

Tomografía del Volcán Galeras

Investigadores:

A. Tapia, D. Dueñas, J. Rodríguez, J. Betancourt y D. Martínez

Estudiantes:

D. Alejandro Rodríguez, D. Torres y J. Arevalo

Grupos

*Departamento de Ciencias Básicas, Universidad de Medellín, Medellín, Colombia.
Universidad de Nariño, Pasto, Colombia.*

IIT Center for Accelerator and Particle Physics, Illinois Institute of Technology, Chicago-IL (USA).



INDICE

- ✓ **Introducción**
- ✓ **Revisión Bibliográfica**
- ✓ **Simulación EAS (Extensive Air Showers) y MLD (Distribución Lateral de Muones).**
- ✓ **Interacción de Rayos Cósmicos con la Atmosfera de Pasto.**
- ✓ **First Monte Carlo simulation study of Galeras Volcano structure using Muon Tomography**
- ✓ **Simulación de un Detector de Partículas Segmentado para Muones Atmosféricos.**
- ✓ **Trabajos en Desarrollo**
- ✓ **Detector Prototipo de Centelleo**



Introducción



Generalidades

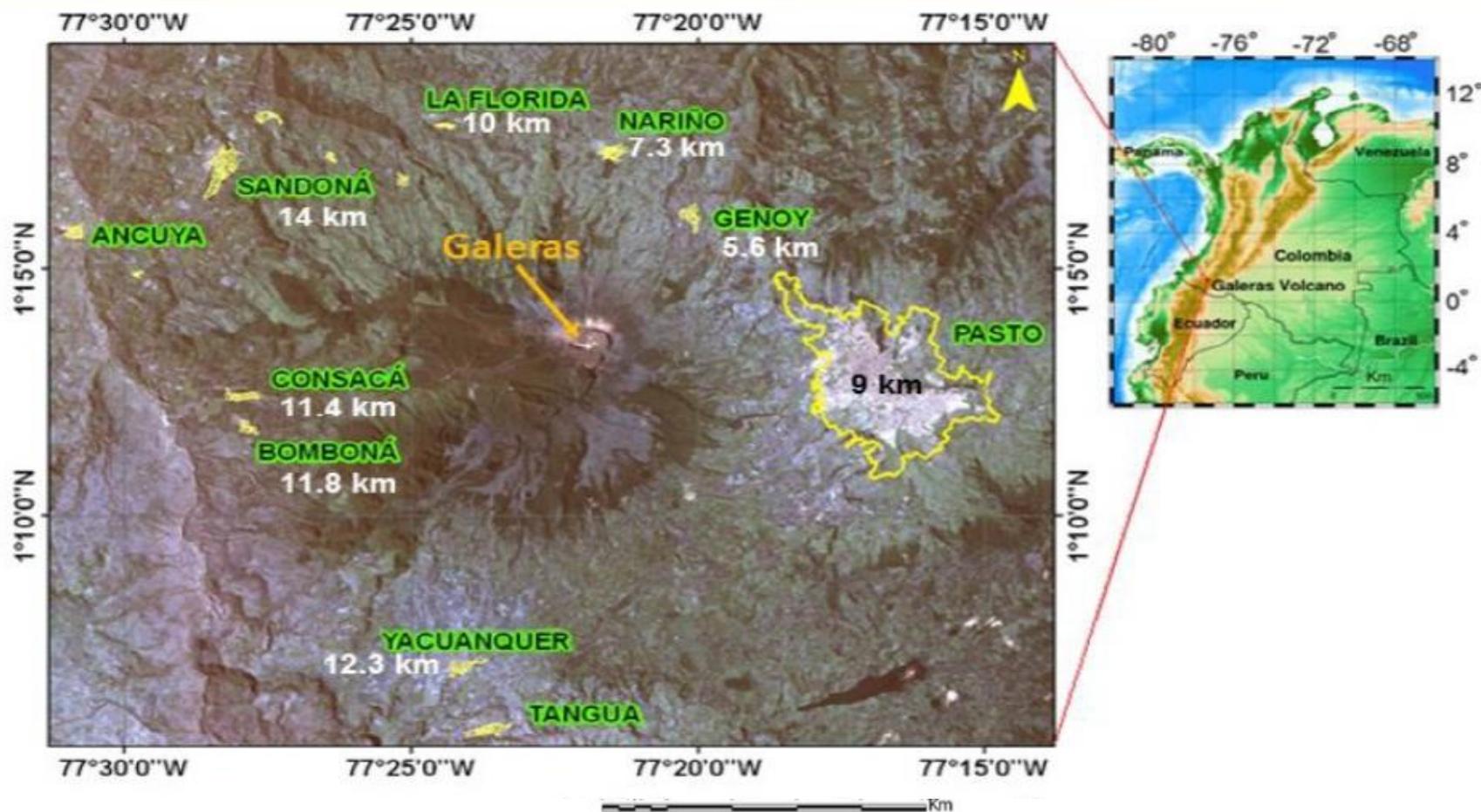


Figura : Imagen Landsat (NASA 2003) en donde se muestra el VG, la ciudad de San Juan de Pasto a 9 km al este del volcán y otras pequeñas poblaciones a su alrededor. Las distancias entre las poblaciones y el cráter activo se indican en kilómetros en la imagen. A la derecha se muestra el mapa de Colombia y la correspondiente localización del VG Fuente: Torres (2012).

Reactivación 1989 y actividad hasta el presente



Figura : Imagen del cono activo del VG, en el fondo del cráter principal se observa el domo de lava emplazado en 1991 Fuente: INGEOMINAS (2005).



Figura : Fotografía del domo de lava extruido entre finales de 2005 e inicios de 2006. Fuente: SGC (2015).

Estado Actual de Monitoreo de Actividad del Volcán

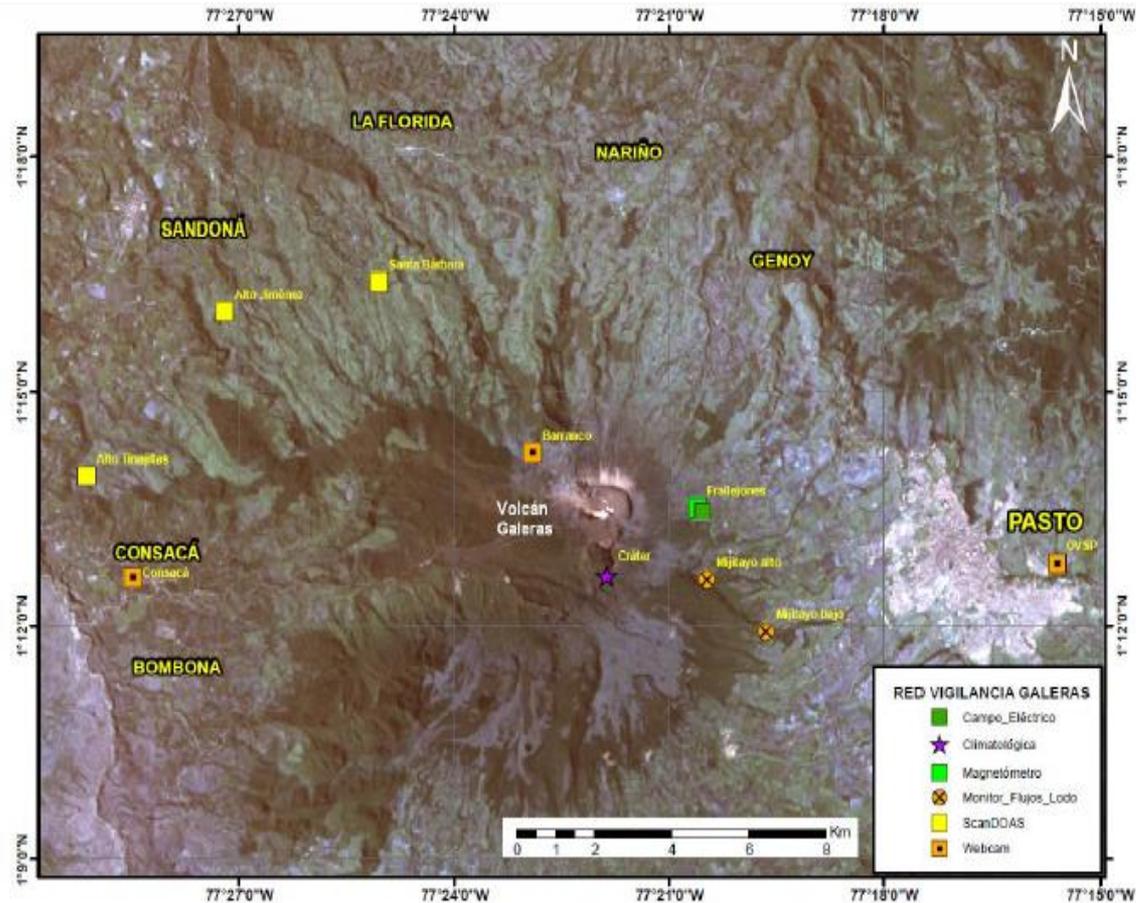


Figura : Localización de algunas de las estaciones con las que se monitorea el VG. Fuente: SGC(2015).

Inicio 2014

Revisión Bibliográfica

(Tomografía de Volcanes - Rayos Cósmicos -
Volcán Galeras - Sistemas de Detección y
Software para Simulaciones)

Rayos Cósmicos

¿Qué son los Rayos Cósmicos?

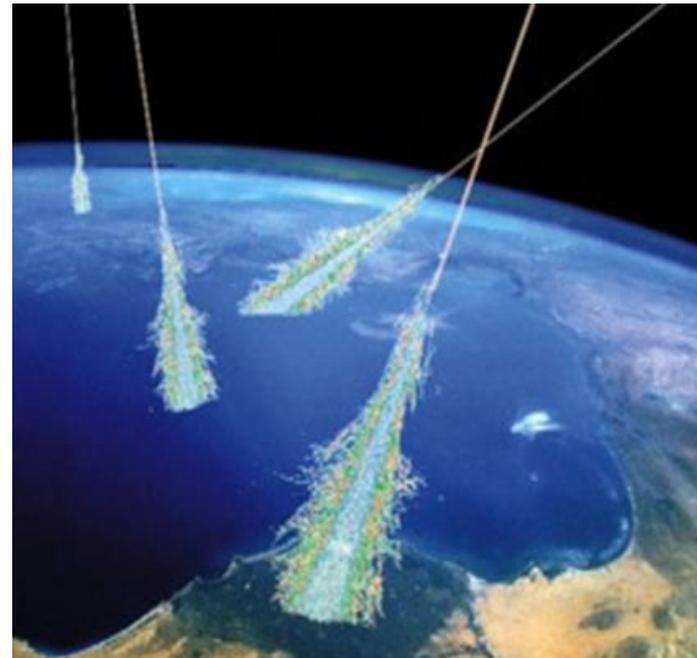
«Sobre las capas más altas de la atmósfera incide una fina lluvia de partículas cargadas, proveniente del espacio exterior y conocida como radiación cósmica primordial.» Cecil Frank Powell, 1950

Los Rayos Cósmicos no son rayos

Principalmente son partículas subatómicas cargadas eléctricamente.

También pueden estar compuestos por fotones (rayos gamma, rayos-X, radiación ultravioleta e infrarroja) y neutrinos.

Componente	Porcentaje
Protones	~ 87%
Partículas alfa	~ 10%
Electrones	~ 2%
Elementos Ligeros (Li, Be, B ...)	~ 0.25%
Antimateria	~ 0.01%



El viaje de los Rayos Cósmicos

Durante su trayecto por el espacio, los rayos cósmicos son acelerados hasta alcanzar energías desde 10^8 eV hasta 10^{20} eV (esta es la energía de una pelota de tenis a 100 km/h). En el LHC, el acelerador más potente construido por el hombre hasta ahora, solo puede llegarse hasta 10^{12} eV.

Se distinguen:

- Rayos cósmicos primarios

Los que llegan a las capas altas de la atmósfera terrestre. Son acelerados por fuentes astrofísicas.

- Rayos cósmicos secundarios

Los producidos por la interacción de los rayos cósmicos primarios con la atmósfera o en la tierra. También los producidos por la interacción de los rayos cósmicos en el medio interestelar (ej: productos de colisiones entre rayos cósmicos).

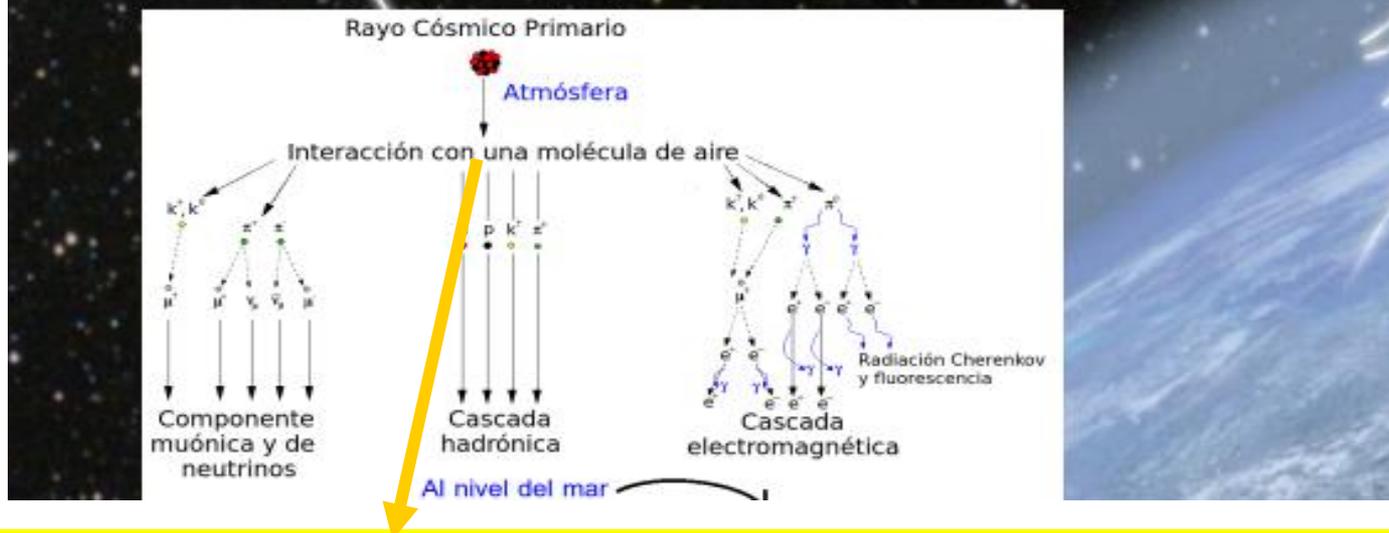
Rayos Cósmicos

¿Qué pasa cuando llegan a la tierra?

Cuando un rayo cósmico primario golpea la atmósfera:

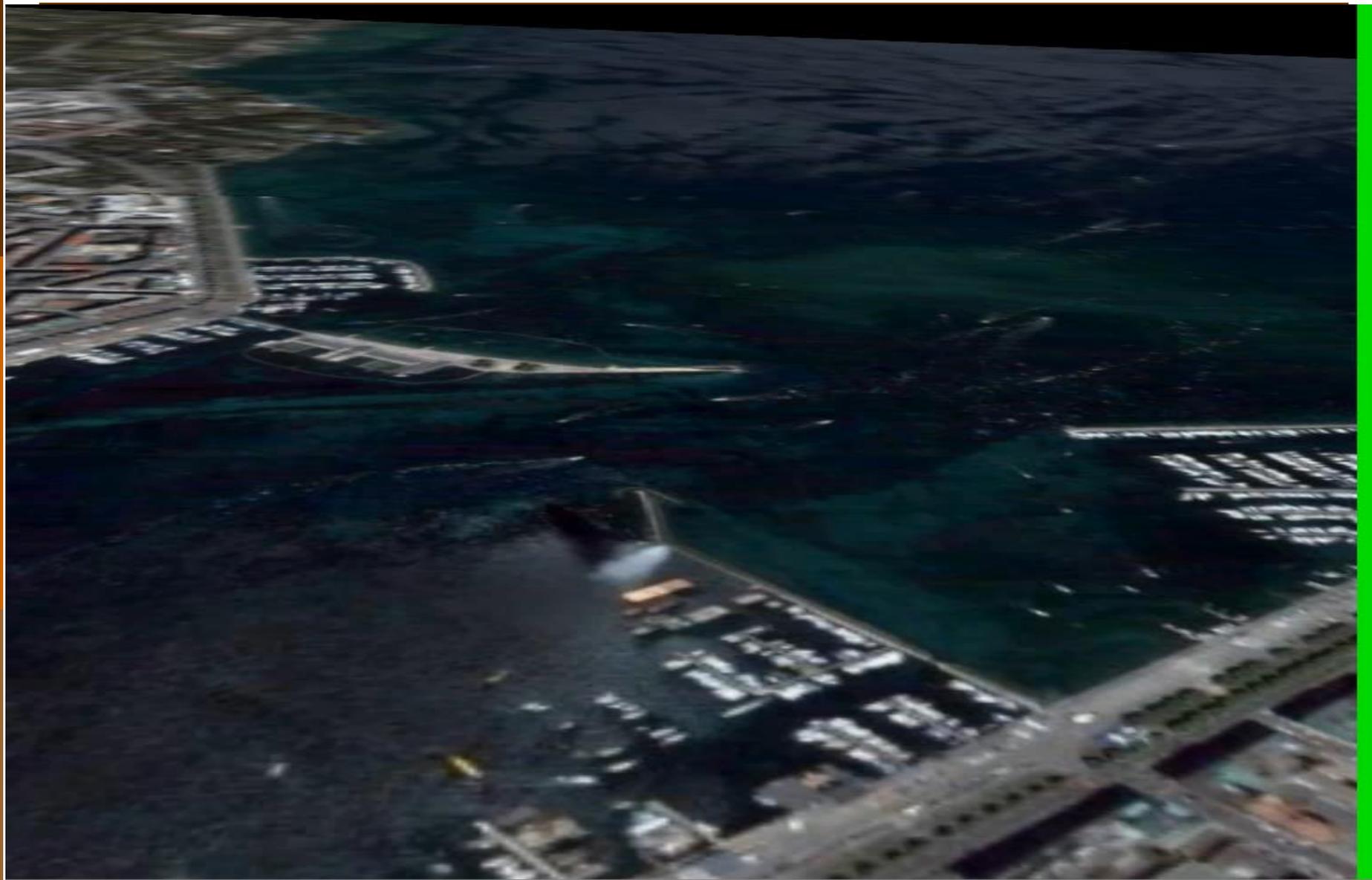
Se produce una reacción entre la partícula cósmica y una partícula de aire. Los rayos cósmicos primarios se rompen en partículas más pequeñas que pueden desintegrarse o golpear otras partículas de aire creando más subpartículas.

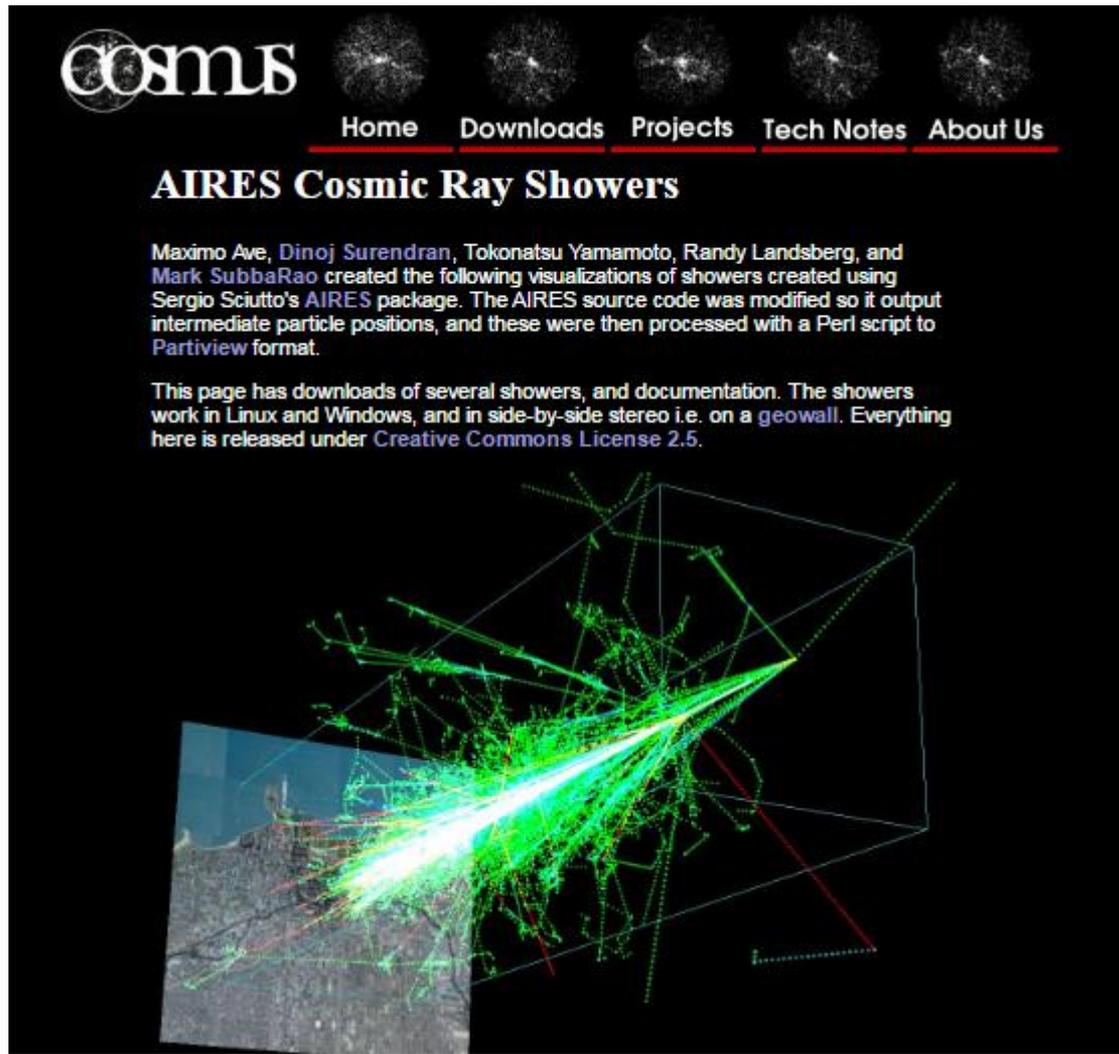
A medida que disminuye la altura, aumenta la densidad de aire y el número de colisiones aumenta.



Extensive Air Shower (EAS, “cascada” de partículas o Lluvias Atmosféricas Extendidas)

Rayos Cósmicos





cosmus Home Downloads Projects Tech Notes About Us

AIRES Cosmic Ray Showers

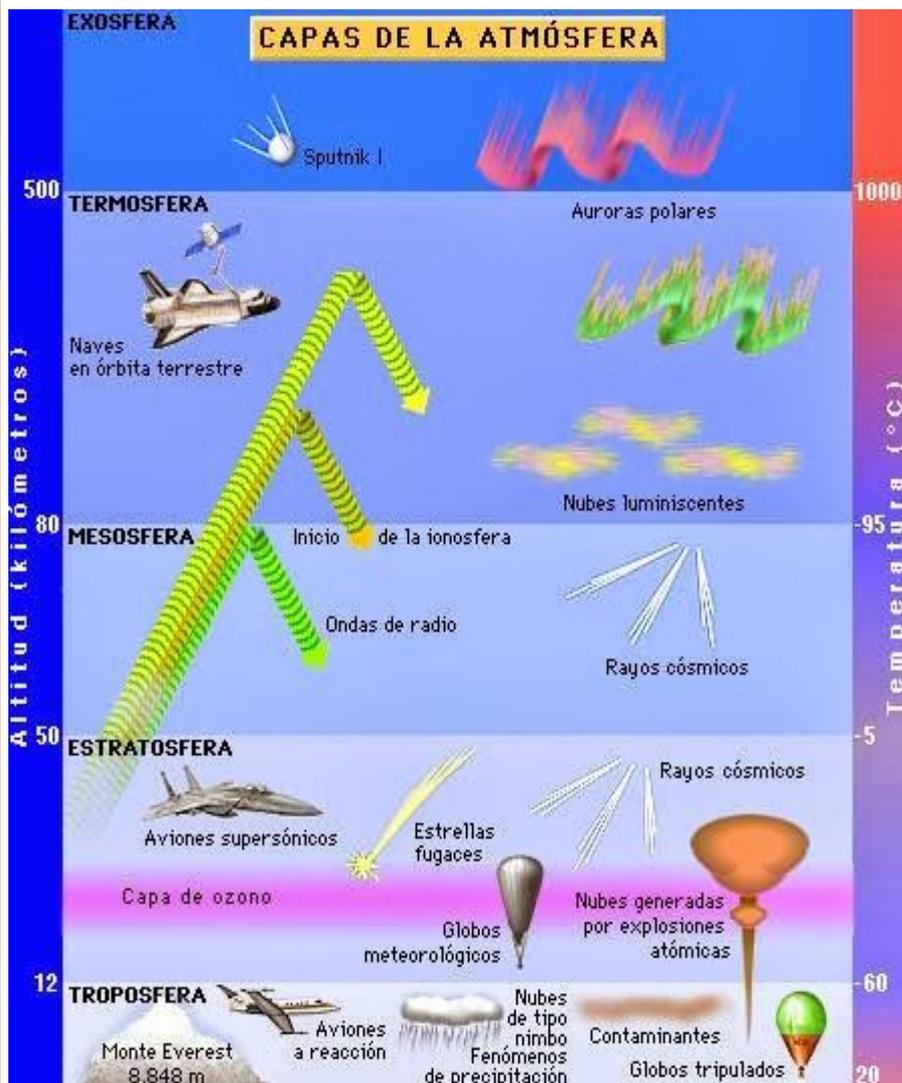
Maximo Aze, Dinoj Surendran, Tokonatsu Yamamoto, Randy Landsberg, and Mark SubbaRao created the following visualizations of showers created using Sergio Sciutto's AIRES package. The AIRES source code was modified so it output intermediate particle positions, and these were then processed with a Perl script to Partiview format.

This page has downloads of several showers, and documentation. The showers work in Linux and Windows, and in side-by-side stereo i.e. on a geowall. Everything here is released under Creative Commons License 2.5.

The image shows a 3D visualization of a cosmic ray shower. A bright green beam of light enters from the left, hitting a grey rectangular surface. From the impact point, a complex, branching structure of green lines and dots extends outwards, representing the cascade of particles in the shower. The background is black, and the entire scene is enclosed in a white wireframe box.

<http://astro.uchicago.edu/cosmus/projects/aires/>

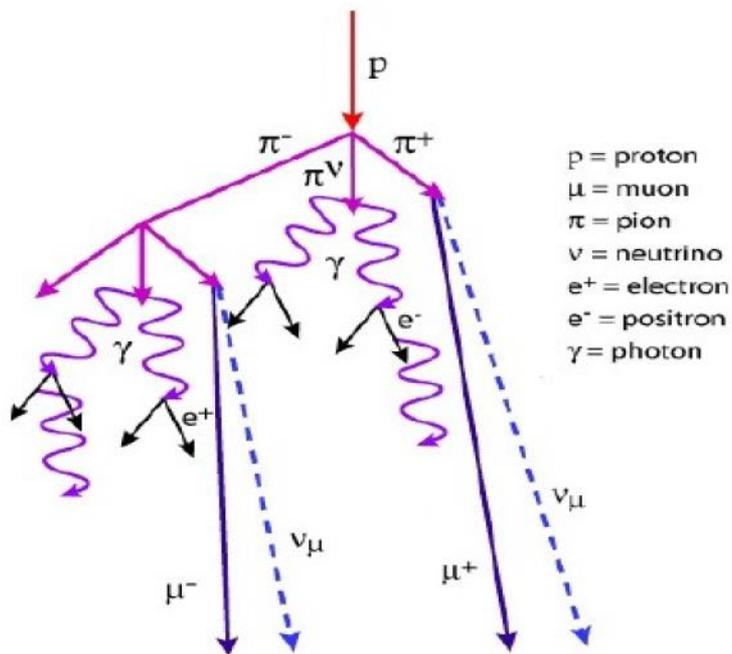
Evolución de las cascadas y producción de muones



La atmósfera como gran volumen de materia tiene las siguientes características:

1. Baja densidad atómica (extensa dispersión de partículas secundarias (μ)).
2. El espesor (50 Km) vertical para que las cascadas alcancen el desarrollo máximo de partículas, permite (NP con E).
3. La inhomogeneidad del perfil permite establecer diferentes zonas de multiplicación y absorción.

Evolución de las cascadas y producción de muones



Dependiendo de partícula primaria, la energía (E) y la inclinación (θ) del eje de la cascada, se observara a nivel del suelo una distinta contribución de cada componentes.

Componente	Porcentaje
Neutrinos	~ 66%
Muones	~ 33%
Protones y neutrones	~ 0.7%
Electrones y positrones	~ 0.1%
Piones	~ 0.01%

Diagrama de la formación de muones a partir de un protón .

Existen dos tipos de fuentes de muones para ser utilizados en la tomografía de volcanes:

1. La primera corresponde a fuentes artificiales producidas en los aceleradores de partículas (Nagamine de 2003).
2. La segunda fuente es natural y la más utilizada hasta la fecha, su origen cósmico y pertenece a los rayos cósmicos secundarios.

