

Astropartículas en Colombia y sus aplicaciones

Christian Sarmiento Cano

Escuela de Física

Universidad Industrial de Santander

christian.sarmiento@correo.uis.edu.co



Universidad
Industrial de
Santander

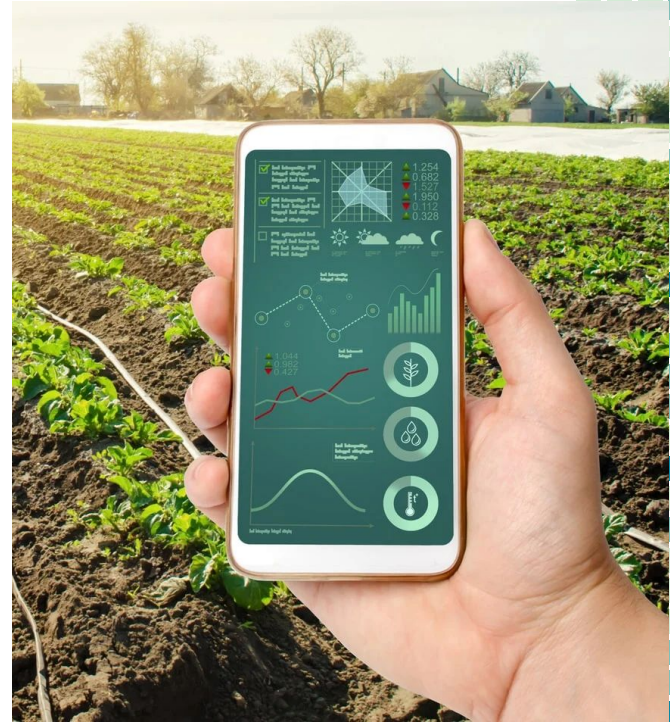
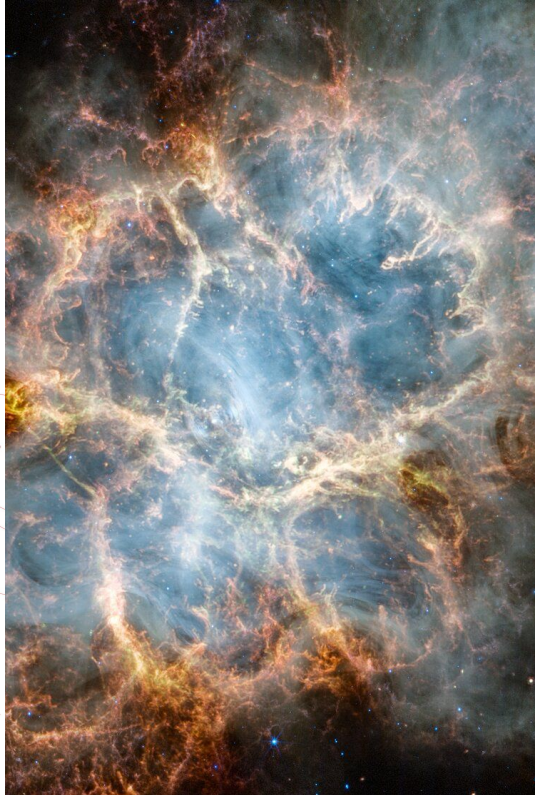
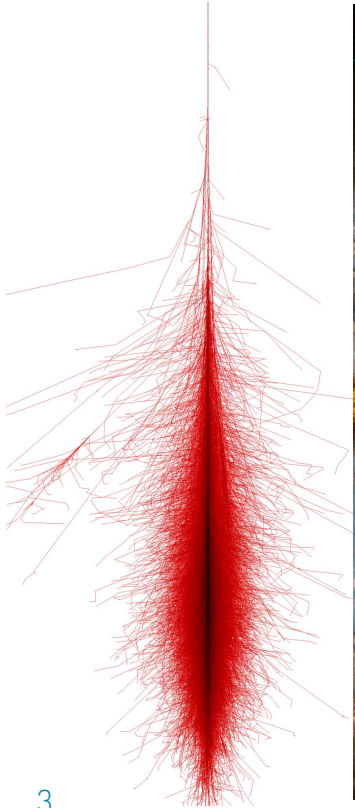


Contenido

- ¿Aplicaciones de los rayos cósmicos?
- Astropartículas en Colombia
- Observatorios en Latam
Astropartículas
- Muografía
- Medición de la humedad del suelo



De la astrofísica a la agricultura de precisión



¿Astropartículas en Colombia?

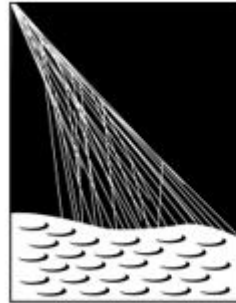




Observatorios de Astropartículas presentes en Latam



- Detección de fuentes astrofísicas de rayos gamma de $E > 10^{12}$ eV,
- Gamma Ray Burst,
- Rayos cósmicos de origen galáctico $E < 10^{15}$ eV



PIERRE
AUGER
OBSERVATORY

- Detección y análisis de rayos cósmicos de $E > 10^{18}$ eV,
- Composición química de rayos cósmicos de UHECR,
- Fenómenos solares en modo scaler.



- Clima espacial
- Aplicaciones de rayos cósmicos
- Simulación intensiva del flujo de rayos cósmicos.

Astropartículas en Colombia



- Detección de fuentes astrofísicas de rayos gamma de $E > 10^{12}$ eV,
- Gamma Ray Burst,
- Rayos cósmicos de origen galáctico $E < 10^{15}$ eV



PIERRE
AUGER
OBSERVATORY

- Detección y análisis de rayos cósmicos de $E > 10^{18}$ eV,
- Composición química de rayos cósmicos de UHECR,
- Fenómenos solares en modo scaler.

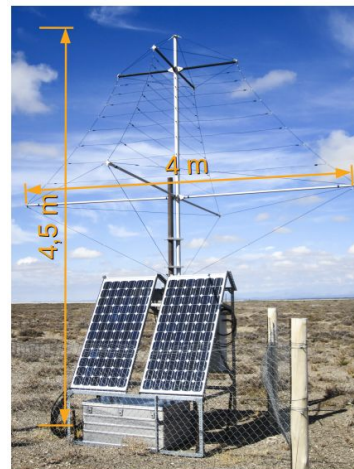
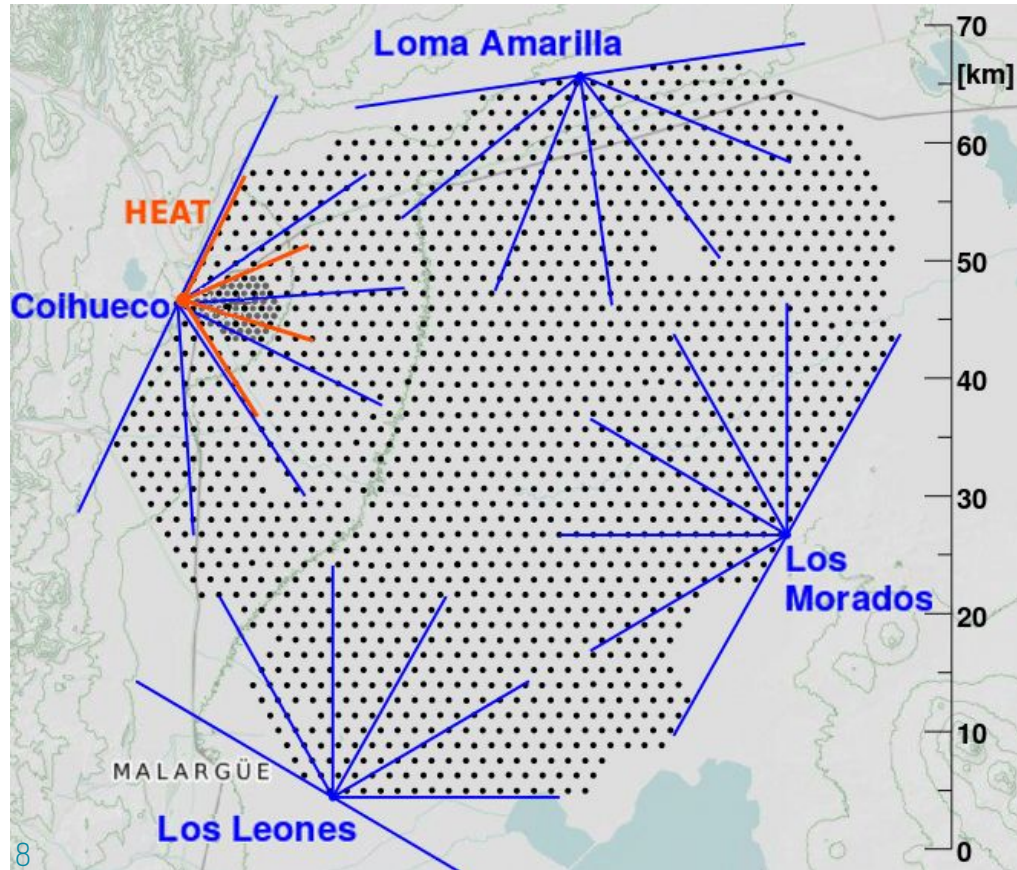


- Clima espacial
- Aplicaciones de rayos cósmicos
- Simulación intensiva del flujo de rayos cósmicos.

J. Jaimes

Sala Jorge Zalamea 11:10 am

Pierre Auger Observatory



Latin American Giant Observatory, LAGO



LAGO es una red de detectores de astropartículas a escala mundial, que funciona actualmente en 11 países

Countries where LAGO is operating

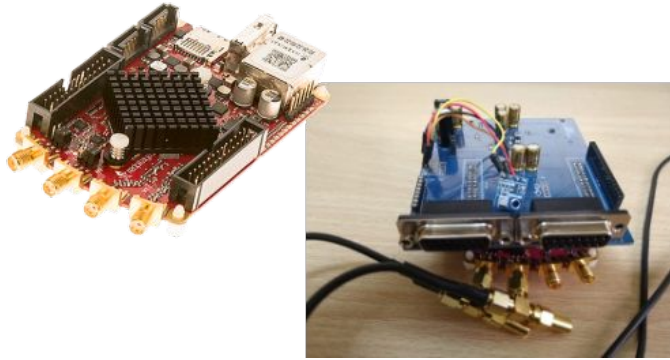
- Active
- Development

Experiencia en hardware y software relacionado con la detección y simulación de rayos cósmicos.

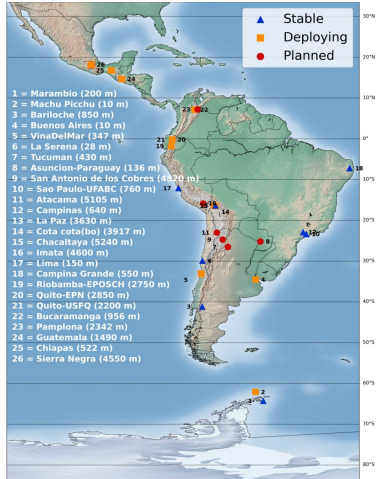
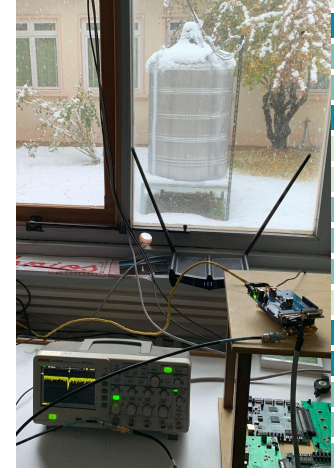
Fuentes gamma HE y fenómenos meteorológicos y climáticos espaciales

Programa de simulación intensiva: cálculo del flujo total esperado y la respuesta del detector en cada lugar de detección

The Latin American Giant Observatory



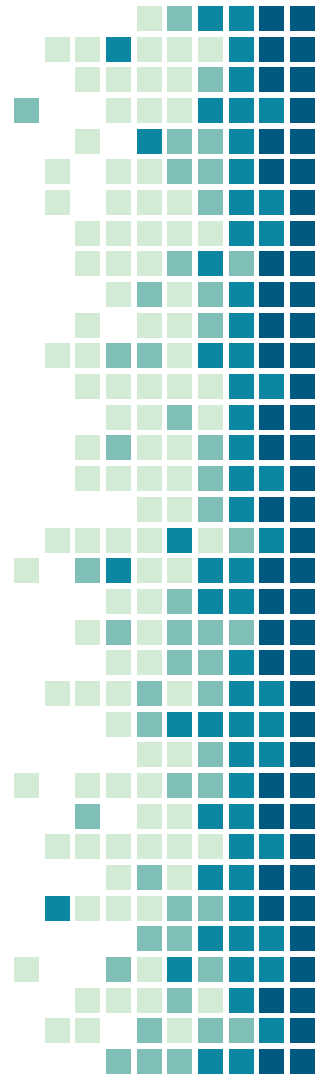
**Electrónica de diseño propio
basada en RedPitaya SteamLab.
Presta servicios para otros
experimentos**



**WCD desplegados a
diferentes altitudes y
coordenadas
geomagnéticas**

**Son autónomos, fiables,
sencillos, inteligentes y
“baratos”**

Reunión LAGO Bucaramanga 2024



¿Cómo se descubrieron los RC?

1912→ Victor Hess

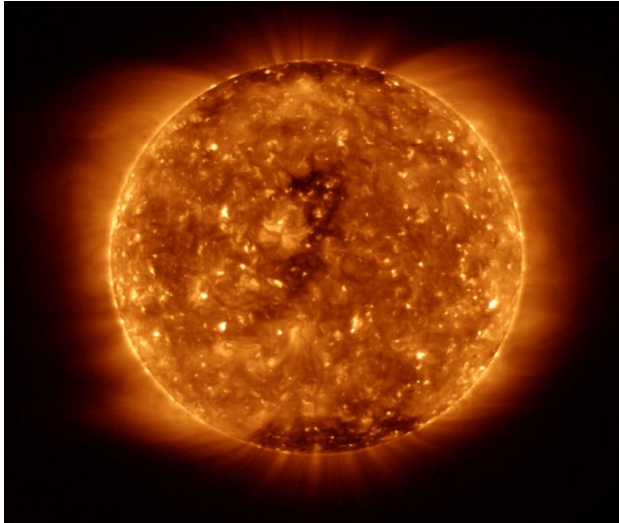
Realizó vuelos en globo para corroborar su hipótesis de que la radiación que estaba midiendo provenía del espacio exterior.

1936→ Pierre Auger

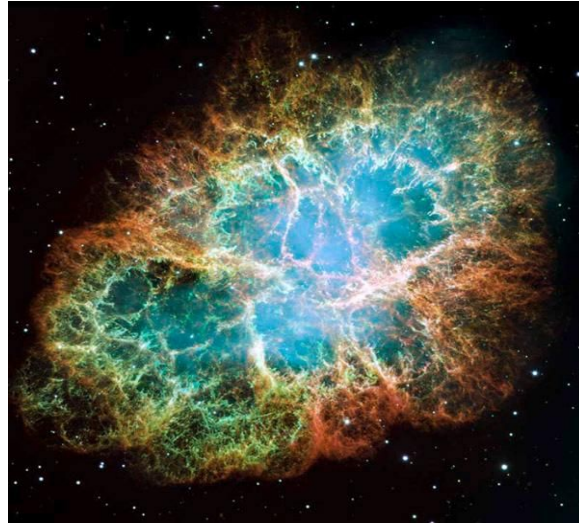
Notó que los rayos cósmicos no llegaban todos a un mismo punto de observación, por el contrario se distribuían por el espacio. Por esta razón ubico detectores primero a 20 m, luego a 200 m, hasta aumentar esta distancia a 1500 m.



