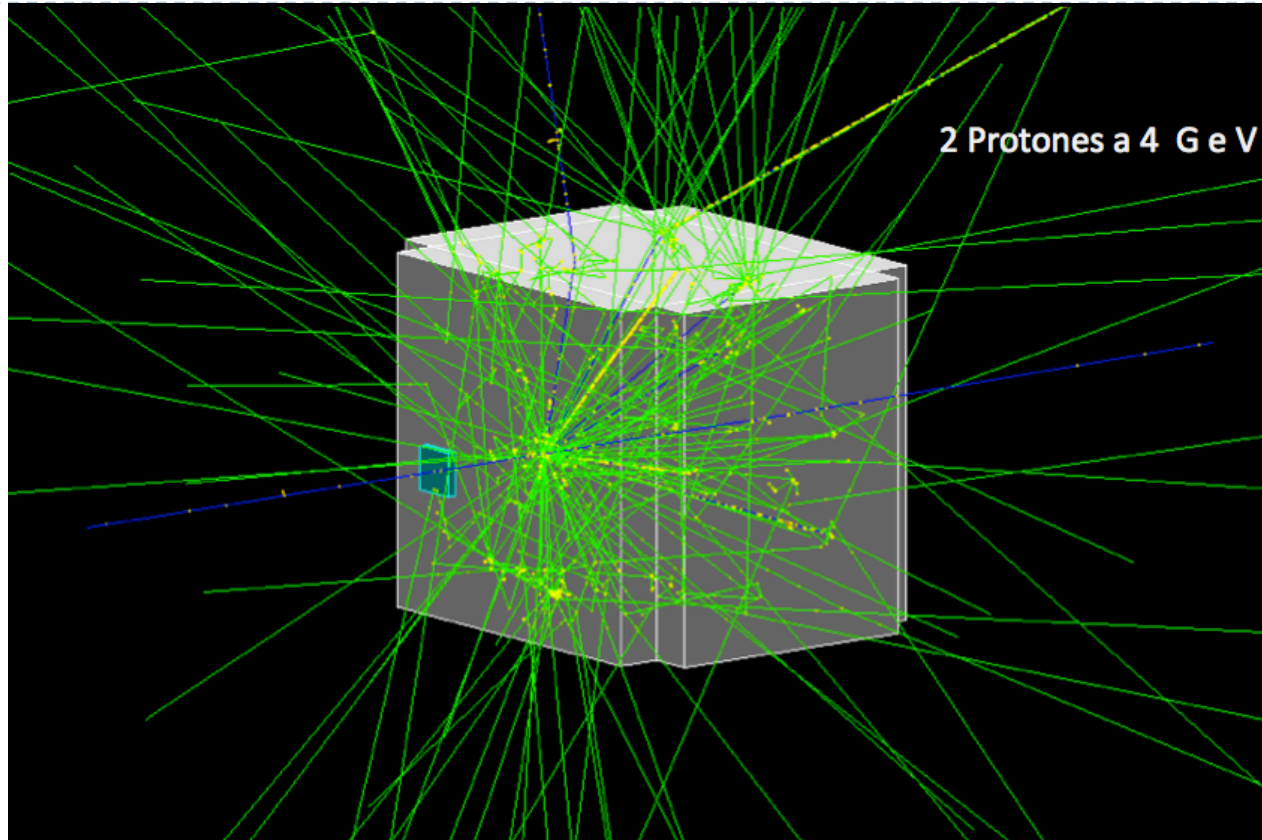


Las partículas se hacen incidir perpendicularmente al plástico centellador que se encuentra fuera de la caja.

Muones y protones son utilizados en las simulaciones.

Se varía el espesor de las placas de plomo a 5, 10, 15 y 20 cm

Simulación de eventos en un detector de rayos cósmicos



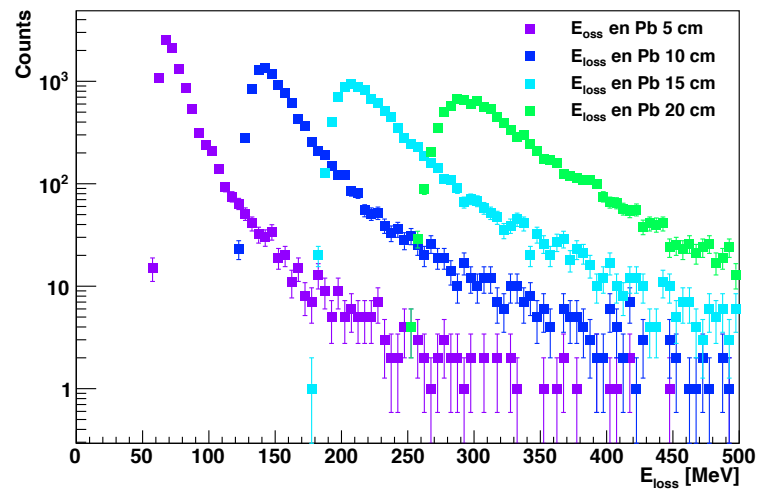
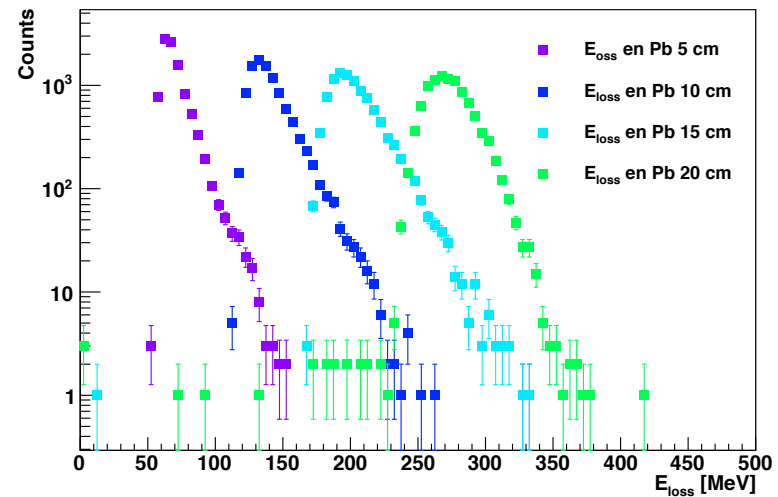
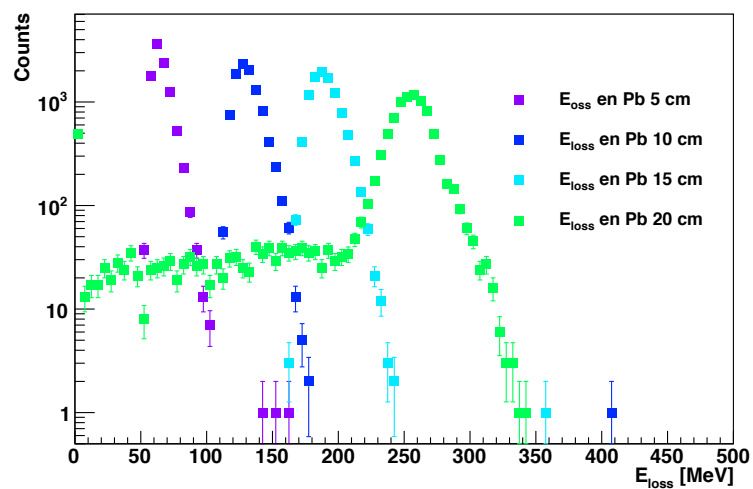
Paso de 2 protones a 4 GeV a través del detector.