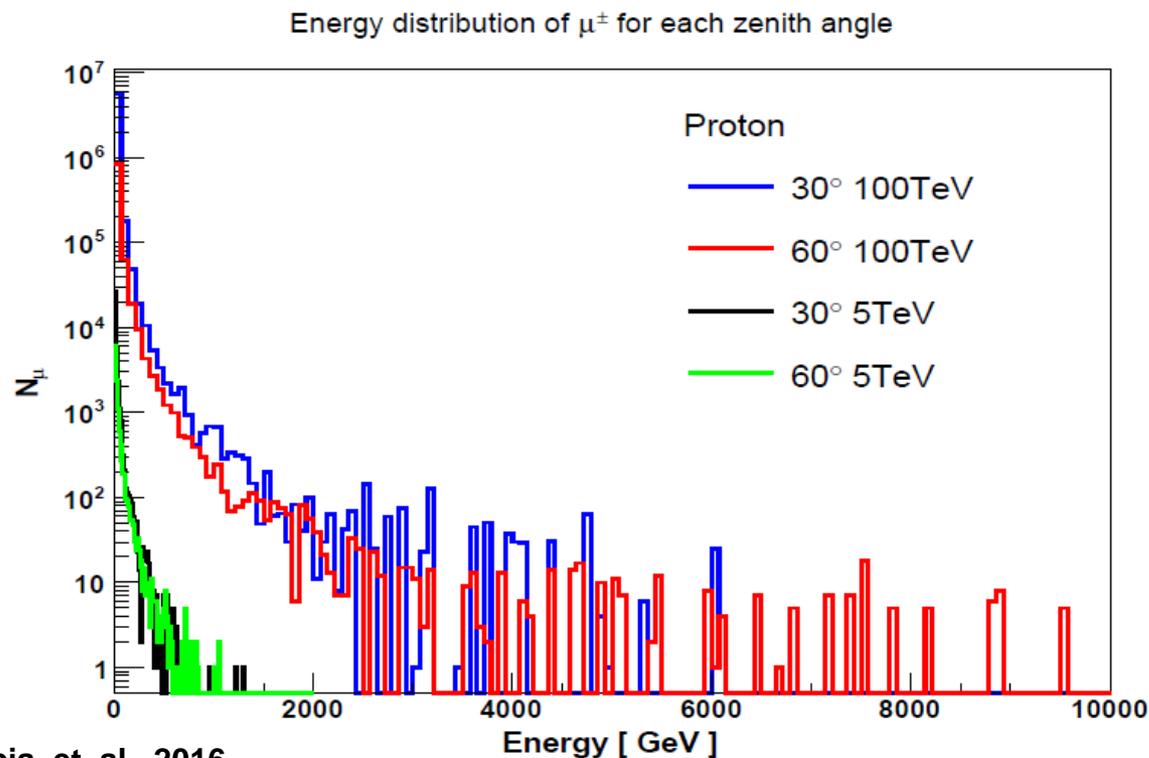
Los rayos cósmicos secundarios se producen a 15 km de los primarios (p en 82,4 %, y α de 11,5 %) y moléculas.

Al nivel del mar 63% son muones con $E_0 \approx 4\text{GeV}$ a $\theta \approx 0$.

Modelos del Flujo de Muones

El flujo diferencial $\varphi_0 \equiv dN(E_0, \theta)/dE_0$ ($\text{cm}^{-2} \text{sr}^{-1} \text{s}^{-1} \text{GeV}^{-1}$):

Por simulación de Monte Carlo, las EAS. Los muones se propagan y atenuan por la atmósfera. Los cálculos se realizan con códigos de simulación como CORSIKA (de Heck et al., 1998), donde incluye la dependencia geomagnética y la altitud.

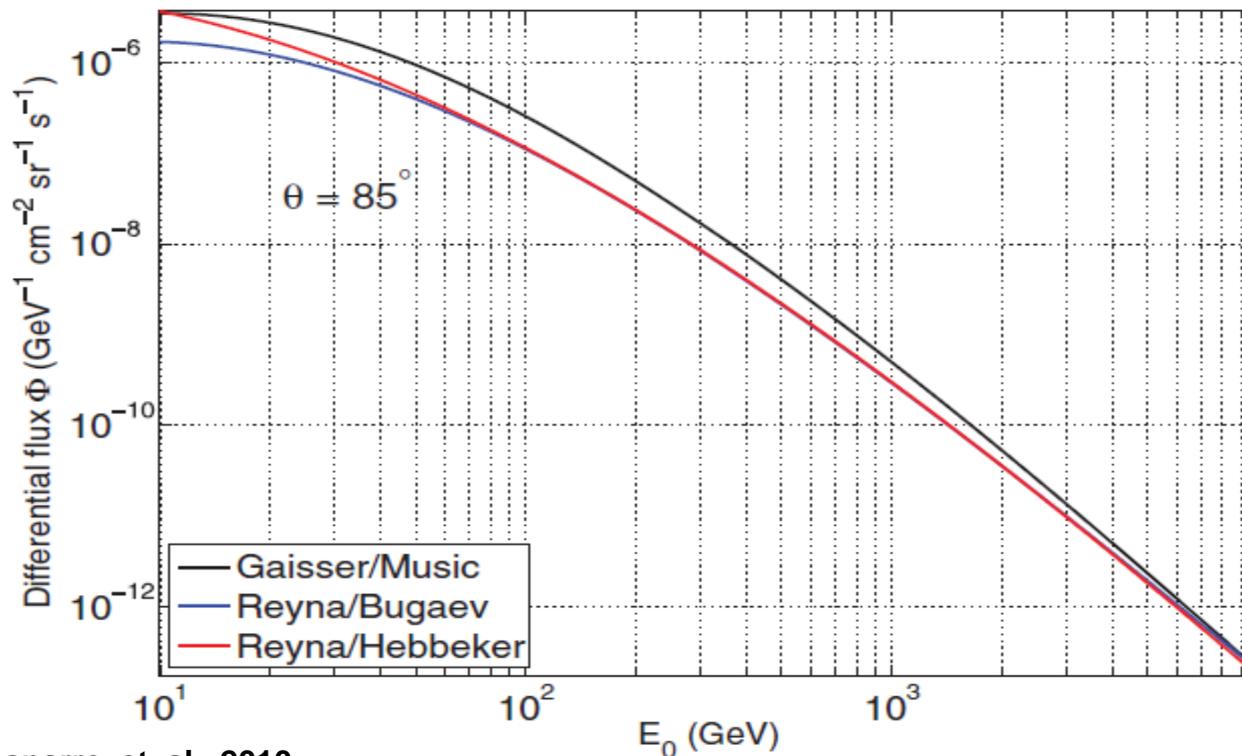


Tomado de: A. Tapia, et. al., 2016

Modelos del Flujo de Muones

El flujo diferencial de los muones $\phi_0 \equiv dN(E_0, \theta)/dE_0$ ($\text{cm}^{-2} \text{sr}^{-1} \text{s}^{-1} \text{GeV}^{-1}$):

Por ajuste de curvas paramétricas empíricas medidas a nivel del mar. La parametrización de las curvas de ajuste se inspira en la física (por ejemplo Gaisser 1990 y Bugaev et al 1998).



Tomado de: Lesparre, et. al., 2010

Modelos del Flujo de Muones

Y asumen un flujo de protones primario de la forma $P_0 E^{-\gamma}$, con $P_0 \approx 1,8 \text{ cm}^{-2} \text{ sr}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ GeV}^{\gamma-1}$ y $\gamma \approx 2.7$. Este enfoque produce una forma analítica del espectro de muones propuesto inicialmente por (Bugaev et al 1970.) y popularizado por Gaisser (1990), que dice:

$$\Phi_G(E_0, \theta) = A_G E_0^{-\gamma} \left(\frac{1}{1 + \hat{E}_0 \cos \theta / E_{0,\pi}^{\text{cr}}} + \frac{B_G}{1 + \hat{E}_0 \cos \theta / E_{0,K}^{\text{cr}}} + r_c \right),$$

Table 2. Values of the parameters of model (2) determined by several authors.

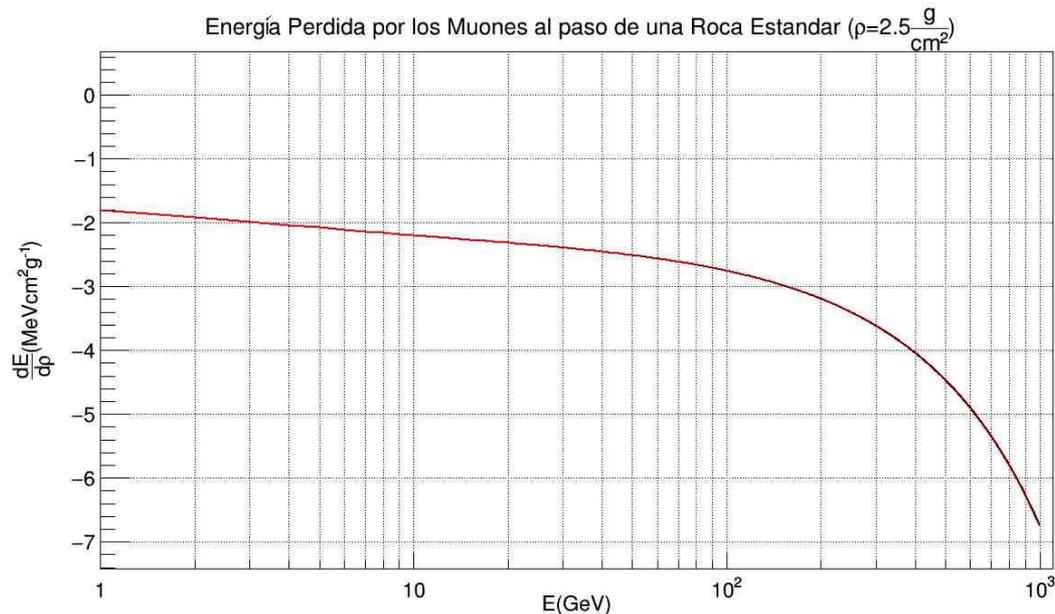
Model	A_G	B_G	γ	$E_{0,\pi}^{\text{cr}}(0)$	$E_{0,K}^{\text{cr}}(0)$	r_c	E_0 range (GeV)	Reference
MS1	0.1258	0.0588	2.65	100	650	0	$100 - 10^5$	Volkova <i>et al.</i> (1979)
MS2	0.14	0.054	2.70	115/1.1	850/1.1	0	$100 - 10^5$ and $\theta < 70^\circ$	Gaisser (1990)
MS3	0.175	0.037	2.72	103	810	0	$300 - 2.5 \times 10^5$	Klimushin <i>et al.</i> (2001)
MS4	0.2576	0.054	2.77	115/1.1	850/1.1	0	$2 \times 10^3 - 4 \times 10^4$	Aglietta <i>et al.</i> (1999)
MS5	0.26 ± 0.01	0.054	2.78 ± 0.01	115/1.1	850/1.1	0	$500 - 2 \times 10^4$	Ambrosio <i>et al.</i> (1997)

Tomado de: Lesparre, et. al., 2010

Atenuación de muones con la materia

Los muones partículas relativistas, interactúan débilmente con la materia, principalmente por ionización (Adair y Kasha 1976), Bremstrahlung, interacciones nucleares y producción directa de pares ($e^+ e^-$) por los cuales pierden energía. La energía perdida se describe por:

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



Tomado de: Lesparre, et. al., 2010

Simulación:
Con Gean4 y CORSIKA

EAS(Extensive Air Shower) y MLD
(Distribución Lateral de Muones)

En primera instancia se implementa la simulación de las EAS usando el software CORSIKA, donde se simularon lluvias verticales, es decir con un ángulo cenital $\theta = 0^\circ$ para obtener un número máximo de muones que arriban a la superficie.

El trabajo presenta resultados usando energías para la partícula primaria (protón) de 1, 10, 100 TeV, dado que para estas energías, el flujo de partículas es mayor.

Para la simulación de las EAS, se uso el paquete de interacción hadrónica de altas energías QGSJETII-04 y para bajas energías GHEISHA2002d.

Simulación de EAS (Lluvias Atmosféricas Extendidas)

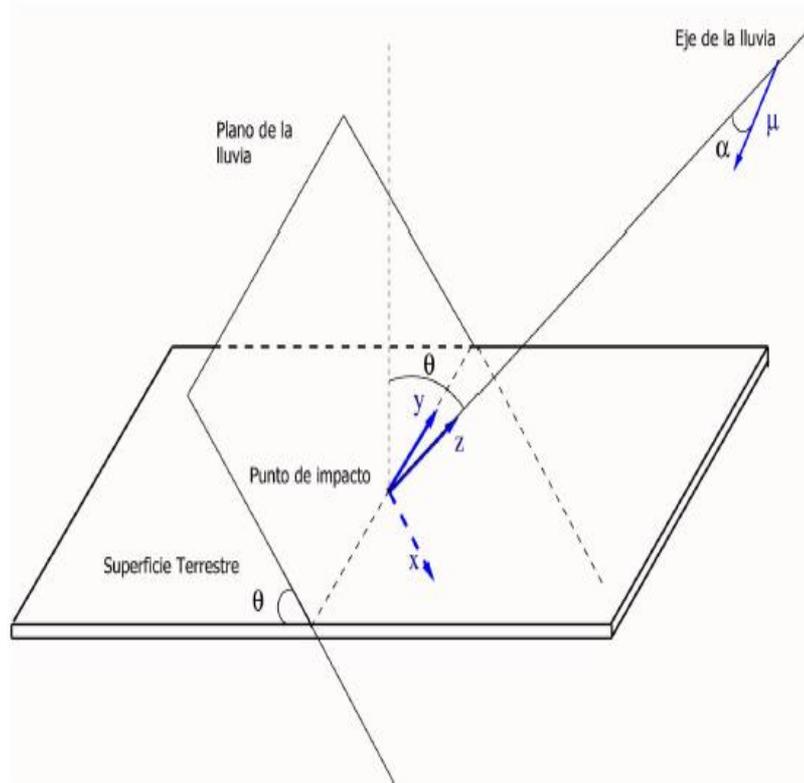


Figura 1: Esquema que muestra el plano de la lluvia (perpendicular al eje de la lluvia), la superficie terrestre y el sistema de coordenadas.

Espectro de Rayos C3smicos usado como referencia

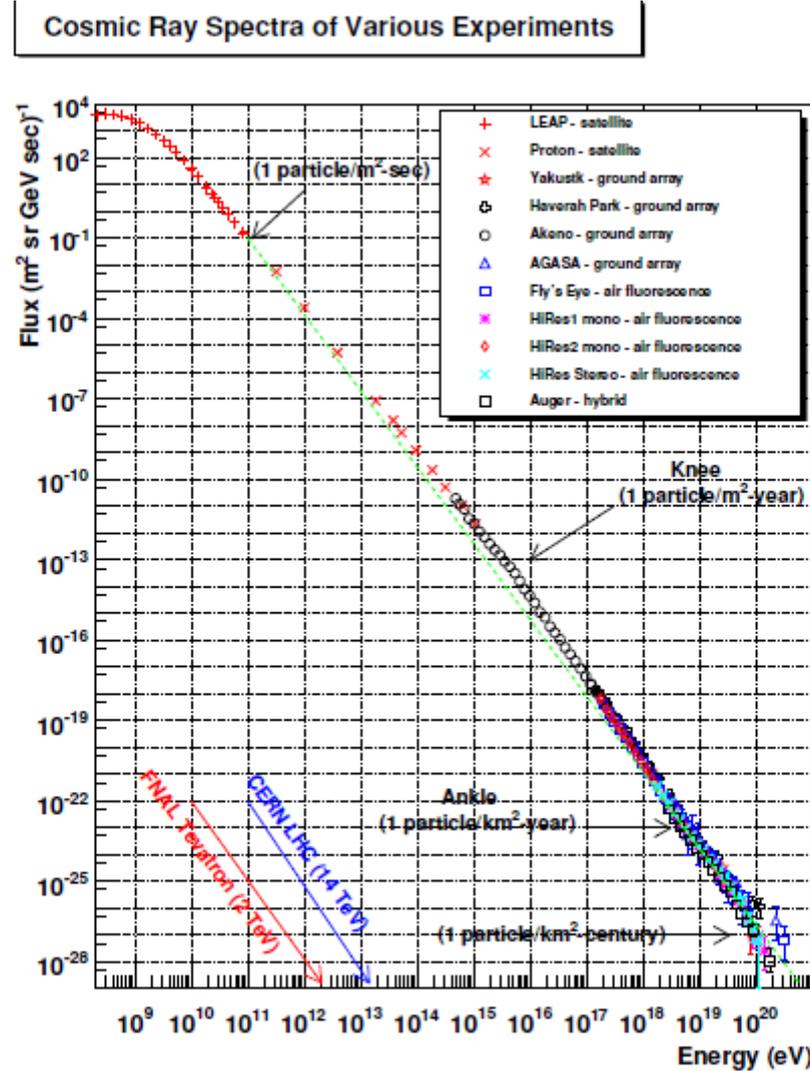


Figura : Flujo de partículas en función de la energía

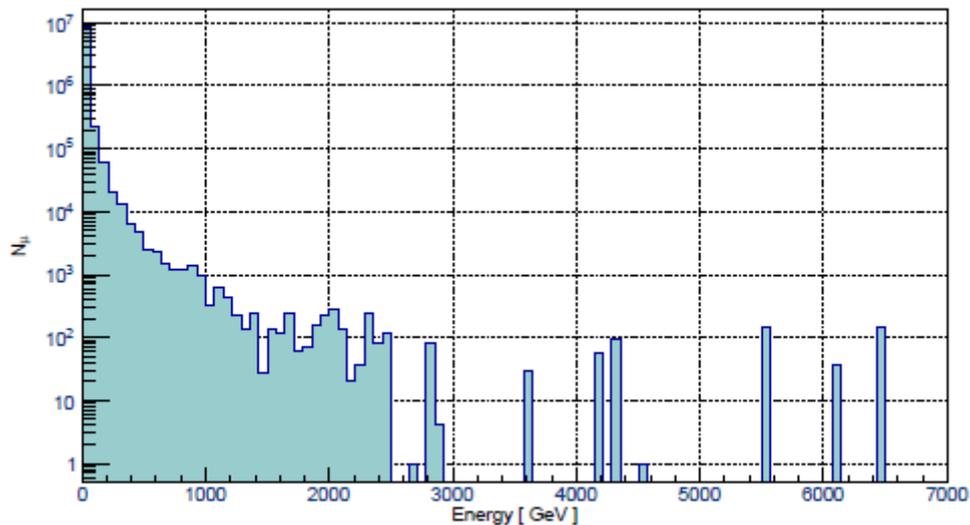
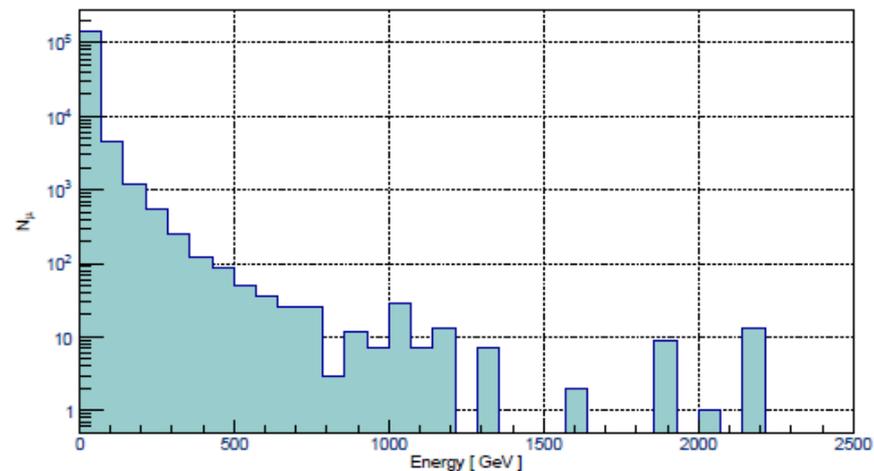
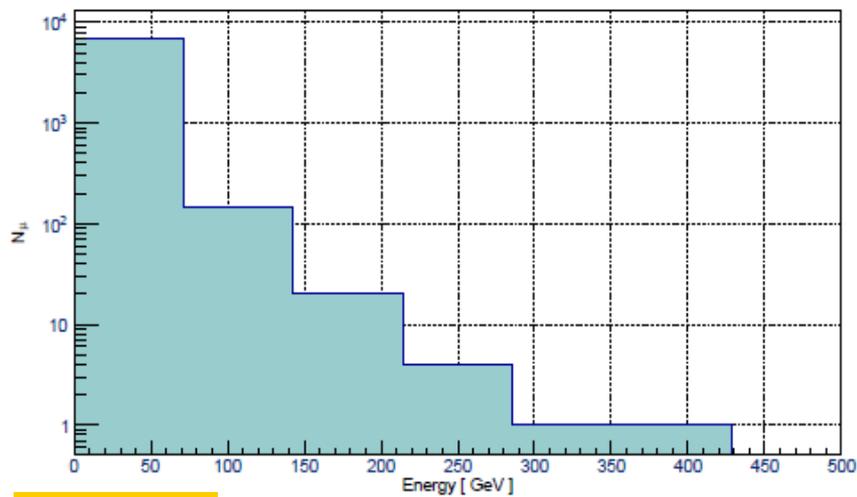
Simulación de EAS (Lluvias Atmosféricas Extendidas)

Utilizamos el modelo atmosférico tropical de CORSIKA y los valores de las componentes B_x y B_z del campo magnético generados en la calculadora geomag para la ciudad de Pasto.

En CORSIKA se simularon 200 lluvias para cada energía del protón primario, de las cuales se extrajo información referentes a la energía y el número de muones que arriban a la superficie.

Con esta información se obtuvieron el número de muones producidos en función de sus energías.

Espectro de energía de muones en la superficie (protón)



Distribución Lateral de Muones (MLD)

Con el software CORSIKA también se pueden obtener la distribución lateral de muones (MLD).

La MLD consiste en obtener el número de muones por metro cuadrado en función de la distancia desde el punto de impacto con respecto al plano de la lluvia. Mediante el estudio de la MLD obtendremos el número estimado de muones que llegan a la superficie en la altura de la ciudad de Pasto.

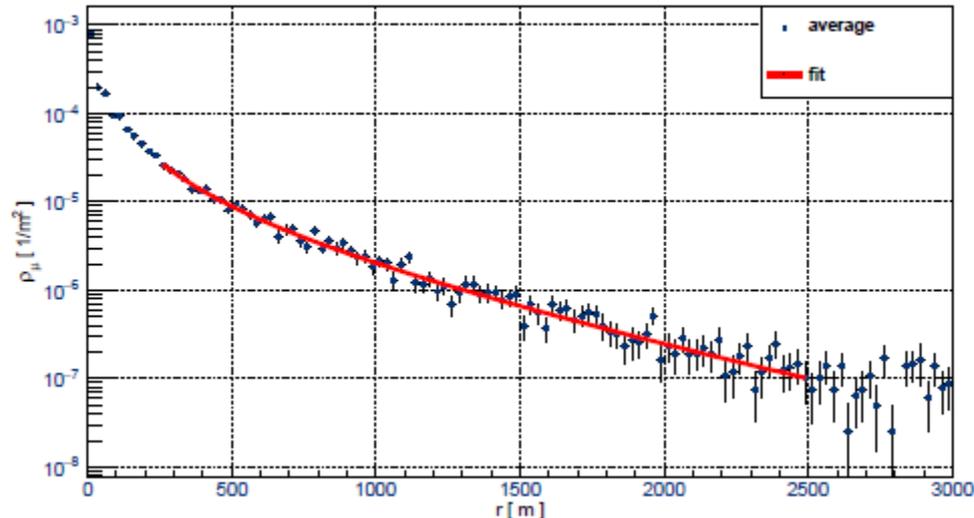
Numero de muones por metro cuadrado

Las MLD obtenidas a partir de la información extraída de las simulaciones, se comportan según la ecuación de Nishimura-Kamata-Greisen para el arreglo de detectores KASCADE-Grande

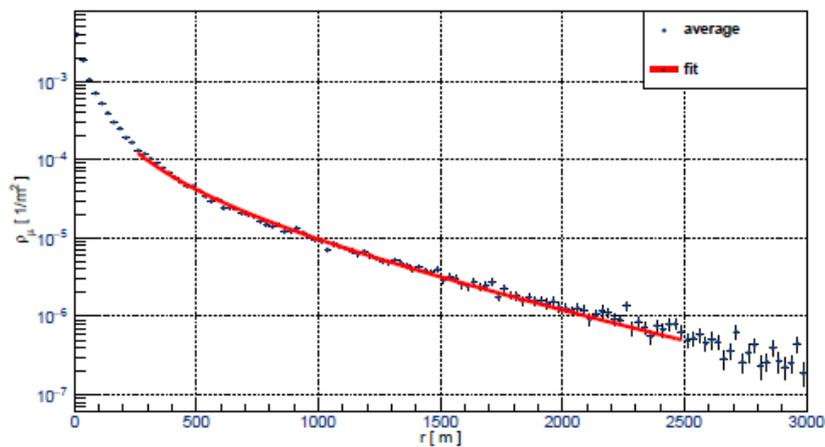
$$\rho_{\mu} = N_{\mu} \left(\frac{r}{r_0} \right)^{-\alpha} \left(1 + \frac{r}{r_0} \right)^{-\beta} \left(1 + \left(\frac{r}{10r_0} \right)^2 \right)^{-\gamma}$$

Donde N_{μ} , r_0 , α , β , y γ son los parámetros de ajuste. Los Valores de r_0 , α , y γ fueron fijados en 320m, 0.75 y 3 respectivamente, y N_{μ} y β son libres

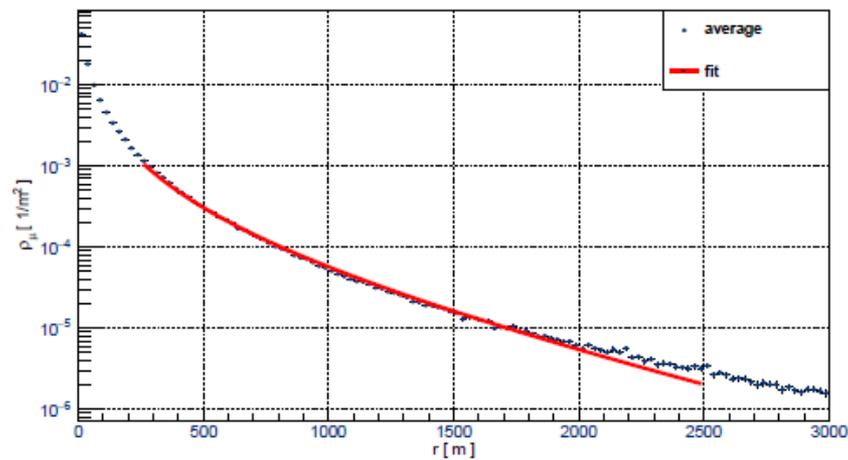
1 TeV



Numero de muones por metro cuadrado



10 TeV.



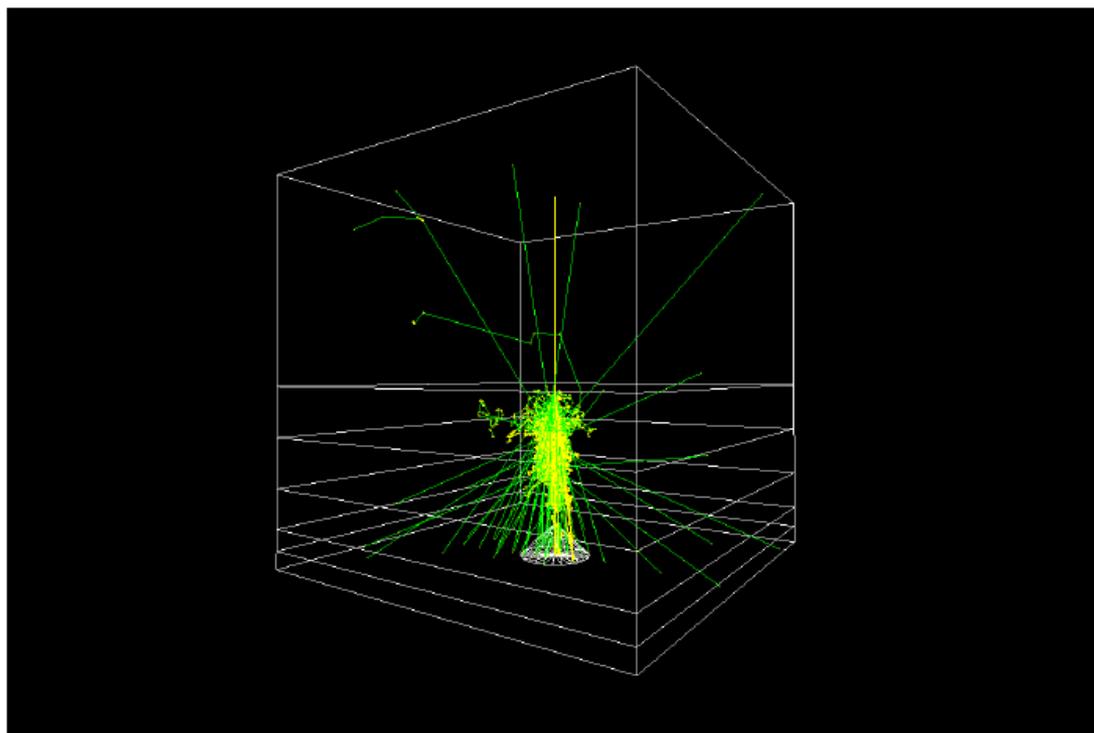
100 TeV.