Fuentes de rayos cósmicos



Solar

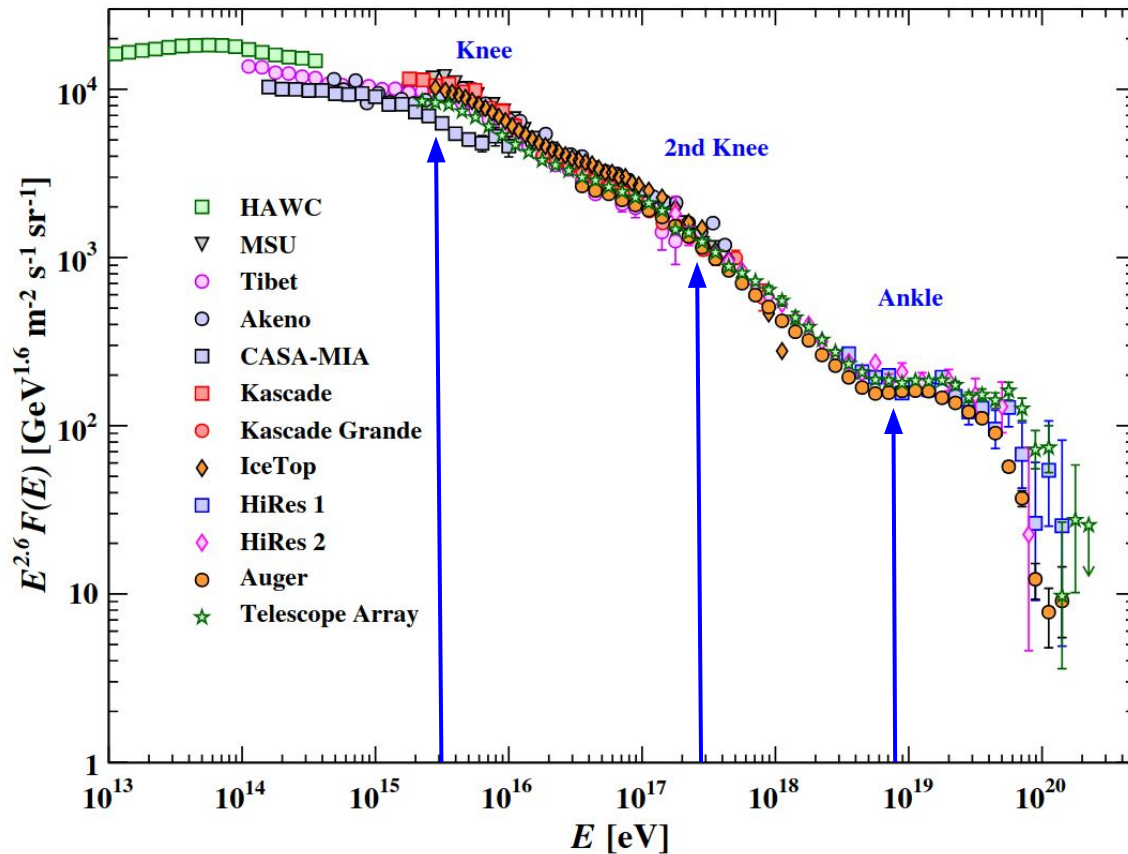


Supernova y SNR

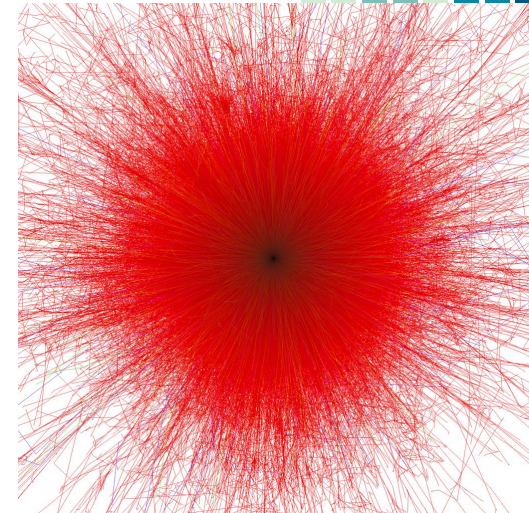
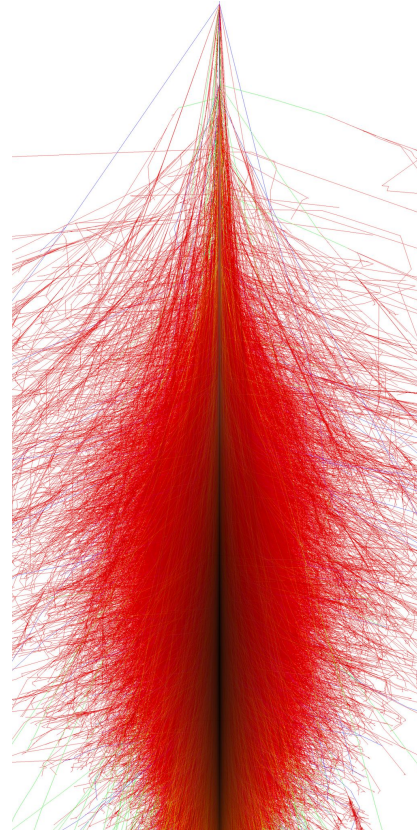
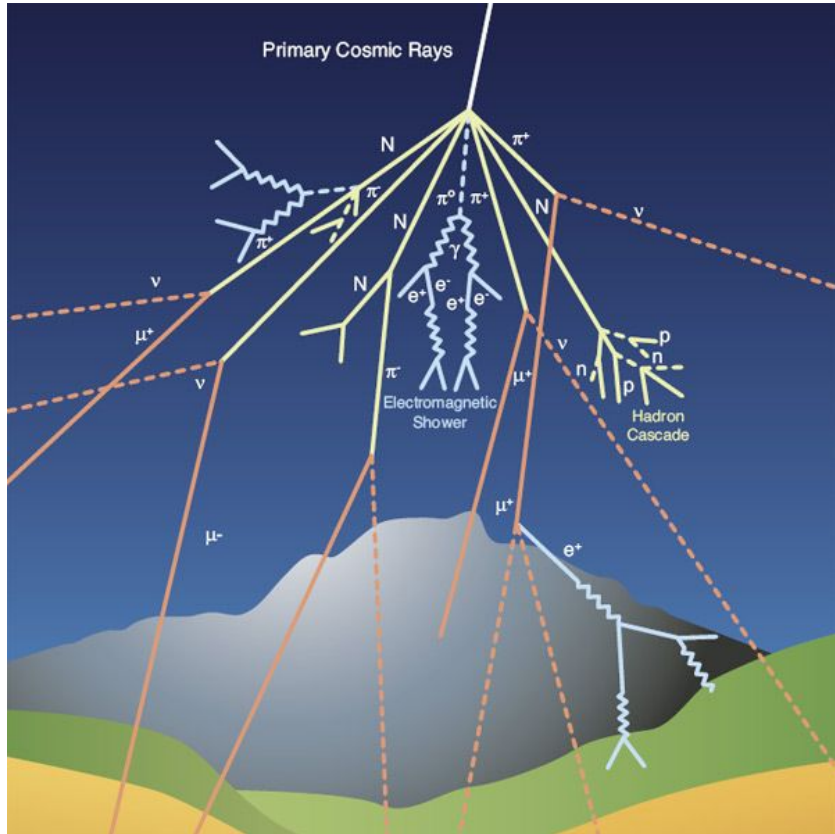


AGNs

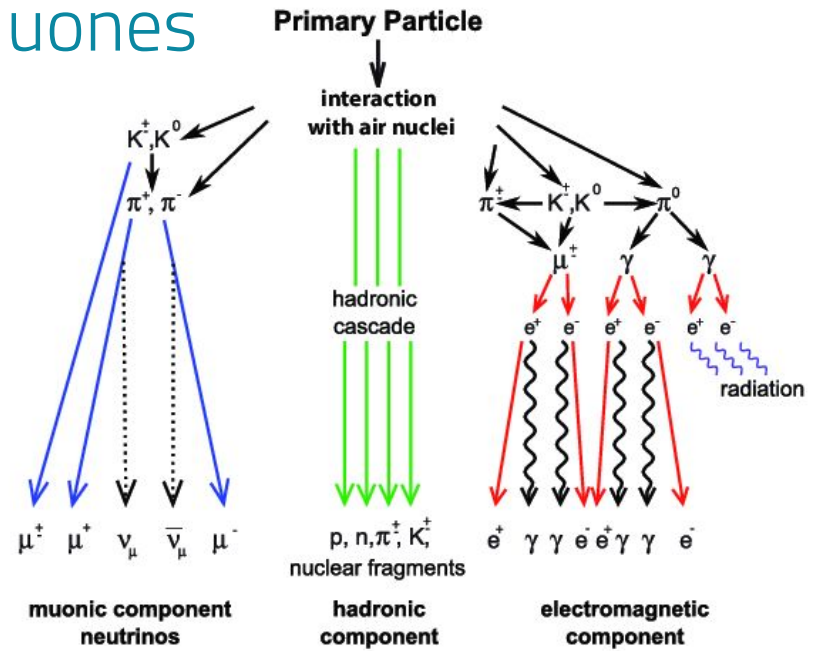
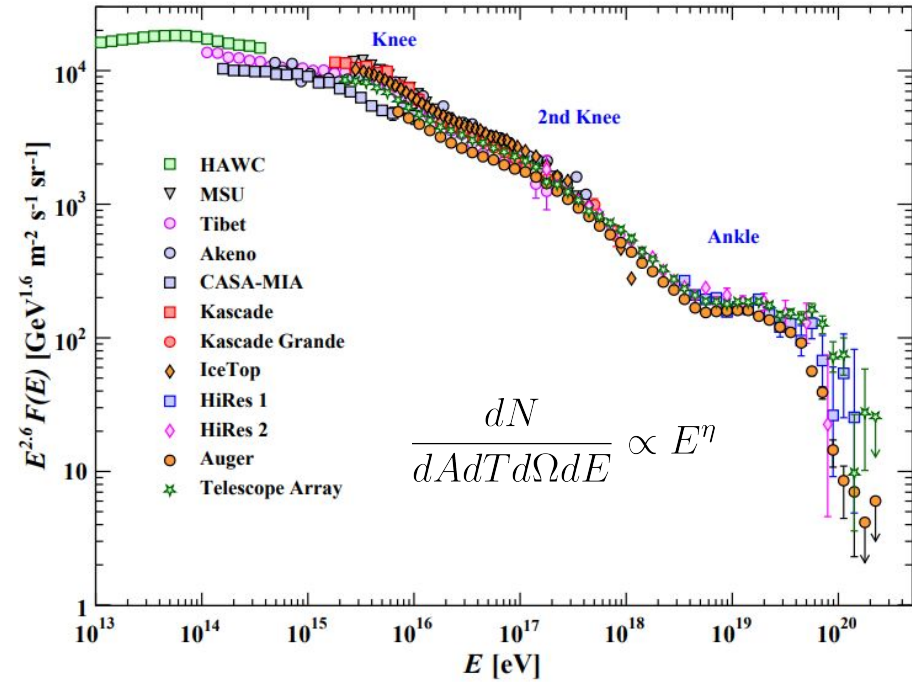
Espectro de rayos cósmicos primarios



Flujo de rayos cósmicos

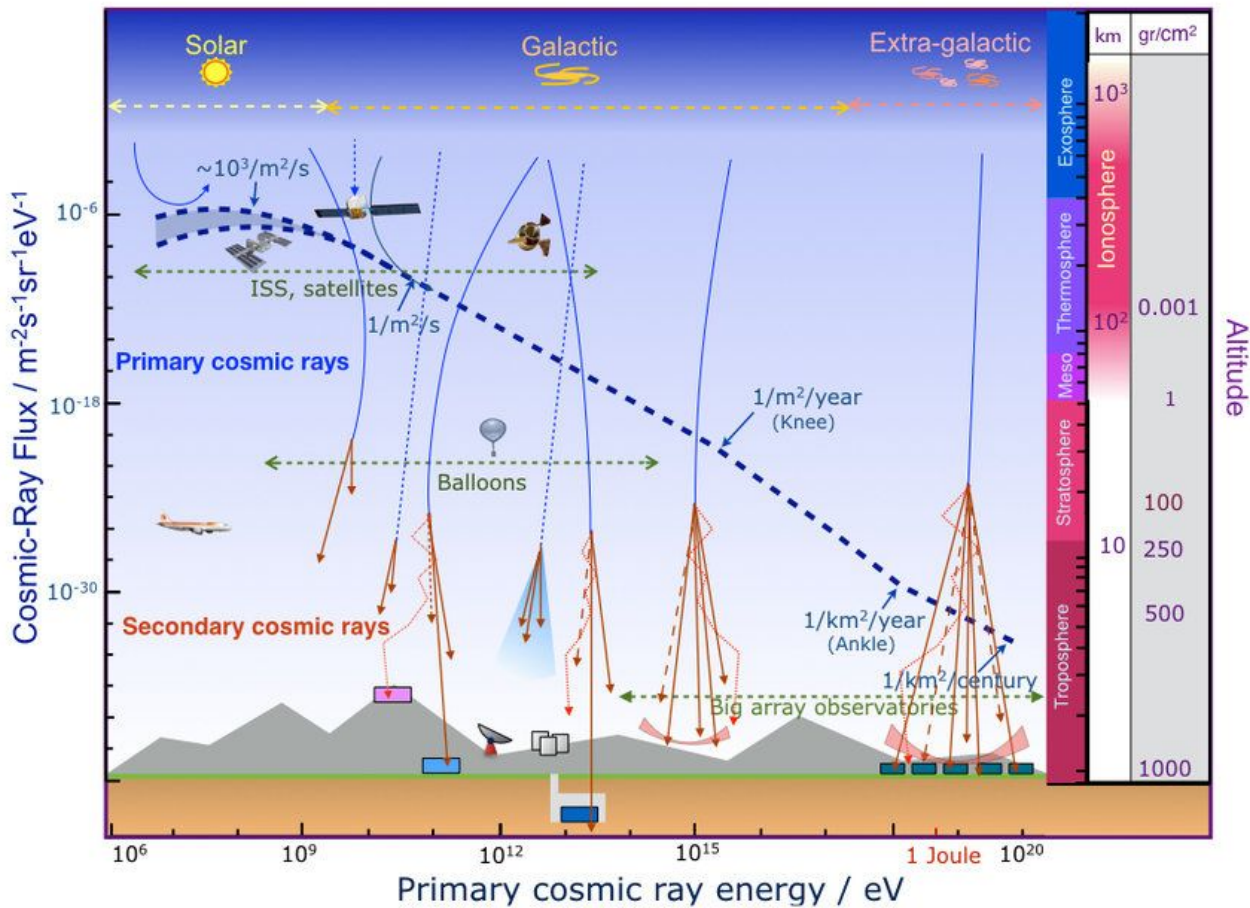


LLuvias de rayos cósmicos y Muones

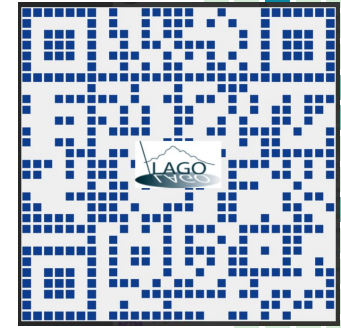
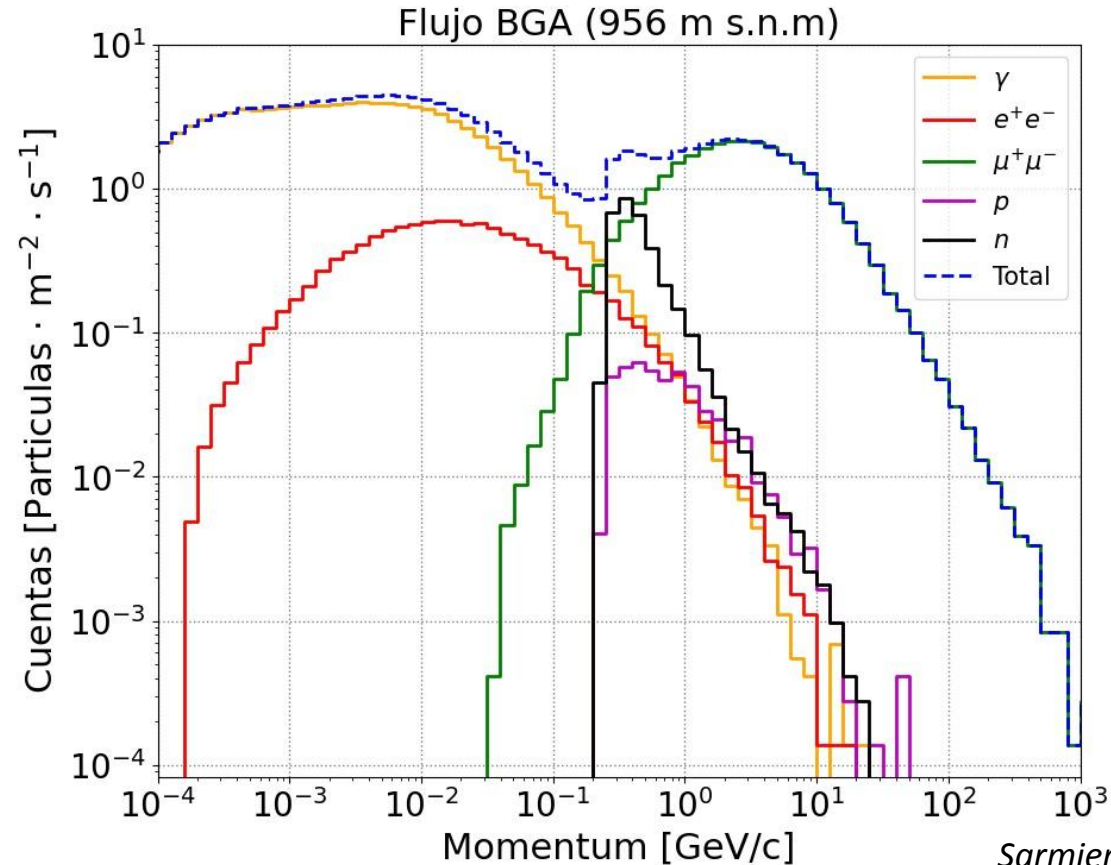


Partícula	Canales de desintegración parcial	BR [%]	Vida media [s]
π^\pm	$\mu^\pm + (\nu_\mu)$	99.99	$2.603 \cdot 10^{-8}$
K^\pm	$\mu^\pm + (\nu_\mu)$ $\pi^0 + \mu^\pm + (\nu_\mu)$	63.43 3.27	$1.238 \cdot 10^{-8}$
τ^\pm	$\mu^\pm + (\nu_\mu) + (\bar{\nu}_\tau)$	17.36	$2.906 \cdot 10^{-13}$
D^\pm	$K^0 + \mu^\pm + (\nu_\mu)$	7.0	$1.040 \cdot 10^{-12}$
D^0	$\mu^\pm + \text{Hadrones}$ $K^- + \mu^+ + \nu_\mu$	6.5 3.19	$4.103 \cdot 10^{-13}$

¿Cómo se detectan?