Azul: Partículas con carga positiva

Verde: Partículas neutras

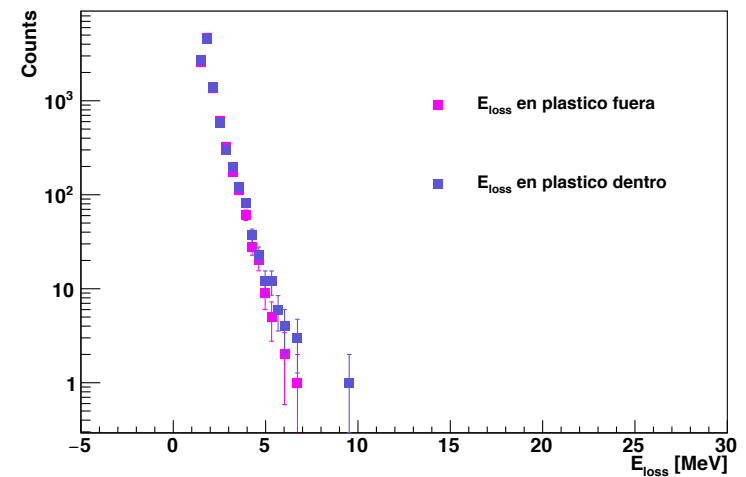
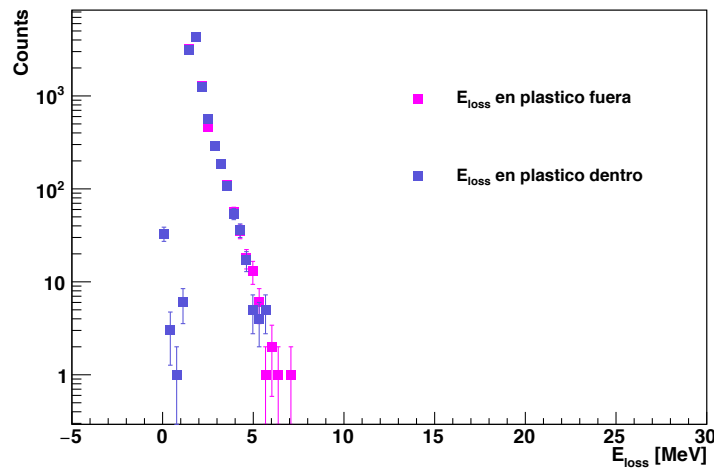
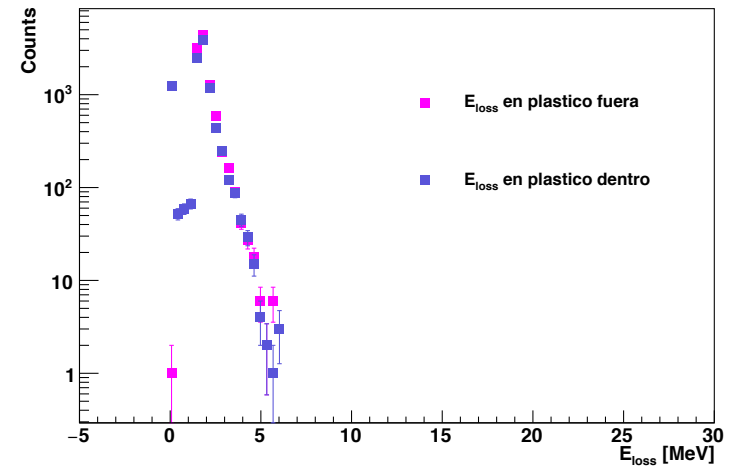
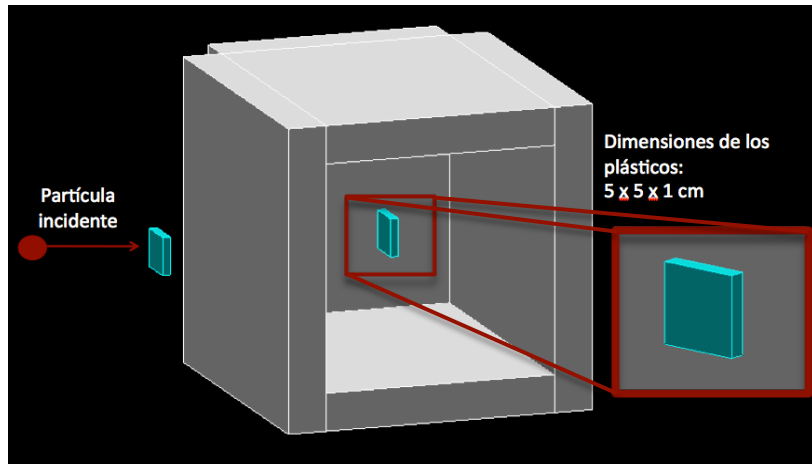
Energía depositada en Pb

- Se hacen incidir 10,000 muones a 0.5, 1 y 4 GeV variando el espesor de las placas de plomo



Energía depositada en Centellador

- ▶ 10,000 muones a 0.5, 1 y 4 GeV en los plásticos centelladores.