Simulación:

Interacción de Rayos Cósmicos con
Atmosfera de Pasto

Interacción de Rayos Cósmicos con Atmosfera de Pasto

Se implementó una simulación preliminar de la interacción de los rayos cósmicos con la atmósfera y el volcán Galeras usando el software GEANT4. Para fines prácticos, la forma geométrica del Galeras fue idealizada usando un cono. Entender estos aspectos es una pieza clave para la futura tomografía volcánica en el Galeras.

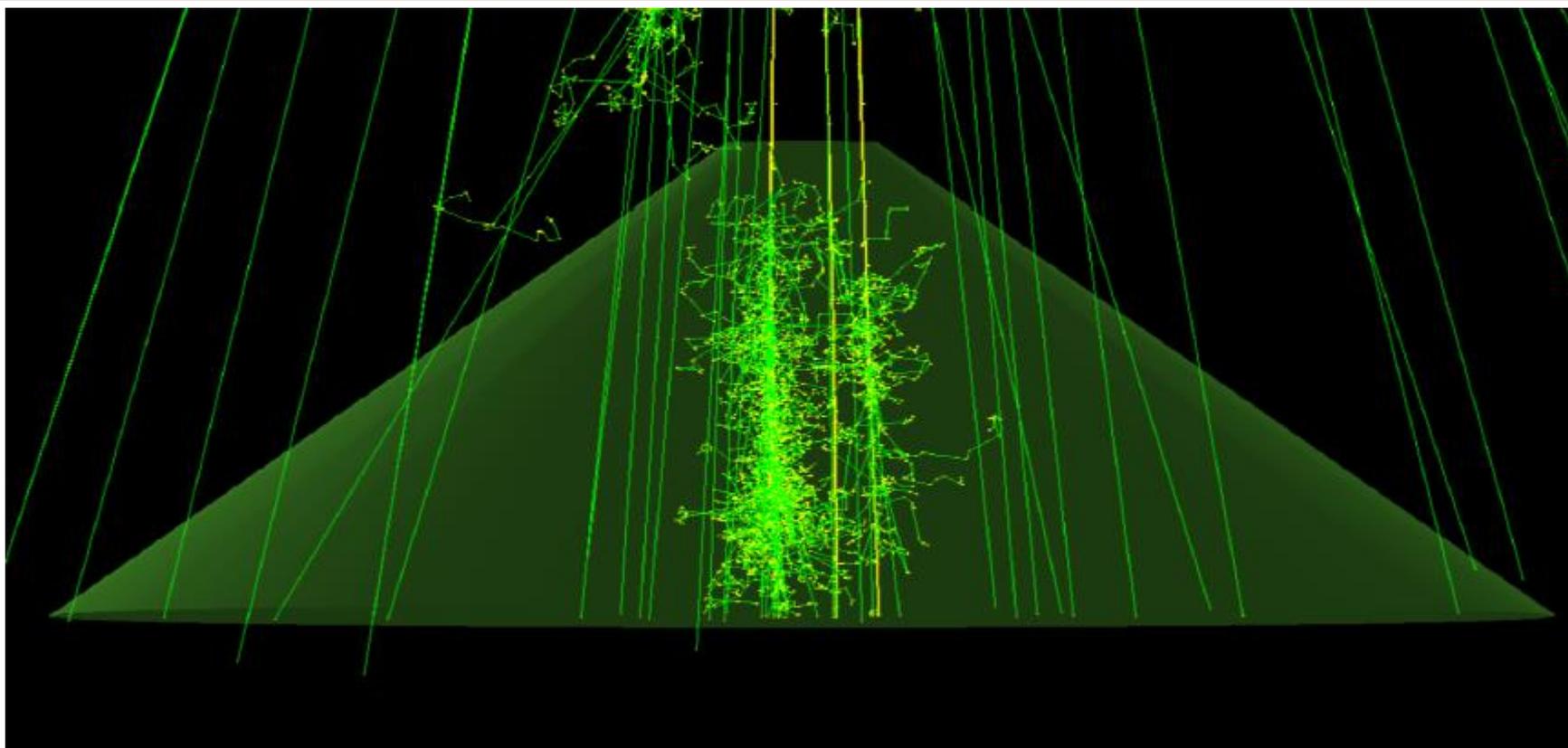


Modelo Ideal del Volcán Galeras

Con el GEANT4 se visualización una EAS generada por un protón enviado desde una altura de 50km, con una energía de 100 GeV y con un ángulo cenital $\theta = 0^\circ$ que impacta en la atmósfera.

Para la altura se toma como punto de referencia la base de un cono volcánico ideal con dimensiones de 8.18 km de diámetro en la base y una altura de 1.75 km, estas medidas son las aproximadas a las del volcán Galeras vistas desde Pasto que esta a una altura media de 2527 msnm.

Modelo Ideal del Volcán Galeras



El cono se ubicó en un mundo cúbico de 50 km de lado y posteriormente se dividió el mundo para crear 6 capas atmosféricas las cuales siguen el modelo que se encuentra en la pagina NASA Glenn Research Center

Simulación de Lluvias Atmosféricas para Tomografía Muónica del Volcán Galeras de la Ciudad de Pasto

David Dueñas¹, Jairo Rodríguez¹, Jaime Betancourt¹, Alex Tapia², David Martínez³

¹Universidad de Nariño, Pasto, Colombia
²Instituto de Tecnología en Detección y Antropartículas (INTEA-CONICET-UNSAM), Buenos Aires, Argentina
³Illinois Institute of Technology, Chicago, IL
 dafraso@gmail.com, jairo33M@gmail.com

Resumen

Las lluvias atmosféricas se basan en la observación de la absorción de neutrones por el carbono, los cuales se analizan para ser presentados en una tomografía muónica. En este artículo se muestra el desarrollo de un programa que genera imágenes de simulación de lluvias atmosféricas para ser utilizadas en la tomografía muónica. El programa genera imágenes de simulación de lluvias atmosféricas en la ciudad de Pasto, Colombia, en función de la información de la ciudad de Pasto. Para el estudio de la información de la ciudad de Pasto se utilizó el sistema de información geográfica (SIG) de la ciudad de Pasto, en el sistema de información geográfica (SIG) de la ciudad de Pasto, en el sistema de información geográfica (SIG) de la ciudad de Pasto.

1. Introducción

La ciudad de Pasto es una ciudad de 470 mil habitantes, localizada en la ciudad de San Juan de Pasto con una ciudad rodeada por un área de 1,100 hectáreas, en un valle de la zona occidental en Colombia con un punto de máxima topográfica. El estudio de la ciudad de Pasto es un estudio de la ciudad de Pasto, en el sistema de información geográfica (SIG) de la ciudad de Pasto, en el sistema de información geográfica (SIG) de la ciudad de Pasto.



Figura 1 Diagrama que muestra el plano de la ciudad (perpendicular al eje de la tierra) la superficie planimétrica y el sistema de coordenadas.

2. Metodología

Se utilizó un sistema de información geográfica (SIG) para generar imágenes de simulación de lluvias atmosféricas en la ciudad de Pasto, Colombia, en función de la información de la ciudad de Pasto.

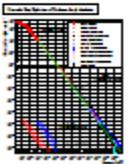


Figura 2 Mapa de partículas en función de la geografía.

Para la información de la SIG se usó el sistema de información geográfica de la ciudad de Pasto, en el sistema de información geográfica (SIG) de la ciudad de Pasto, en el sistema de información geográfica (SIG) de la ciudad de Pasto.

El programa de simulación de lluvias atmosféricas se basó en el sistema de información geográfica (SIG) de la ciudad de Pasto, en el sistema de información geográfica (SIG) de la ciudad de Pasto, en el sistema de información geográfica (SIG) de la ciudad de Pasto.

3. Resultados

Se generó un sistema de información geográfica (SIG) para generar imágenes de simulación de lluvias atmosféricas en la ciudad de Pasto, Colombia, en función de la información de la ciudad de Pasto.



Figura 3 Gráficas de simulación de lluvias atmosféricas.

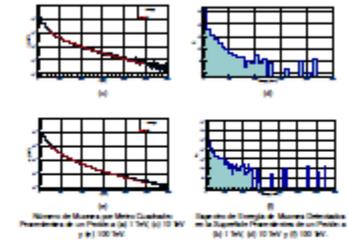


Figura 4 Gráficas de simulación de lluvias atmosféricas en la ciudad de Pasto.

$$P = N_0 \left(\frac{r}{R_0} \right)^{-2} \left(1 + \frac{r}{R_0} \right)^{-2} \left(1 + \frac{r}{R_0} \right)^{-2} \quad (1)$$

Donde N_0 , r_0 , R_0 y α son los parámetros de ajuste. Los valores de r_0 , R_0 y α se muestran en las Tablas 1, 2 y 3.

3.1 Resultados Preliminares de Simulación en GEANT4



Figura 5 Visualización de la simulación de una lluvia atmosférica en GEANT4.

4. Conclusiones

Se generó un sistema de información geográfica (SIG) para generar imágenes de simulación de lluvias atmosféricas en la ciudad de Pasto, Colombia, en función de la información de la ciudad de Pasto.

Referencias

- [1] D. Dueñas, J. Rodríguez, J. Betancourt, A. Tapia, D. Martínez, "Simulación de Lluvias Atmosféricas para Tomografía Muónica del Volcán Galeras de la Ciudad de Pasto", *Revista Colombiana de Física*, vol. 47, no. 1, pp. 1-10, 2015.
- [2] D. Dueñas, J. Rodríguez, J. Betancourt, A. Tapia, D. Martínez, "Simulación de Lluvias Atmosféricas para Tomografía Muónica del Volcán Galeras de la Ciudad de Pasto", *Revista Colombiana de Física*, vol. 47, no. 1, pp. 1-10, 2015.
- [3] D. Dueñas, J. Rodríguez, J. Betancourt, A. Tapia, D. Martínez, "Simulación de Lluvias Atmosféricas para Tomografía Muónica del Volcán Galeras de la Ciudad de Pasto", *Revista Colombiana de Física*, vol. 47, no. 1, pp. 1-10, 2015.
- [4] D. Dueñas, J. Rodríguez, J. Betancourt, A. Tapia, D. Martínez, "Simulación de Lluvias Atmosféricas para Tomografía Muónica del Volcán Galeras de la Ciudad de Pasto", *Revista Colombiana de Física*, vol. 47, no. 1, pp. 1-10, 2015.
- [5] D. Dueñas, J. Rodríguez, J. Betancourt, A. Tapia, D. Martínez, "Simulación de Lluvias Atmosféricas para Tomografía Muónica del Volcán Galeras de la Ciudad de Pasto", *Revista Colombiana de Física*, vol. 47, no. 1, pp. 1-10, 2015.

Simulation:

First Monte Carlo simulation study of
Galeras Volcano structure using Muon
Tomography

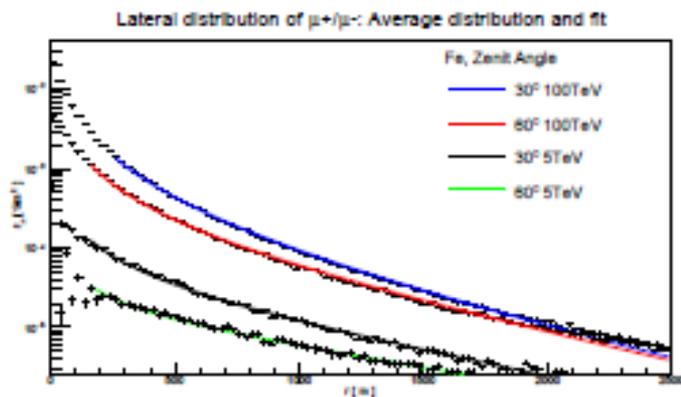
First Monte Carlo simulation study of Galeras Volcano structure using Muon Tomography

Were simulated EAS with different zenith angles $\theta = 0^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ and 60° . We have used energies for primary particles (protons and Fe) of 5, 10, 100 TeV.

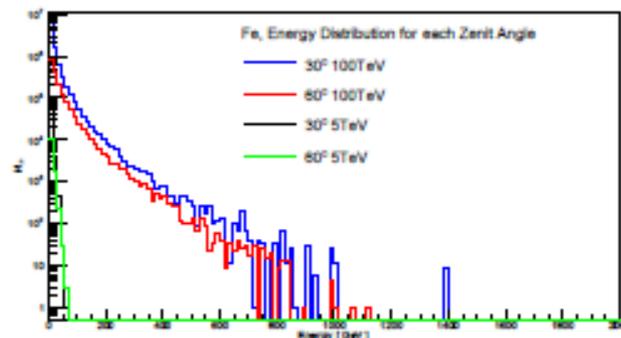
For simulation of EAS, were used the hadronic interaction package for high energies QGSJET-04 and for low energies GHEISHA2002d. We used the CORSIKA's tropical atmospheric model and magnetic field components B_x and B_z generated in geomag calculator for Pasto city.

Using CORSIKA were simulated 200 EAS for the angles and energies previously described. The MLD and the number of muons arriving to the altitude of Pasto city (2600 m.s.n.m) in function of energy.

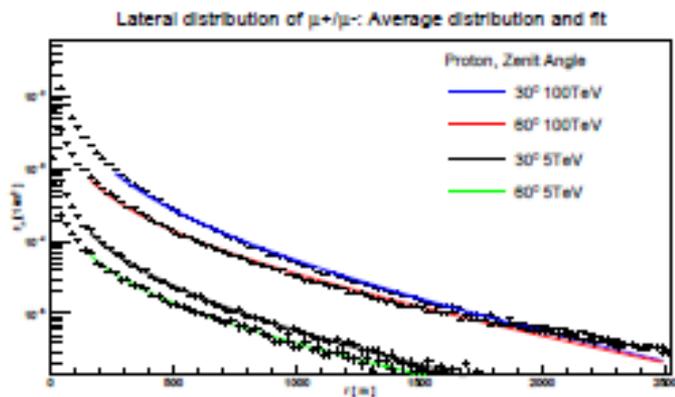
Number of muons per m^2 Energy spectrum for 1 expected from a Fe Nucleus (a) in surface from a Fe Nucleus (b) and protons (c).



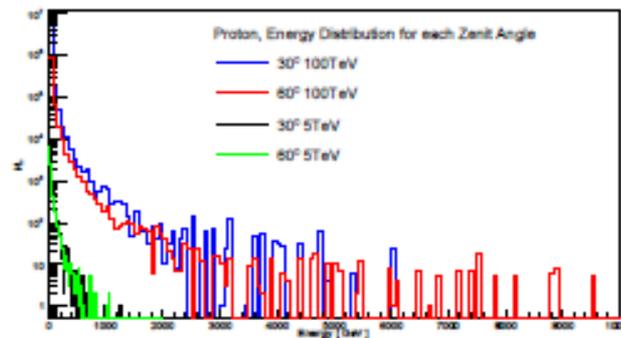
(a)



(b)



(c)



(d)

Number of muons per m^2
from a Fe Nucleus (a)
and protons (c).

Energy spectrum for μ expected
in surface from a Fe Nucleus (b)
and protons (d).

The MLD in the Pasto City

The MLD obtained from simulation behaves according Nishimura-Kamata-Greisen equation[12][13] for the KASCADE-Grande[14] detectors array: $\rho_\mu = N_\mu \left(\frac{r}{r_0}\right)^{-\alpha} \left(1 + \frac{r}{r_0}\right)^{-\beta} \left(1 + \left(\frac{r}{10r_0}\right)^2\right)^{-\gamma}$. Where N_μ , r_0 , α , β , and γ are fit parameters. These parameters r_0 , α , and γ were fixed in 320m, 0.75 and 3 respectively[15], and N_μ and β are obtained from the fit. We obtain:

Fe									
		N_μ	β		N_μ	β		N_μ	β
5TeV	0°	0.00016	0.92	10TeV	0.00041	1.3	100TeV	0.0043	1.8
	30°	0.00010	0.71		0.00027	1.0		0.0033	1.7
	45°	0.000060	0.50		0.00015	0.79		0.0022	1.5
	60°	0.000022	0.12		0.000060	0.38		0.0011	1.2
proton									
		N_μ	β		N_μ	β		N_μ	β
5TeV	0°	0.00014	1.5	10TeV	0.00025	1.5	100TeV	0.0029	2.0
	30°	0.00014	1.4		0.00021	1.4		0.0023	1.9
	45°	0.000097	1.3		0.00015	1.3		0.0015	1.6
	60°	0.000063	1.2		0.000010	1.1		0.00074	1.3

Muons Interacting Within Volcano and Crater

Using GEANT4 we simulate muons interacting within volcano and its crater. The geometry has been constructed using Solidworks (SW) and converted to GDML files. As input in SW contours provided by the volcano observatory "Servicio Geologico Colombiano (SGC)" were used. Materials for volcano structure, crater and their characteristics are shown in tables below:

Composition	Percent Weight in Earth's Crust
O	46.6
Si	27,7
Al	8.3
Fe, Ca, Na, K, Mg	17.4

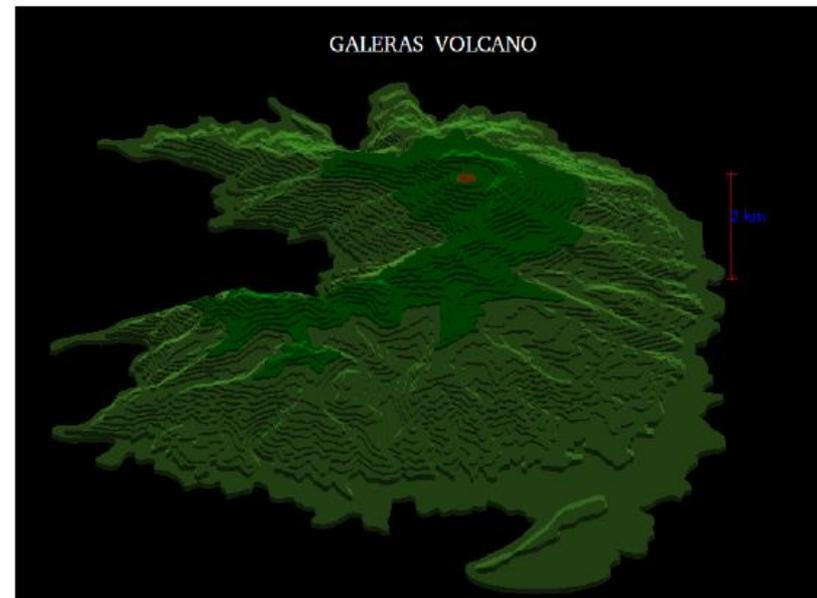
Characteristic of simulated volcano	
Crater Diameter	320 m
Height	1100 m
Crater Depth	250 m

Muons of 2 TeV and $\theta = 80^\circ$ interacting with volcano structure and the crater are show in Fig. 3(a), 3(b).

In GEANT4 the volcano geometry simulation implementation as shown in figure



(a)



(b)

The geometry has been constructed using Solidworks (SW) and converted to GDML files.

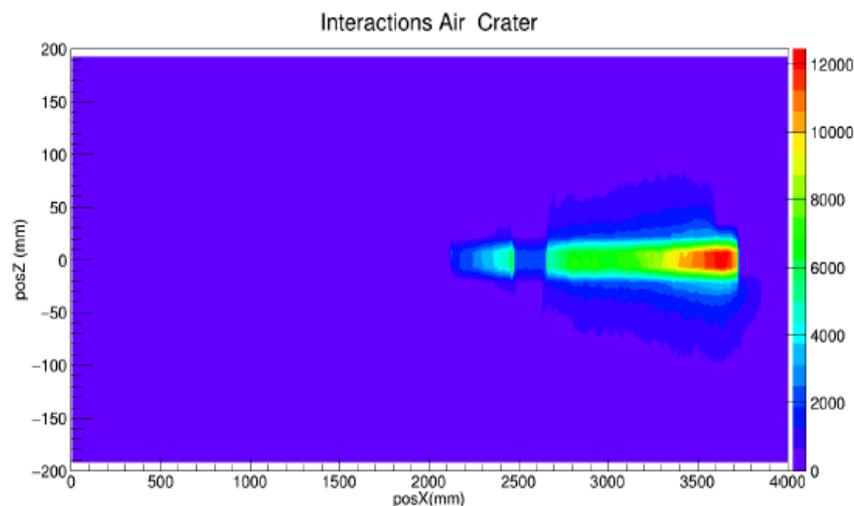
As a first approach we send the particles through the volcano geometry in an scaled 1:1000. This scaling was done due a simulation at real scale will need an increasing computational power.

Preliminary results of volcano simulation in GEANT4

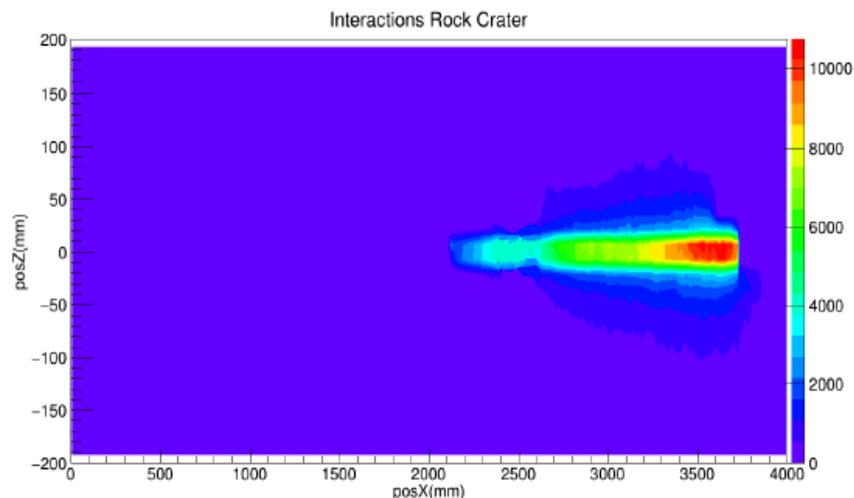
We have simulated 1000 muons of energy of 1TeV passing through the volcano crater. We made a study giving to the crater two types of composition:

- standard rock
- air

Results from this study are shown in figure 3 (c) and (d).



(c)



(d)

First Monte Carlo simulation study of Galeras Volcano structure using Muon Tomography

First Monte Carlo simulation study of Galeras Volcano structure using Muon Tomography

Alex Tapia¹, David Dueñas², Jairo Rodríguez², Jaime Betancourt², David Martínez³

¹Departamento de Ciencias Básicas, Universidad de Medellín, Medellín, Colombia.
²Universidad de Nariño, Pasto, Colombia.
³IT Center for Accelerator and Particle Physics, Illinois Institute of Technology, Chicago-II, (USA).
 dafr.a60@gmail.com, jairo35M@gmail.com

Abstract

Muon tomography is based on the observation of the absorption of muons in matter as the and energy and gravity along by using 2 steps. The formation of muons inside the atmosphere produce its muons by GZK and GZK, which are produced near of muons. These muons are used for muon tomography to understand the internal structure of different volcanoes and also. We will discuss the study of different volcanoes in Colombia focusing on Galeras volcano (16 m near to the Pasto City). In this work we present the first step of the muon tomography in the Pasto City. We use the GEANT4 (G4) for the simulation of the muons through the atmosphere and then use the GEANT4 (G4) software with an atmospheric model and GEANT4 (G4) for the simulation of the muons through the volcano. The muon tomography is a different technique for the volcano tomography. The muon tomography is a different technique for the volcano tomography.

1. Introduction

The Galeras Volcano with a height of 4278 m a.s.l., located in the town of Pasto city with an estimated age of 4300 years, is one of the highest volcanoes in Colombia with important records of eruptions in the past. The formation of population in higher risk areas around volcanoes has led to the development of strategies for reducing the volcanic activity, especially for the events regarding to population loss prevention.

The tomography with muons helps us to understand the internal volcano structure and its dynamic process during a multiple processes.

A simulation using GEANT4 software has been implemented to obtain internal distribution of muons (M) and the energy spectrum near the surface of the volcano of Pasto city. Furthermore, a preliminary simulation of the formation of the atmospheric muons with Galeras volcano was made using GEANT4 (G4). The geometric shape of Galeras volcano was made by SCUDM (SCUDM) and implemented for GEANT4 (G4).

The M.C. results to obtain the number of muons per square meter in function of the distance from the volcano can be seen in Fig. 1(a) and (b).

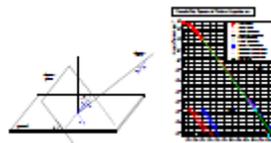


Figure 1. (a) Galeras volcano geometry used for simulation. (b) Simulation results.

2. Methodology

We used GEANT4 with different models angles: 0°, 30°, 60° and 90°. The muon tomography for primary muons (muons) and for 0, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1300, 1400, 1500, 1600, 1700, 1800, 1900, 2000, 2100, 2200, 2300, 2400, 2500, 2600, 2700, 2800, 2900, 3000, 3100, 3200, 3300, 3400, 3500, 3600, 3700, 3800, 3900, 4000, 4100, 4200, 4300, 4400, 4500, 4600, 4700, 4800, 4900, 5000, 5100, 5200, 5300, 5400, 5500, 5600, 5700, 5800, 5900, 6000, 6100, 6200, 6300, 6400, 6500, 6600, 6700, 6800, 6900, 7000, 7100, 7200, 7300, 7400, 7500, 7600, 7700, 7800, 7900, 8000, 8100, 8200, 8300, 8400, 8500, 8600, 8700, 8800, 8900, 9000, 9100, 9200, 9300, 9400, 9500, 9600, 9700, 9800, 9900, 10000.

For simulation of GZK, we used the hadronic interaction package for high energies GEANT4 (G4) and for low energies GEANT4 (G4). We used the GEANT4 (G4) hadronic interaction model and range in hadronic interaction. We used the GEANT4 (G4) hadronic interaction model and range in hadronic interaction.

Using GEANT4 we simulate muons for each volcano and its model. The geometry has been constructed using SolidWorks (SW) and imported to GEANT4 (G4). We used in SW software provided by the volcano department. The SW (SolidWorks) (SW) software is a 3D CAD software for volcano structure.

Parameter	Value
Distance (m)	1000
Area (m²)	100
Number of muons	10000
Energy spectrum	10000

Table 1. Simulation parameters and results for muon flux and energy spectrum.

3. Results

Using GEANT4 we simulate GZK (GZK) for the muons and muons produced. In Figure 2(a) and (b) we show the M.C. results for the number of muons and for the energy of muons (M) in function of distance.

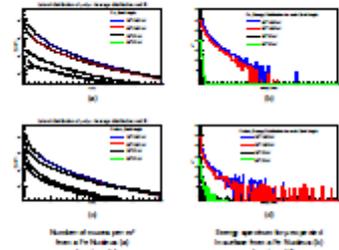


Figure 2. Muon flux and energy spectrum for different angles.

The M.C. results of muon tomography for each volcano and its model. The muon tomography is a different technique for the volcano tomography. The muon tomography is a different technique for the volcano tomography.

Parameter	Value
Distance (m)	1000
Area (m²)	100
Number of muons	10000
Energy spectrum	10000

3.1 Preliminary results of volcano simulation in GEANT4

In GEANT4 we simulate the volcano geometry for simulation in each volcano as shown in Figure 3 (a) and (b). We have used in SW software provided by the volcano department. The SW (SolidWorks) (SW) software is a 3D CAD software for volcano structure.

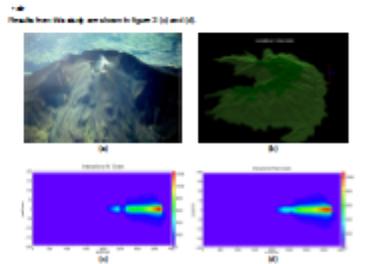


Figure 3. (a) Galeras volcano geometry. (b) Galeras volcano geometry with muon tomography simulation results.

As a first approximation and the muons through the volcano geometry for an angle of 0°. This muon tomography is a different technique for the volcano tomography. The muon tomography is a different technique for the volcano tomography.

4. Conclusions

- We have obtained for the first time the M.C. results for the number of muons and for the energy of muons (M) in function of distance.
- We have obtained for the first time the M.C. results for the number of muons and for the energy of muons (M) in function of distance.
- We have obtained for the first time the M.C. results for the number of muons and for the energy of muons (M) in function of distance.

References

[1] A. Tapia, D. Dueñas, J. Rodríguez, J. Betancourt, D. Martínez, "First Monte Carlo simulation study of Galeras Volcano structure using Muon Tomography," *Journal of Geophysics and Earth System Science*, vol. 123, no. 1, pp. 1-10, 2018.

[2] D. Dueñas, J. Rodríguez, J. Betancourt, D. Martínez, "Muons tomography of Galeras volcano," *Journal of Geophysics and Earth System Science*, vol. 123, no. 1, pp. 1-10, 2018.