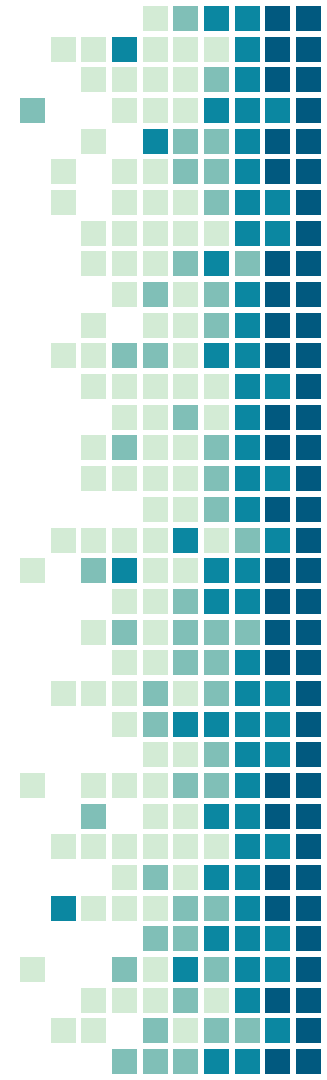
Flujo de rayos cósmicos (ARTI)



Sarmiento-Cano et al., 2022

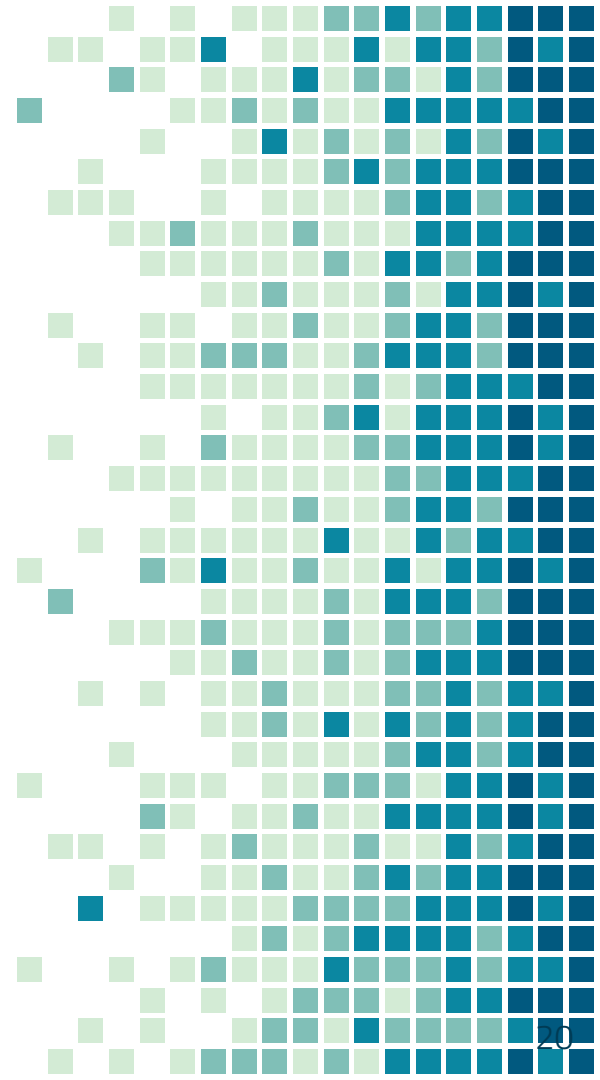
<https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-022-10883-z>

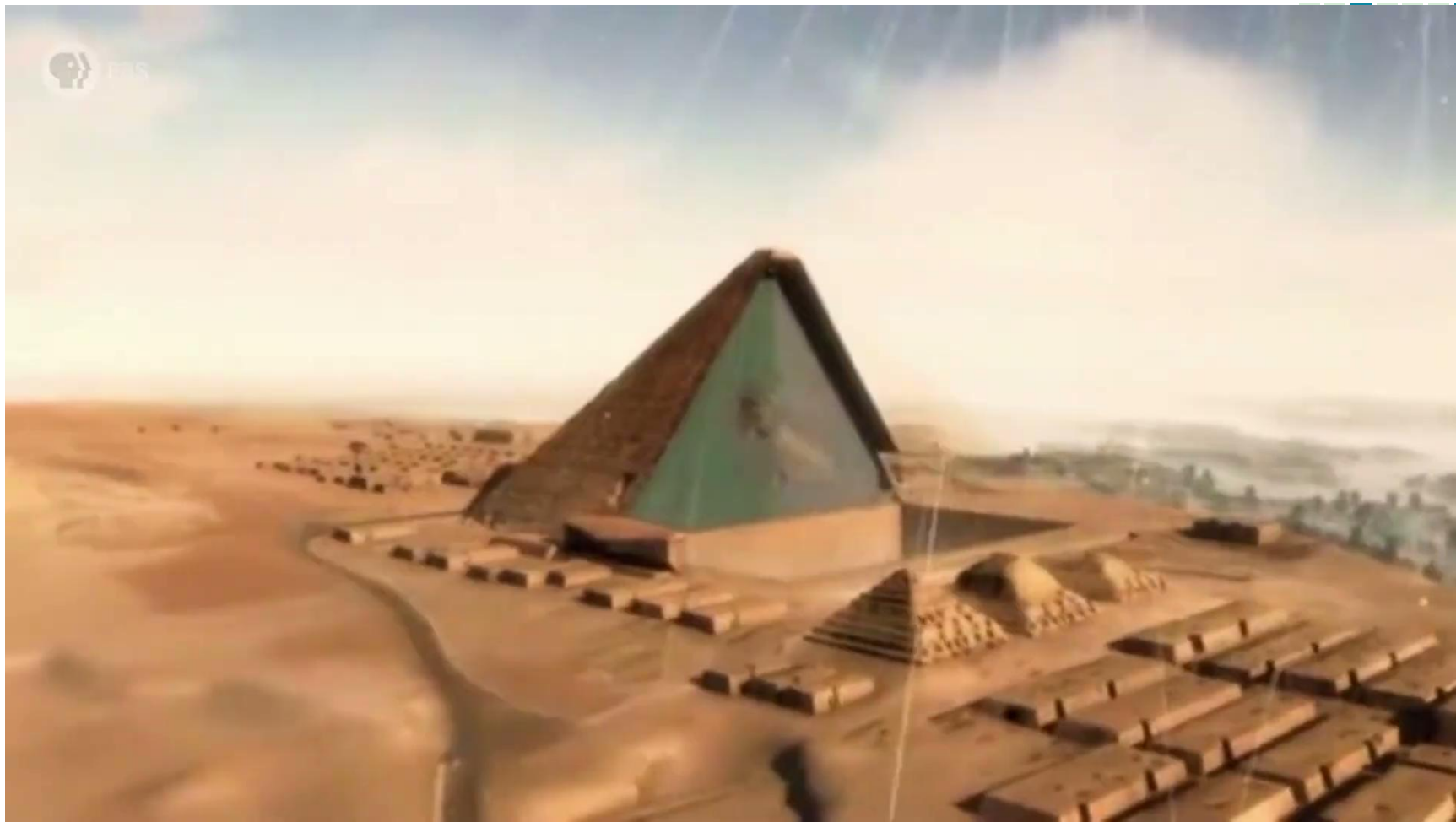
- ¿Es posible usar los rayos cósmicos secundarios para alguna aplicación industrial?



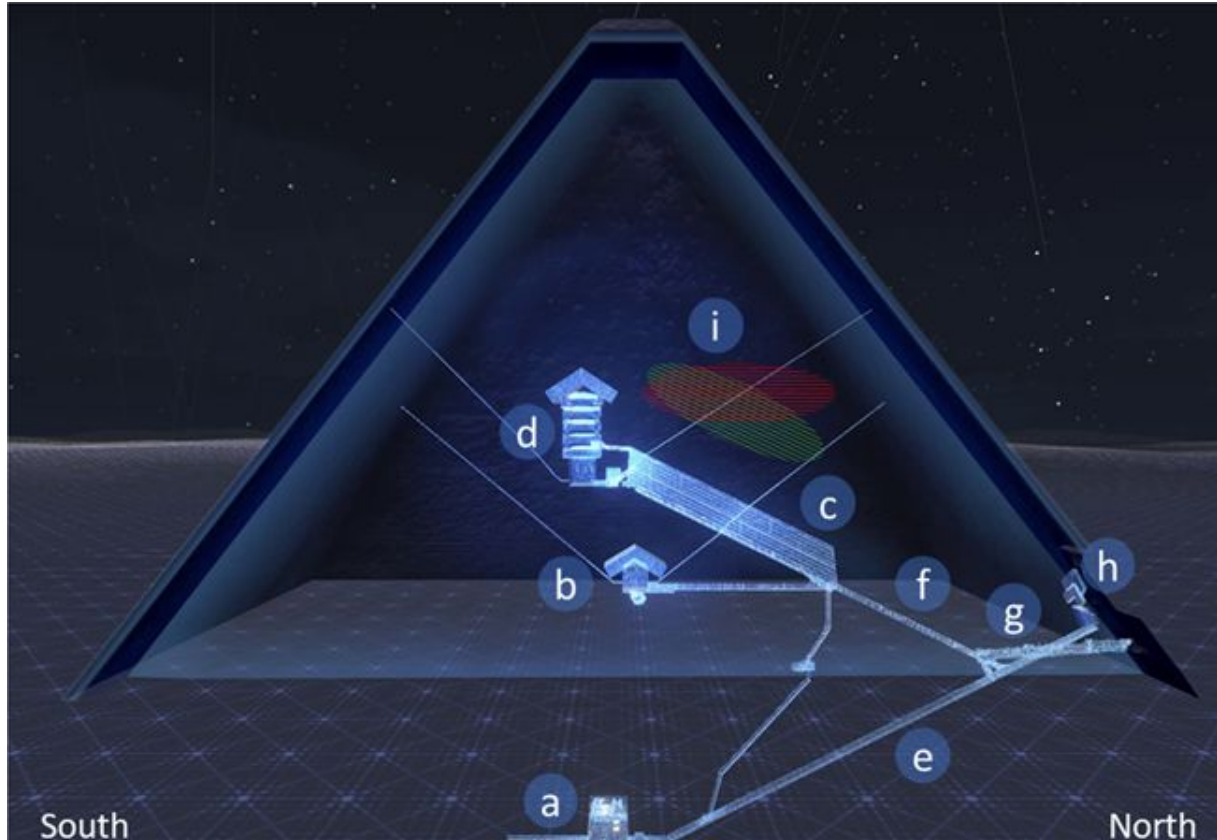
1.

Muografía



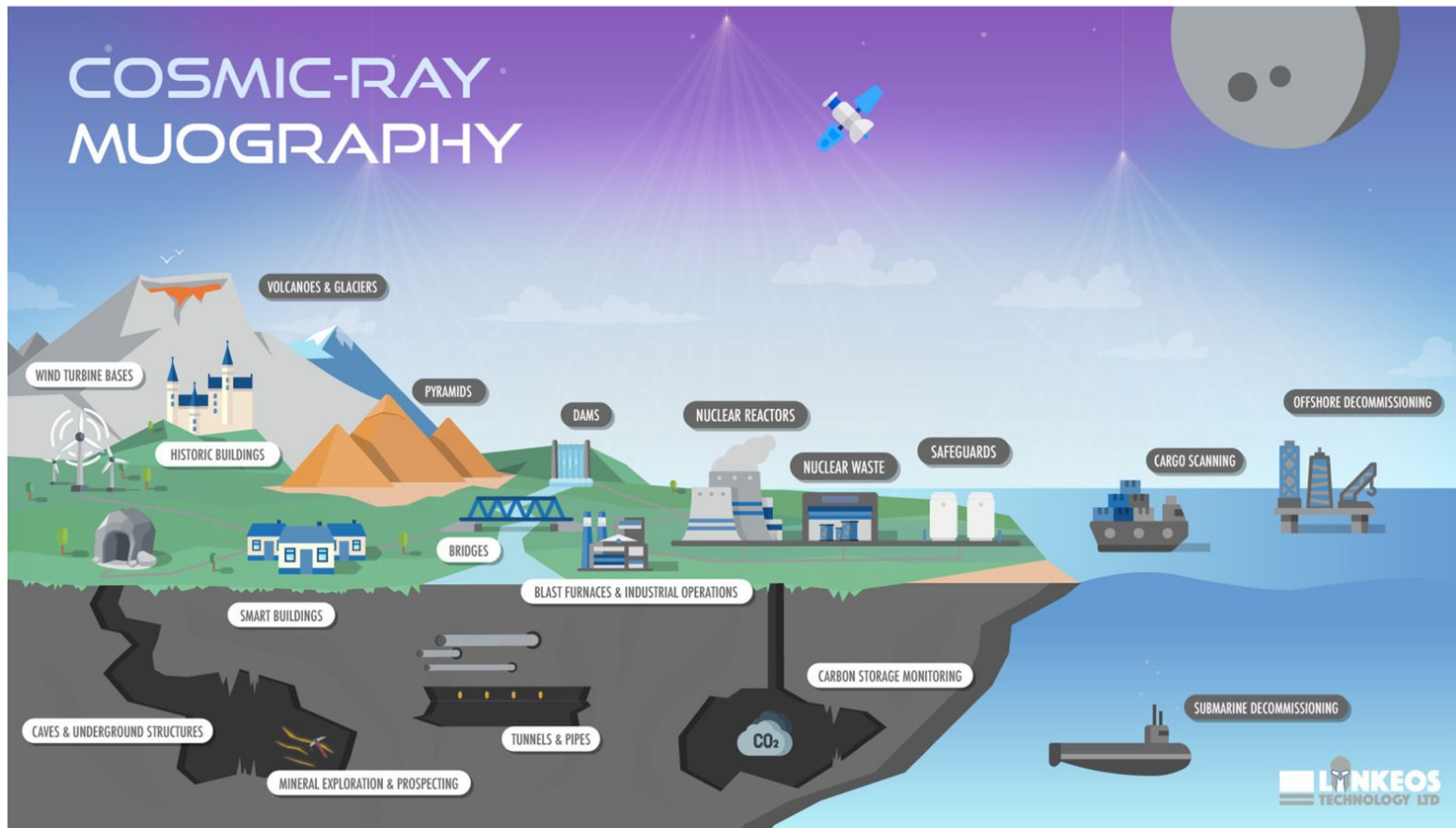


Muografia



22 Morishima, K., Kuno, M., Nishio, A. et al. *Nature* 552 (2017). <https://doi.org/10.1038/nature24647>

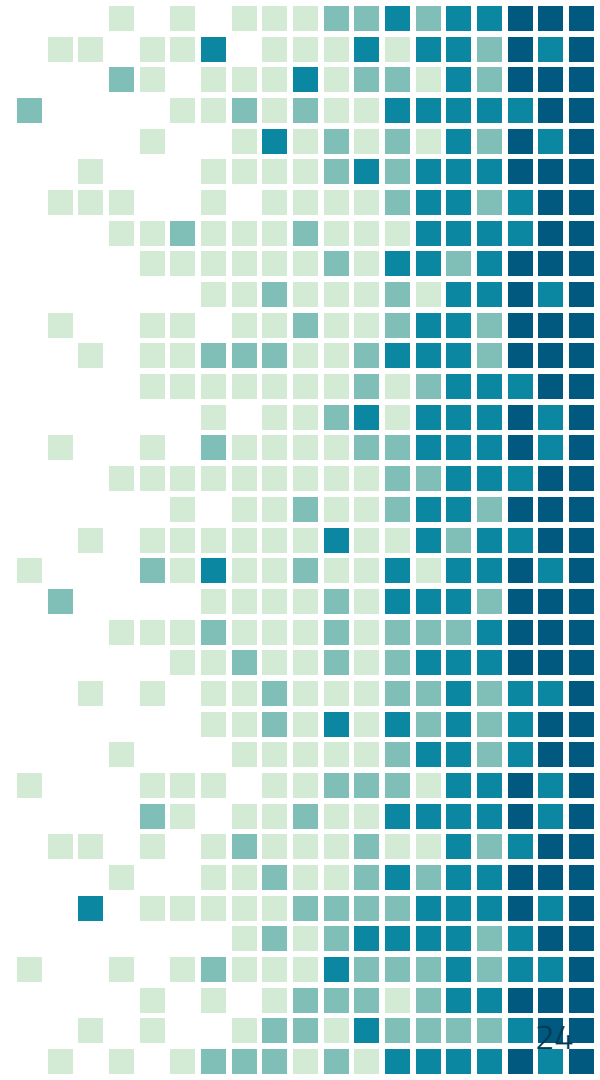
Muografia



2.

Volcán Cerro Machín

Cajamarca, Tolima - Colombia



Volcán Cerro Machín



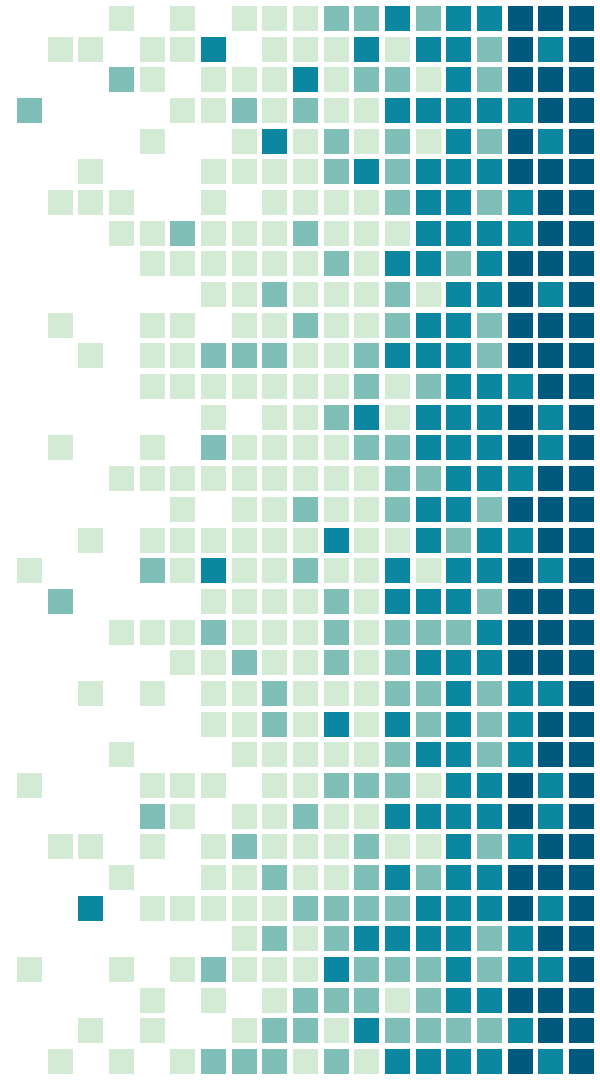


MuTe Project

3.