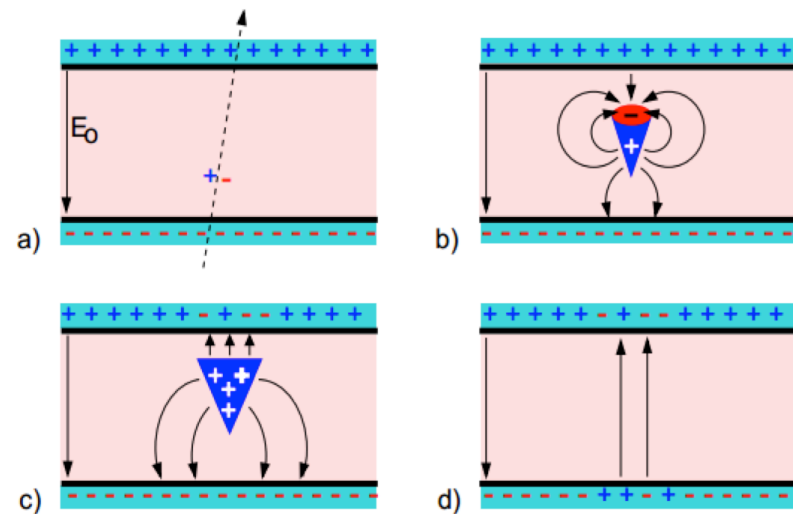
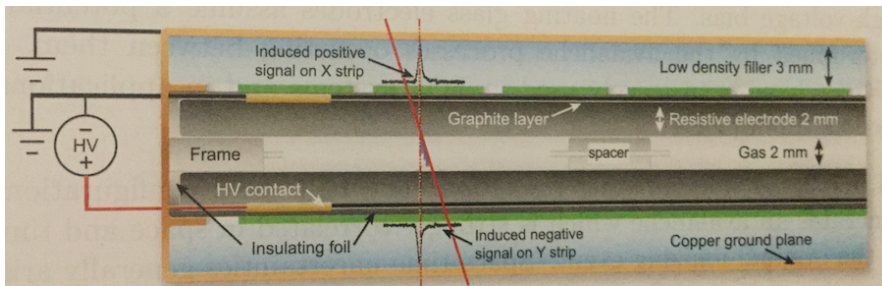


Detectores RPC

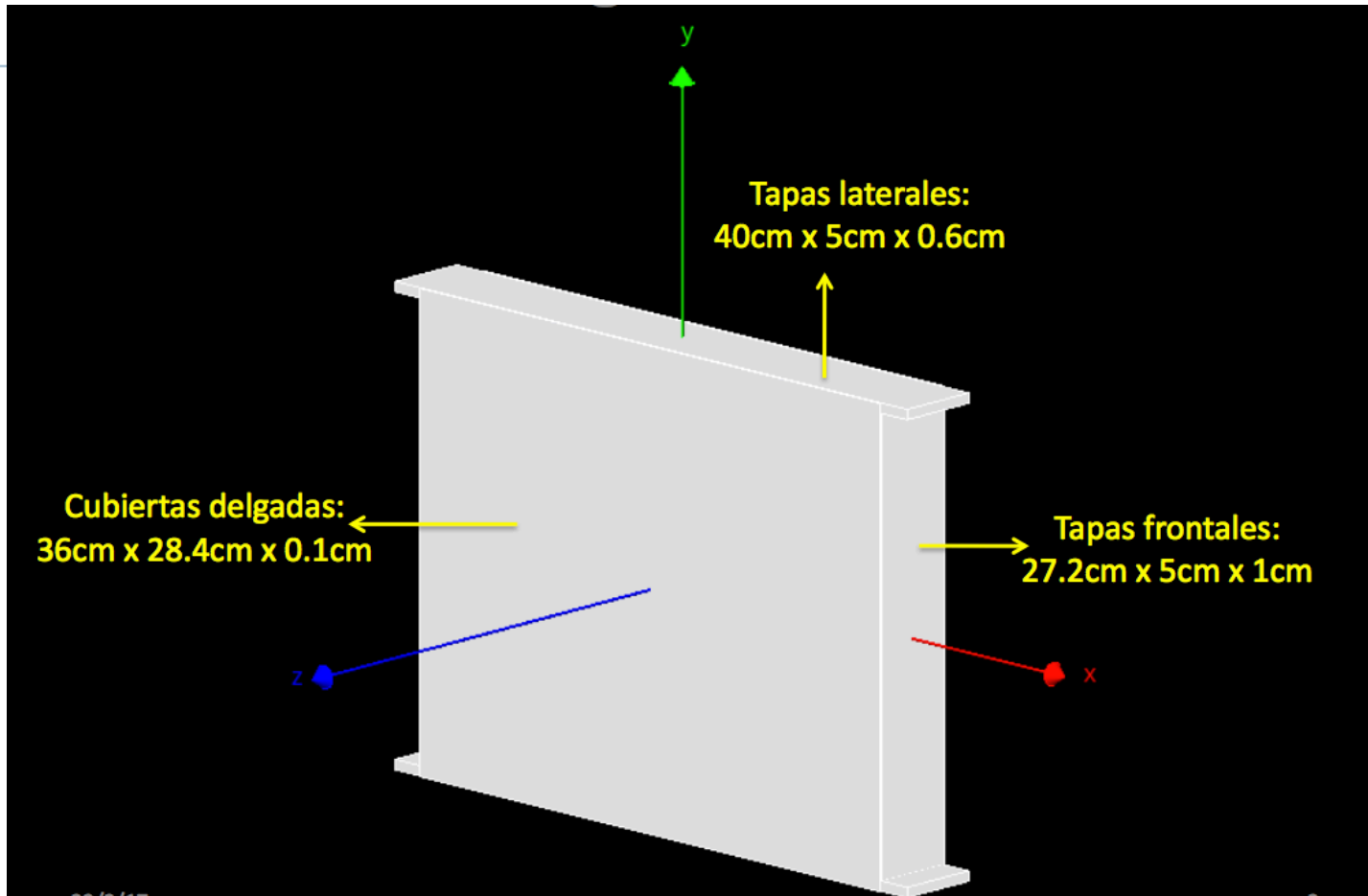
Son detectores de tipo gaseoso, desarrollados en los 80's por Santonico y Cardarelli. Se utilizan en física de altas energías y detección de neutrones de bajas energías.

En su forma más simple se componen de:

- Dos electrodos planos altamente resistivos (10^9 y 10^{12} Ohms).
- Gas de llenado.
- Revestimiento de pintura de grafito.
- Dos planos de líneas conductoras.