[3] J. Rodríguez, J. Betancourt, D. Martínez, "Muons tomography of Galeras volcano," *Journal of Geophysics and Earth System Science*, vol. 123, no. 1, pp. 1-10, 2018.

First Monte Carlo simulation study of Galeras Volcano structure using Muon Tomography

A. Tapia^a, D. Dueñas^b, J. Rodríguez^b, J. Betancourt^b and D. Martínez^c

^aDepartamento de Ciencias Básicas, Universidad de Medellín, Medellín, Colombia

^bUniversidad de Narina, Pasto, Colombia

^cITP Center for Accelerator and Particle Physics, Illinois Institute of Technology, Chicago-IL (USA)

E-mail: atapia@uden.edu.co, dsfra90@gmail.com,

jairo3584@gmail.com, jabetanudenar@gmail.com, dmarti36@iit.edu

Muon radiography is based on the observation of the absorption of muons in matter, as the ordinary radiography does by using X-rays. The interaction of cosmic rays with the atmosphere produce Extensive Air Showers (EAS), which provide abundant source of muons. These particles can be used for various applications of muon radiography, in particular to study the internal structure of different volcanoes edifice. We will discuss the study the different volcanoes in Colombia focusing on Galeras located 9 km near to the Pasto City.

In this work we present the first study of the muon lateral distribution to the Pasto height (4276 m a.s.l) and a first order simulation the volcanic cone using GEANT4[1][2]. For the interaction of the cosmic rays with the atmosphere we have used the CORSIKA 74004[3] software with an atmosphere tropical model and QGSJETII-04[4] as hadronic model for the high energies and GHEISHA2002a[5] for low energies. The analysis considers two different primary particle (proton and iron), four zenith angles (0°, 30°, 45° and 60°) with energies in the range of 5, 10 and 100 TeV.

38th International Conference on High Energy Physics

3-10 August 2016

Chicago, USA

*Speaker

© Copyright owned by the author(s) under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (CC BY-NC-ND 4.0)

<https://pos.sciencenet.cn>

Monte Carlo simulation of Galeras Volcano using Muon Tomography

A. Tapia

1. Introduction

The Galeras Volcano with a height of 4276 m.a.s.l, located in San Juan de Pasto city with an estimated age of 4.500 years, is one with the highest activity in Colombia with important records of eruptions in the past. The increasing of population in higher risk areas around the volcano has motivated to develop special techniques of monitoring the volcano activity, especially for its records respecting to pyroplastic flux generated. The tomography with atmospheric muons help us to understand the internal volcano structure and its magma dynamics during a eruptive process[6].

EAS simulation using CORSIKA software has been implemented to obtain the lateral distribution of atmospheric muons (MLDF) and their energy spectrum when they arrive at the altitude of San Juan de Pasto city. Furthermore, a preliminary simulation of the interaction of these muons with Galeras volcano was made using GEANT4[1][2]. The geometric shape of Galeras volcano was performed with SOLIDWORKS (SW) software and implemented for GDML in FASTRAD.

2. Methodology

The EAS were simulated with different zenith angles: $\theta = 0^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ and 60° ; two types of primary particles (proton and Fe) with energies of 5, 10, 100 TeV; QGSJETII-04[4] as the hadronic interaction model for high energies and GHEISHA2002a[5] for low energies. We used the CORSIKA's tropical atmospheric model and Pasto city magnetic field components Bx and Bz were generated with the NOAA geomag calculator[9].

The GEANT4 toolkit was used to simulate the interaction of muons within volcano and its crater. The geometry has been constructed using SW and converted to GDML files. As input in SW contours provided by the volcano observatory "Servicio Geológico Colombiano (SGC)" were used. Materials for volcano structure, crater and geometry parameters are shown in Table 1.

Volcano chemical composition	Weight percent (%)	Volcano geometry parameters	
O	46.6	Crater Diameter	320 m
Si	27.7	Height	1100 m
Al	8.3	Crater Depth	250 m
Fe, Ca, Na, K, Mg	17.4		

Table 1: Parameters used for the simulation of chemical composition and geometry of Galeras volcano.

3. Results

Using CORSIKA were simulated 200 EAS for the angles and energies previously described. In figure 1 are shown the MLDF (left) and the number of muons arriving to the altitude of Pasto city (~2600 m) in function of energy (right).

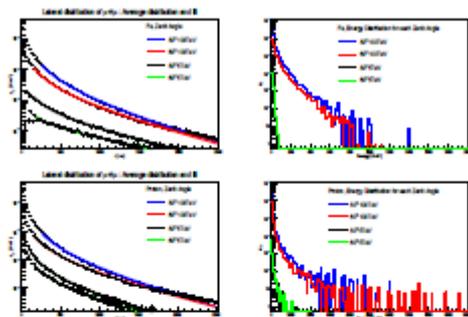


Figure 1: Number of muons per m² from a Fe Nucleus and protons (left column). Energy spectra for μ expected in surface from a Fe Nucleus and protons (right column).

The MLDF obtained from simulation behaves according Nishimura-Kamata-Greisen equation[12][13] for the KASCADE-Grande[14] detectors array:

$$P_{\mu} = N_{\mu} \left(\frac{r}{r_0}\right)^{-\alpha} \left(1 + \frac{r}{r_0}\right)^{-\beta} \left(1 + \left(\frac{r}{10r_0}\right)^2\right)^{-\gamma}, \quad (3.1)$$

where N_{μ} , r_0 , α , β , and γ are fit parameters. These parameters r_0 , α , and γ were fixed in 320m, 0.75 and 3 respectively[15]. In this analysis the fitted parameters are β and the scaling factor N_{μ} of the distributions. The values of the N_{μ} and β fit parameters are presented in Table 2 for the two types of primary particles, different zenith angles and primary energy.

3.1 Preliminary results of volcano simulation using GEANT4

In GEANT4 besides the volcano geometry simulation implementation as shown in figure 2 (top-right), we have simulated 1000 muons of energy of 1 TeV passing through the volcano crater. We made a study giving to the crater two types of composition: standard rock and air. Results from this study are shown in figure 2 (bottom).

As a first approach we send the particles through the volcano geometry in a scaled 1:1000. This scaling was done due a simulation at real scale will need an increasing computational power. We are in the process to obtain access to a cluster and scale the simulation to the real dimensions of the volcano.

Fe									
E	Zenith angle	N _μ		E	N _μ		E	N _μ	
		N _μ	β		N _μ	β		N _μ	β
5TeV	0°	0.00016	0.92	10TeV	0.00041	1.3	100TeV	0.00043	1.8
	30°	0.00010	0.71		0.00027	1.0		0.00033	1.7
	45°	0.00060	0.50		0.00015	0.79		0.00022	1.5
	60°	0.000022	0.12		0.000060	0.38		0.0011	1.2

Proton									
E	Zenith angle	N _μ		E	N _μ		E	N _μ	
		N _μ	β		N _μ	β		N _μ	β
5TeV	0°	0.00014	1.5	10TeV	0.00025	1.5	100TeV	0.00029	2.0
	30°	0.00014	1.4		0.00021	1.4		0.00023	1.9
	45°	0.000097	1.3		0.00015	1.3		0.00015	1.6
	60°	0.000063	1.2		0.000010	1.1		0.00074	1.3

Table 2: Parameters obtained from fitting the number of muon per meter squared as a function of core distance with the equation 3.1. For Fe (top) and for Proton (bottom) as primary particles.

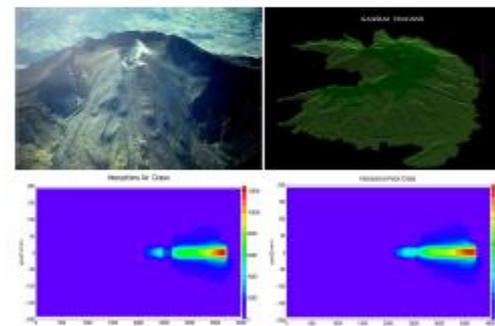


Figure 2: Picture and GEANT4 simulation of the Galeras volcano (top). Interaction of 1000 muons with the volcano crater (bottom). The muons energy was of 1 TeV and two types of crater composition: air (bottom-left) and standard rock (bottom-right).

4. Conclusions

We have estimate for the first time the MLD at the Pasto city altitude with different zenith angles and energy of the primary particles of the EAS.

We have developed the first steps through a complete simulation of the Galeras volcano geometry, and volcano composition using GDML files as input into GEANT4.

Next step we will calculate the atmospheric profile for Pasto city using stored data in the Global Data Assimilation System (GDAS) platform. Furthermore we are planning to improve the simulation of Galeras volcano composition and increase the number of muons interaction in the volcano using GEANT4. Finally we are in our first steps making simulations of the particle detectors using plastic scintillator bars and SiPM as a future candidate for readout.

References

- [1] J. Allison et al, *IEEE Transactions on Nuclear Science* 53 No. 1 (2006) 270-278.
- [2] S. Agostinelli et al, *Nuclear Instruments and Methods A* 506 (2003) 250-303.
- [3] D. Heck et al, *COSYKA* Vol. 6019 IZKA (1998).
- [4] S. Ostapchenko, *Physical Review D* 83 (2011) 014018.
- [5] H.C. Fiesefeld, *Technical Report PTHA* (1985) 85-02.
- [6] H. K. M. Tanaka et al, *Nu. Commut.* 8:3381 (2014).
- [7] L. Cazon et al, *Astropart. Phys.* 36 (2012) 211-223.
- [8] K. Olive et al, *Particle Data Group*, *Chin. Phys.* C38 (2014) 090001.
- [9] NOAA National Centers for Environmental Information, <http://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/>.
- [10] Servicio Geológico Colombiano, *Observatorio Volcanológico y Sismológico de Pasto*, <http://www2.igc.gov.co/Pasto/Volcanes/Volcan-Galeras/Generalidades.aspx>.
- [11] NASA Glenn Research Center, <http://www.grc.nasa.gov/WWW/K-12/airplane/atmosma.html>
- [12] K. Greisen, *Astr. Rev. Nucl. Sci.* 10 (1960) 63.
- [13] K. Kamata, J. Nishimura, *Prog. Theoret. Phys. Suppl.* 6 (1958) 93.
- [14] KASCADE-Grande Collab, in proceedings of 29th ICRC 6 (2005) 301.
- [15] A. Tapia et al, *AAA Workshop 7* (2015) 237-240 [aast.ro-ph..HE/1501..02217].

Simulación:
Geant4

Detector de Partículas Segmentado
para Muones Atmosféricos

Simulación de un detector de partículas segmentado para muones atmosféricos

Simular un detector de partículas segmentado en el software GEANT4[2][3] y analizar la información de la simulación en cuanto a procesos físicos, deposición de energía, longitud recorrida y trazas producidas por el paso de los muones en el detector.

Para la simulación del detector, primero se construyó barras de centelleo de plástico poliviniltolueno (C_9H_{10}), material predefinido en GEANT4. La forma que se escogió para las barras se basan en las encontradas en el experimento *Minerva*(Figura 20[11]).

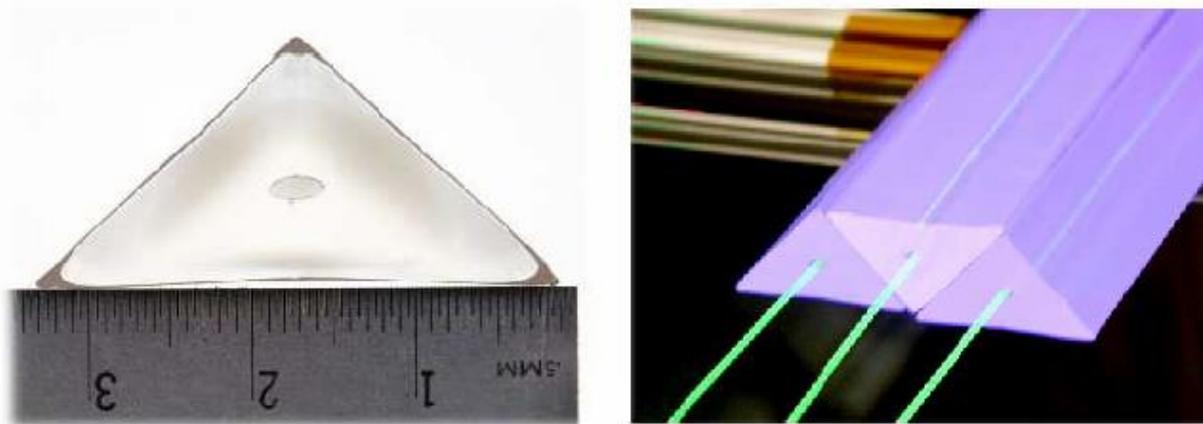


Figura 20 : Barras de centelleo encontradas en el experimento *Minerva*.

Barras Trapezoidales

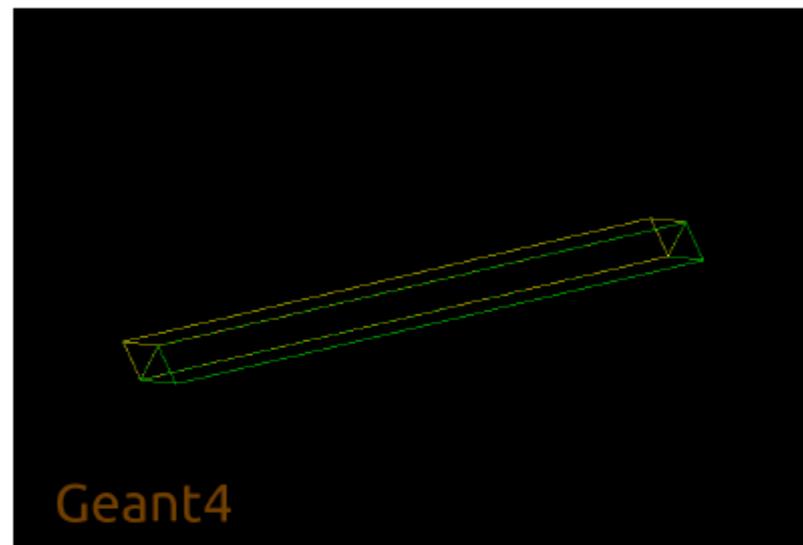
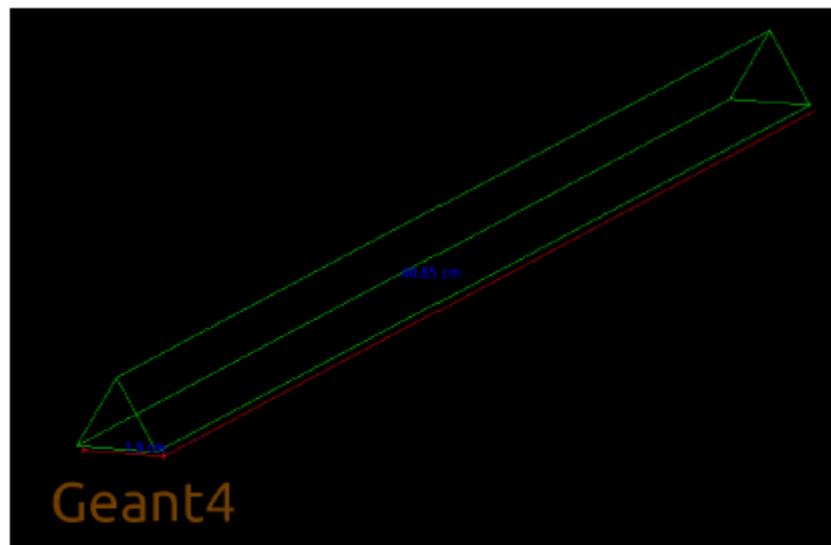


Figura : : Barras de centelleo.

Las dimensiones de bases 1.9 cm, longitud 40.85 cm y grosor cm 1.645 cm, los cuales serán colocados dentro de la placa trapezoidal anterior.

Placa Trapezoidal

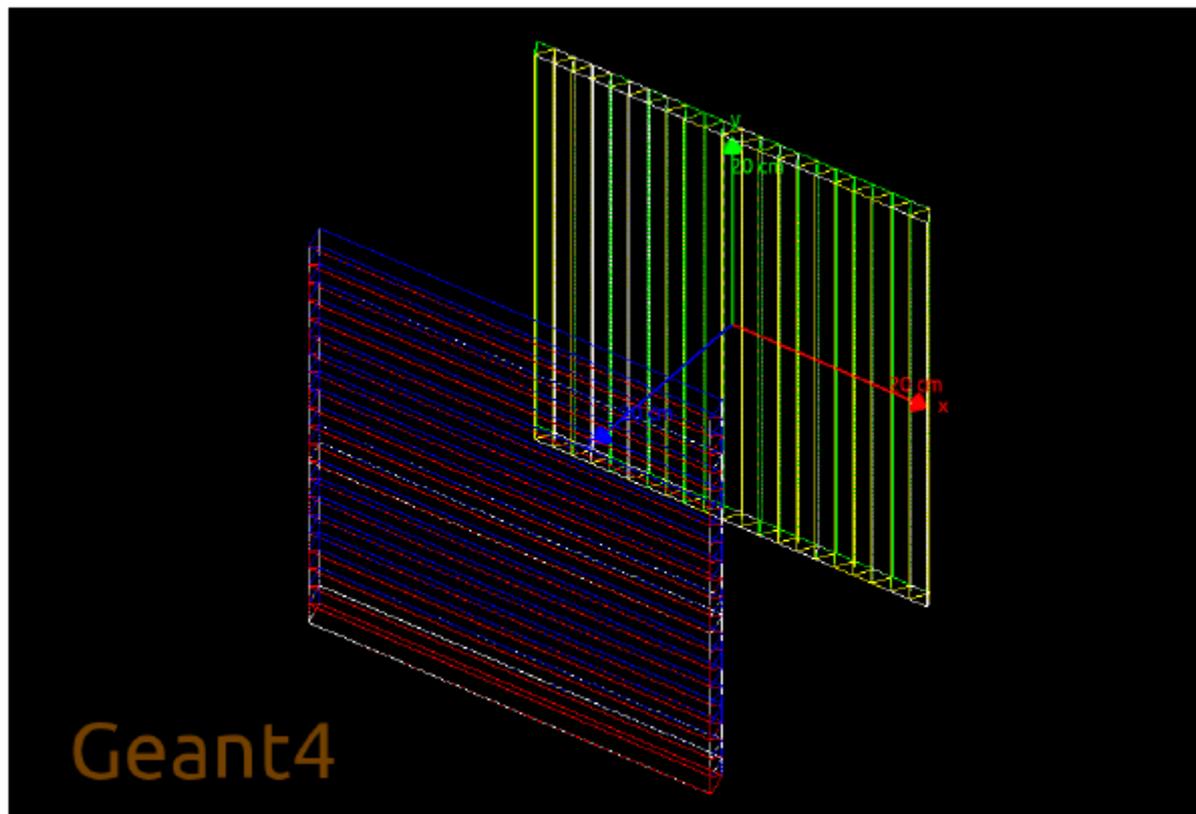


Figura 1: Planos formados por barras de centelleo.

Para simular el detector, primero se creó una placa trapezoidal de bases 39.9 cm, longitud 40.85 cm y grosor 1.645 cm, se escogieron estas dimensiones con el fin de que al superponer las placas, las barras que se pondrán en ellas coincidan a lo largo del detector.

Superposición de Planos

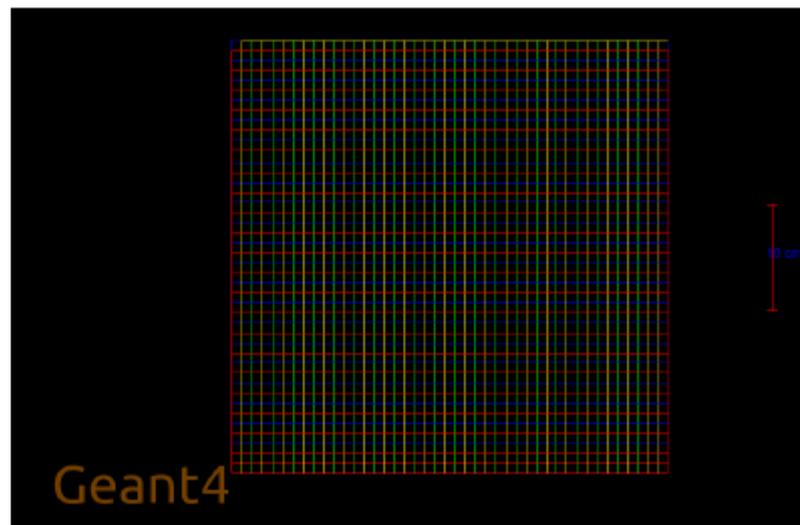
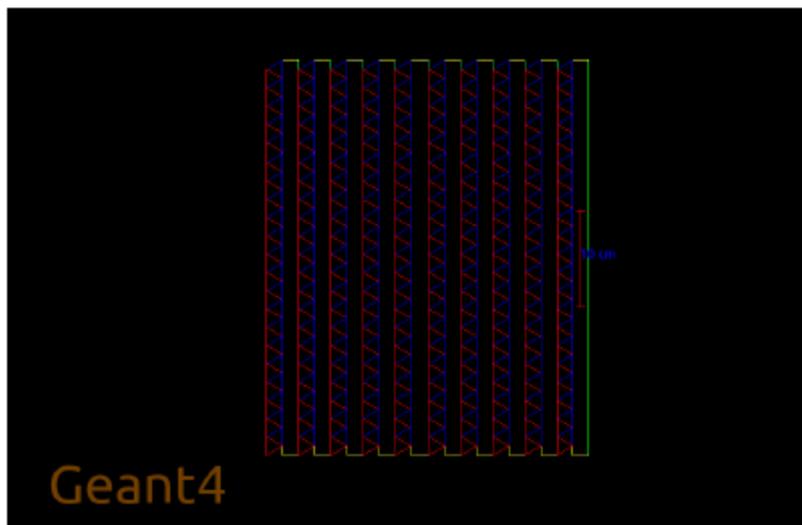


Figura 1 : Resultado de la superposición de los planos.

Construidos ambos planos, finalizamos haciendo 10 copia y los colocamos uno tras otro.

Al superponer segmentamos o pixelamos el detector. Cada pixel tiene una superficie de 9.5mm X 9.5mm se compone por la superposición de cuatro barras del centellador plástico.

Conformación del Detector

En la simulación del detector se envió un flujo de 10000 muones con energía de 31 GeV, la forma del flujo para este caso es de un rectángulo de 20 cm por 20 cm.

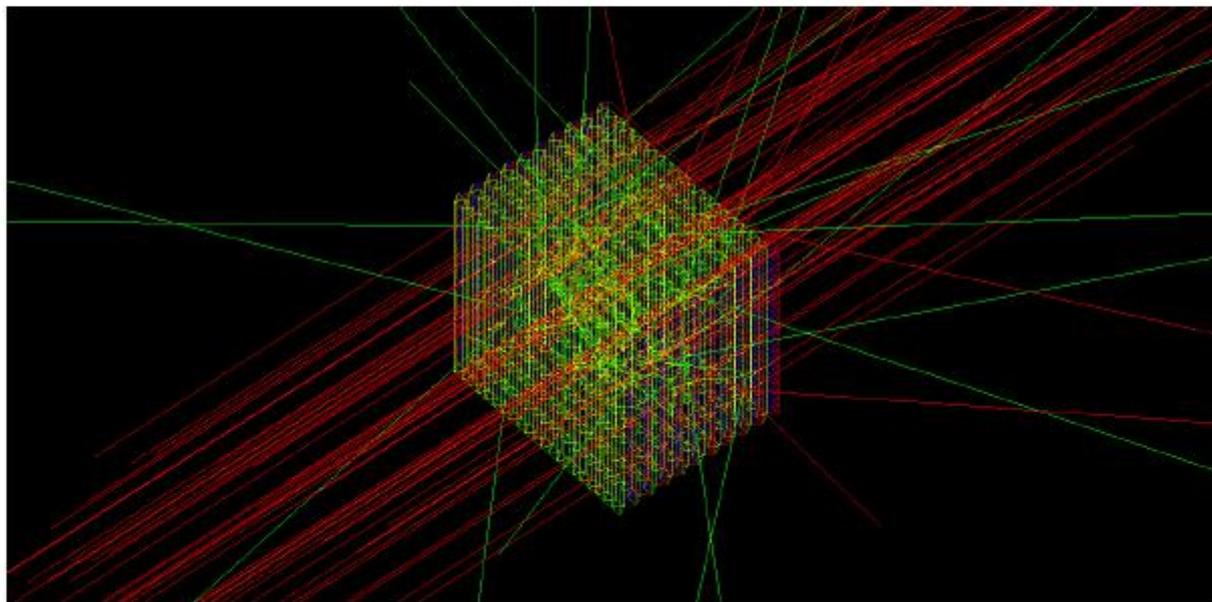


Figura 1 : Simulación de la interacción de muones con el detector.

Partículas y Procesos

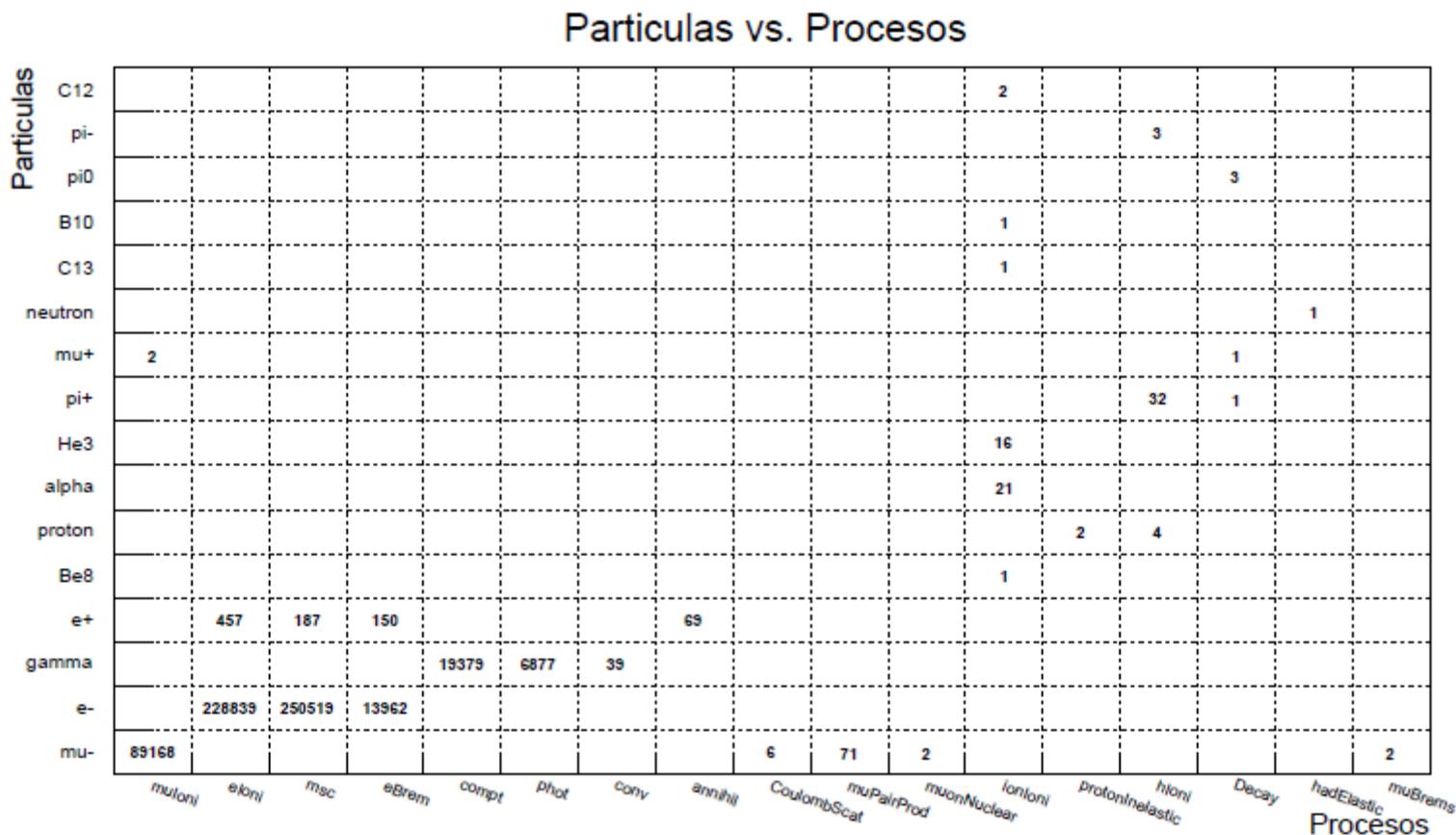


Figura 1.1: Histograma en dos dimensiones de las partículas como función de los procesos físicos generados.