MuTe2.0

Muon Telescope

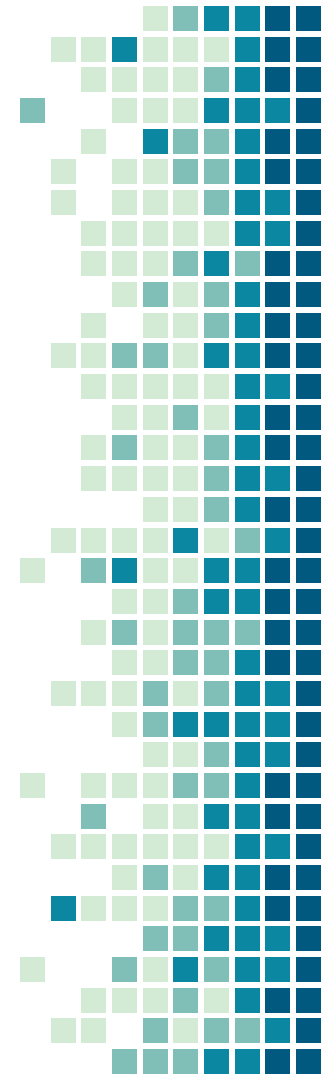


MuTe 2.0, Muon Telescope

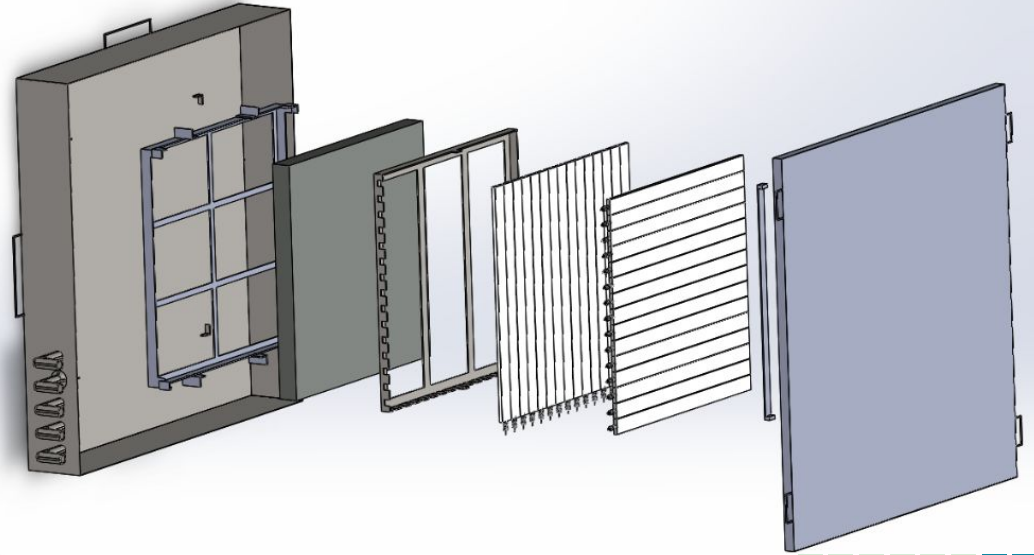
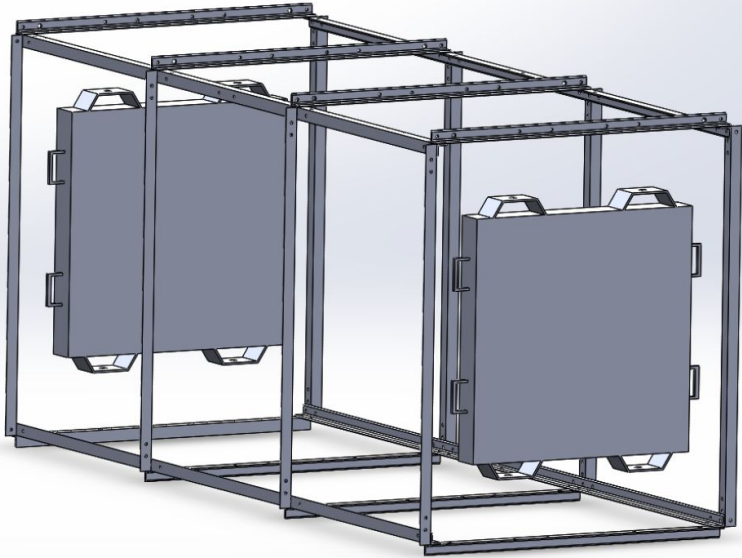
- Dos paneles de barras centelladoras
- Cada plano contiene 15 barras
- Cada panel tiene 225 pixeles
- La barras tiene 60 cm x 4 cm x 1 cm
- Usa SiPM al final de cada barra para recolectar la señal
- Blindaje usando 3 cm de Pb

J. Perea

Sala Jorge Zalamea 10:30 am



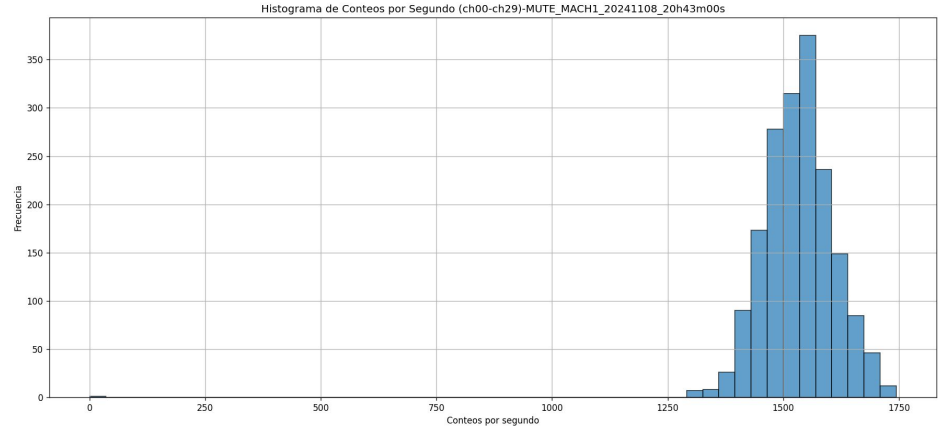
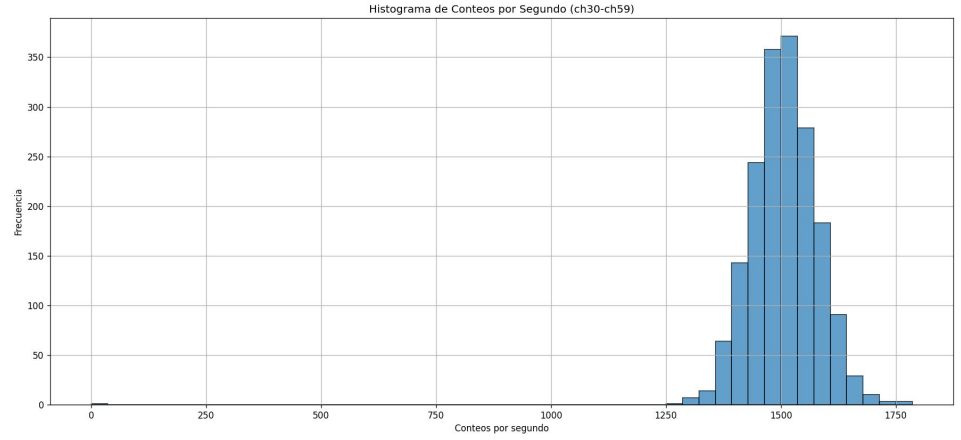
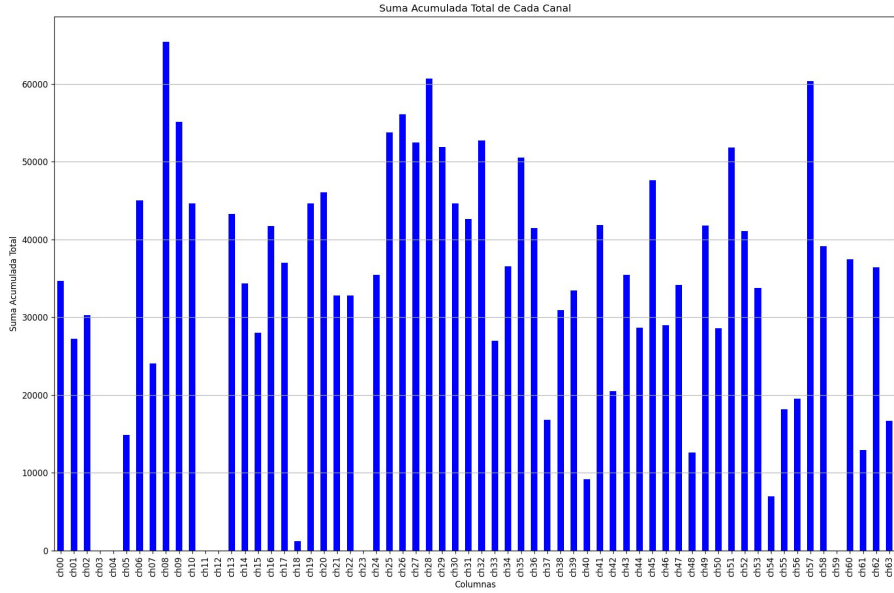
Diseño Mecánico



MuTe 2.0



Calibración de los paneles



Humedad del suelo usando neutrones cósmicos



IAEA

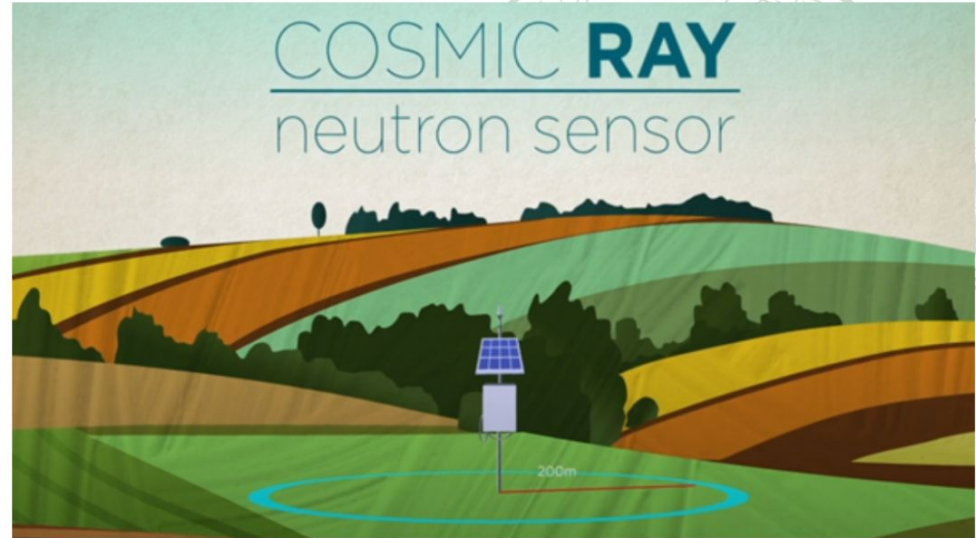
International Atomic Energy Agency



**AGRICULTURA DE PRECISIÓN
PRECISION FARM**

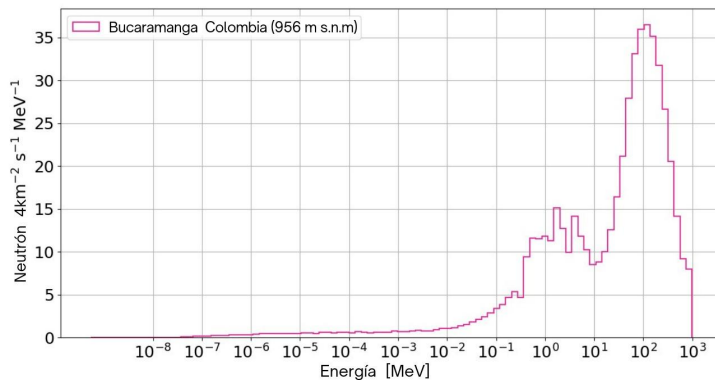
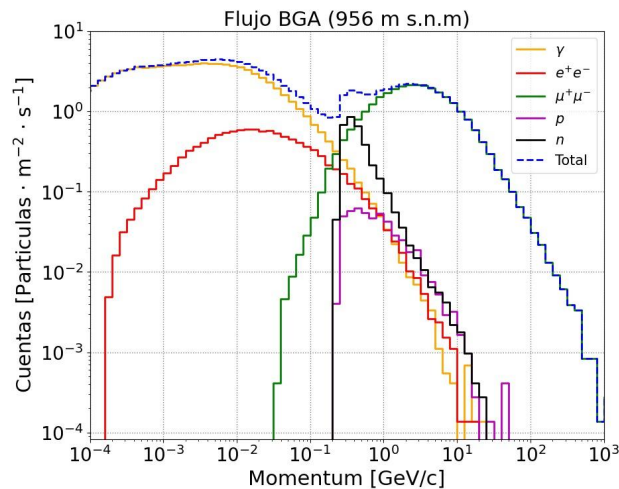
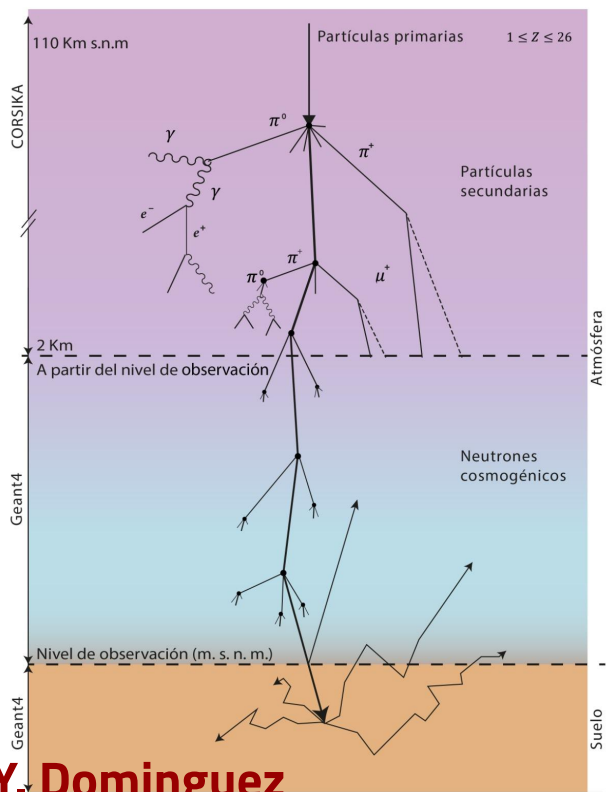
El potencial del estudio de la espectroscopia para predecir el contenido de nitrógeno y materia orgánica en el suelo con la combinación del GIS y las aplicaciones de la Agricultura de Precisión

Pereira, A. et al. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 14(1), 27-33, (2005).



Cosmic Ray Neutron Sensor (CRNS): From Cosmic Rays to Soil Moisture

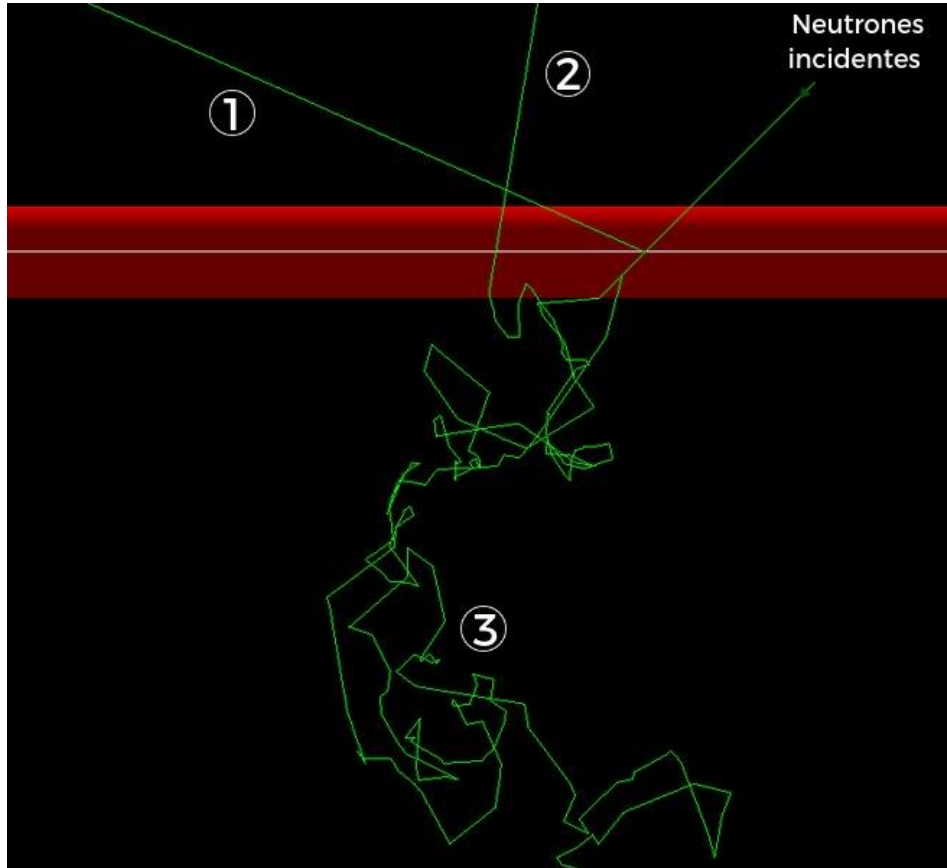
Flujo de neutrones secundarios



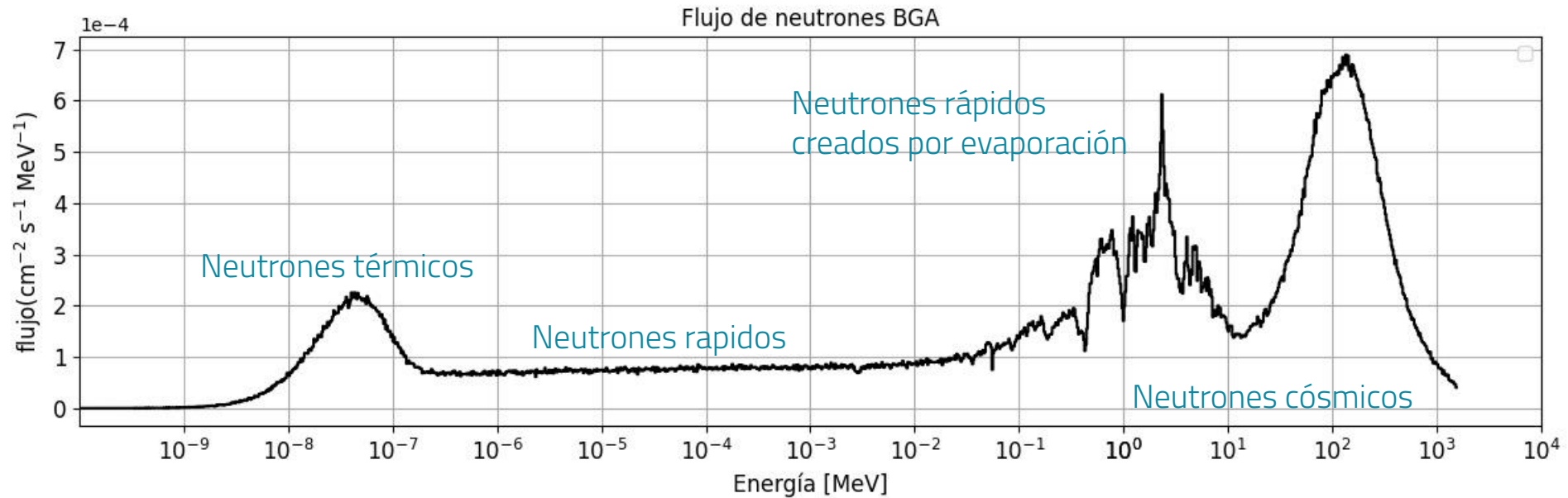
Y. Dominguez

32 Sala Jorge Zalamea 10:50 am

Interacción entre los neutrones y el suelo húmedo



Flujo de neutrones secundarios

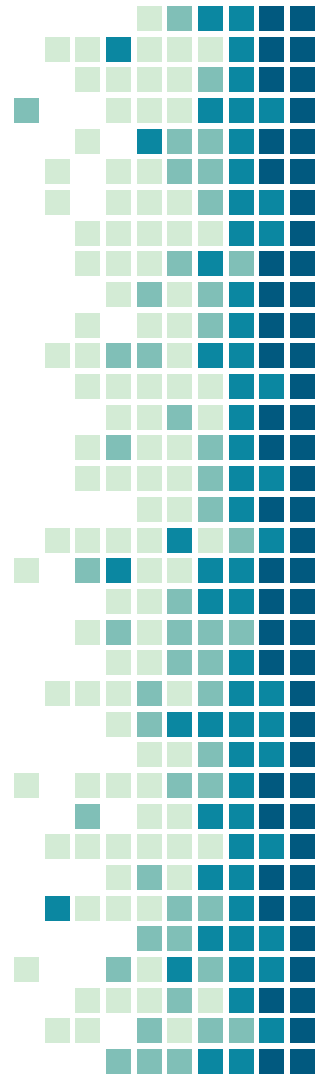


Comentarios finales

- El mutualismo cósmico es el camino a la supervivencia
- Es posible hacer física de rayos cósmicos en nuestro país
- Buscar la posibilidad de usar nuestro conocimiento acumulado es una forma de contribuir a un mejor país