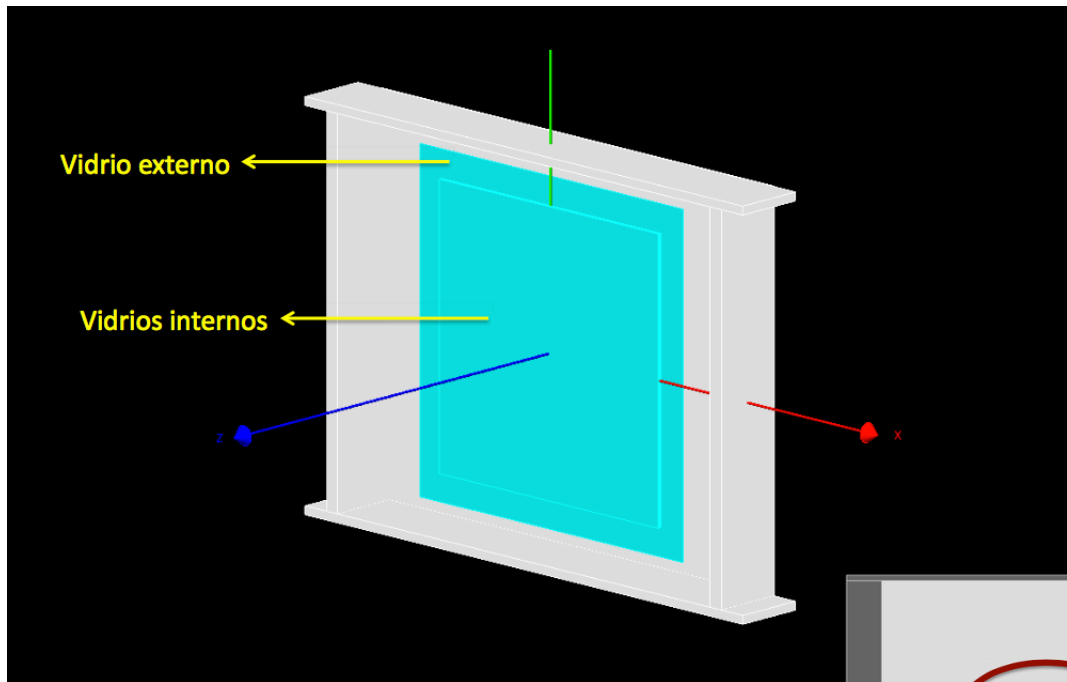


Simulación de la geometría de un RPC



Consta de una caja de aluminio y un arreglo de 7 vidrios, el interior esta relleno de diferentes mezclas de gases para realizar pruebas.

Simulación del interior del arreglo



Las dimensiones de los vidrios externos son:

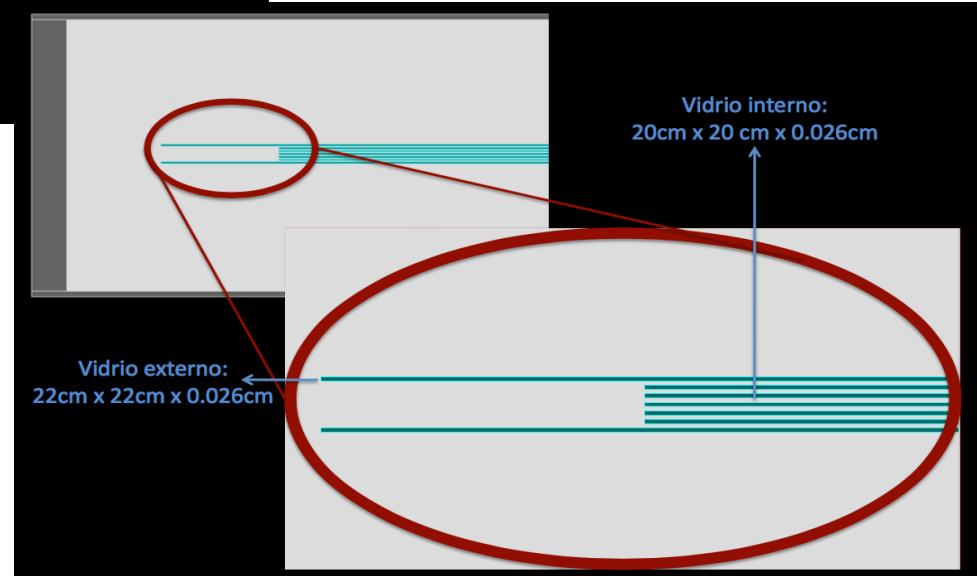
22 cm x 22 cm x 0.026 cm

Mientras que los vidrios internos son:

20 cm x 20 cm x 0.026 cm

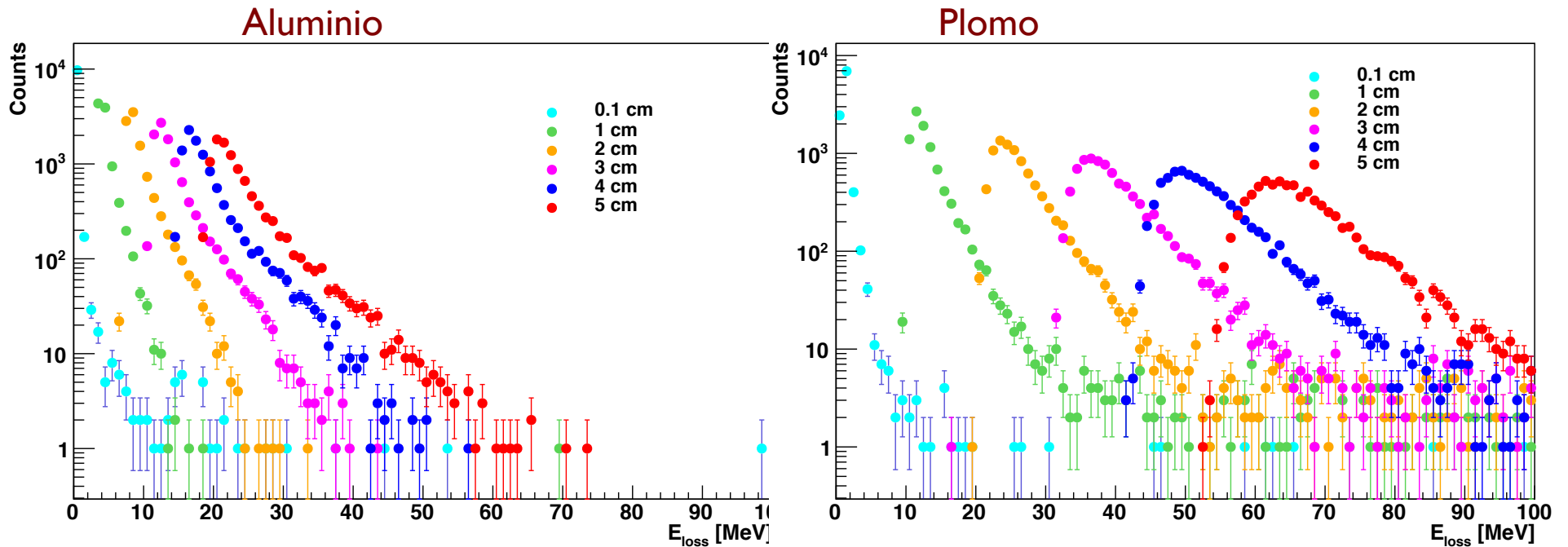
Corte lateral del RPC

Espacio entre los vidrios de 0.28 mm lleno con la mezcla de gases



Energía depositada en Al y Pb

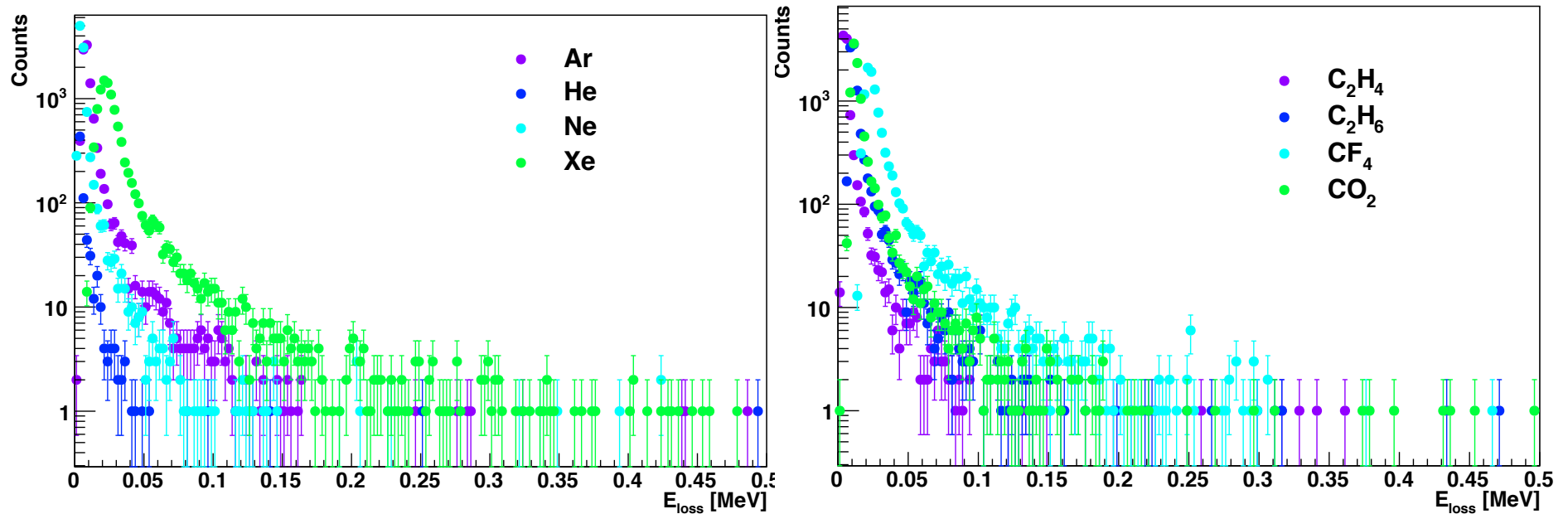
- ▶ 10,000 protones a 4 GeV a diferentes espesores de Al y Pb.



La energía que depositan los protones en Plomo es mayor que la energía que depositan en Aluminio

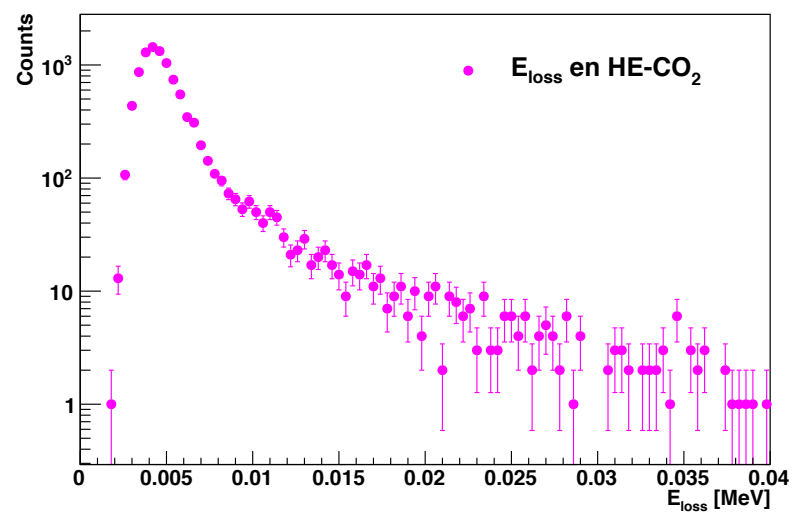
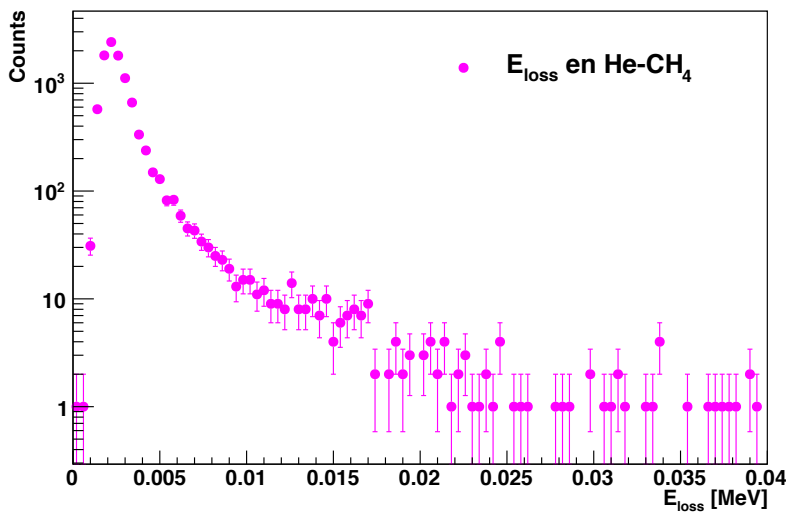
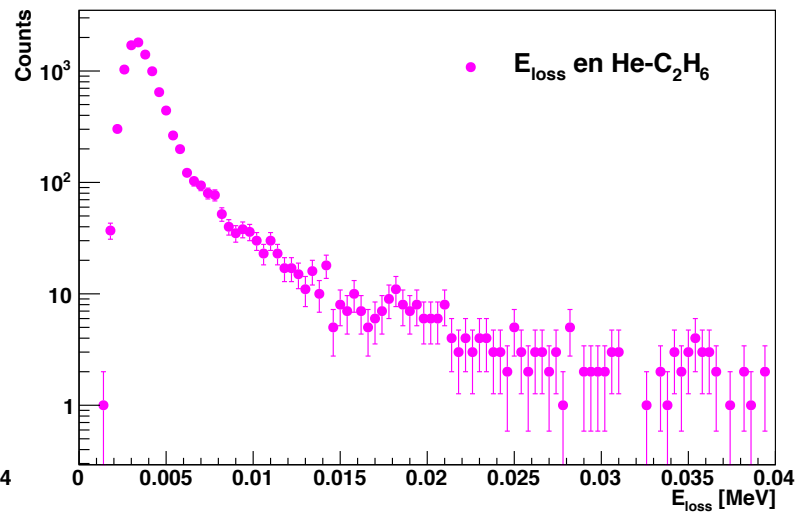
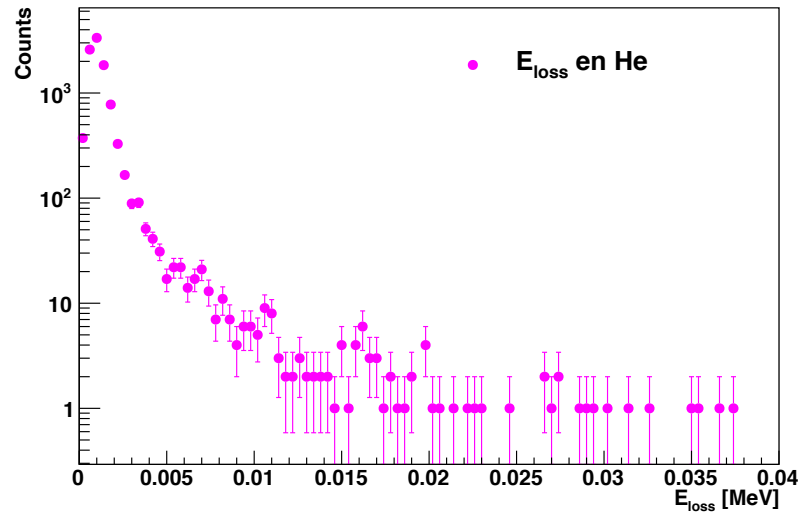
Energía depositada en Gases