Energía Depositada en el Detector

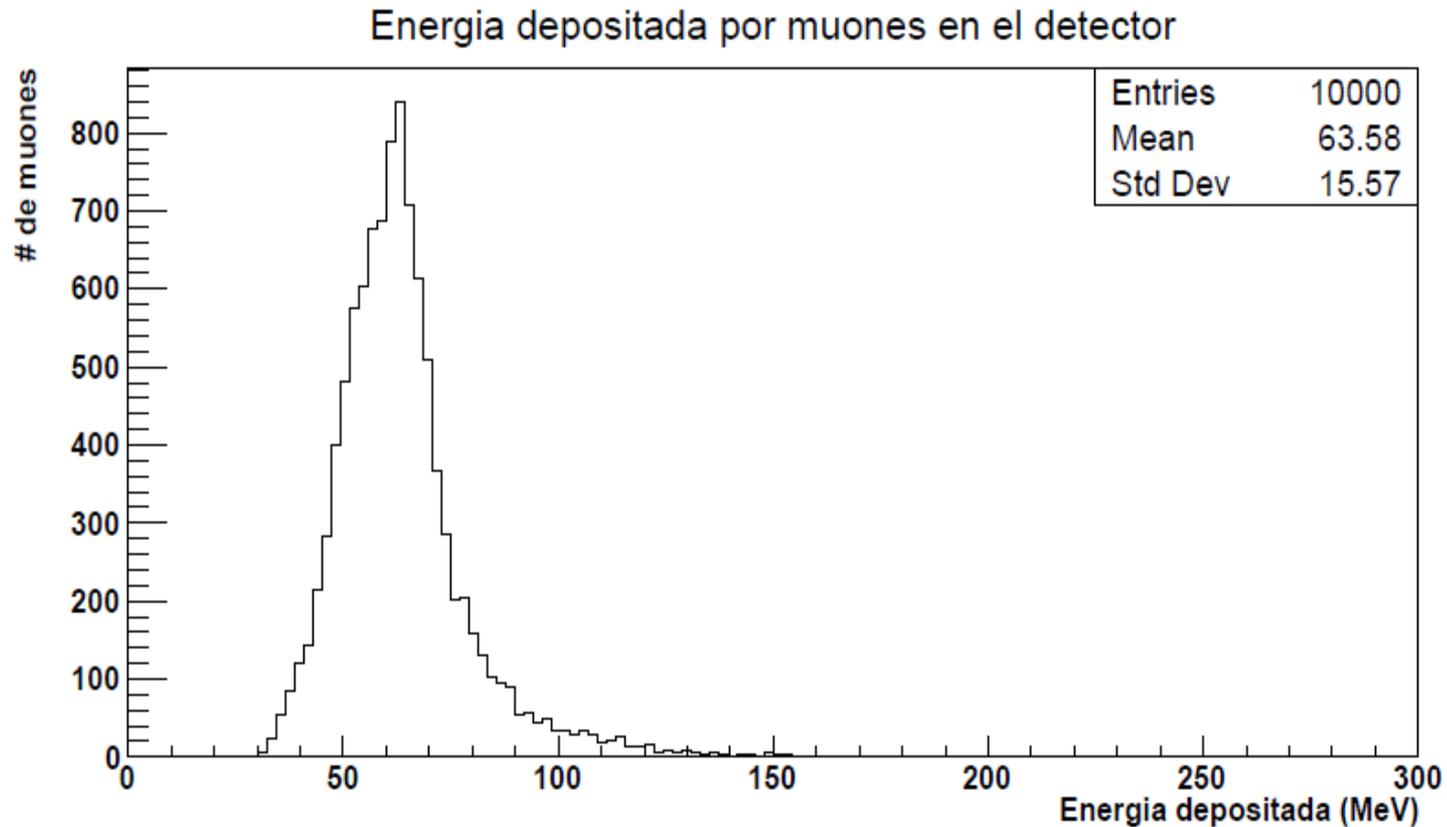


Figura . : Energía depositada por muones en el detector de centelleo.

Distancia Recorrida por los Muones

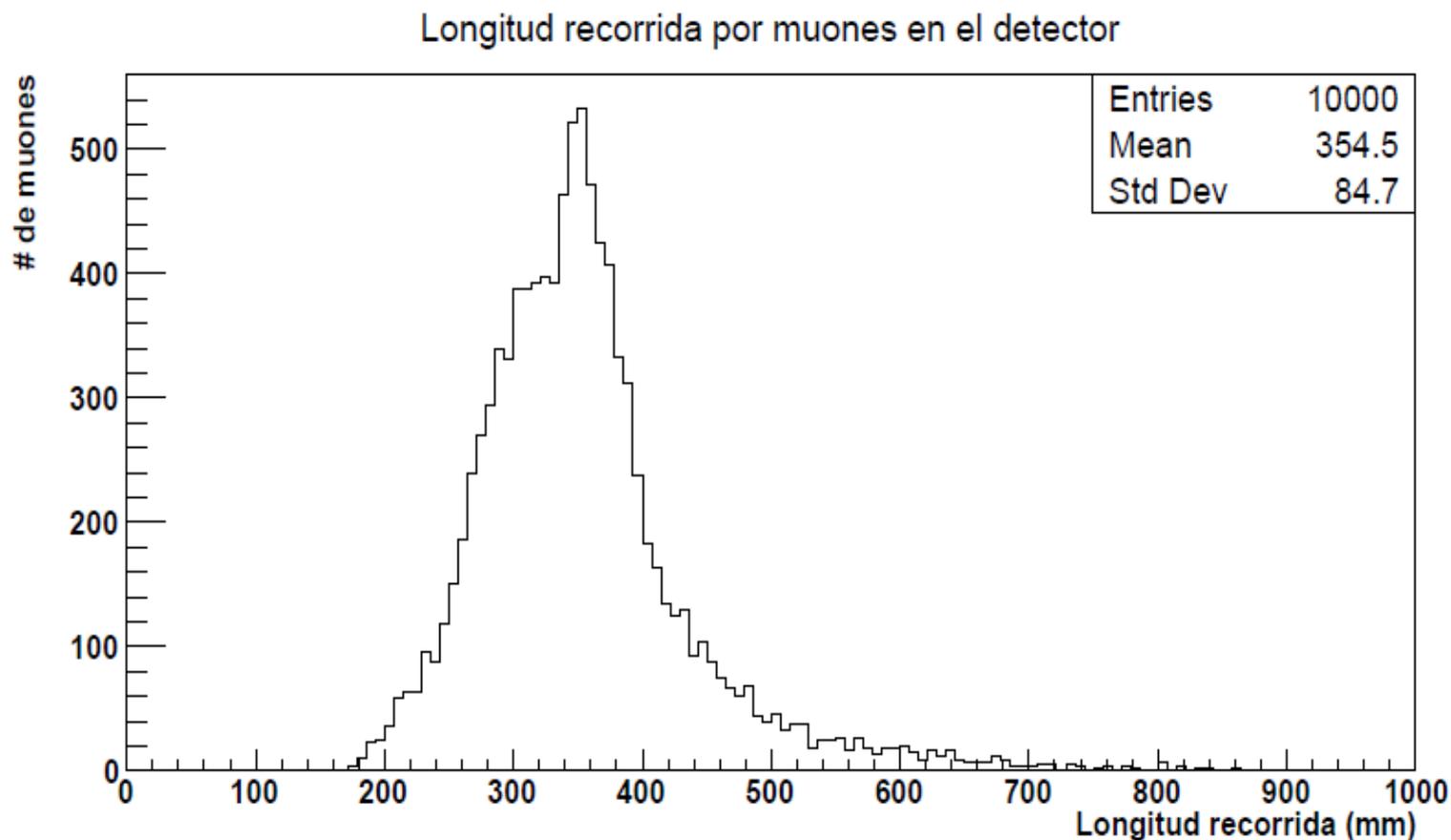


Figura . : Longitud recorrida por muones en el detector.

Traza de los Muones en el Detector

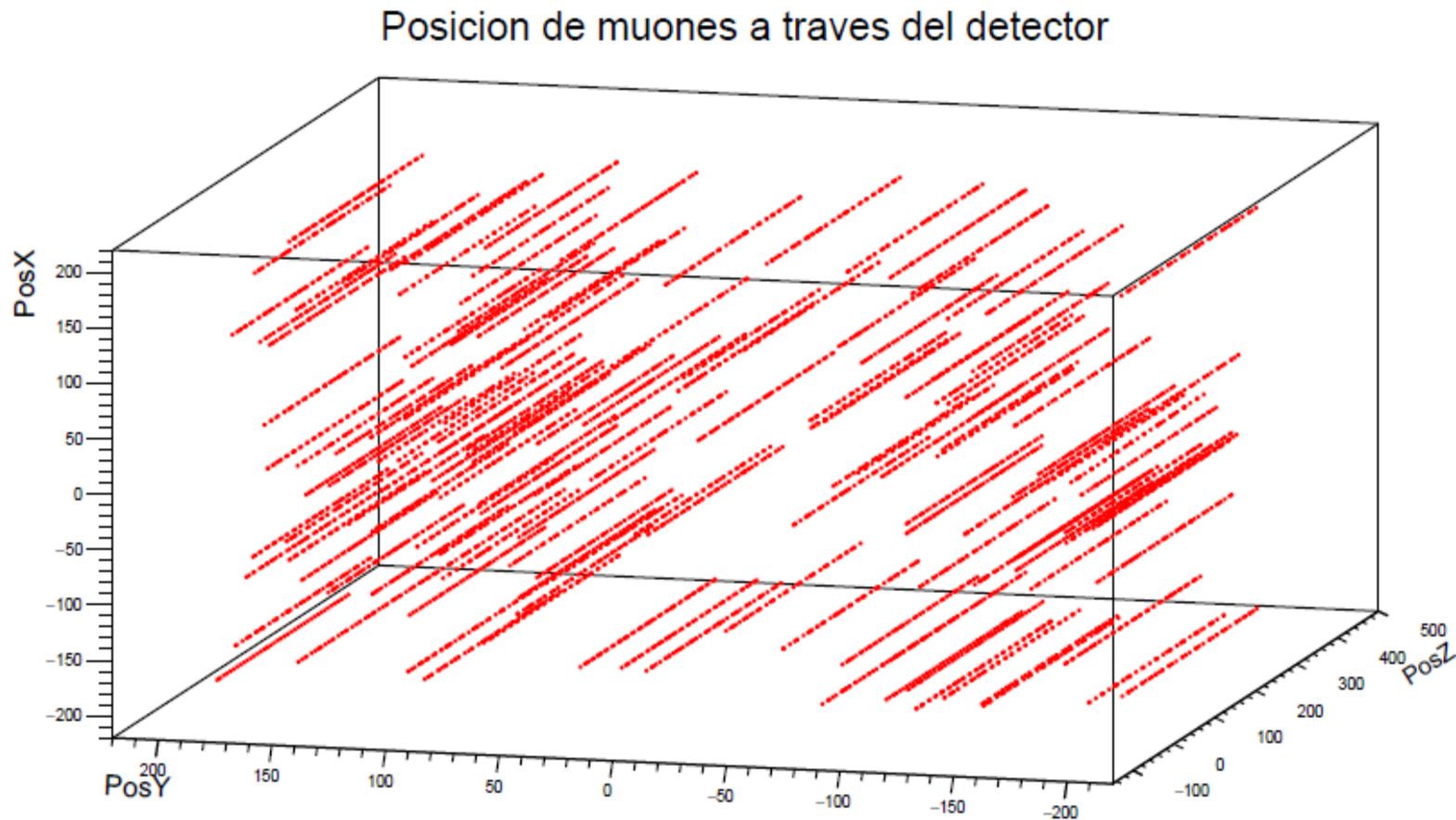


Figura . : Traza de los muones en el detector.

Traza de los Electrones en el Detector

Posicion de electrones en el detector

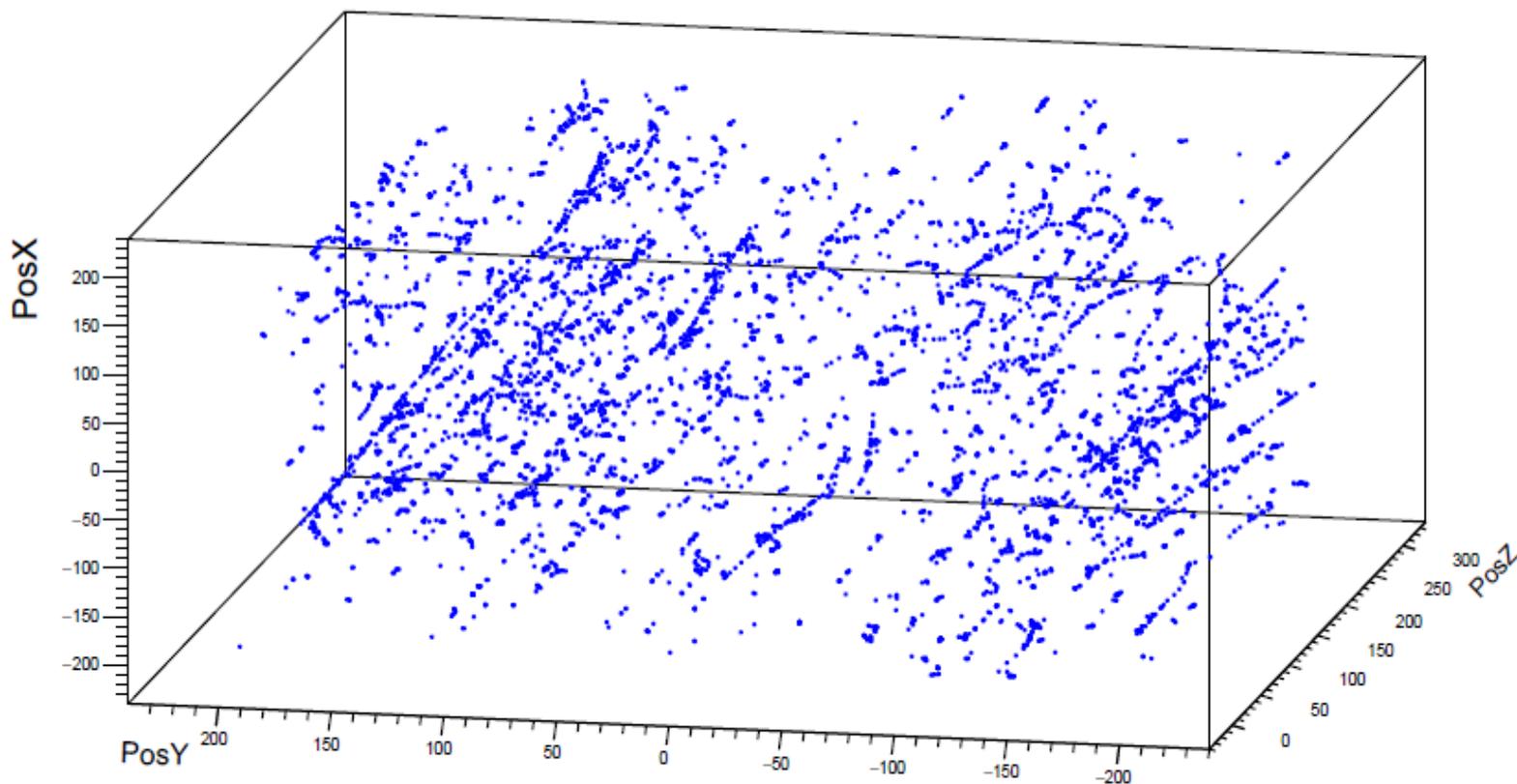


Figura 1: Traza de electrones producidos en el detector.

Traza de la Radiación Gamma en el Detector

Posicion de radiacion gamma en el detector

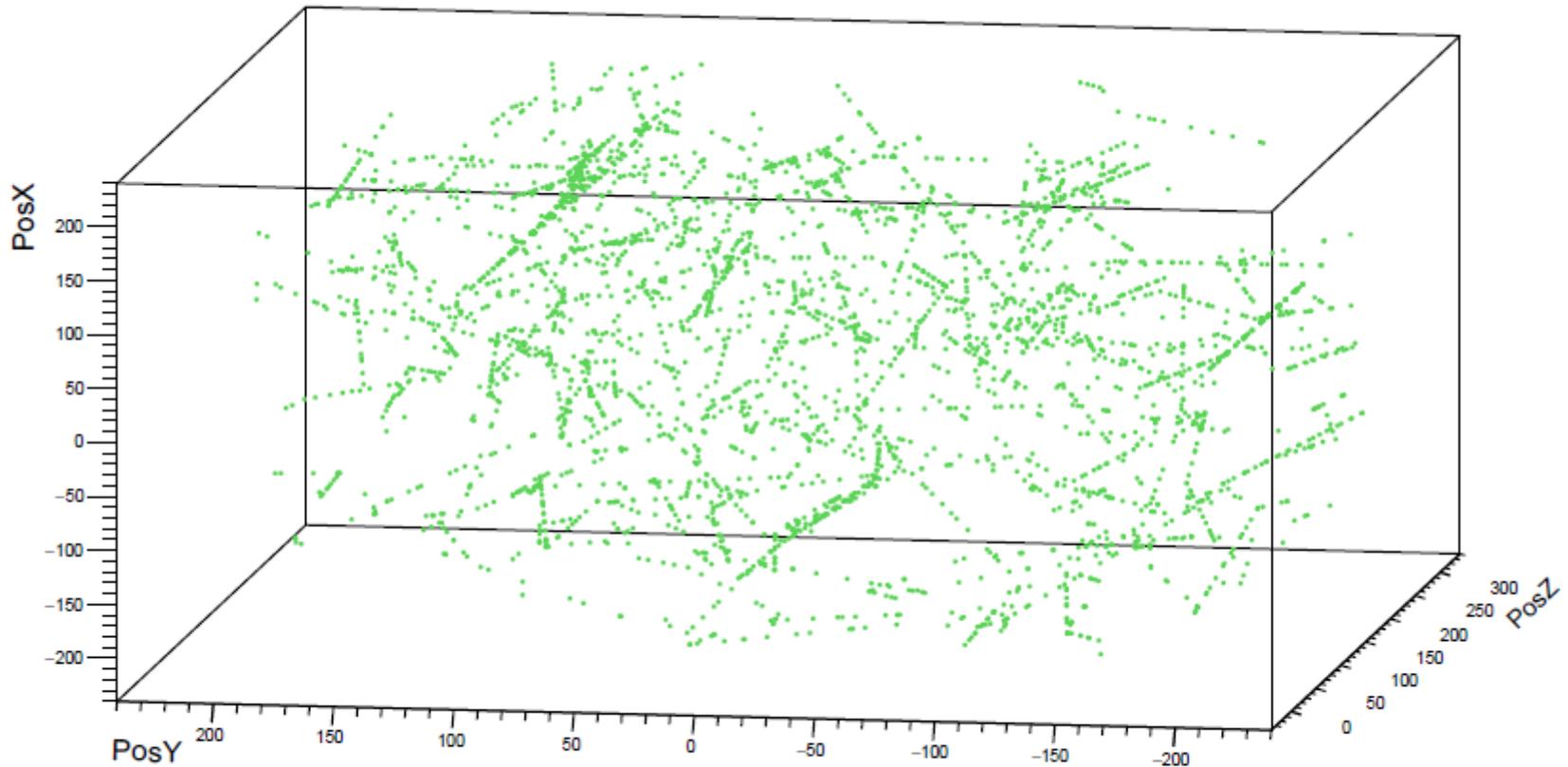


Figura 1 : Traza de gammas en el detector.

- ▽ Se recomienda realizar la caracterización de la atmósfera de la ciudad de Pasto para que las simulaciones de EAS implementadas en CORSIKA sean mucho mas cercanas a la realidad, ya que si bien el modelo de atmósfera tropical implementado en este caso es un buena aproximación dada la zona en la que la ciudad se ubica, medir adecuadamente las variables atmosféricas locales nos daría una mejor idea de como las EAS se desarrollan localmente.
- ▽ Se recomienda implementar componentes ópticos al presente modelo de detector de centelleo, implementar en esta simulación una envoltura a cada una de las barras de centelleo con un material reflectante para que los fotones producidos por el centelleo del material no escapen de una a otra barra y afecten las medidas deseadas, además de la implementación de fotomultiplicadores para que capten las señales de los fotones producidos en cada barra de centelleo y ubicarlos al extremo de cada barra para que la reconstrucción tanto de posición como energía de los muones sea mas acorde con la realidad, ya que en este prototipo la reconstrucción de energía y posición que se hizo, es debida a las posiciones "reales" y energía depositada por todos los procesos producto de la información almacenada en los datos de la simulación.
- ▽ Para el flujo de muones incidentes, se recomienda implementarlo según la información extraída de las simulaciones de CORSIKA lo cual permitirá realizar medidas mas reales en en cuanto a deposición de energía y trayectoria de los muones.



Trabajos en Desarrollo



Simulación Preliminar de la Posición Óptima de Instalación de un Detector de Muones Atmosféricos Sobre el Volcán Galeras

Simulación mediante Geant4 y CORSIKA del flujo de muones Atmosféricos Para hacerlos travesar por el edificio volcánico del Galeras

Hacer incidir el flujo de muones sobre un detector ubicado en la zona del Galeras.

Hacer un estudio de la mejor ubicación del detector de muones atmosféricos.

Detector Prototipo de Centelleo

Investigadores:

J. Betancourt, J. Estrada, R. Llerena y O. Riascos

Estudiantes:

D. Zamora, I. Guerrero y J. Paz Ibarra

Grupos Metanoia - AUNAR y Geofísica - UDENAR



Detector prototipo de centelleo

1. *Seminario Taller de Instrumentación de Detectores de Muones: San Juan de Pasto 30 de Noviembre al 04 de Diciembre del 2015*
2. Diseñar e implementar un sistema de control para la orientación y el posicionamiento de los detectores de muones de un prototipo de tomografía para el volcán Galeras.
3. Medición Preliminar del flujo de muones a algunos puntos del volcán Galeras utilizando un detector prototipo optoelectrónico tipo centelleo.
4. Presentación de avances preliminares en el VIII Congreso Nacional de la Enseñanza de la Física y la Astronomía: 8 de noviembre del 2016, Universidad de Nariño

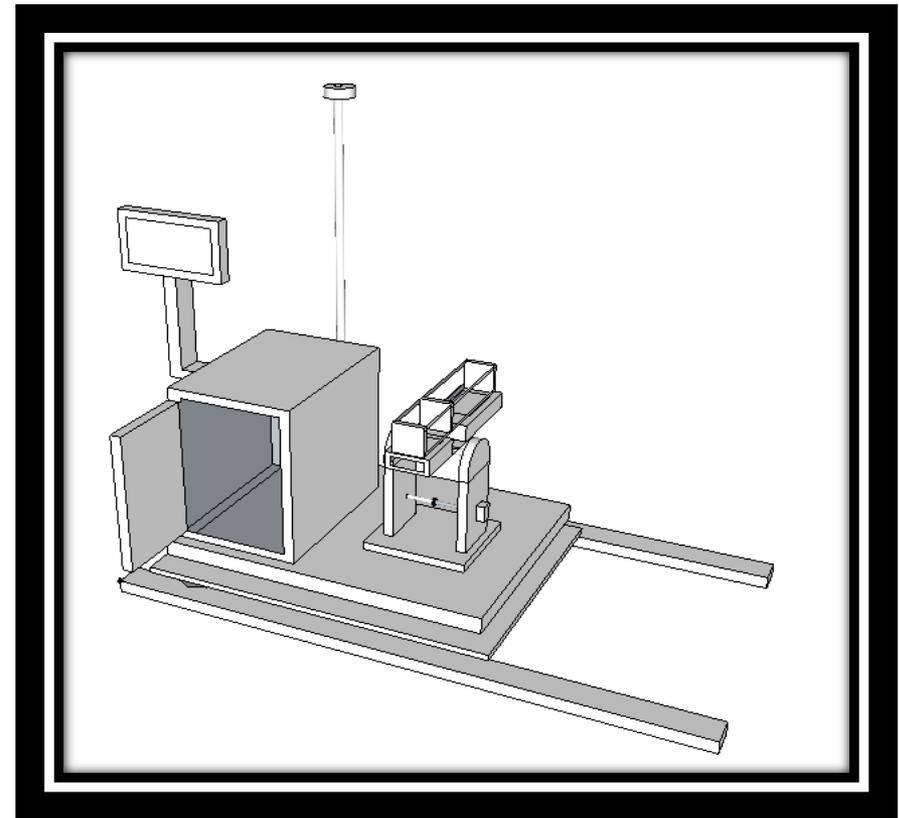


Seminario Taller de Instrumentación de Detectores de Muones





Diseño e implementación de un sistema de control para la orientación y el posicionamiento de los detectores prototipo de muones



¿Cómo mejorar la eficiencia en el proceso de control de posición y orientación de los detectores de muones en el volcán Galeras?

Sensor atmosférico, rieles placas centelladoras, base placas centelladoras y controlador de movimientos en azimut y polar de la base principal.

Caracterización Preliminar del Flujo de Muones en los Alrededores del Volcán Galeras.

J. Betancourt, J. Estrada, R. Llerena y O. Riascos



8 CONGRESO NACIONAL DE ENSEÑANZA DE FÍSICA Y ASTRONOMÍA

Grupos Metanoia - AUNAR y Geofísica - UDENAR





Universidad de Nariño
TANTUM POSSIVMS QUANTVM SCIVMS

8 CONGRESO NACIONAL DE ENSEÑANZA DE FISICA Y ASTRONOMIA



ANALISIS DE LAS CARACTERISTICAS DE LOS DISPOSITIVOS Y COMPONENTES DEL DETECTOR DE MUONES





Universidad de Nariño
TANTUM POSSIVIMUS QUANTUM SCIVIMUS

8 CONGRESO NACIONAL DE ENSEÑANZA DE FISICA Y ASTRONOMIA



FASE 1: ALISTAMIENTO DE LAS PLACAS CENTELLADORAS



**PLACA CENTELLADORA
DE MATERIAL
ACRILICO DE BASE
PLASTICA**

**AISLAMIENTO OPTICO DE
LAS PLACAS PARA
CONDICIONES EXTERNAS**

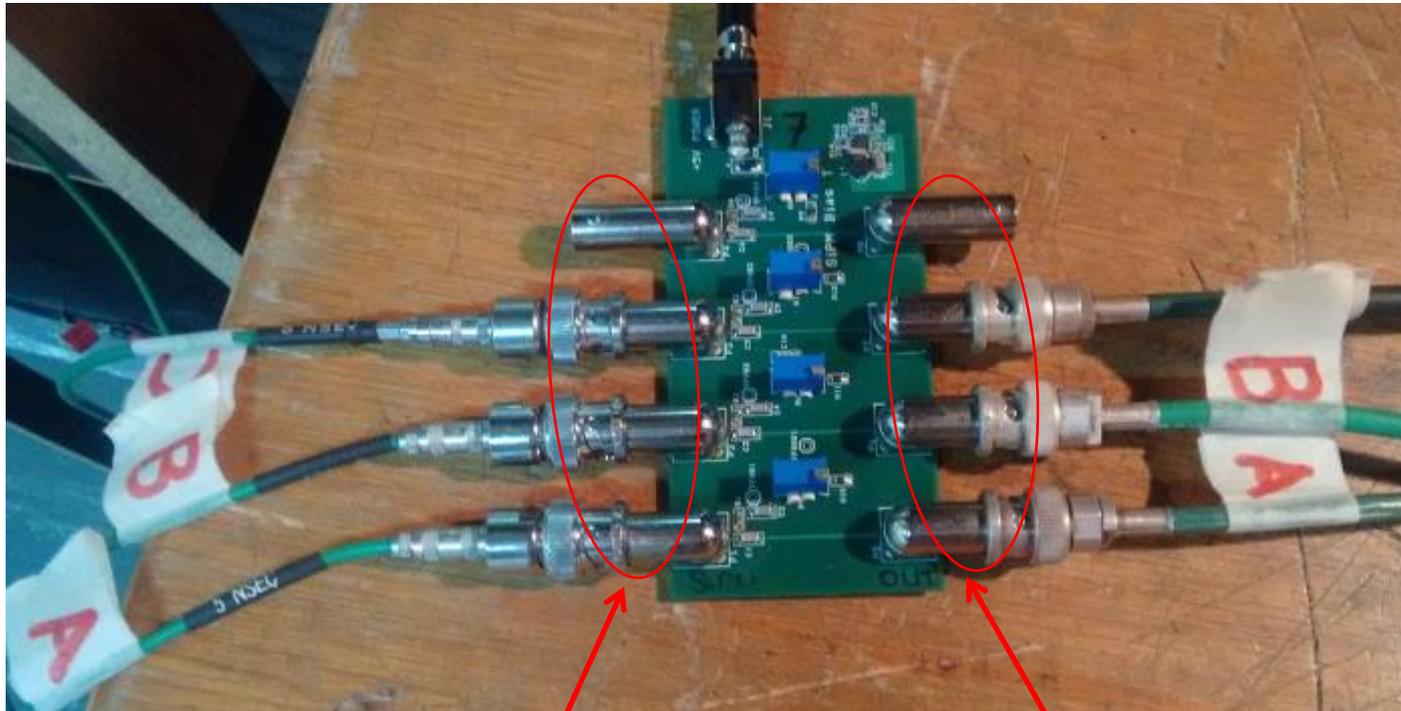


UBICACION DE FOTODETECTORES EN LAS PLACAS CENTELLADORAS



**FOTO-DIODO Y ELECTRODO DE POLARIZACIÓN DE
PLACA, PARA RECEPCION DE LA SEÑAL ELECTRICA
QUE DESCRIBE EL MUON AL INCIDIR EN LA PLACA**