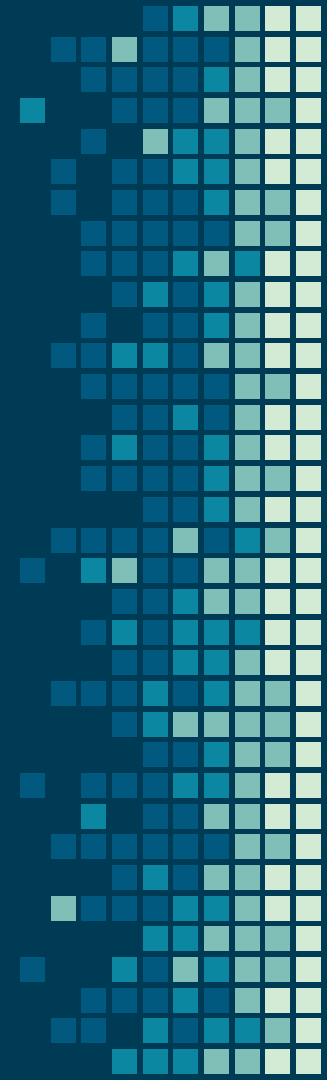
Seminario colombiano de rayos cósmicos

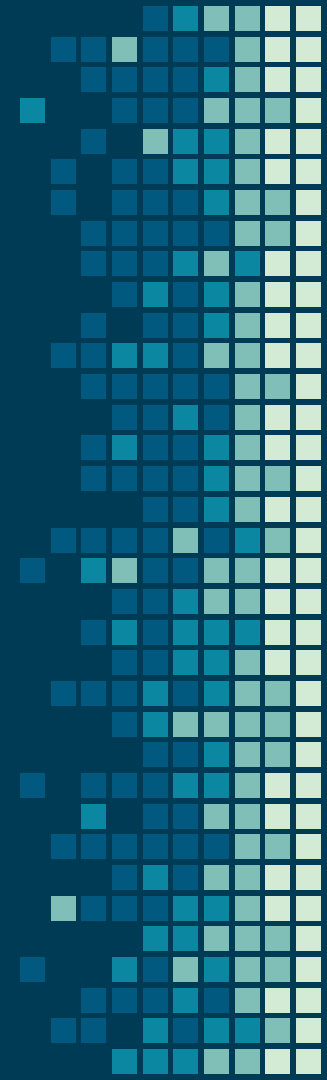




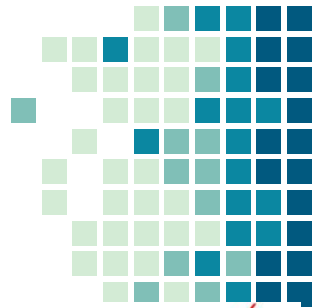
Gracias

christian.sarmiento@correo.uis.edu.co

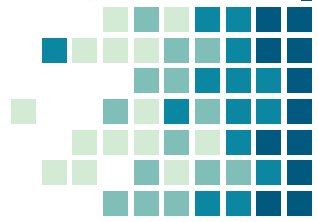
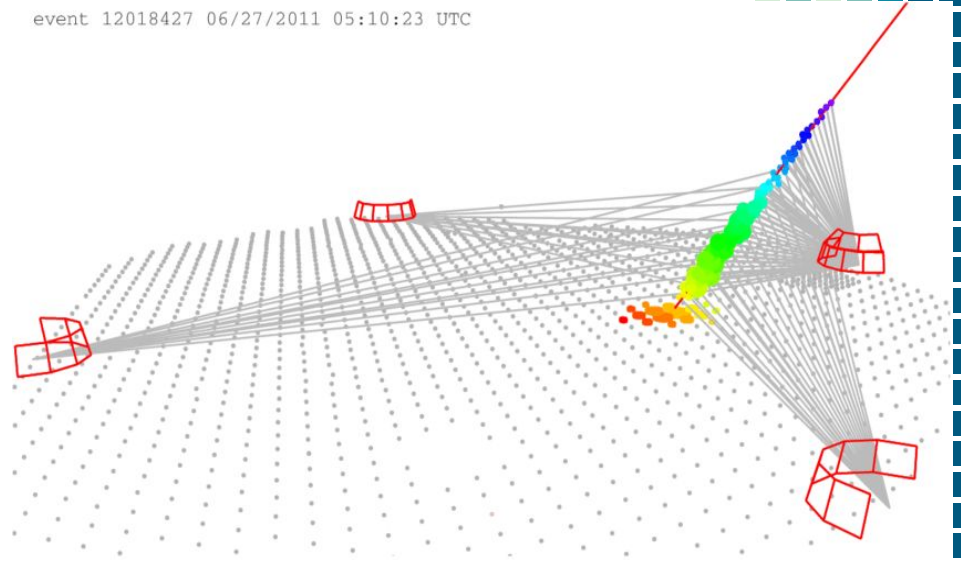




Pierre Auger Observatory



event 12018427 06/27/2011 05:10:23 UTC



Pérdida de Energía en la Materia

Mecanismos:

- Producción de pares
- Radiación de frenado (Bremsstrahlung)
- Colisiones inelásticas con núcleos
- Ionización

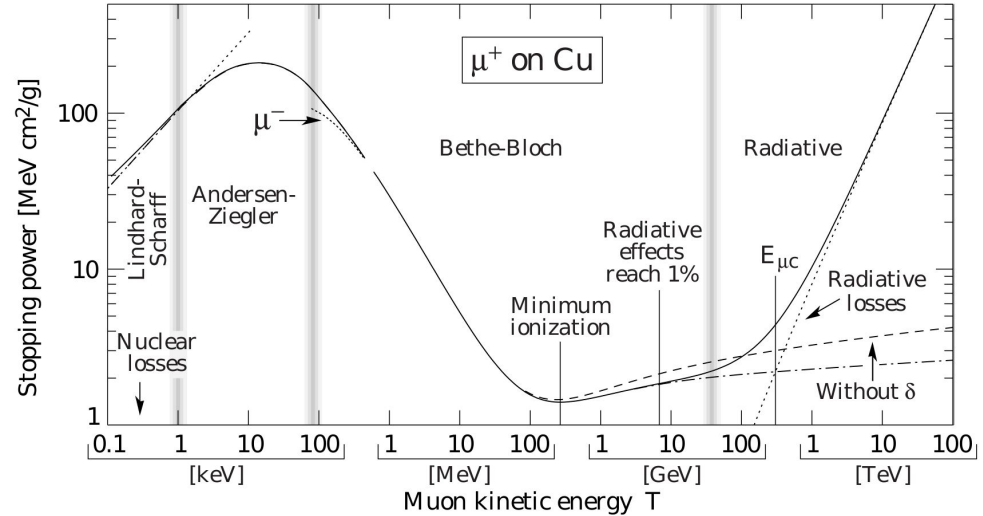
La pérdida de energía posee una dependencia de:

- Energía cinética del muón
- Densidad del material

$$\frac{-dE}{d\rho} = a(E) + b(E)E$$

$$b(E)E < 10^{-2}a(E) \longrightarrow E < 100\text{GeV}$$

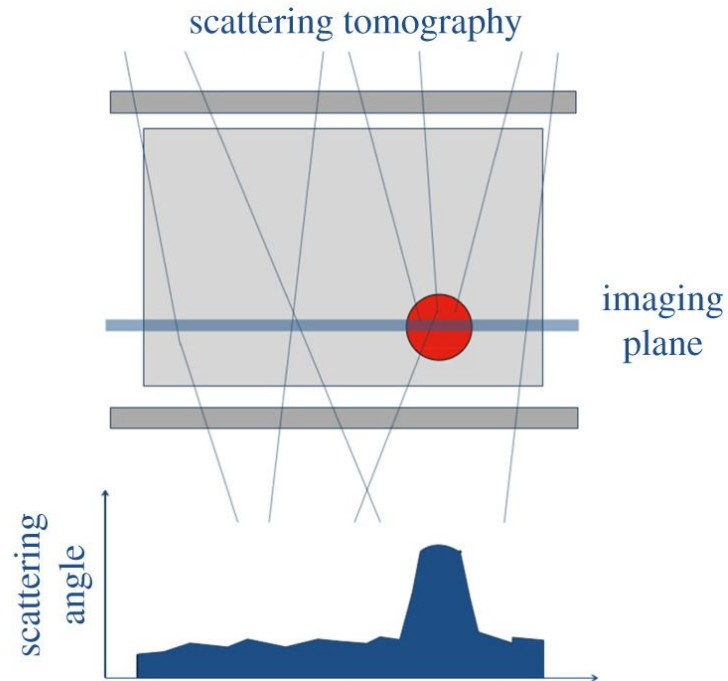
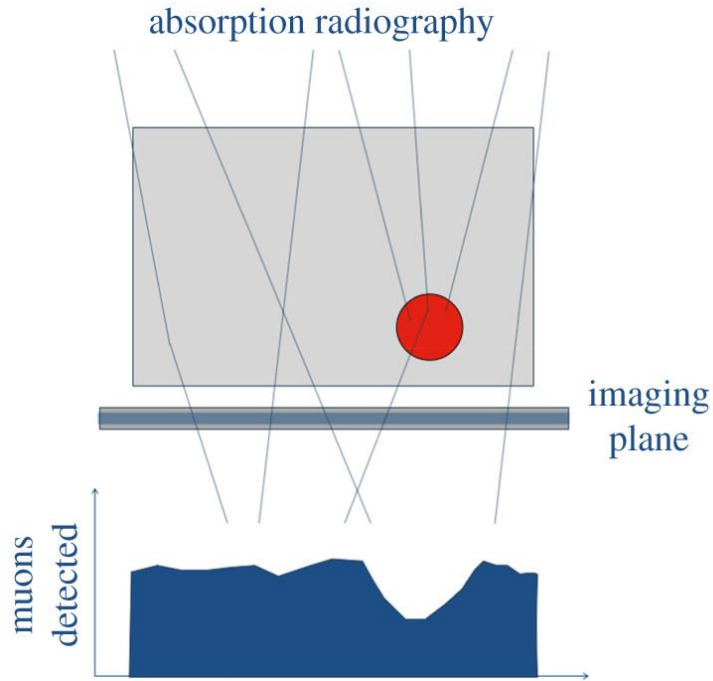
Groom et al. 2001 Caracterización de a y b para diferentes Materiales



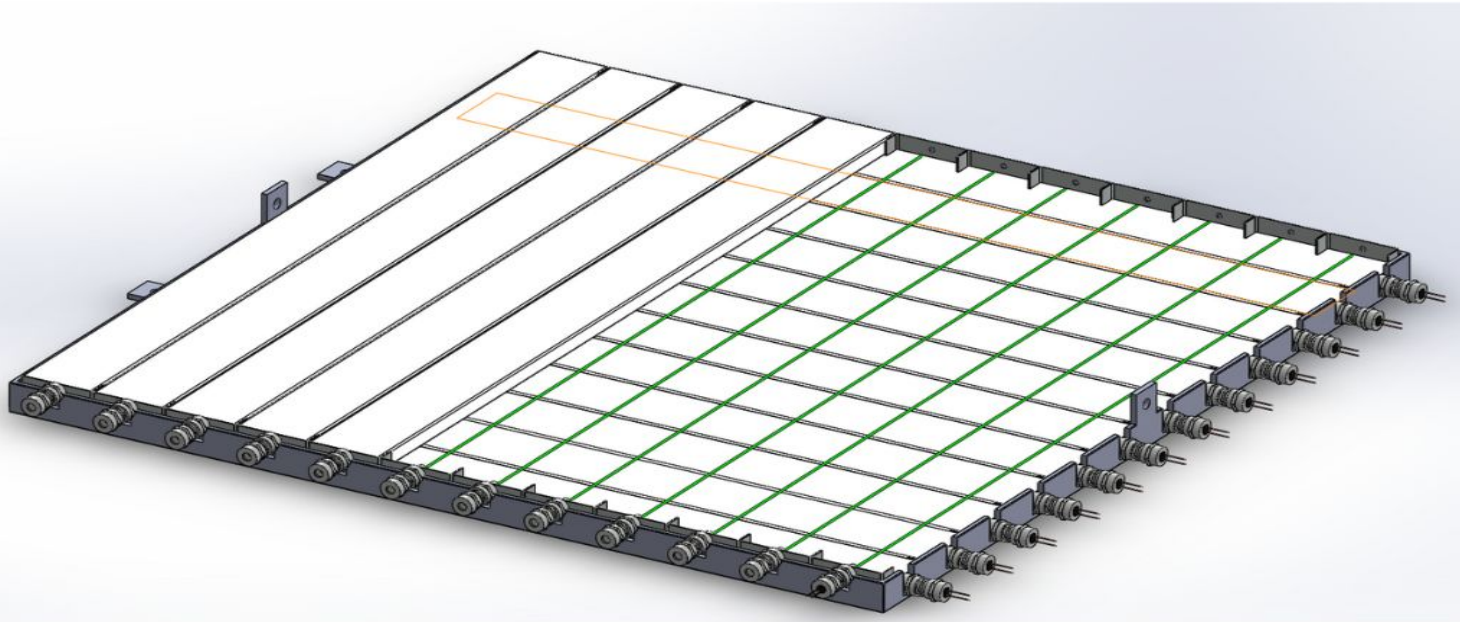
$$P(E_{\mu}, v)_{br} dv = \alpha \frac{N_A}{A} Z^2 r_e^2 \left(\frac{m_e}{m_{\mu}} \right)^2 \frac{16}{3} \left(\frac{3v}{4} + \frac{(1-v)}{v} \right) dv \cdot \left[\ln \left(\frac{12(1-v)}{5} \frac{E_{\mu}}{v m_{\mu} Z^{1/3}} \right) - \frac{1}{2} \right],$$

$$\frac{d\sigma}{dv d\rho} = 2 \frac{(Z\alpha r_e)^2}{3\pi} \left(\frac{1-v}{v} \right) \left[\Phi_e(E_{\mu}, \rho, v) + \left(\frac{m_e}{m_{\mu}} \right)^2 \Phi_{\mu}(E_{\mu}, \rho, v) \right]$$

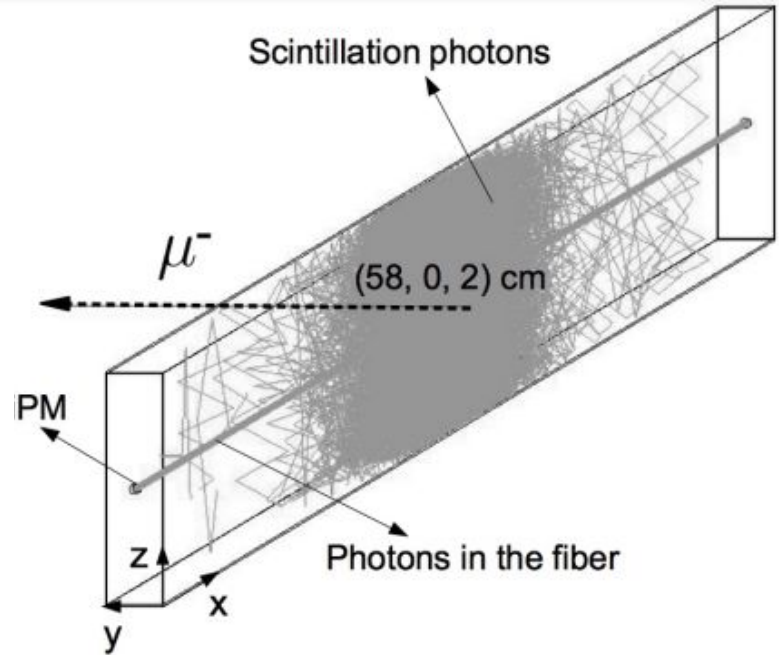
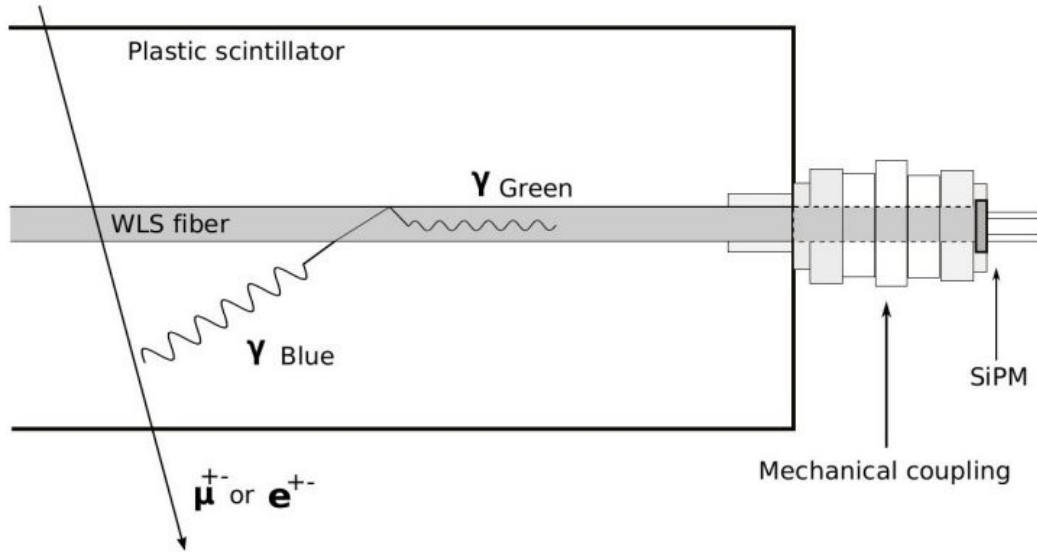
Muografia