Protones a 4 GeV en diferentes gases nobles y quenchers
en un volumen de 5 cm de espesor y 36 cm por 28.4 cm
(interior de la caja de aluminio)



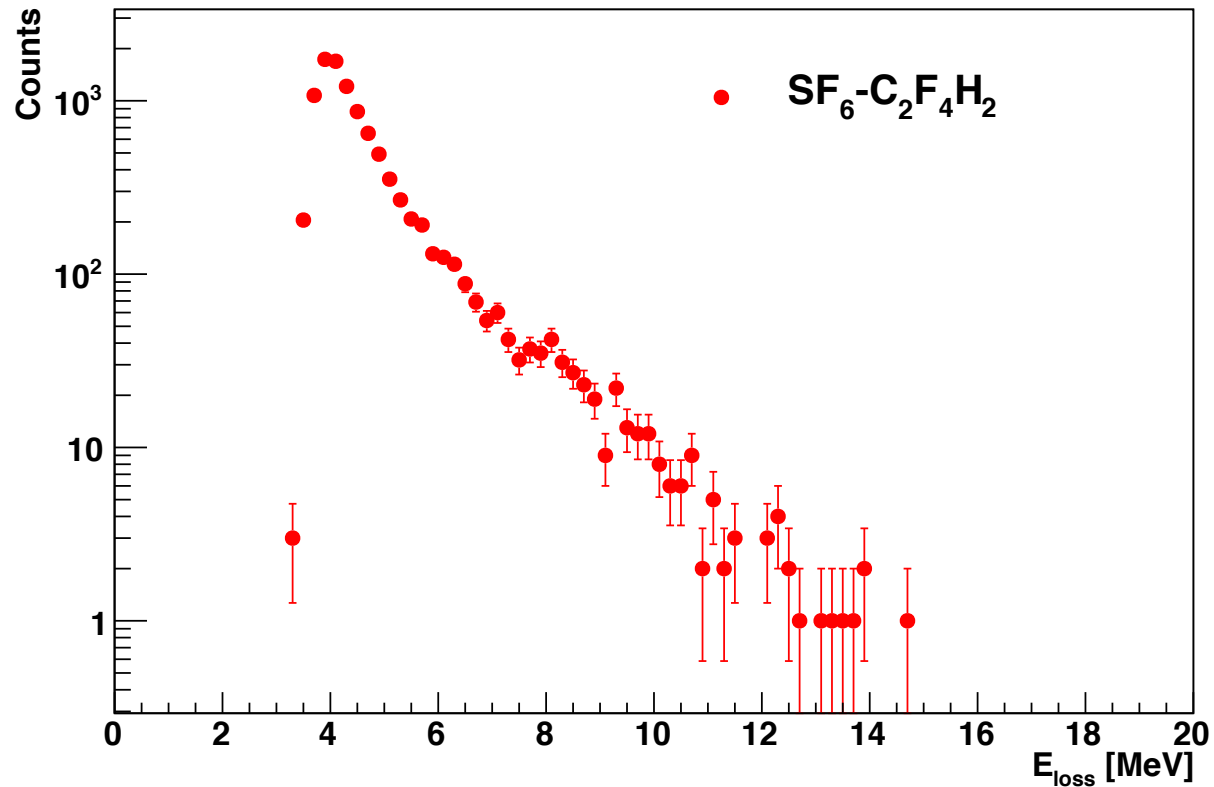
Energía depositada en He y sus mezclas

- ▶ Haciendo incidir protones a 4 GeV utilizando He y mezclas de éste con los gases quenchers.