TARJETA “SIPM - BIAS” PARA POLARIZACION DE PLACAS CENTELLADORAS Y DETECCION DE COINCIDENCIAS



**PUERTOS DE ENTRADA CON
ACOPLE BNC PARA LOS
FOTOMULTIPLICADORES “SIPM” DE
LAS PACAS CENTELLADORAS**

**PUERTOS DE SALIDA CON
ACOPLE BNC PARA
TARJETA DSP QUARKNET**



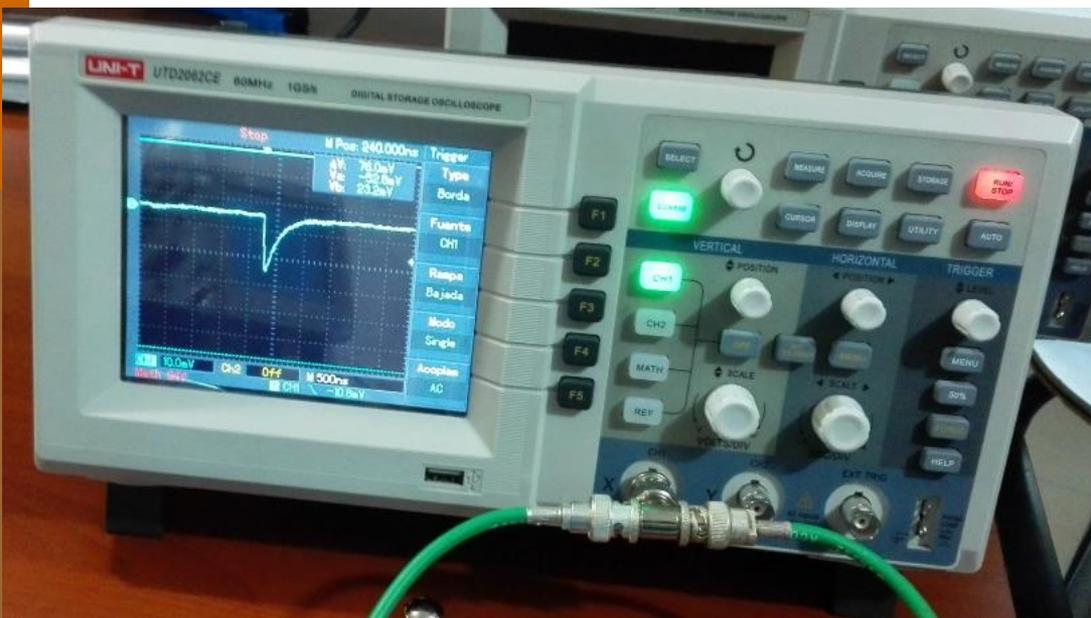
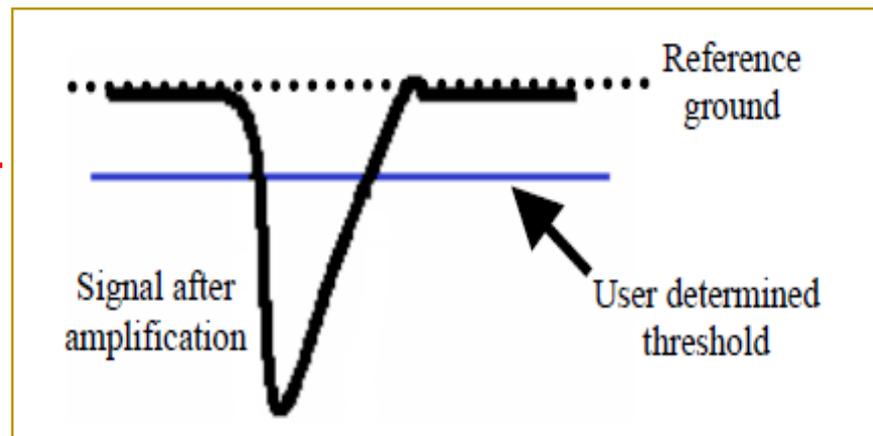
Universidad de Nariño
TANTUM POSSUMUS QUANTUM SCIMUS

8 CONGRESO NACIONAL DE ENSEÑANZA DE FÍSICA Y ASTRONOMÍA



PRUEBAS DE EFICACIA DE LAS PLACAS CENTELLADORAS

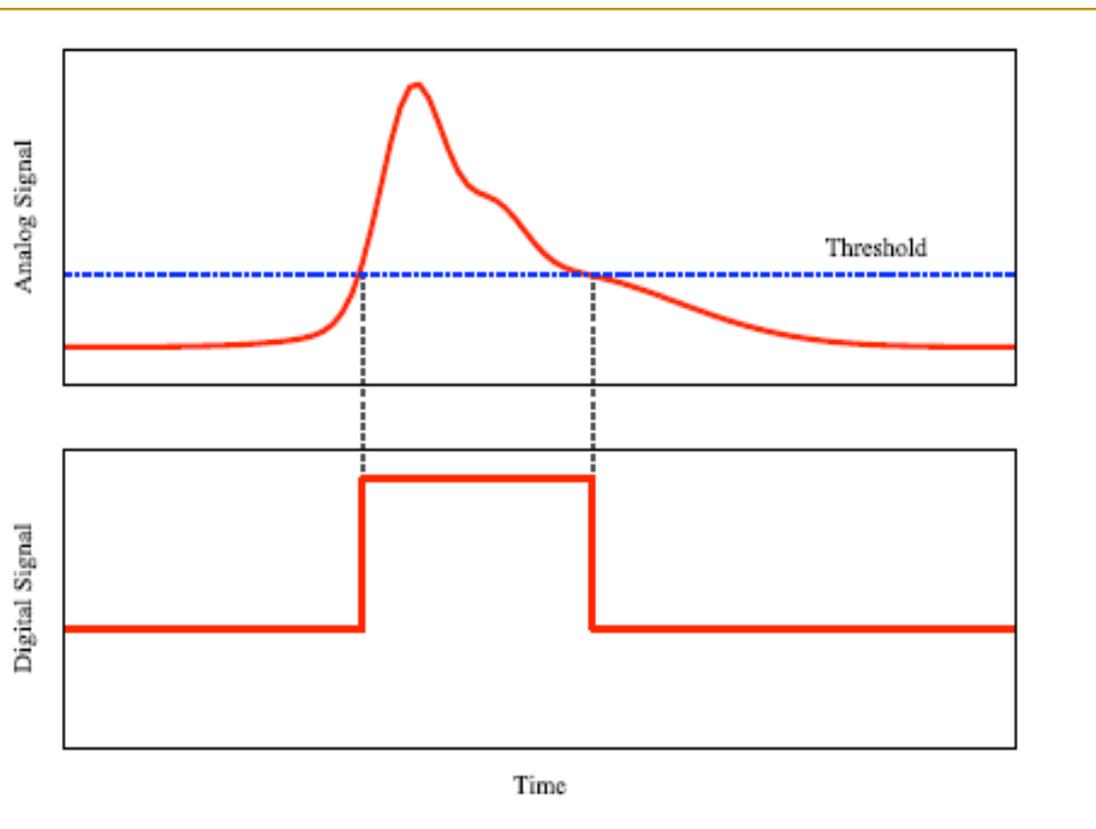
MODELO TEORICO DE LA SEÑAL DEL CENTELLADOR



MEDIDA REAL DE LA SEÑAL EN OSCILOSCOPIO



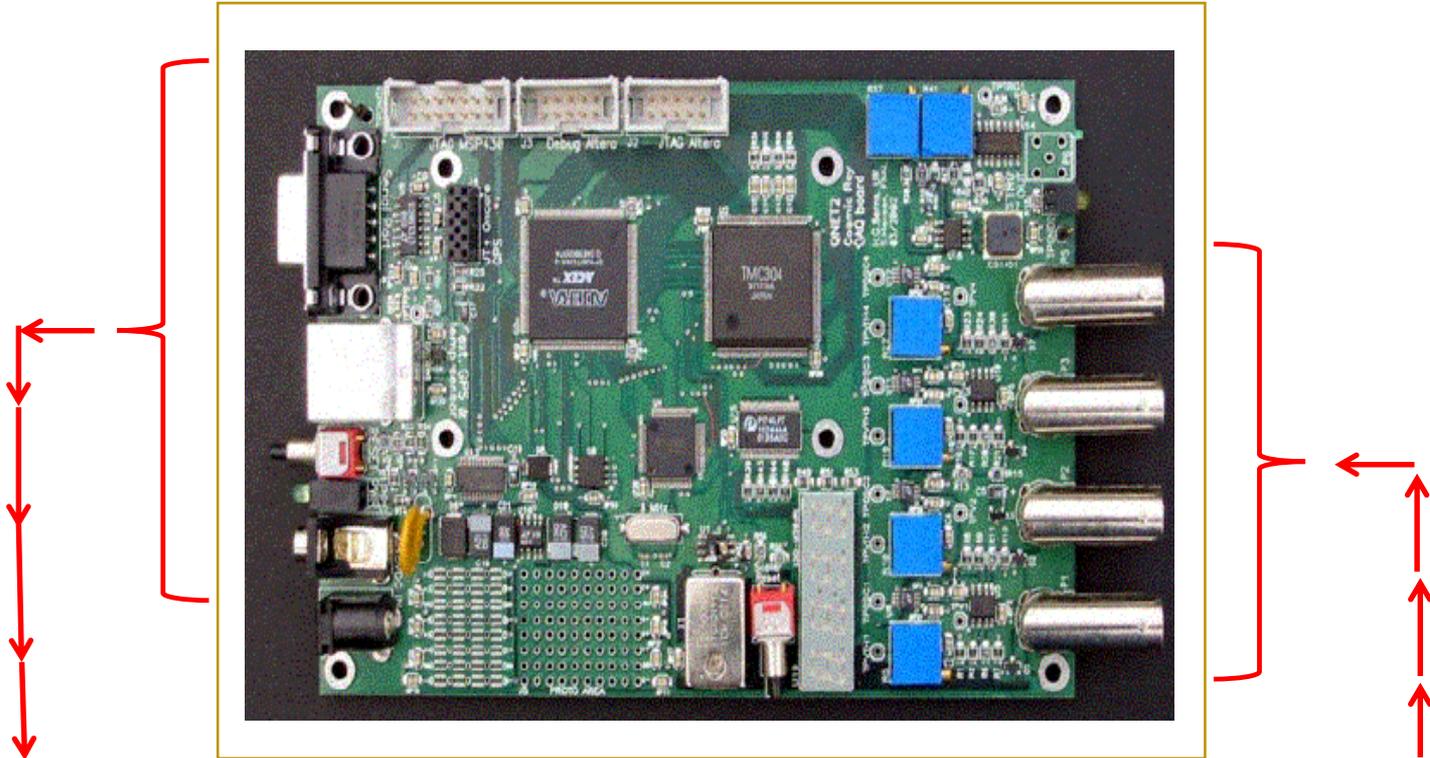
FASE 2: ETAPAS DE PROCESAMIENTO DIGITAL DE SEÑALES E INTERFAZ DE PARAMETRIZACION Y ADQUISICION



**SEÑAL ANALOGA
QUE INGRESA AL
CIRCUITO
DISCRIMINADOR**

**SEÑAL DIGITAL A
LA SALIDA DEL
CIRCUITO
DISCRIMINADOR**

TARJETA DPS QUARKNET 5000 ORIENTADA A LÓGICA DE ADQUISICIÓN

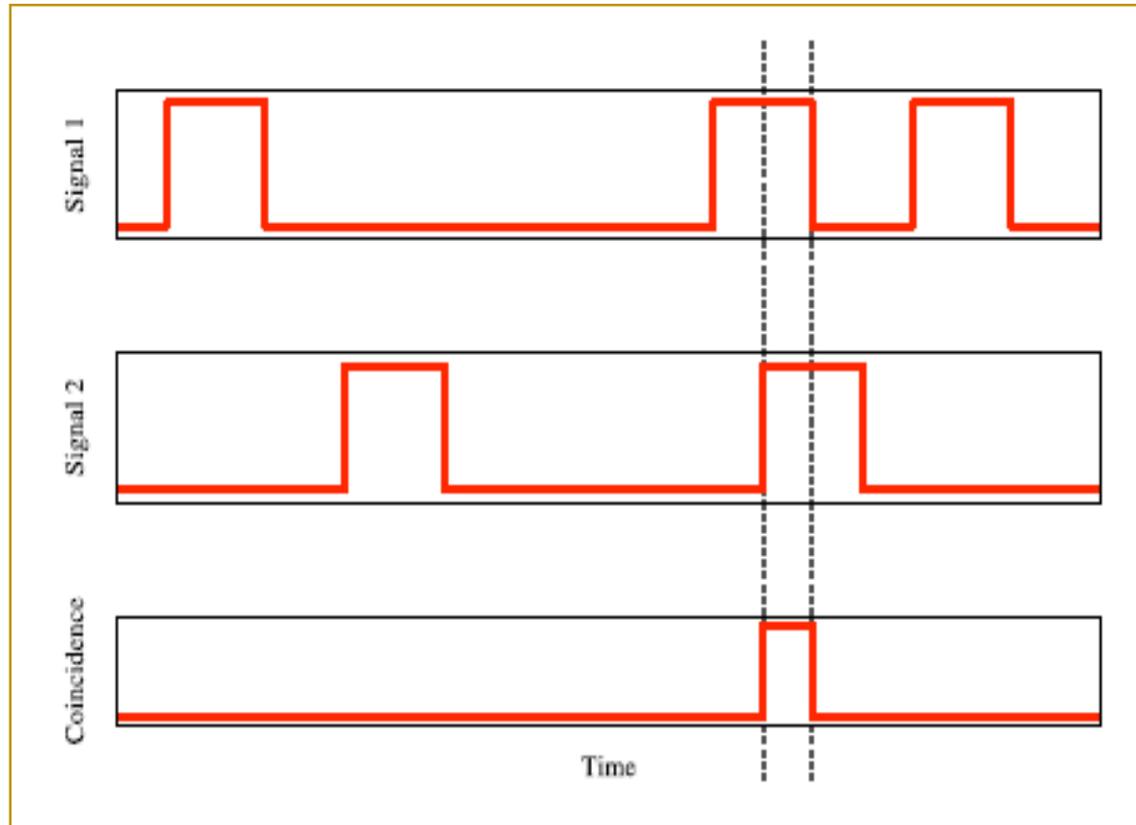


**PUERTOS DE COMUNICACIÓN
PARA CONEXIÓN CON EL
PROCESADOR DE PARAMETROS**

**CANALES DE ADQUISICIÓN
PARA 4 PLACAS
CENTELLADORAS**

Sten Hansen, Thomas Jordan, Terry Kiper , *Fermi National Laboratory, Batavia IL*. Dan Claes, Gregory Snow, *Univ. of Nebraska Lincoln, NE*. Hans Berns, T. H. Burnett, Richard Gran, R. Jeffrey Wilkes, *Univ. of Washington, Seattle, WA*