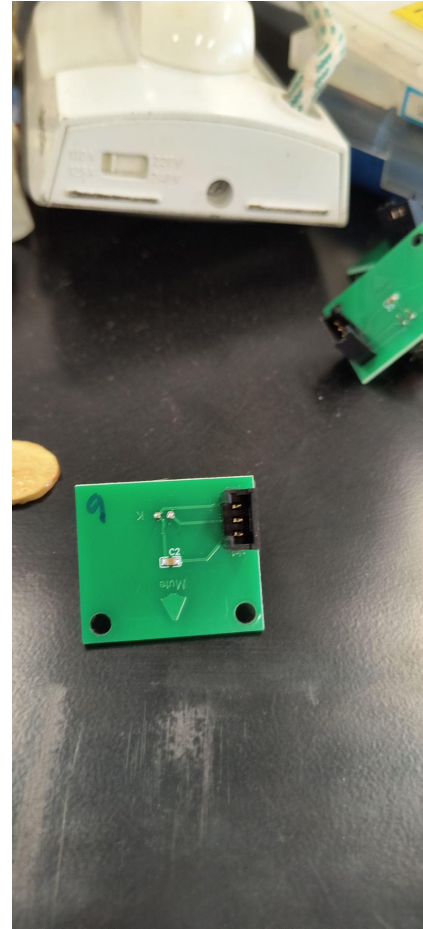
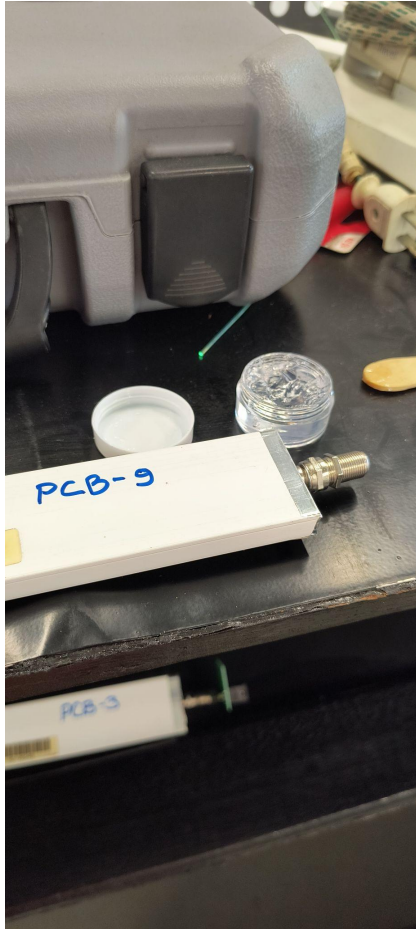
Panel centellador



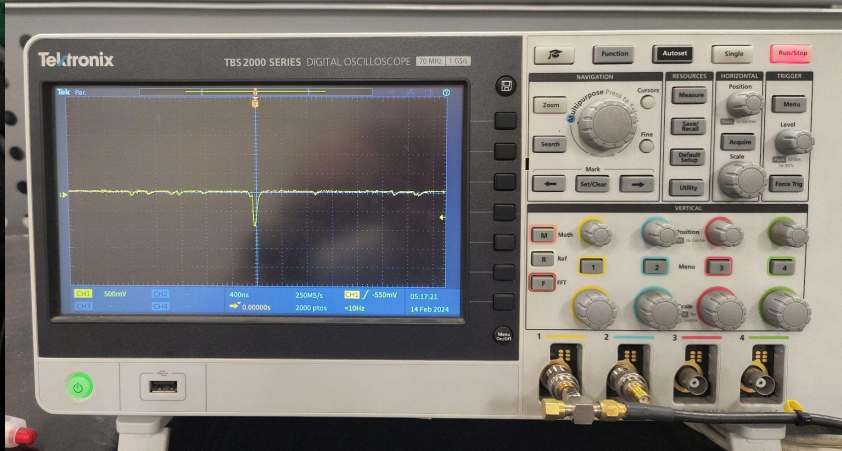
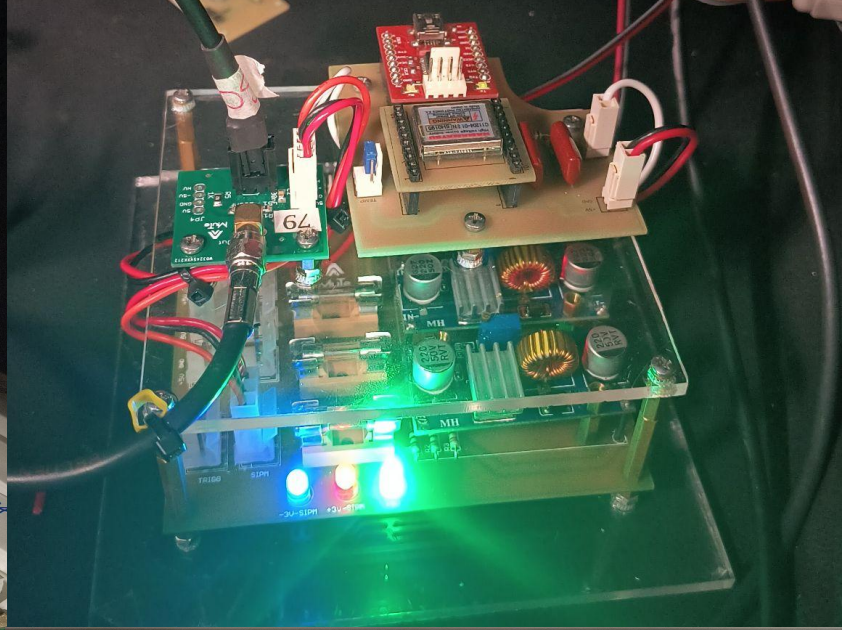
Barras centelladoras



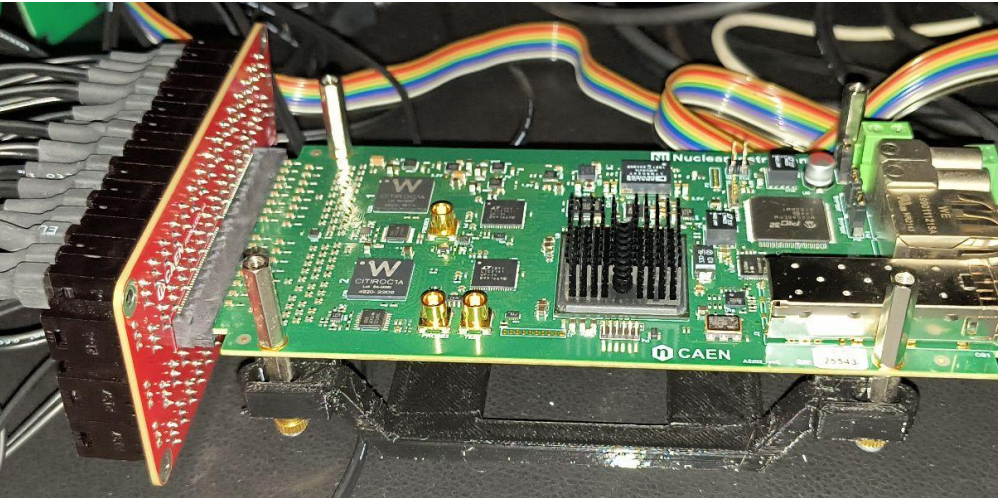
Barra-Cable-PCB



Sistema barra-SiPM -Fibra



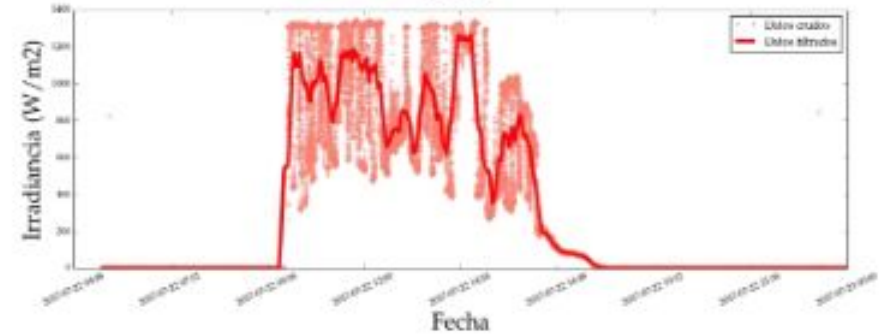
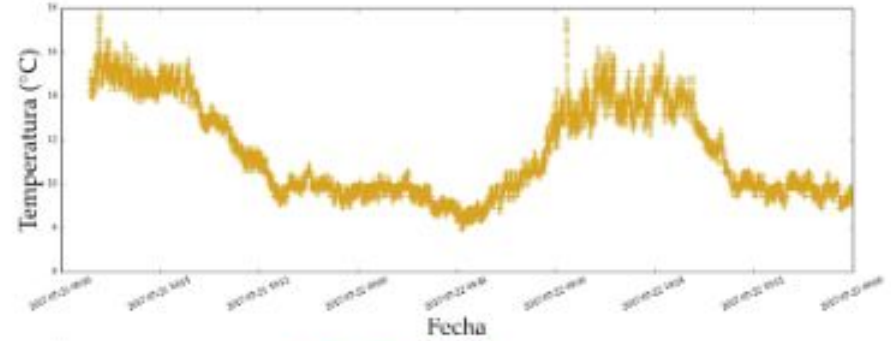
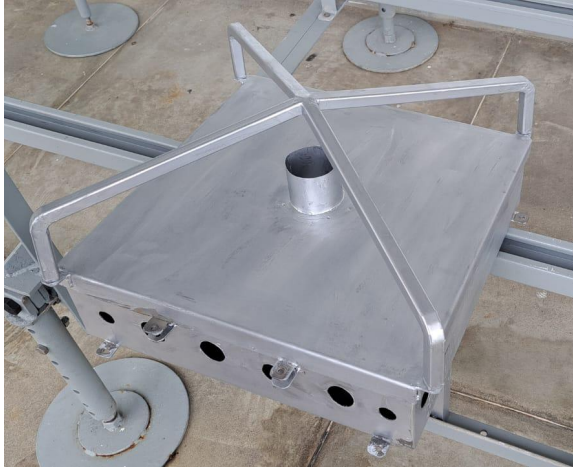
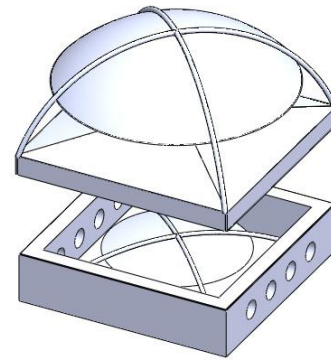
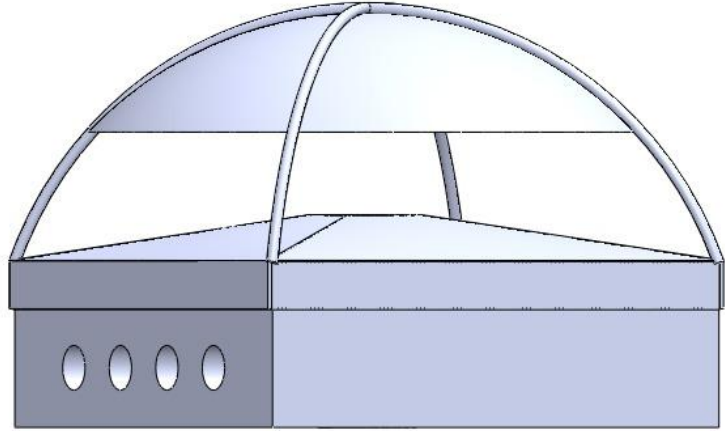
Sistema de adquisición



CAEN FERS-5200 DAQ, 64 Ch: convertidores AD, Logical Trigger, sincronización, memoria local e interfaz de lectura.

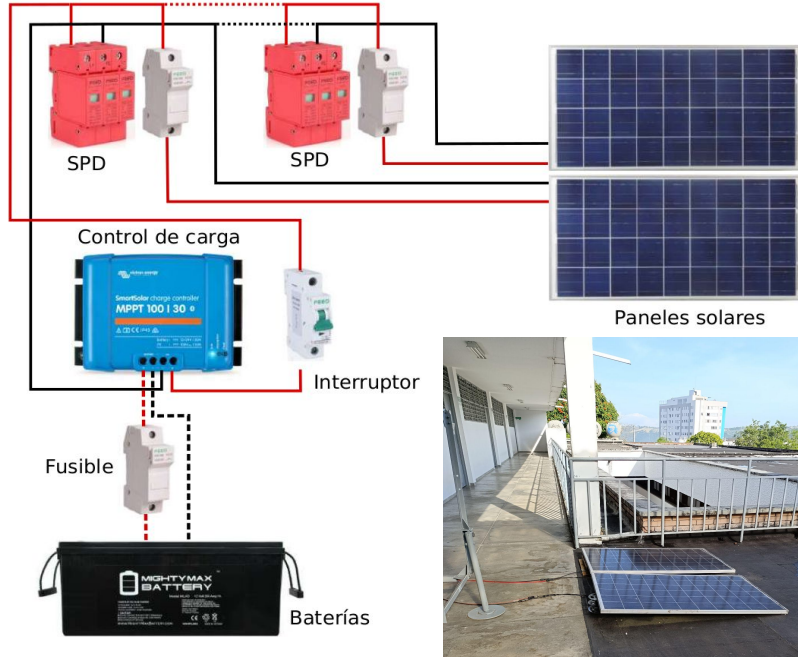


Caja térmica para la electrónica

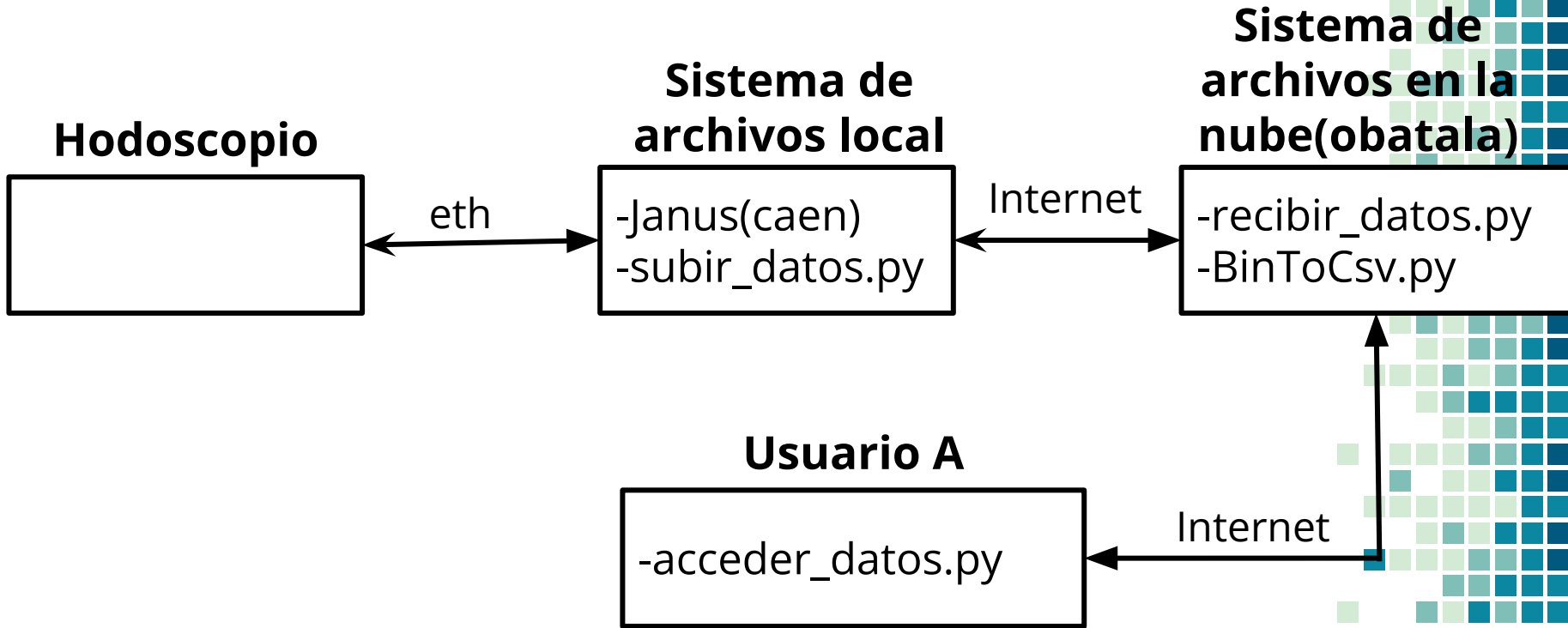




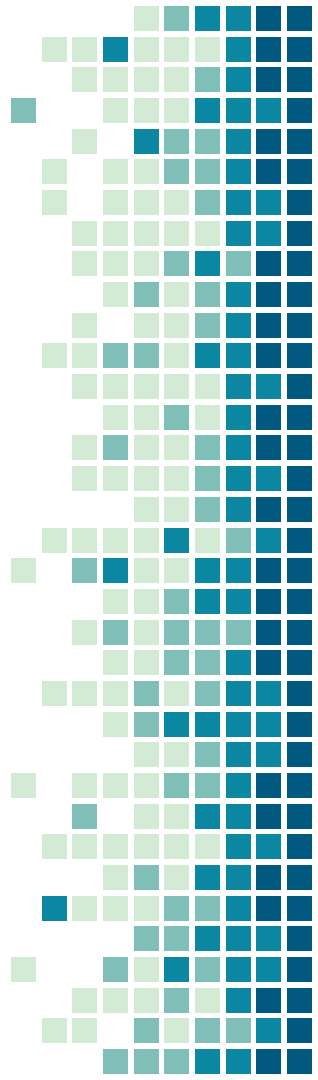
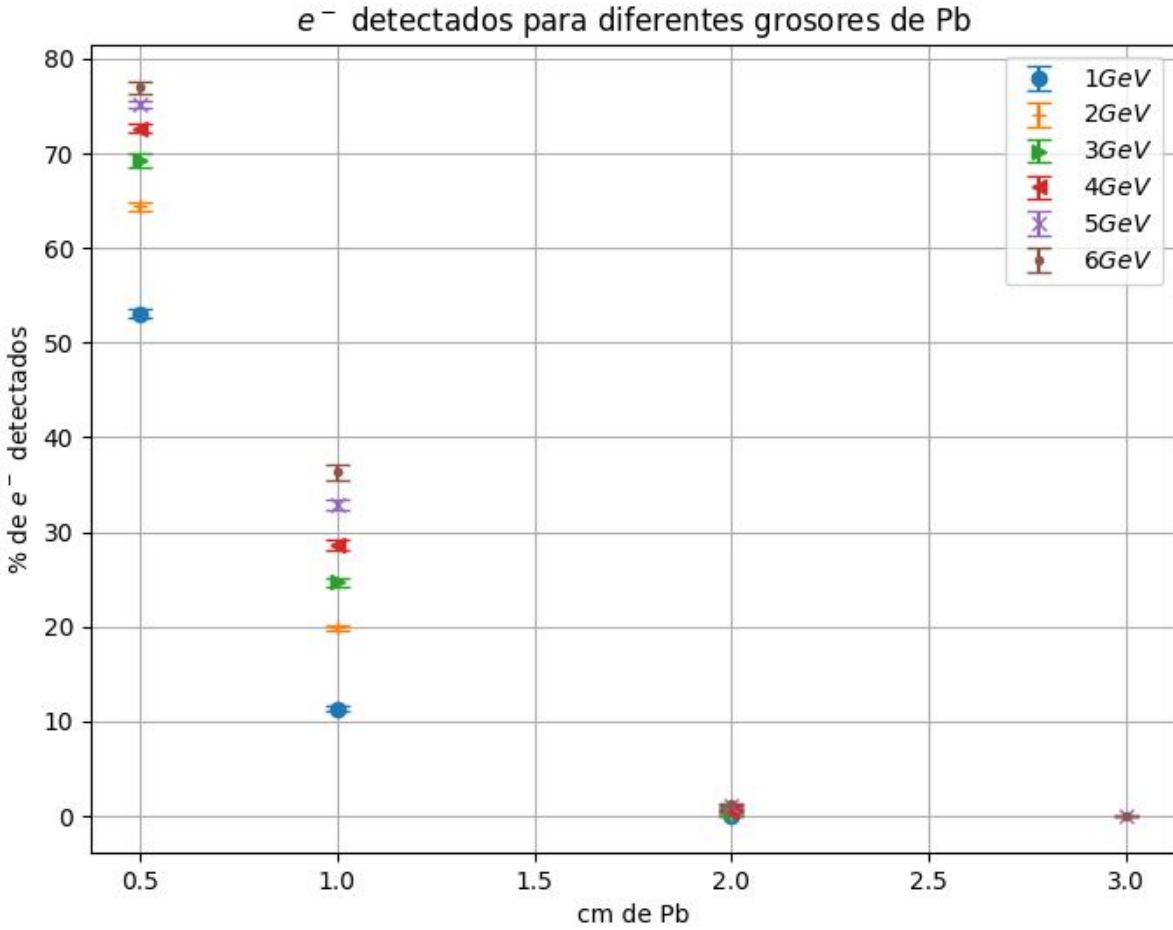
Sistema Fotovoltaico de respaldo