Energía depositada en $\text{SF}_6\text{-C}_2\text{F}_4\text{H}_2$

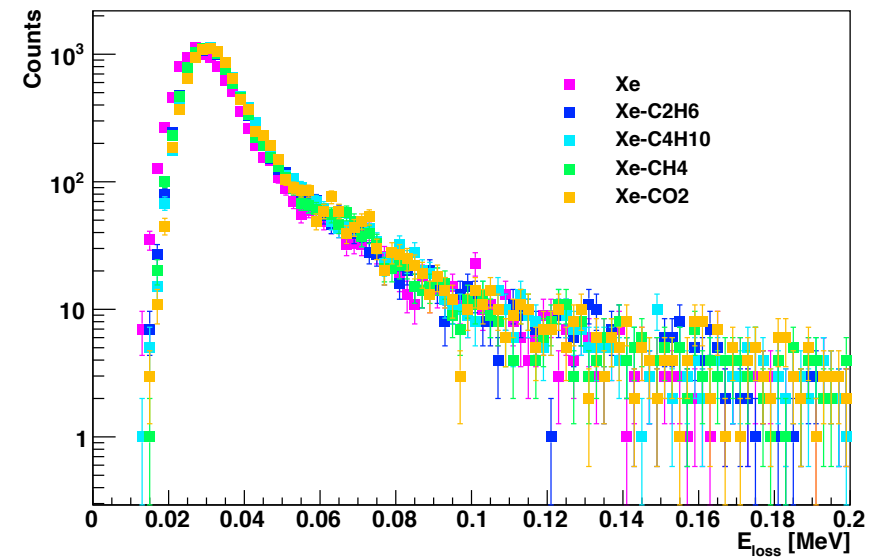
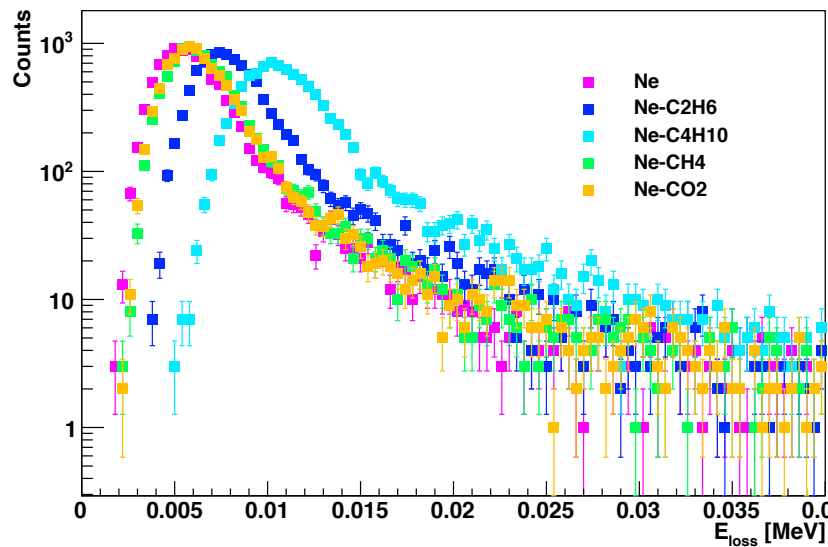
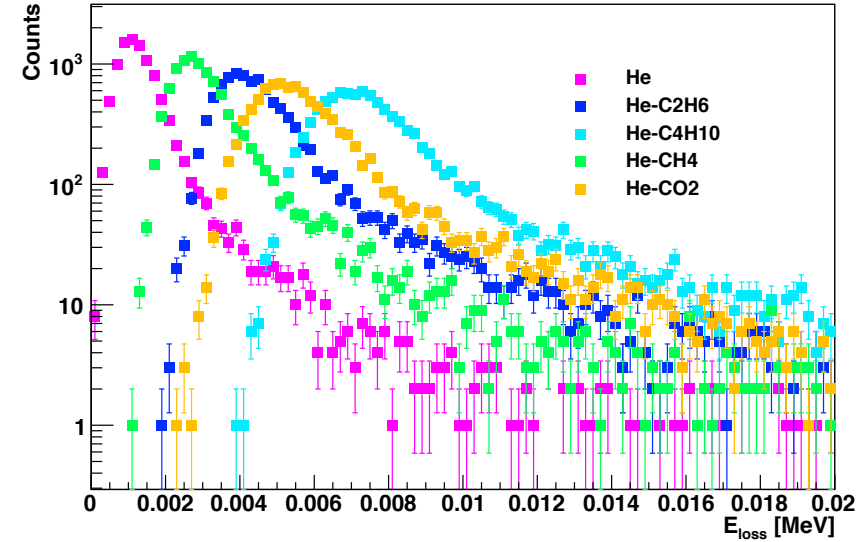
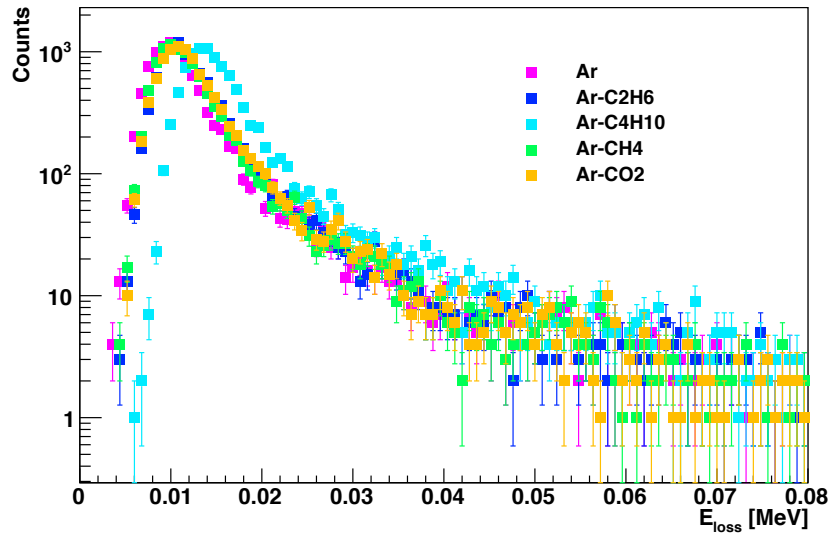
► Protones a 4 GeV



La energía depositada es mayor en comparación con las mezclas antes usadas, necesitamos una mezcla con la cual tengamos una energía depositada aproximadamente igual al hexafluoruro de azufre y freón