PROCESO DE LOGICA DE ADQUISICIÓN DOBLE COINCIDENCIA PARA DETECCIÓN DE MUONES



SEÑAL PLACA
CENTELLADORA No. 1

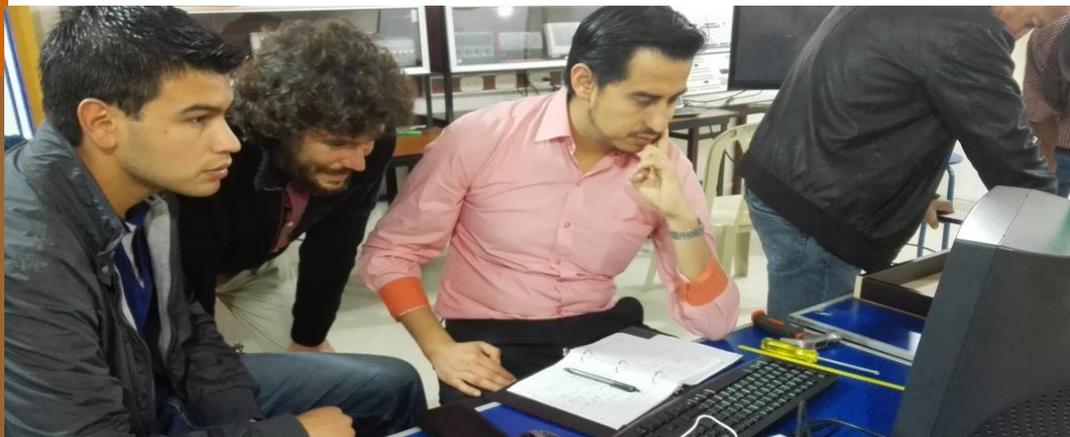
SEÑAL PLACA
CENTELLADORA No. 2

SEÑAL DIGITAL DE
COINCIDENCIA

TARJETA DE MINIPROCESAMIENTO “RASPBERRY PI B” PARA LA PARAMETRIZACIÓN DEL DETECTOR DE MUONES

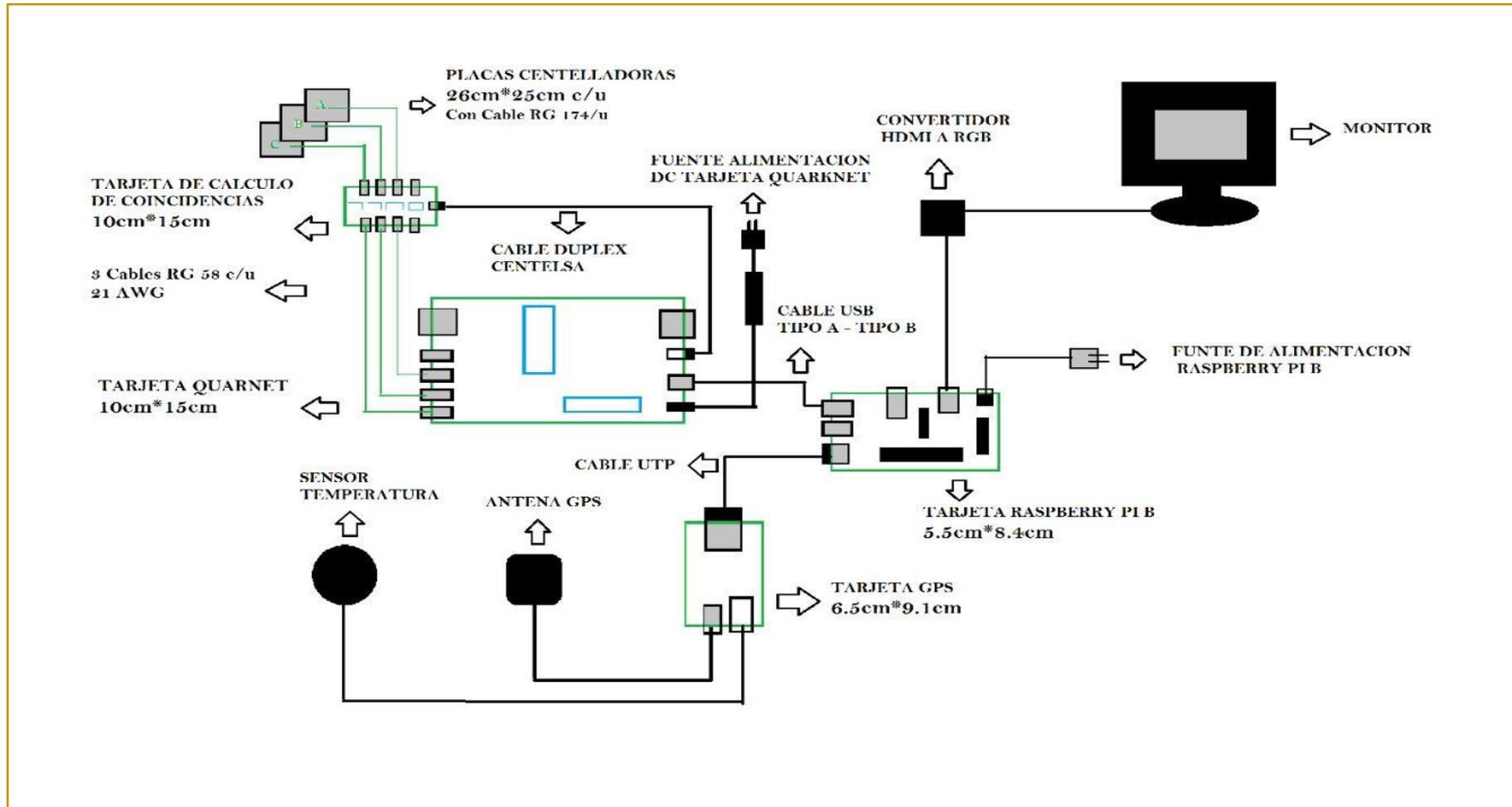


TARJETA RASPBERRY
PI



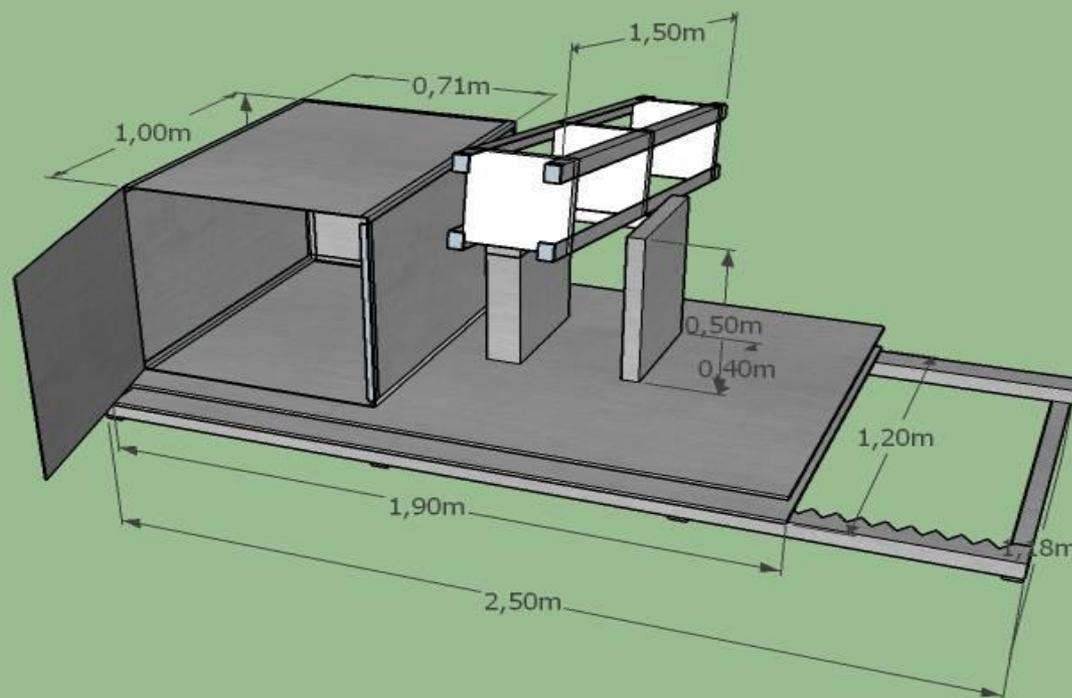
INTERFAZ
COMPUTACIONAL
BÁSICA

ESQUEMA GENERAL DE CONEXIONES DEL SISTEMA ELECTRÓNICO PARA DETECCIÓN DE MUONES





FASE 3: DISEÑO DEL PROTOTIPO ELECTROMECAÁNICO Y ACOPLE DE TELEMETRÍA PARA LA MEDICION DEL FLUJO DE MUONES





Universidad de Nariño
TANTUM POSSUMUS QUANTUM SCIVIS

8 CONGRESO NACIONAL DE ENSEÑANZA DE
FISICA Y ASTRONOMIA



DETECTOR PROTOTIPO

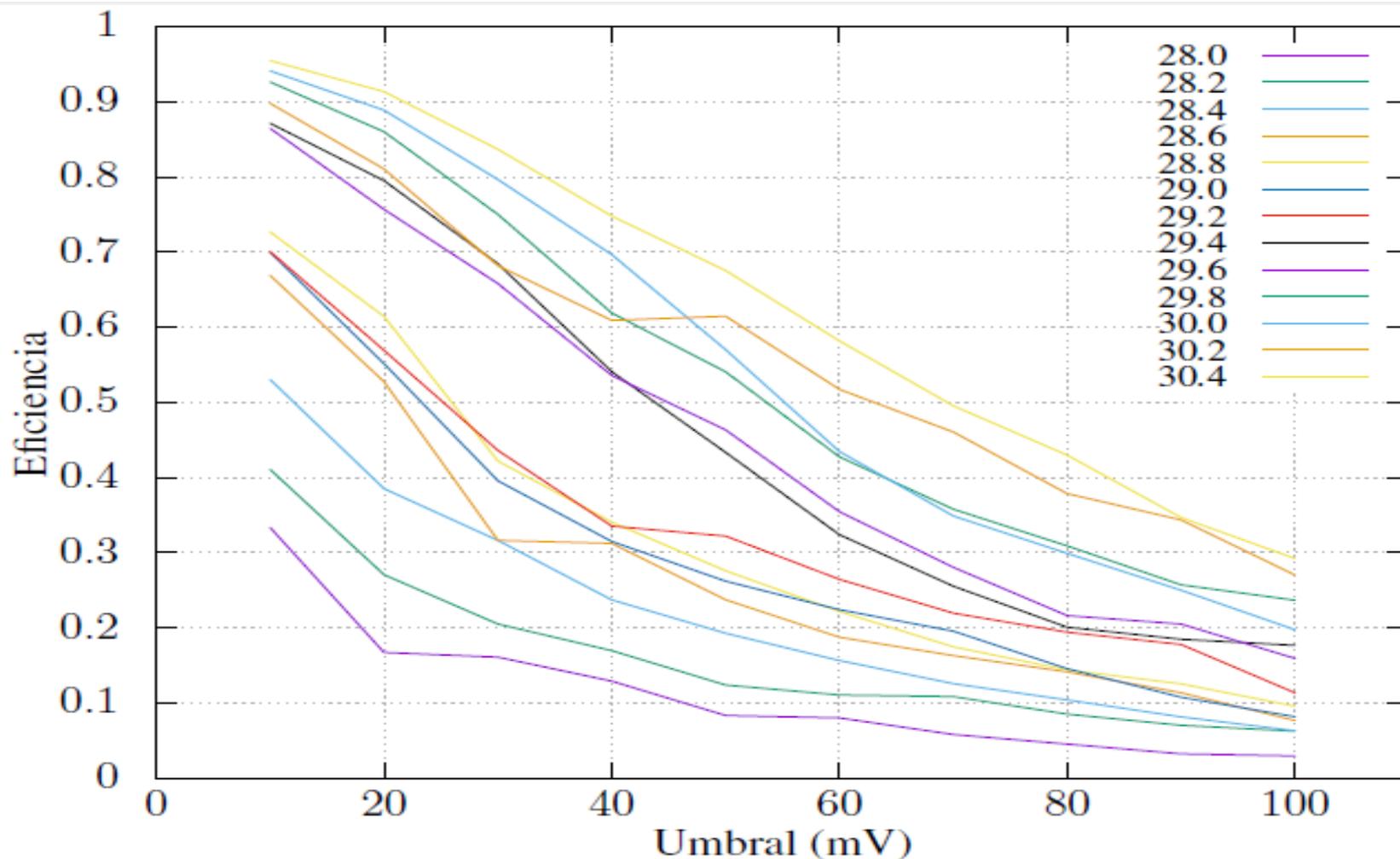
CARTERIZACIÓN Y DISEÑO DEL EQUIPO PARA DETECCION DEL FLUJO DE MUONES

Noviembre de 2016





FASE 4: CALIBRACIÓN Y/O DETERMINACION DE LA EFICIENCIA DEL DETECTOR



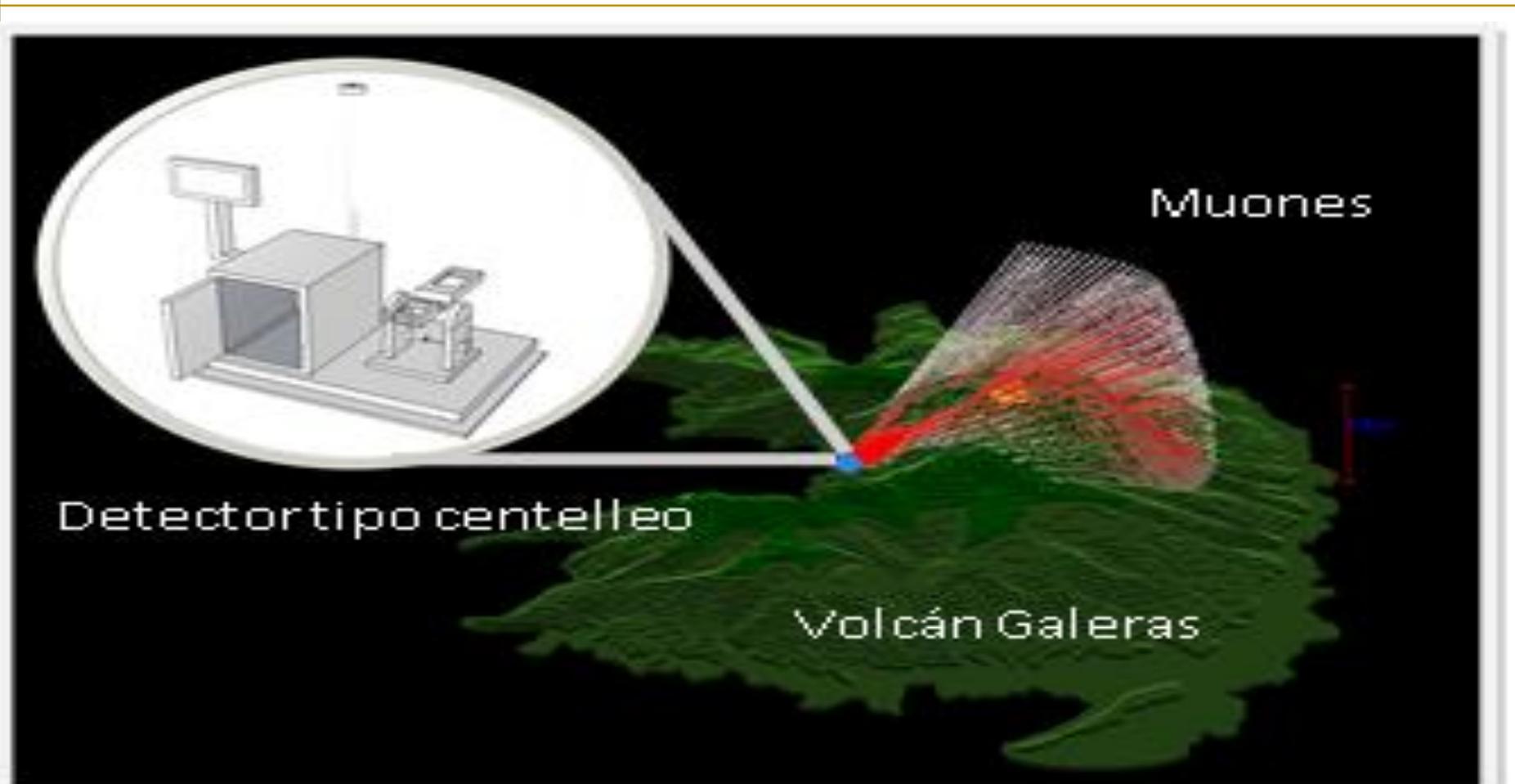


Universidad de Nariño
TANTUM POSSUMUS QUANTUM SCIMUS

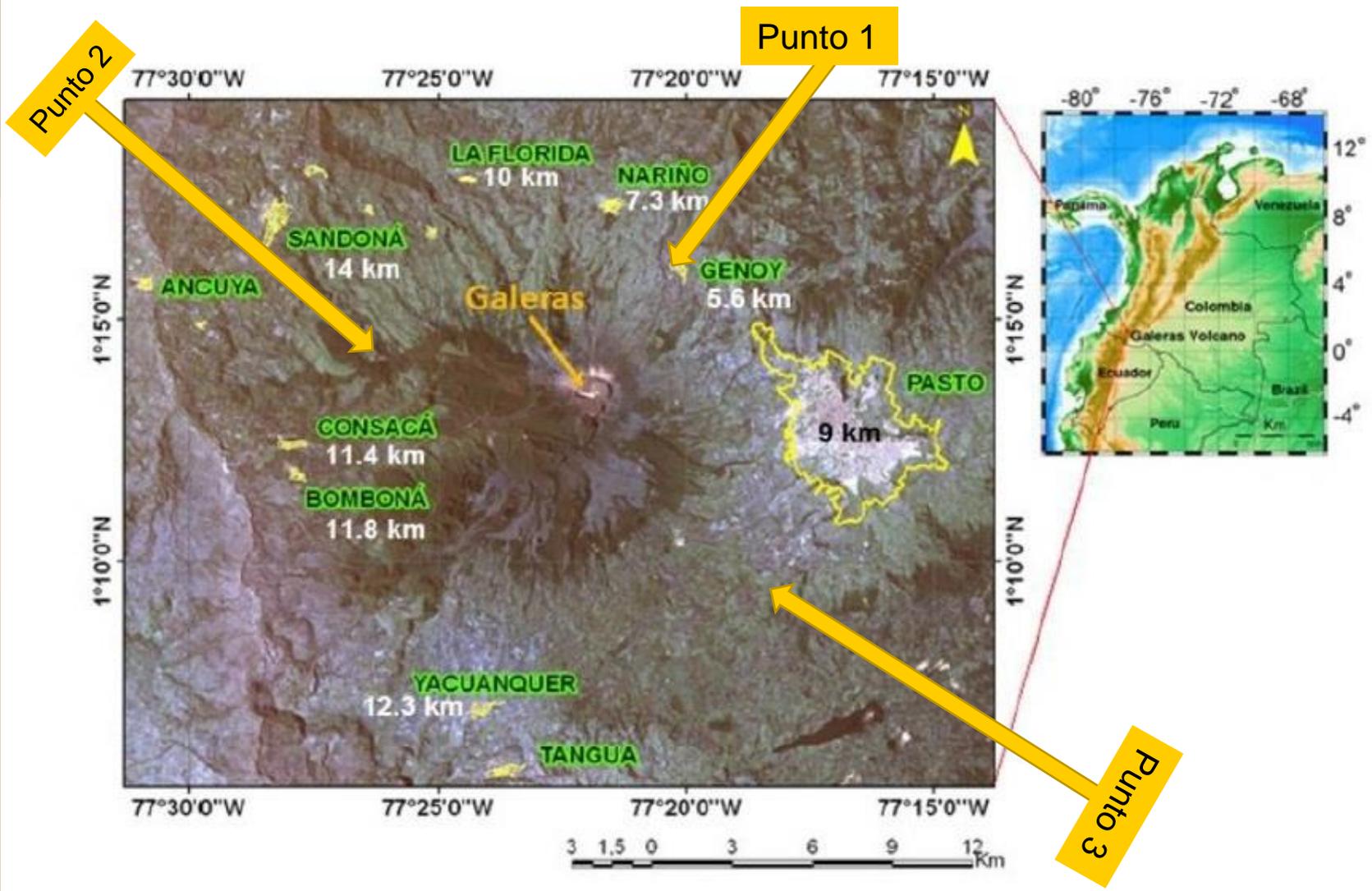
8 CONGRESO NACIONAL DE ENSEÑANZA DE FISICA Y ASTRONOMIA



FASE FINAL: UBICACION DEL PROTOTIPO EN LOS ALREDEDORES DE “VOLCAN GALERAS” PARA LA CARACTERIZACION PRELIMINAR DEL FLUJO DE MUONES.



Estudio para determinar mejor ubicación de detector en la zona Del Volcán Galeras

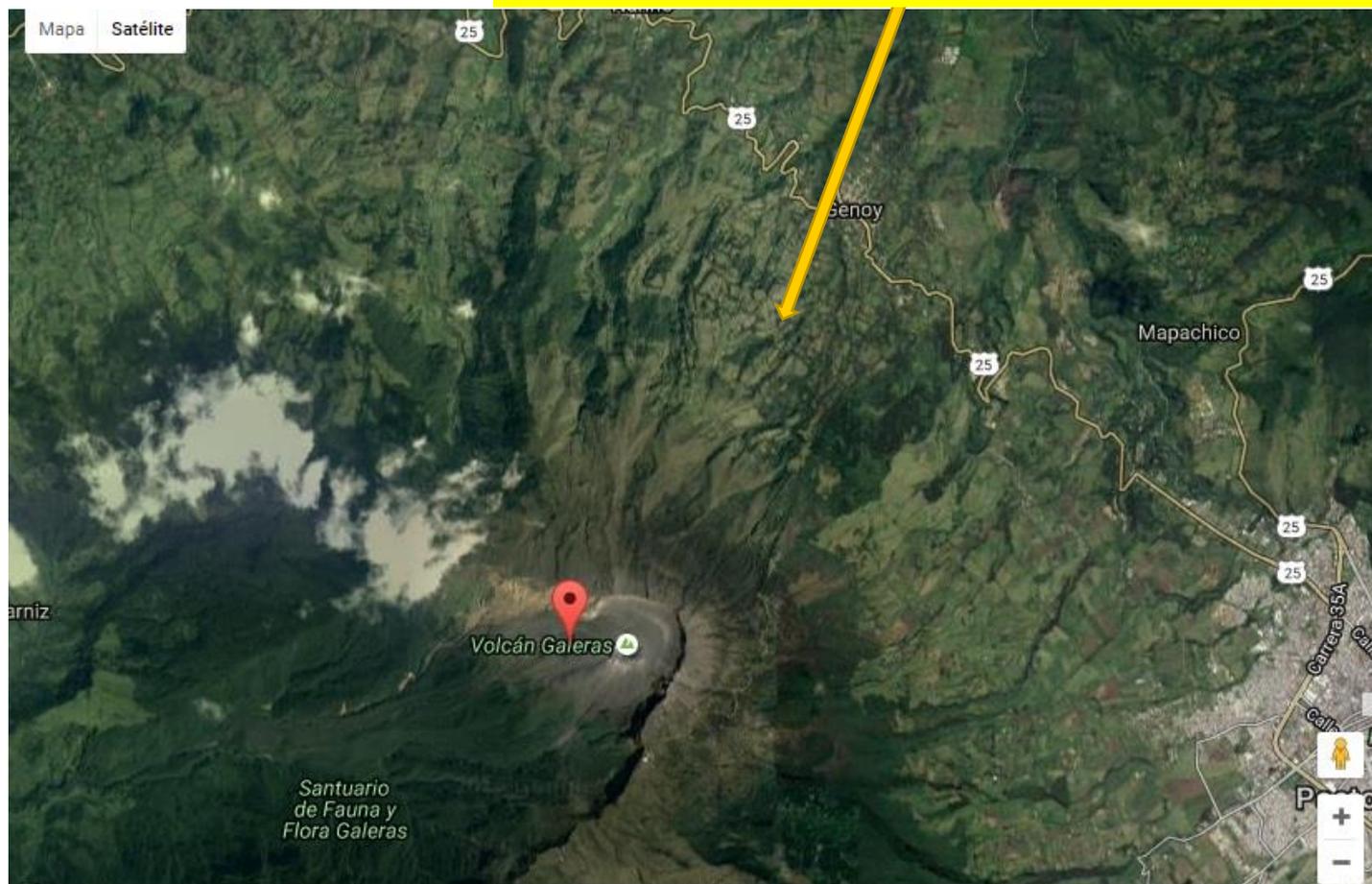


Punto 1

Latitud: 1.27587

Longitud: -77.3387

Lat/Lon actual: (1.2537146393239096, -77.34053671360016)



Punto 2

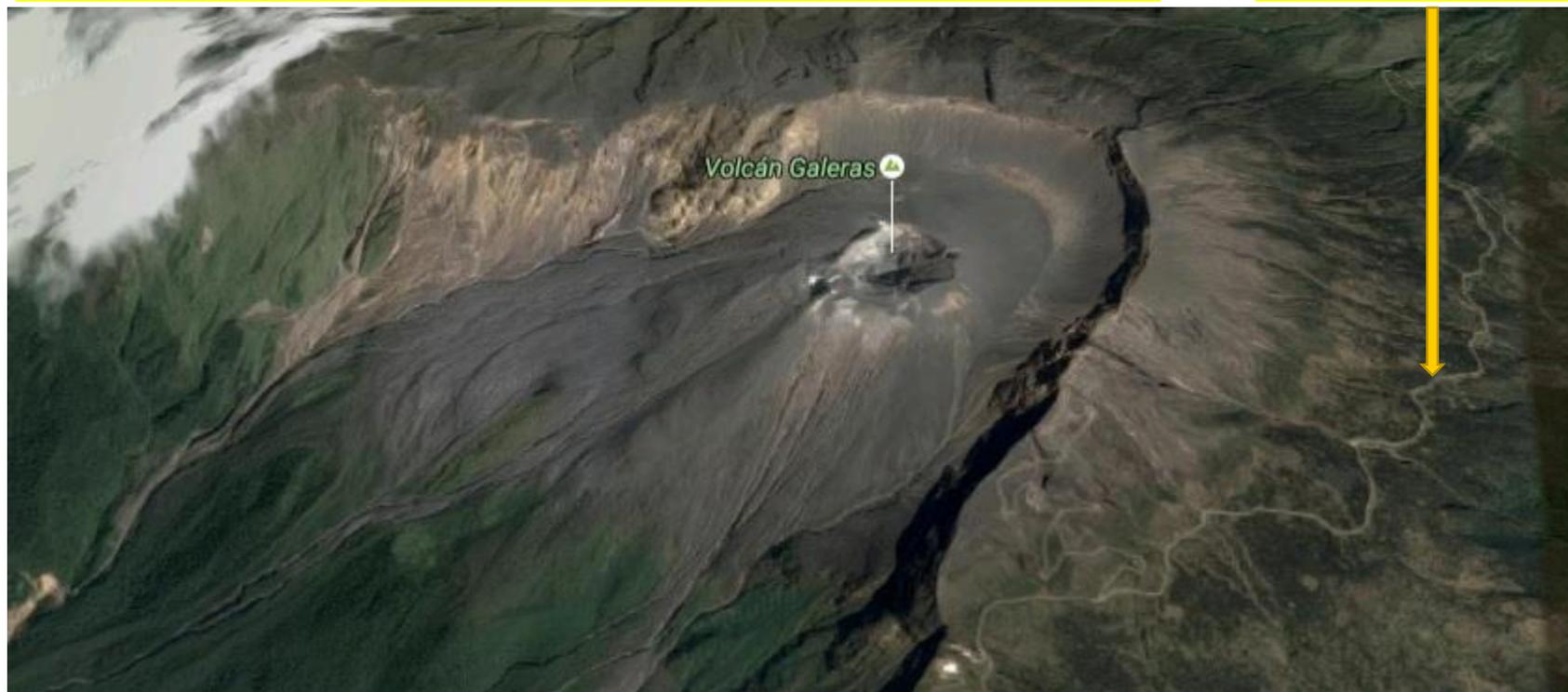
Lat/Lon actual: (1.2126970738658036, -77.40508139133453)

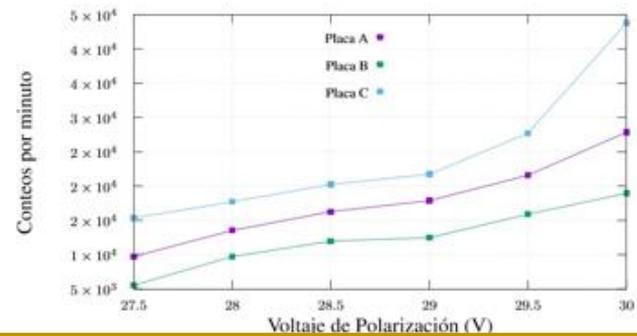
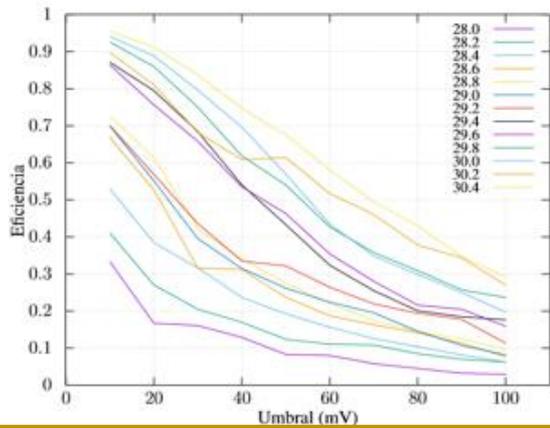
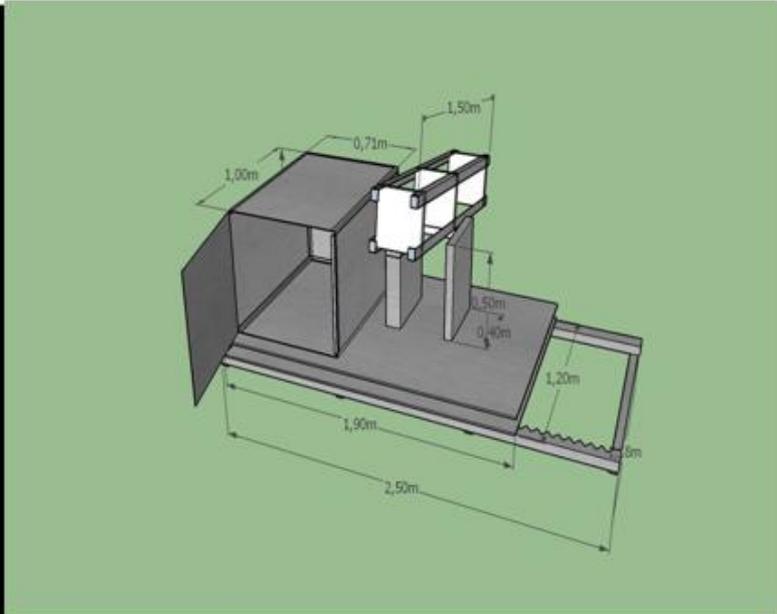


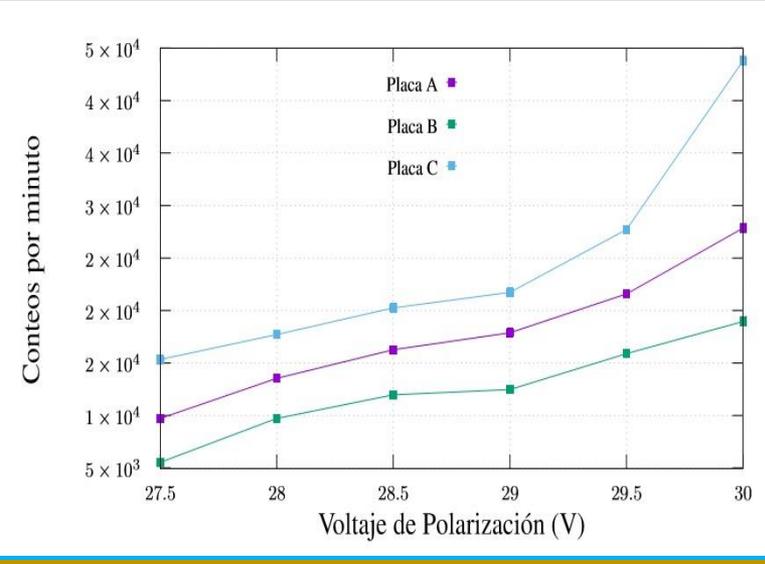
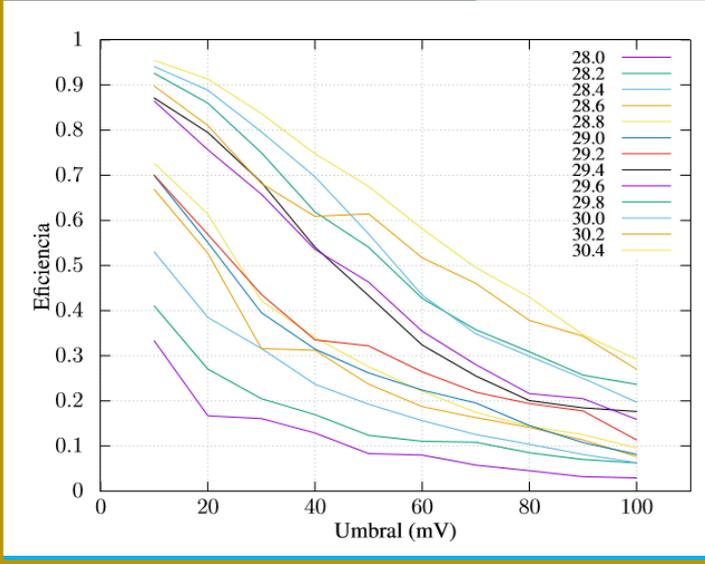
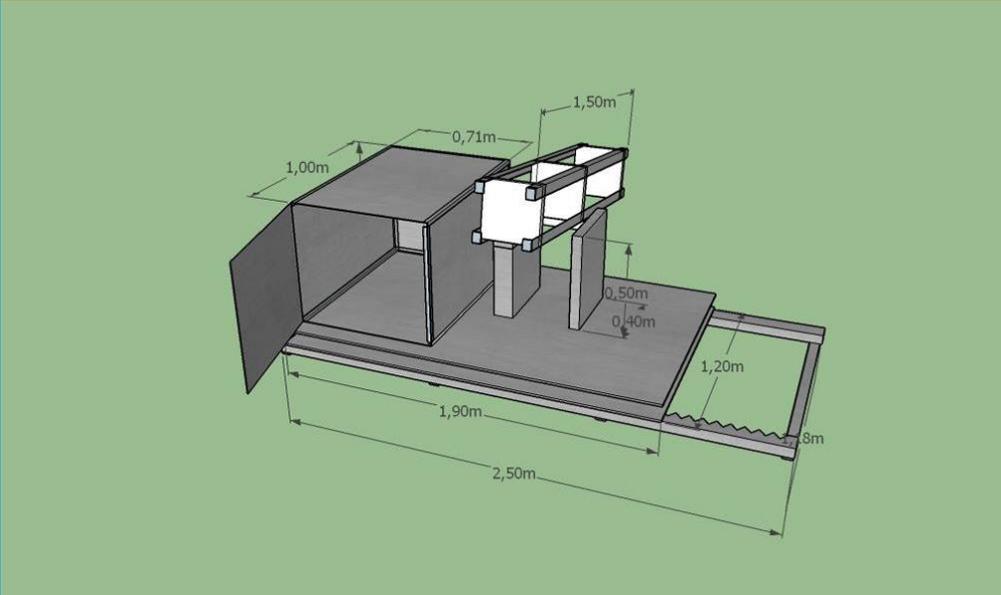
Punto 3

Latitud: 1.216992 – Longitud: -77.348283

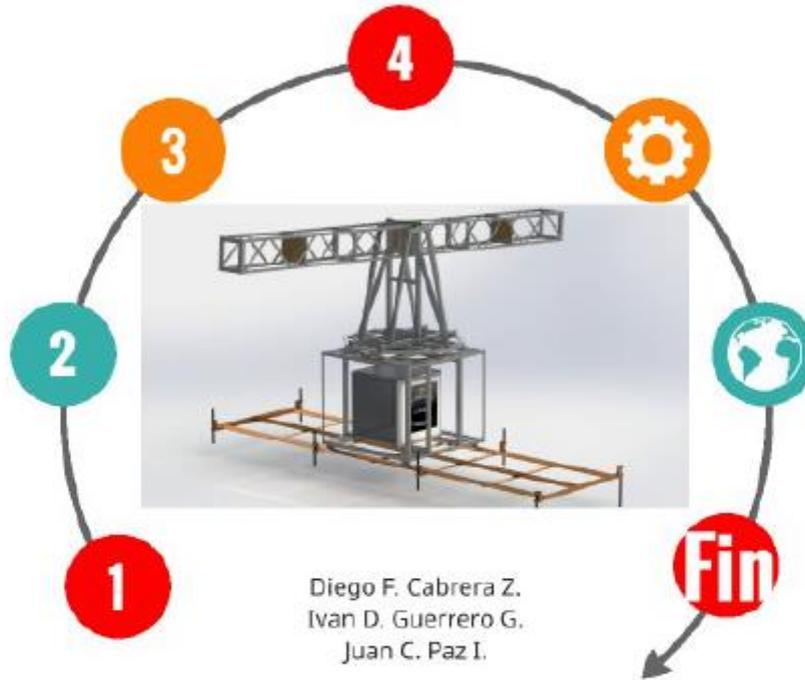
Punto tres





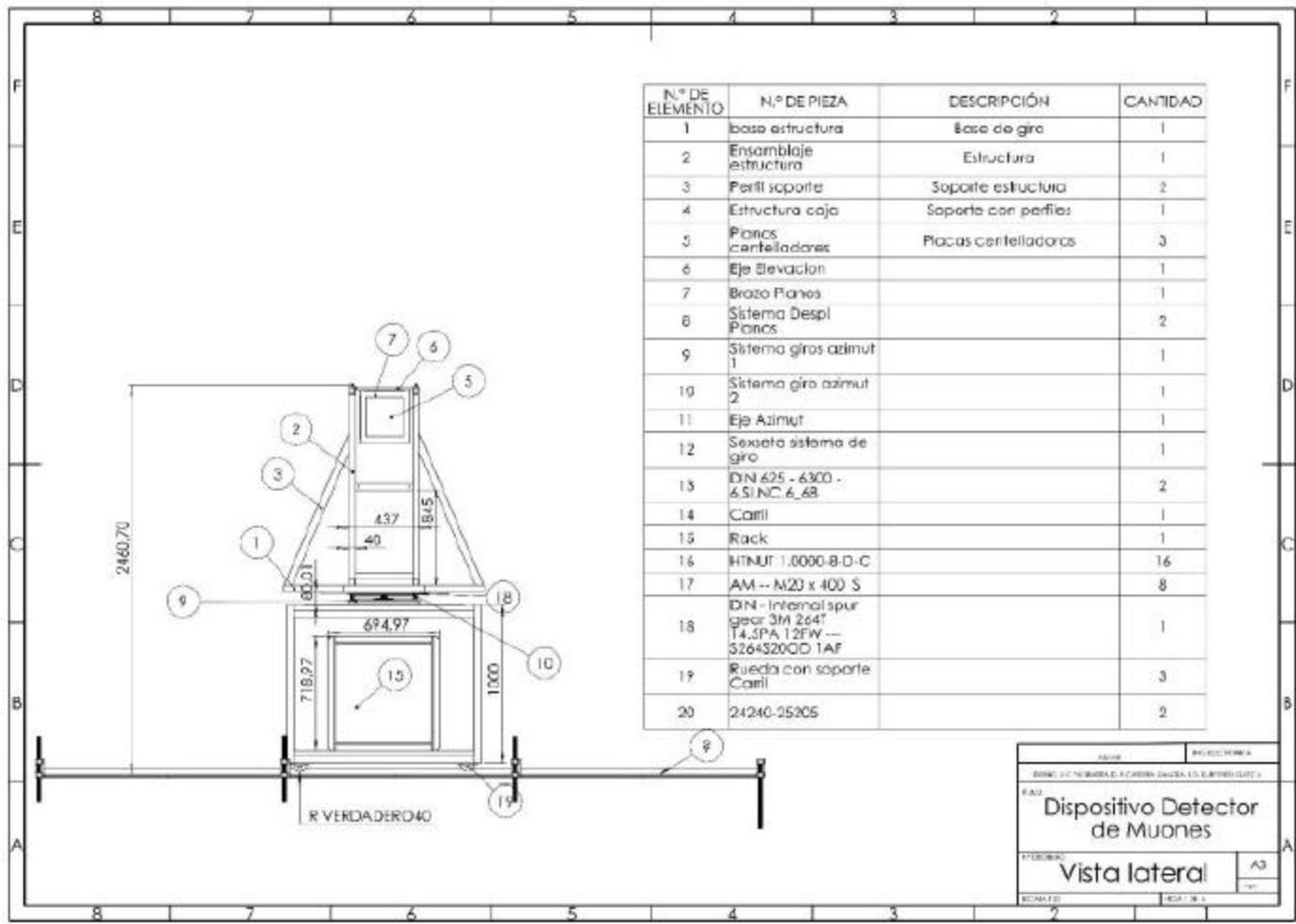


DISPOSITIVO DETECTOR DE MUONES



**AUTONOMA DE
NARIÑO**

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL EN POSICIÓN Y ORIENTACIÓN PARA EL DISPOSITIVO DETECTOR DE MUONES



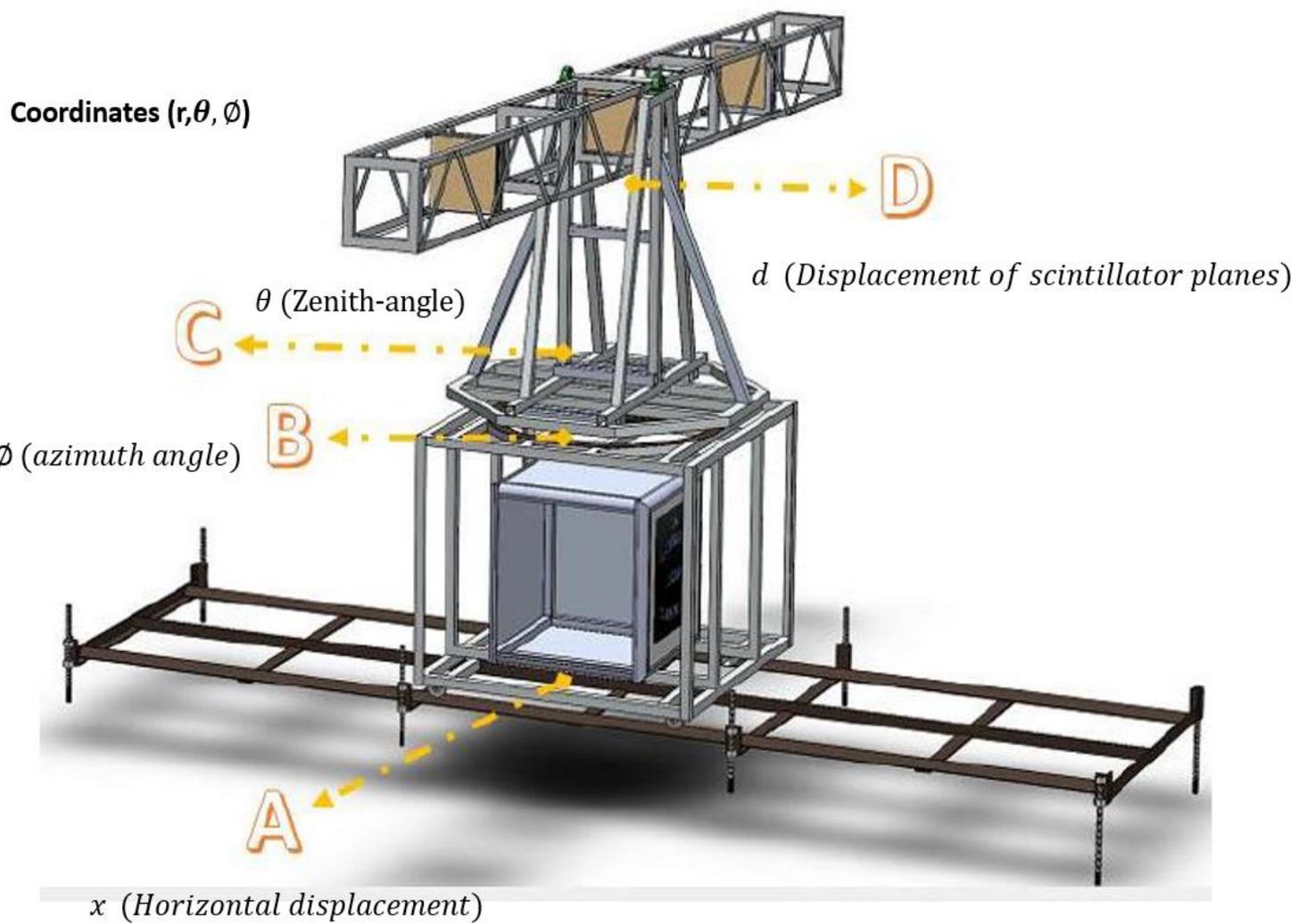
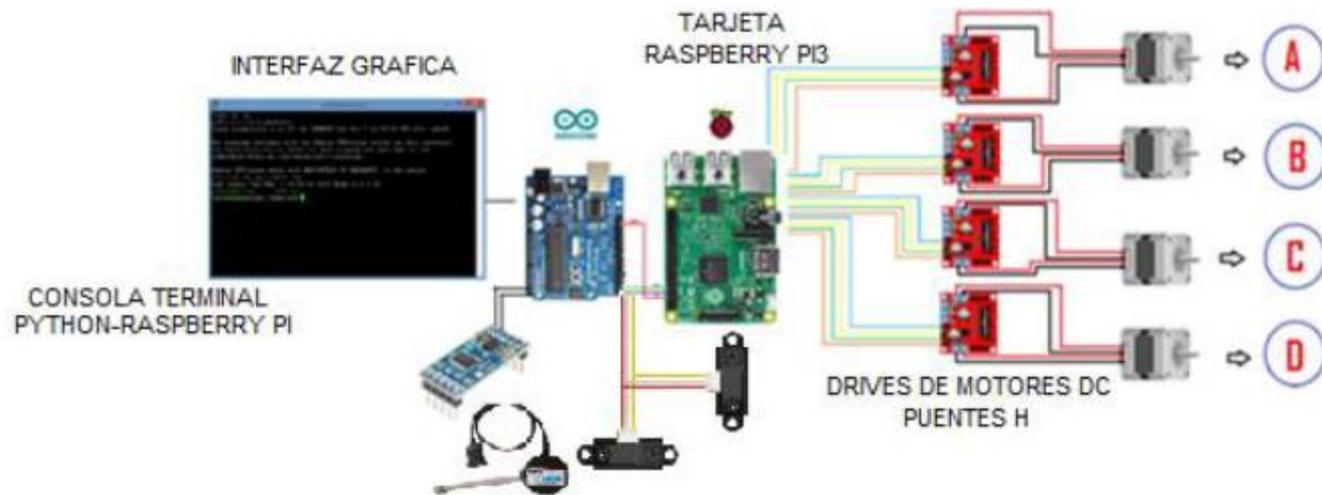