Sistema de gestión de datos



Atenuación Pb: Simulación



ROADMAP

Blue is the colour of the clear sky and the deep sea

1

Red is the colour of danger and courage

3

Black is the color of ebony and of outer space

5

Yellow is the color of gold, butter and ripe lemons

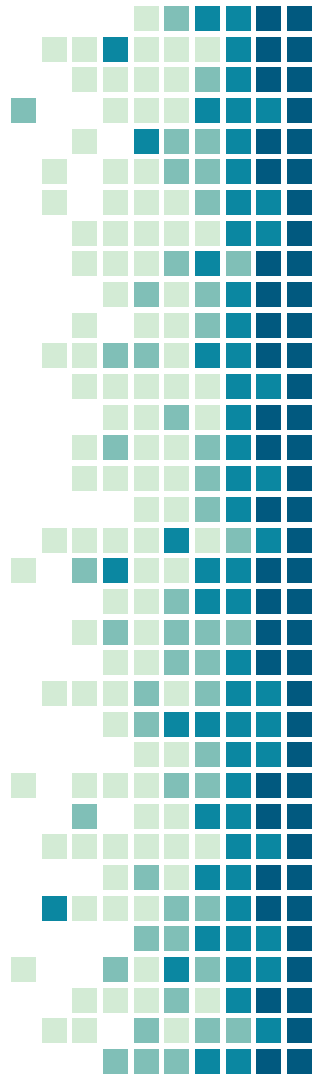
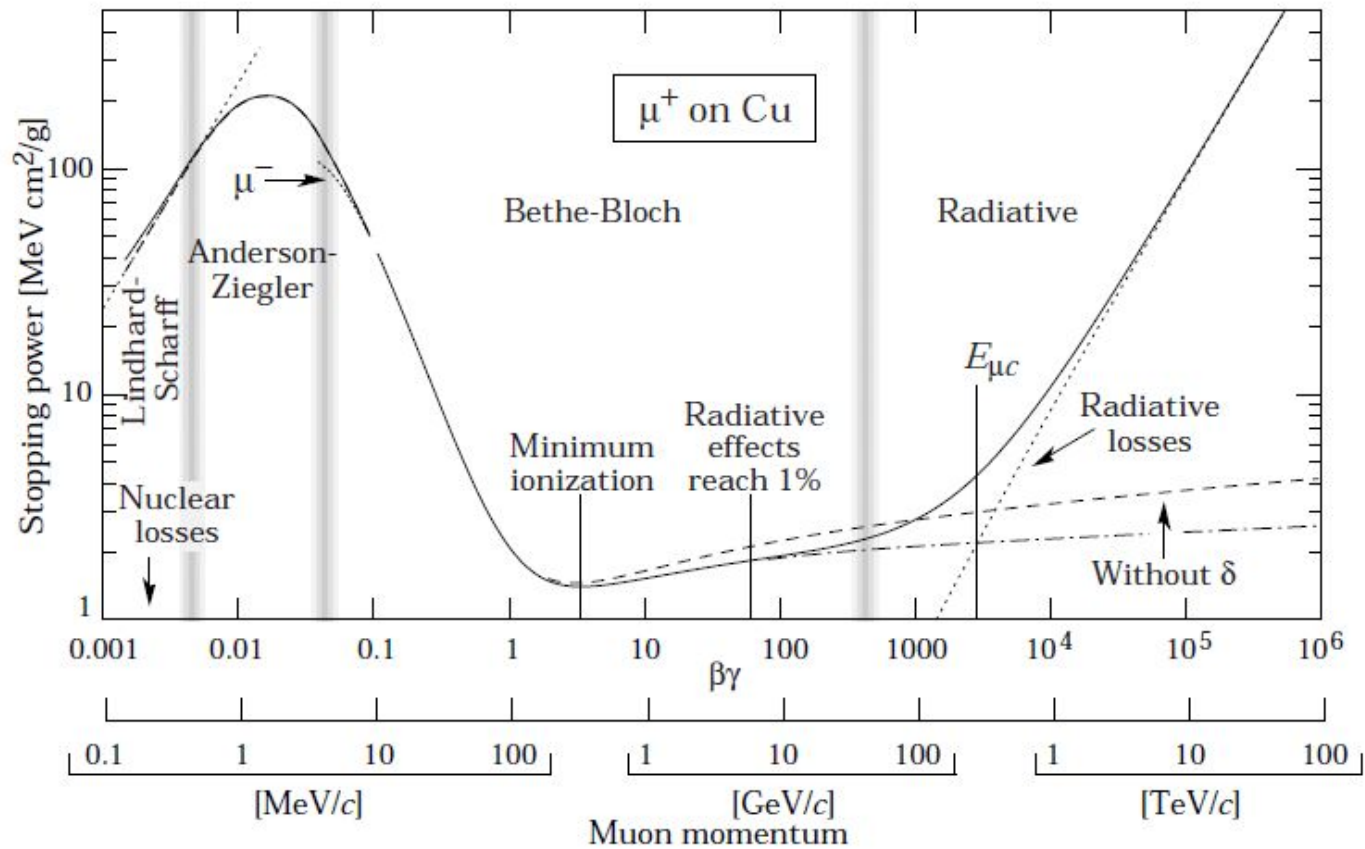
2

White is the color of milk and fresh snow

4

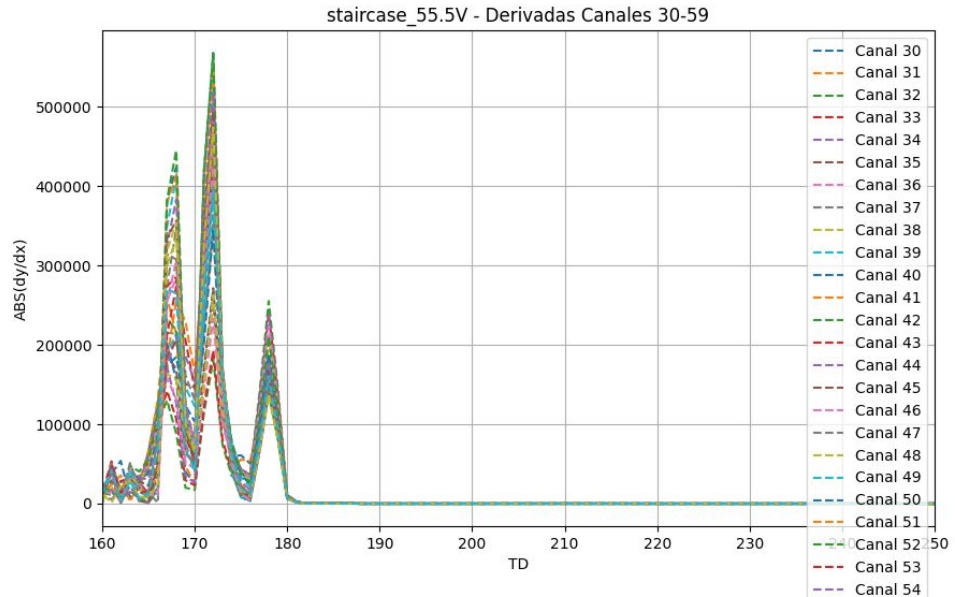
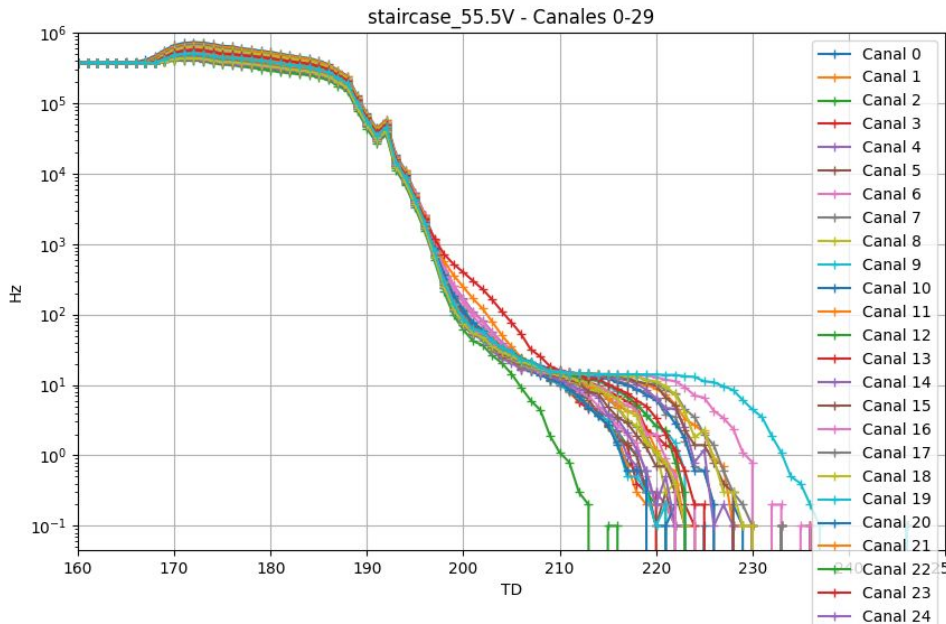
Blue is the colour of the clear sky and the deep sea

6

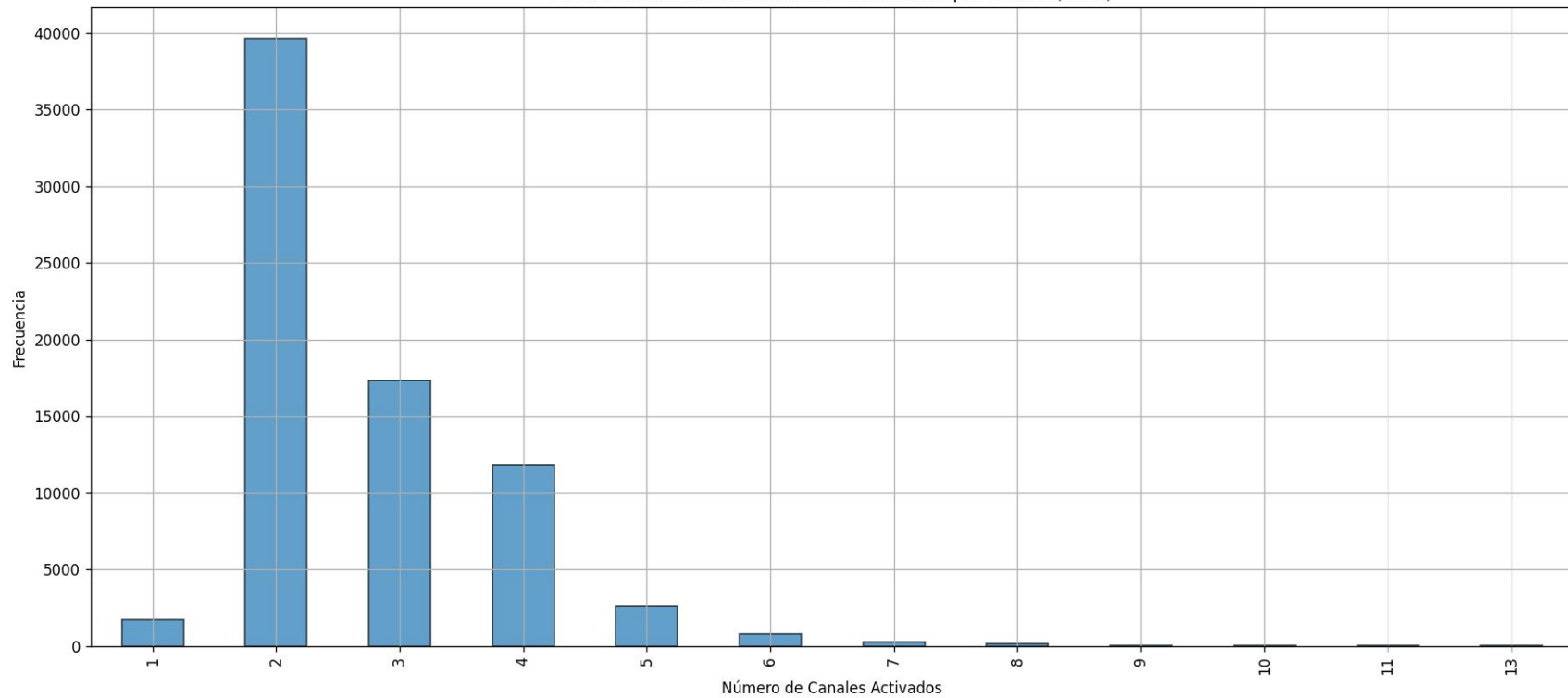


Calibración y Análisis de mediciones

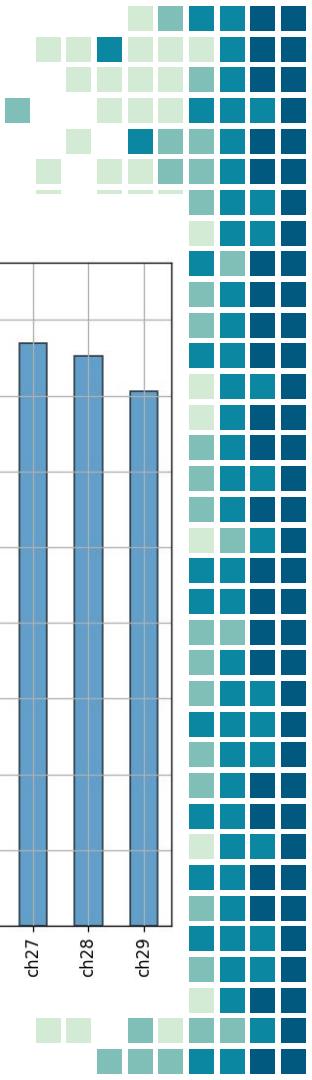
Dark Count Rate



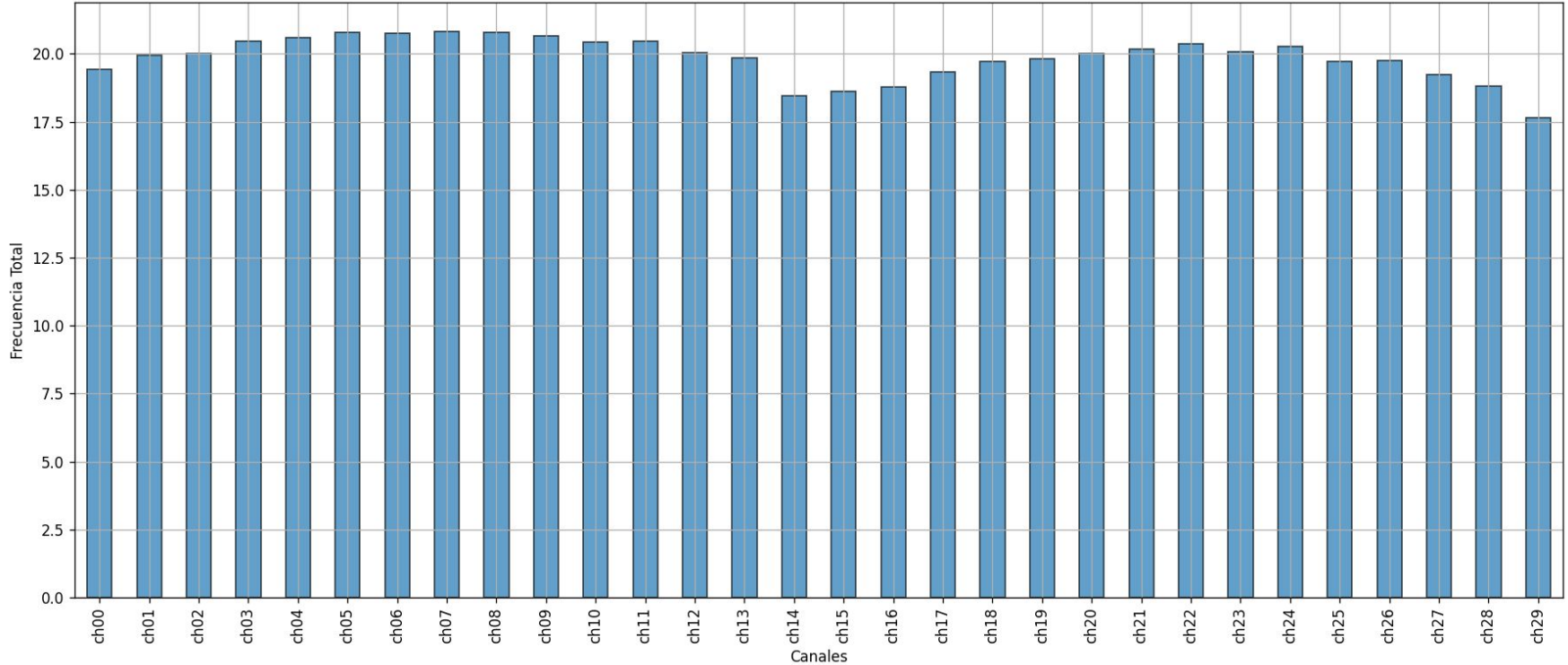
Frecuencia de Número de Canales Activados por Evento (ch09)