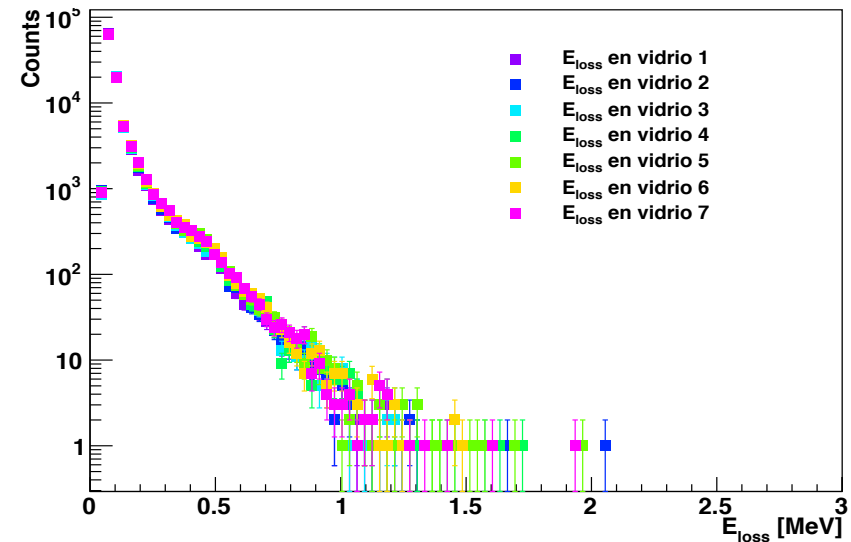
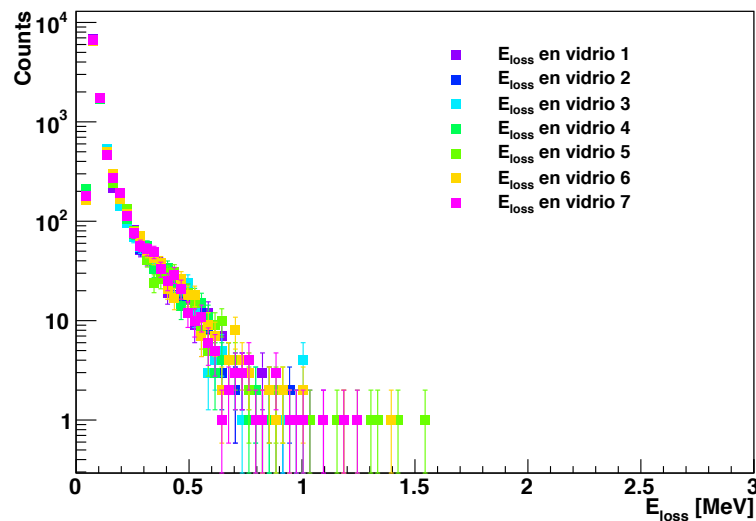
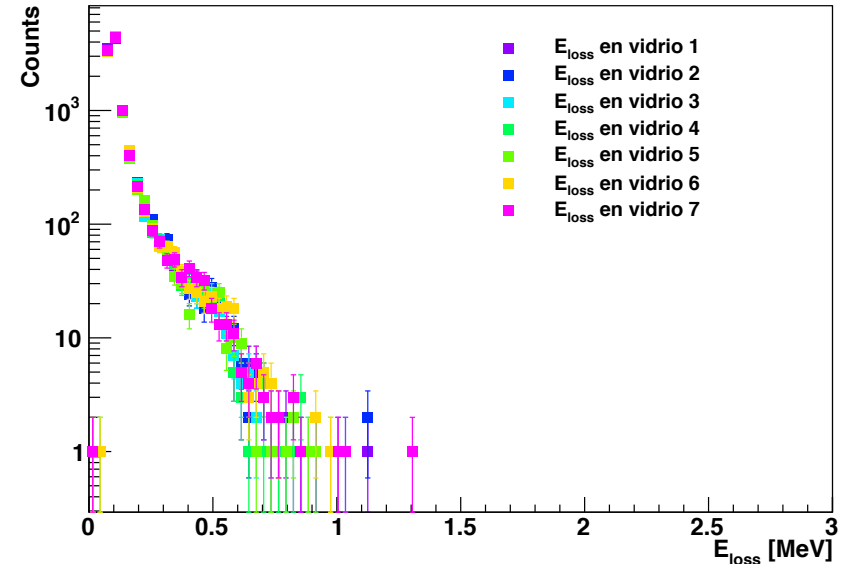
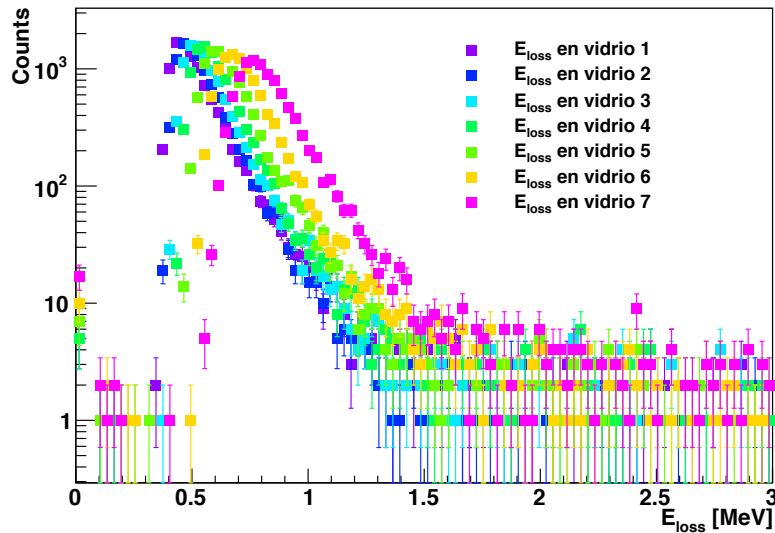
Energía depositada por muones

- ▶ Considerando el mismo volumen se hicieron incidir muones a 4 GeV en las diferentes mezclas de los gases ya mencionadas.



Energía depositada en vidrios

- Finalmente se obtuvo la energía depositada en los diferentes vidrios que componen el detector, utilizando muones a 0.01, 0.1, 1 y 4 GeV.



Conclusiones

- ▶ Se han simulado dos tipos de detectores simplificados uno de rayos cósmicos y un RPC.
- ▶ De estos se ha obtenido la pérdida de energía que sufren las partículas que los atraviesan. Comparando entre haces de protones y muones.
- ▶ La energía depositada en plomo y aluminio es mayor mientras se incrementa el espesor, ya que las partículas incidentes interactuarán con un mayor número de átomos del material.
- ▶ Para el detector RPC se utilizaron diferentes mezclas de gases para crear alternativas a la mezcla utilizada ya que el Freon no es un gas verde (es dañino). Fueron utilizados gases nobles y mezclas con éstos para estudiar su comportamiento y determinar la energía depositada en cada uno de ellos para así compararlas con la mezcla de hexafluoruro de azufre y freon
- ▶ El Helio y sus mezclas son los que presentan una menor cantidad de energía depositada por lo cual no es una buena mezcla alternativa.

Trabajo en progreso...