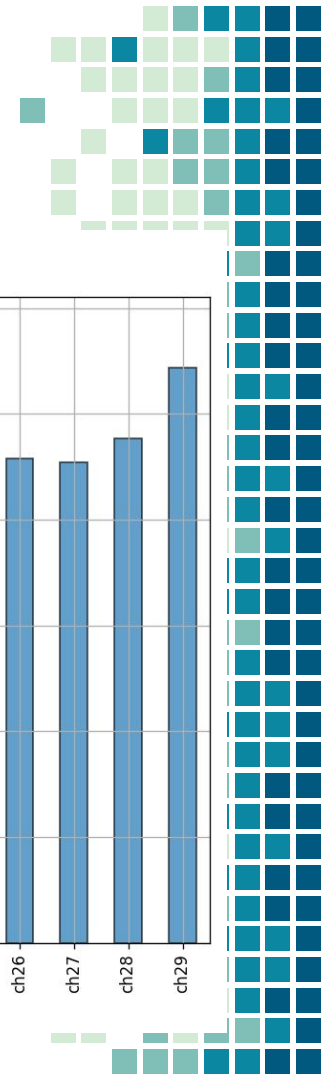
Simulación sin Pb, Conteo total por segundo



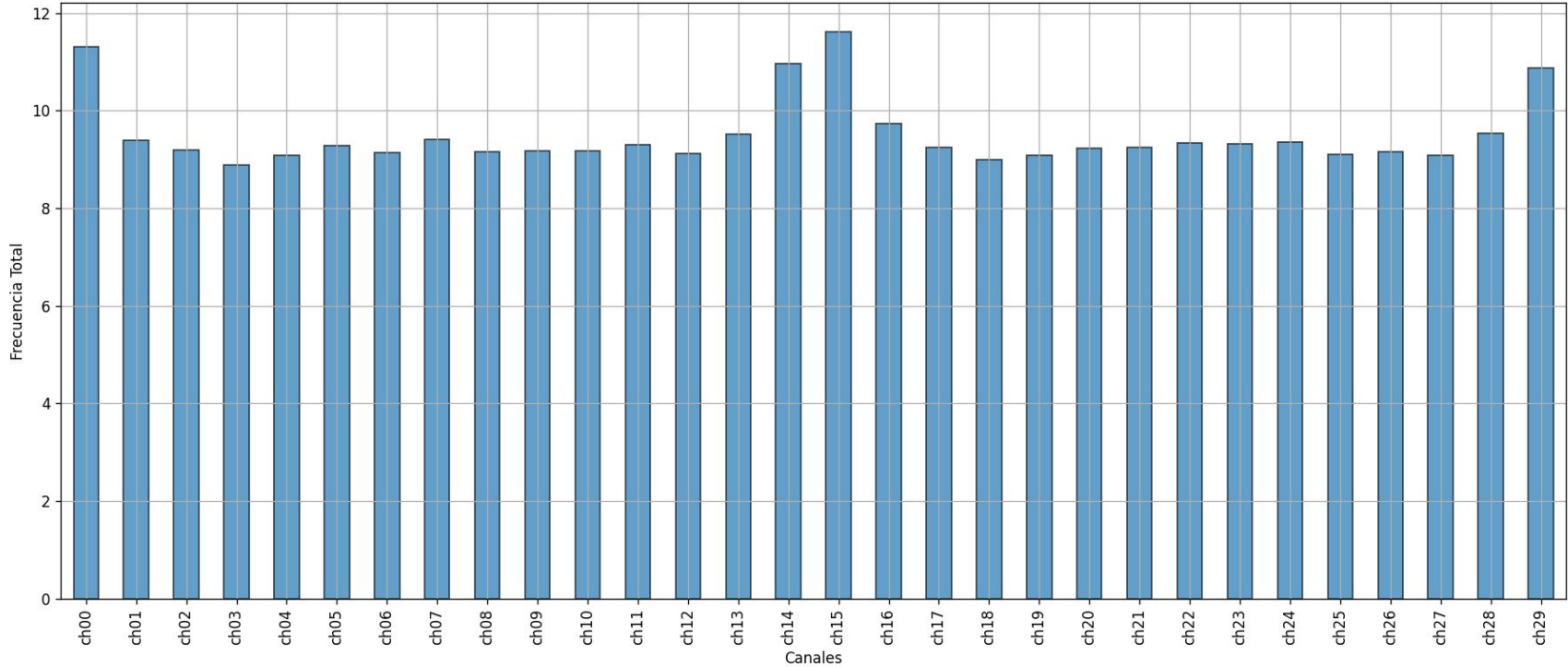
Frecuencia Total de Activación para Cada Canal
Media: 19.86, STD: 0.79



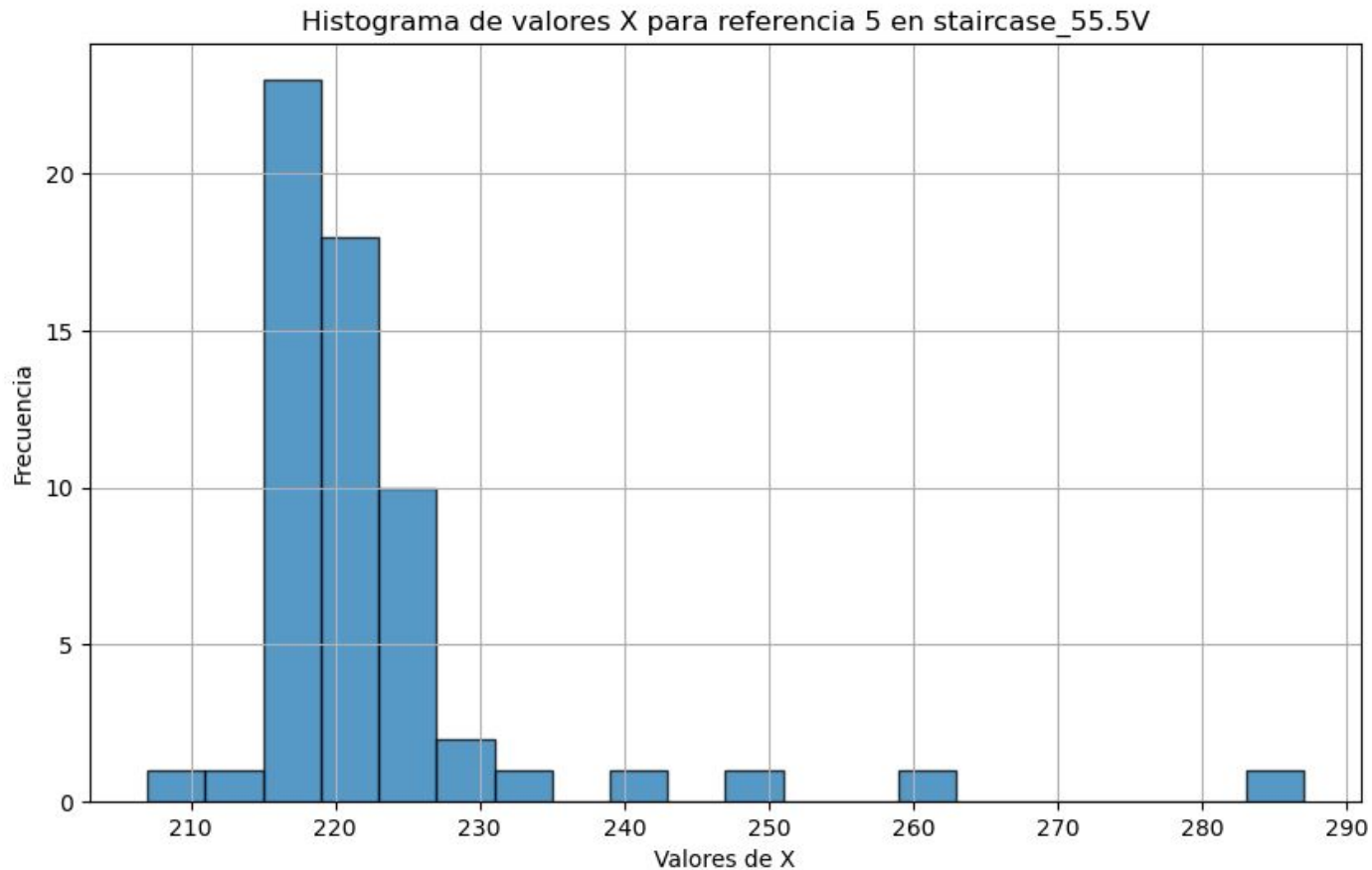
Con Pb, Conteo total por segundo



Frecuencia Total de Activación para Cada Canal
Media: 9.50, STD: 0.70

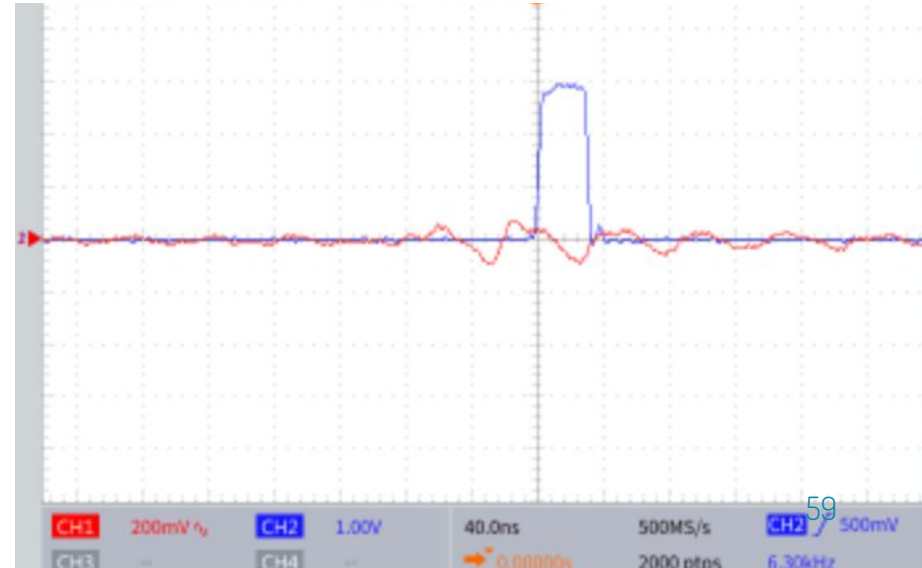
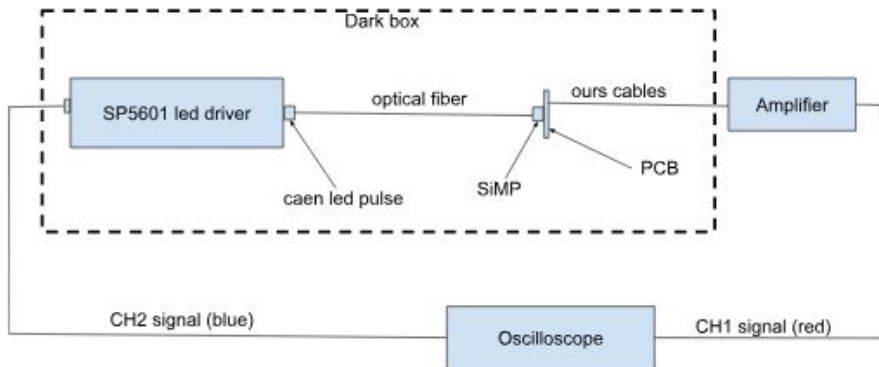


Valor de TD

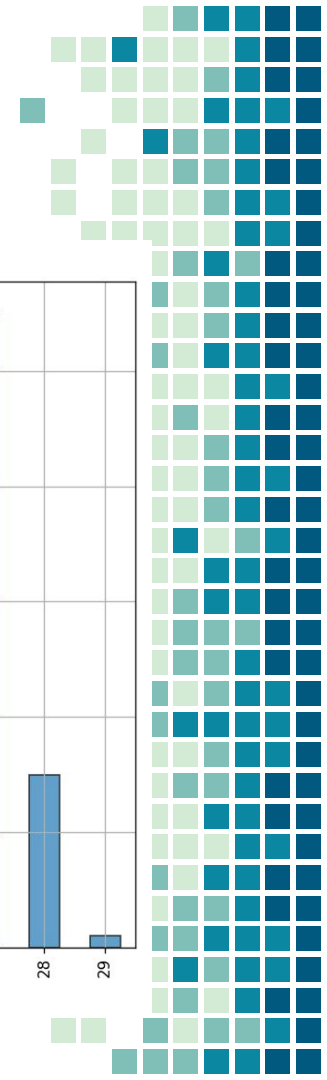


Pruebas internas a la FERS

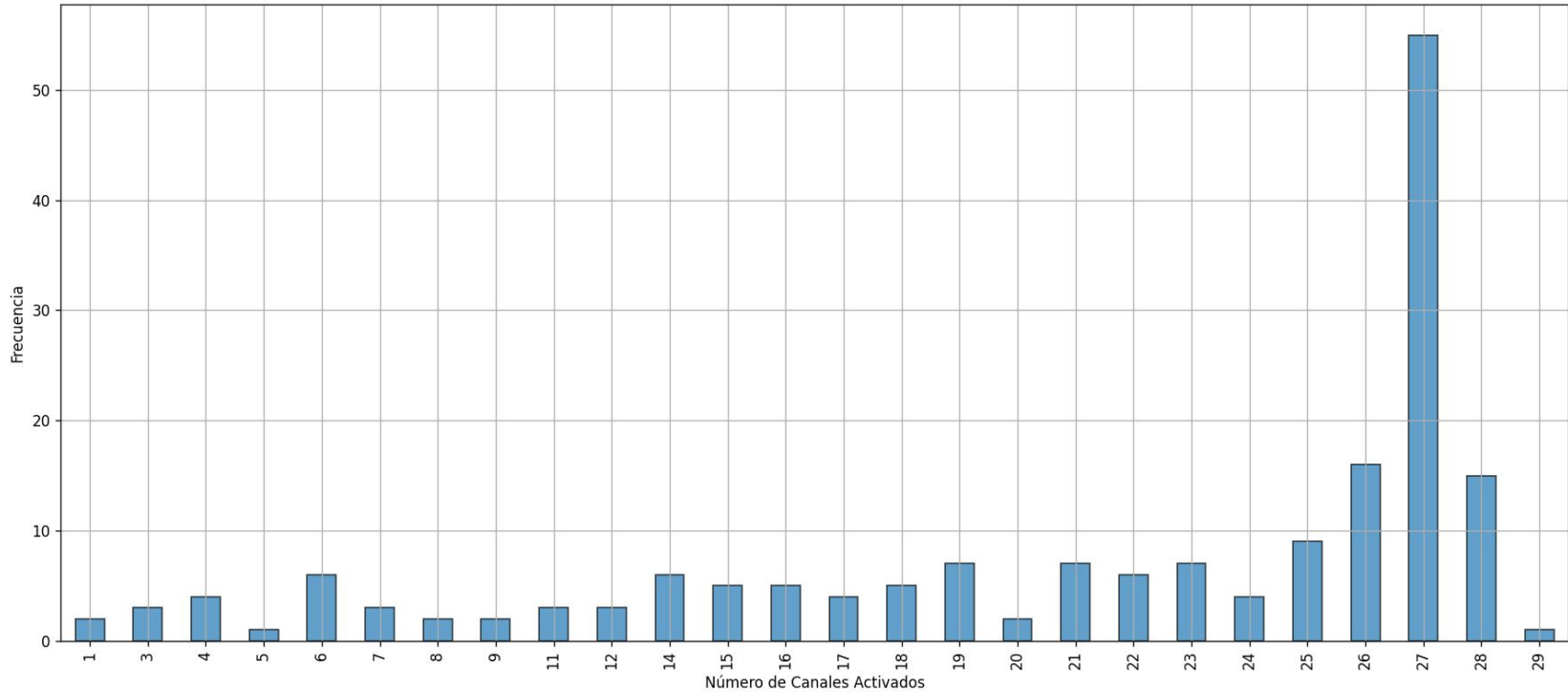
Experimental set-up scheme

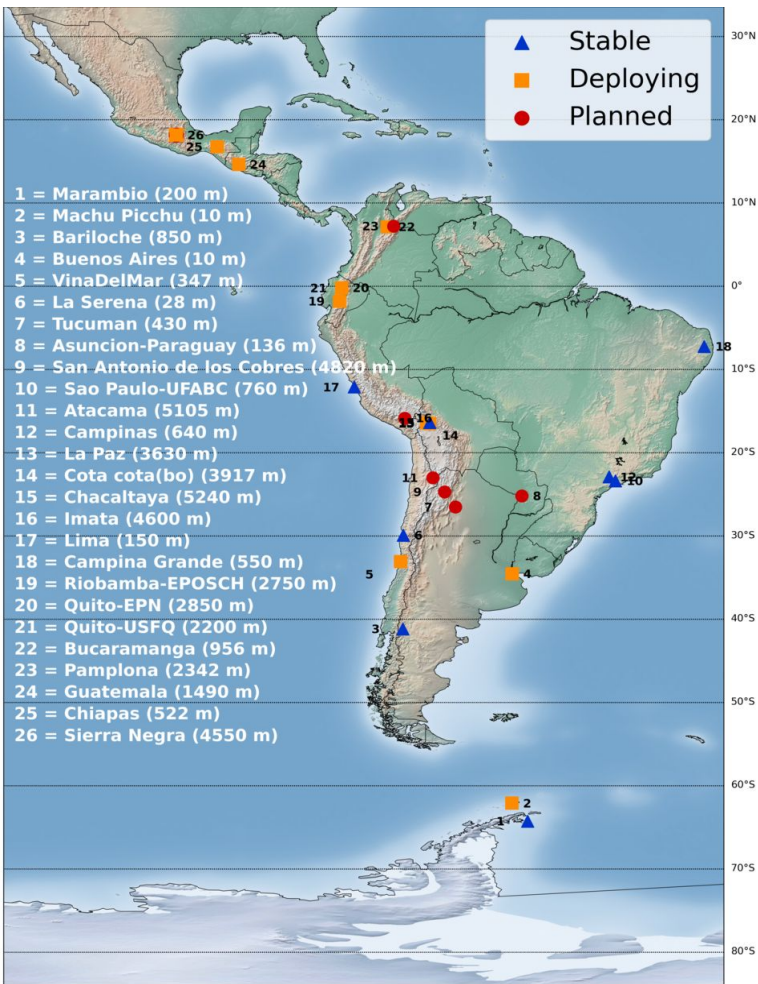


Datos Exp: # de canales activados por evento



Frecuencia de Número de Canales Activados por Evento (ch09)





LAGO es un observatorio ampliado de astropartículas a escala continental: ¡desde México hasta la Antártida y España!

- Fenómenos meteorológicos espaciales transitorios y a largo plazo a través de la modulación solar de los rayos cósmicos
- Medición de la radiación de fondo a nivel del suelo
- Objetivos académicos
 - Semillero HEP y astrofísica para estudiantes iberoamericanos
 - Construir una red iberoamericana de investigadores en astropartículas

□