Diagrama electrónico



UBICACIÓN DE CADA MOTOR EN EL DISEÑO MECANICO

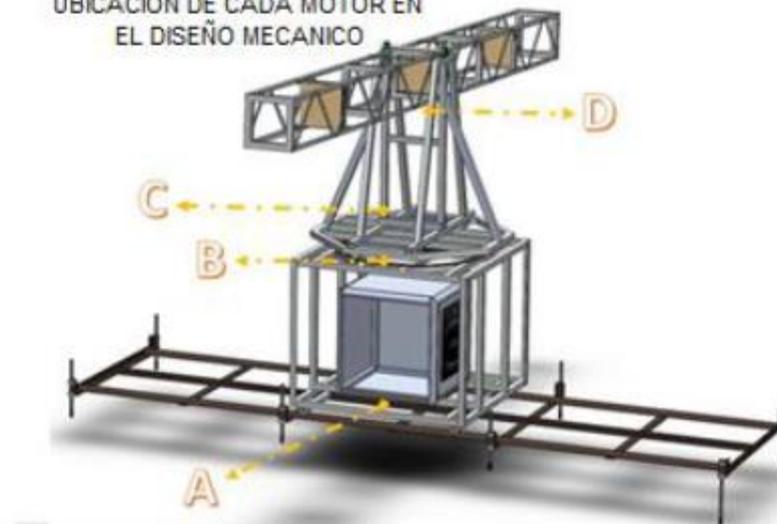
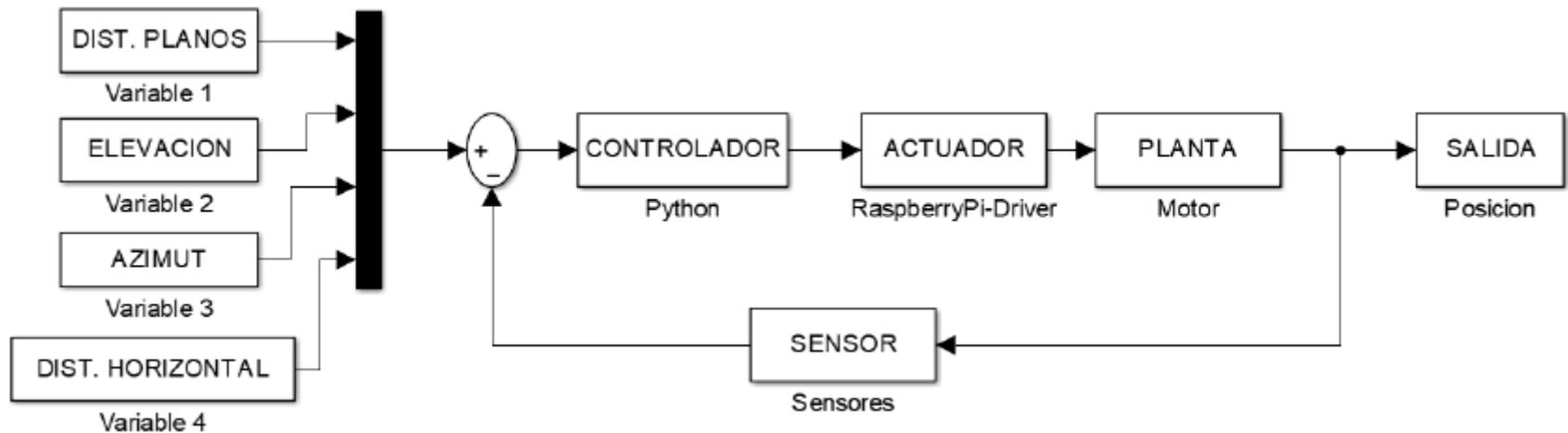


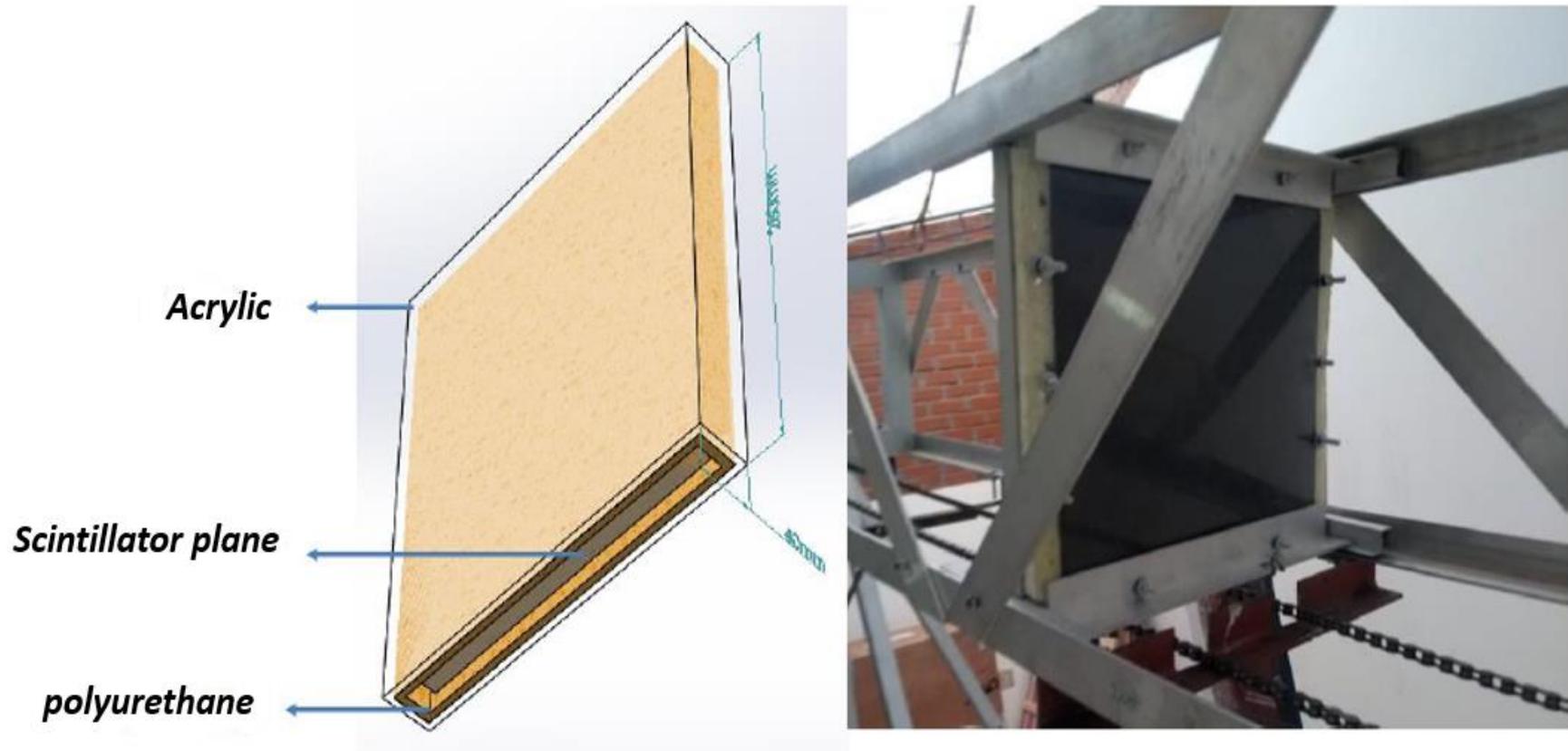
Diagrama de bloques sistema de control



DDM



Protección de placas centelladoras



Especificaciones técnicas de DDM

ESPECIFICACIONES DDM					
PIEZA	DESCRIPCION	MEDIDAS [mm]			PESO [Kg]
		ANCHO	ALTURA	FONDO	
1	Brazo elevacion	310	330	5000	30
2	Soporte brazo	1200	1240	1200	17,4
3	Estructura soporte	1200	1000	1200	31,8
4	Rieles	1312	570	4500	76,4
5	Rack	695	719	674	151
6	Paneles fotovoltaicos	670	875	35	14
MASA TOTAL DDM					320,6

CALCULO DE REGULACION					
Cantidad	Descripción	Amp	Watts	Hrs	Wh
2	Motor eleva vidrios	14,4	172,8	1,632	282,0096
2	Motor parabrisas	6	72	1,632	117,504
1	Raspberry	0,35	4,2	24	100,8
1	Arduino	0,2	2,4	24	57,6
1	Quarnet	0,5	6	24	144
1	Acelerometro	0,0006	0,0072	24	0,1728
1	Encoder	0,1	1,2	24	28,8
2	Sensor infrarrojo	0,08	0,96	24	23,04
4	Drivers	0,06	0,72	24	17,28
				Wh/d	771,2064

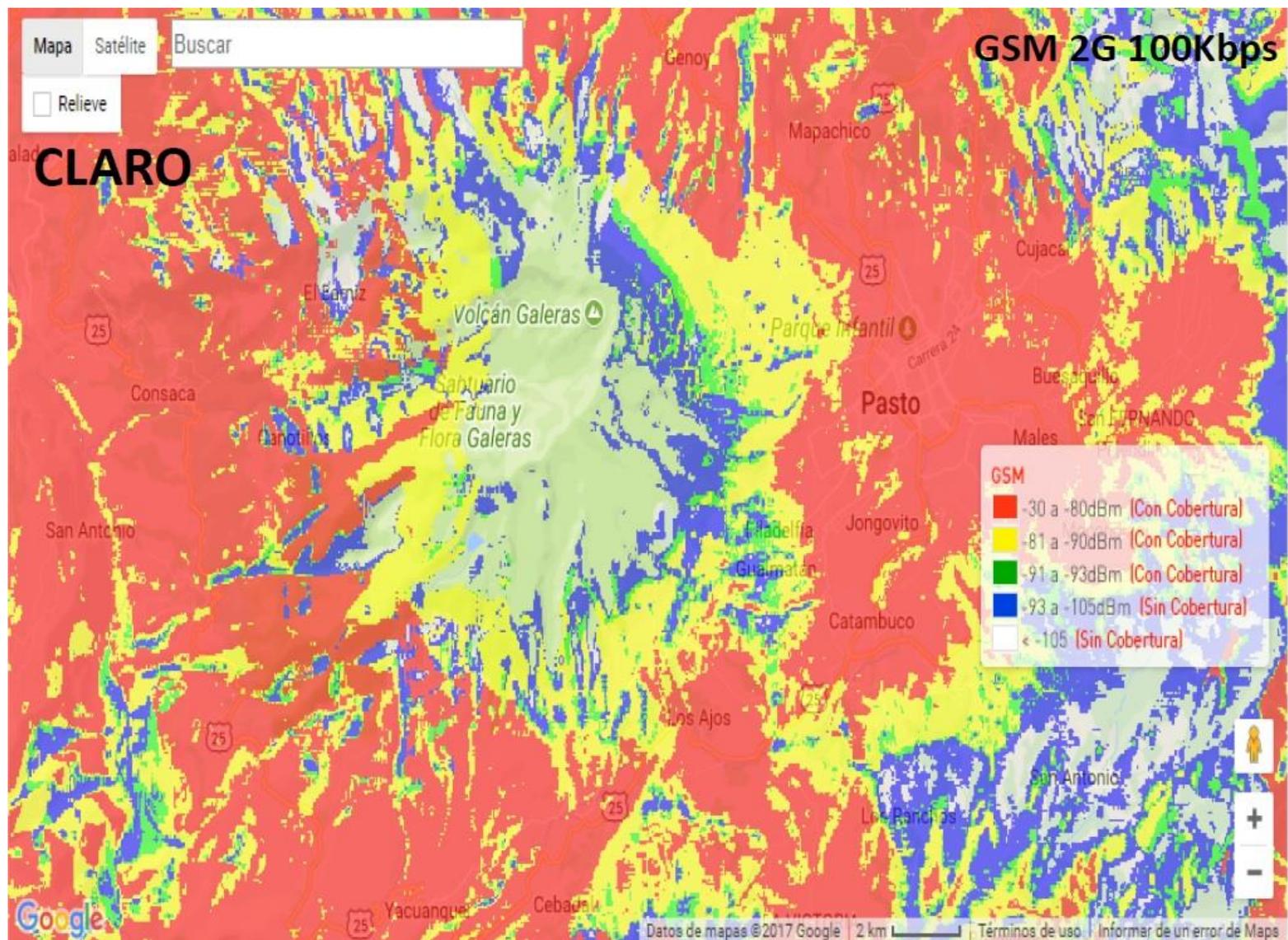


**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
TELEMETRÍA Y CONTROL DE POSICIONAMIENTO
ORIENTADO A LOS PROCESOS PARA LA
DETECCIÓN OPTOELECTRÓNICA DEL FLUJO DE
MUONES EN LOS ALREDEDORES DEL VOLCÁN
GALERAS, PASTO 2018.**

PRESENTADO POR:

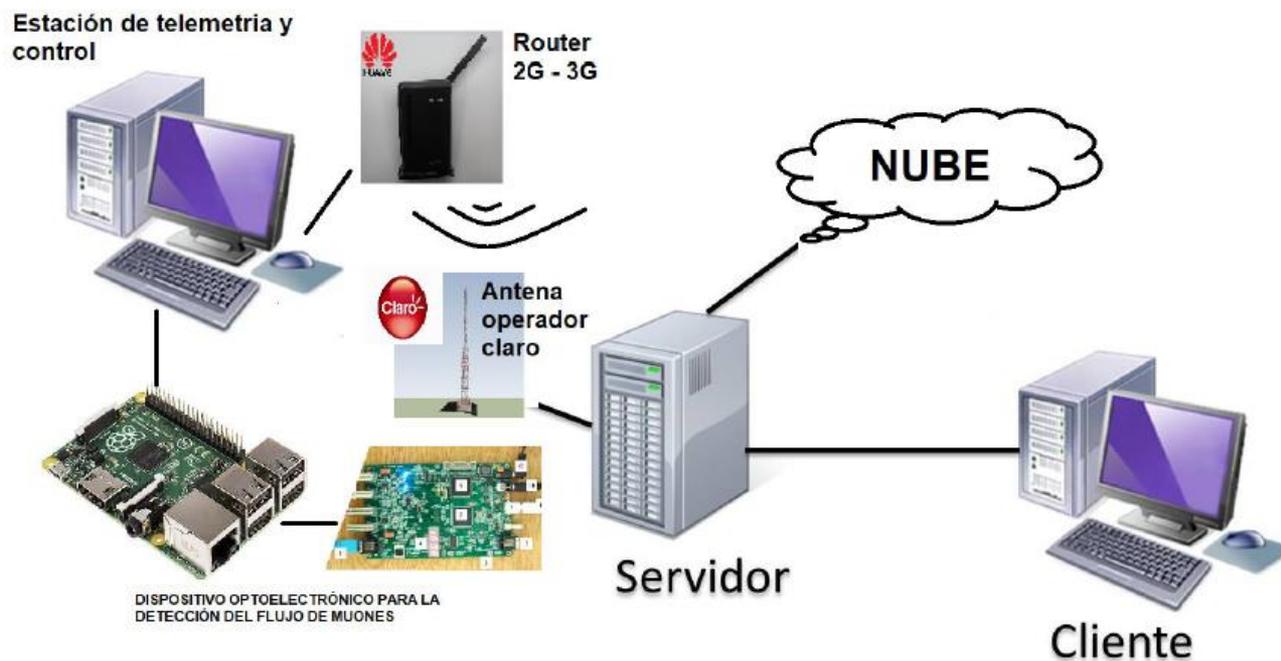
**Fernando Esteban Fajardo Mesías
Edilson Alfonso Velasco Bolaños
Carlos Augusto Villota Chamorro**

Zonas con cobertura GSM 2G de operador móvil CLARO





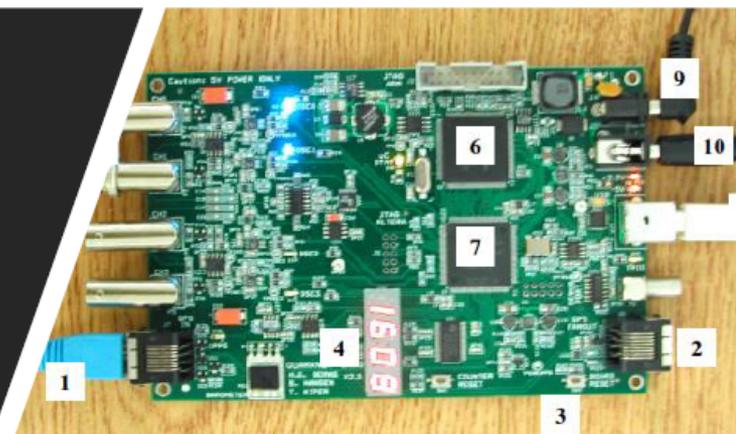
Punto estratégico para realizar la recolección de flujo de muones



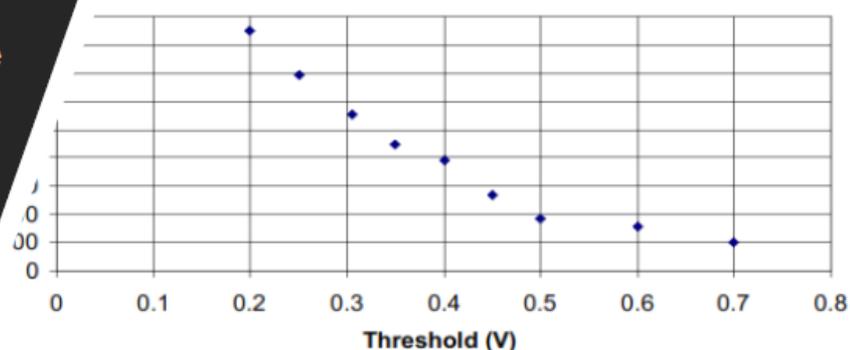
Diseñar e implementar un sistema electrónico que permita controlar remotamente las variables de posicionamiento

DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DEL ARCHIVO A ENVIAR

- En el peor de los casos = 0.943 Kbyte por minuto en archivo del solo centellador
 - El archivo encargado de enviar las coordenadas a los motores=0,04 Kbyte por minuto
 - Las imágenes tomadas por la cámara al momento de detectar movimiento con una resolución de 100x100 pixeles tiene el tamaño de=100Kbyte por minuto
 - sensor de variables fisicas un archivo cada minuto de=50Kbyte por minuto
-
- EN TOTAL = 150,983Kbyte aprox.
 - COMPRIMIDO(.ZIP)=148,774Kbyte por minuto aprox.
 - Al día=215Mbyte aprox
 - Al mes=6,4Gbyte aprox



Threshold Determination



PANDORA FMS

BASE DE DATOS TELEMETRIA

INGRESE SUS DATOS

Usuario

Contraseña

Iniciar Sesión

BASE DE DATOS SELECCION



ID	FECHA	HORA	CODIGO	TIEMPO TARJETA POLARIZACION	AZIMUT	ELEVACION	DISTANCIA	TIEMPO MOVIMIENTO	PRESION	TEMPERATURA	GPS
5	2018-02-16	00:20:00	pruebaentrada	00:18:00	3423mit	seleccion	sdistancia	00:19:00	69	9	lat: 1.2176453, lng: -77.2810906

[cambiar datos](#)

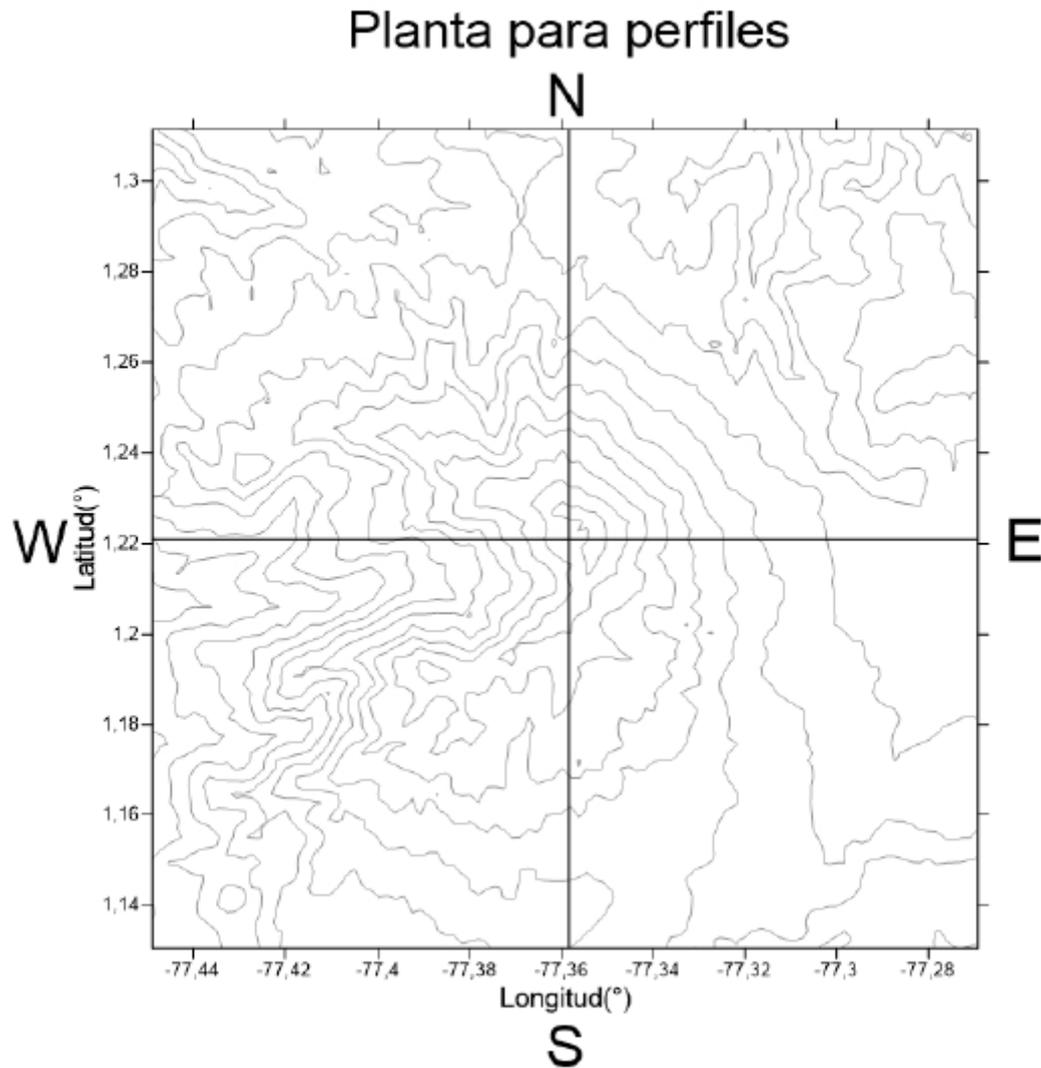
Volcán Galeras:

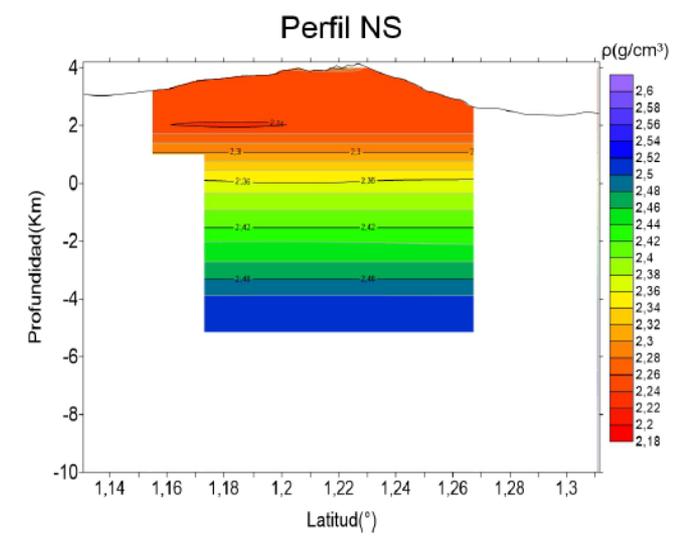
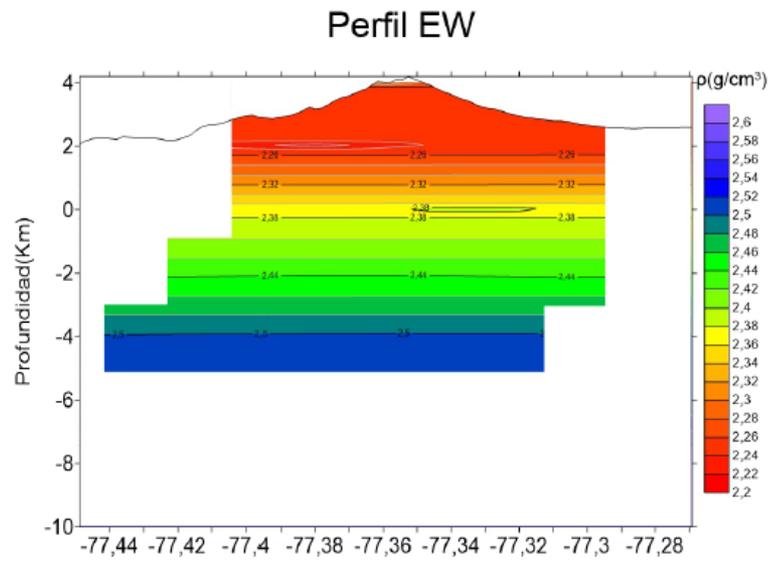


Distribución de densidades bajo el edificio
Volcánico Galeras
como insumo para tomografía por muones



Curvas de nivel para los perfiles (Perfil NS y Perfil EW).





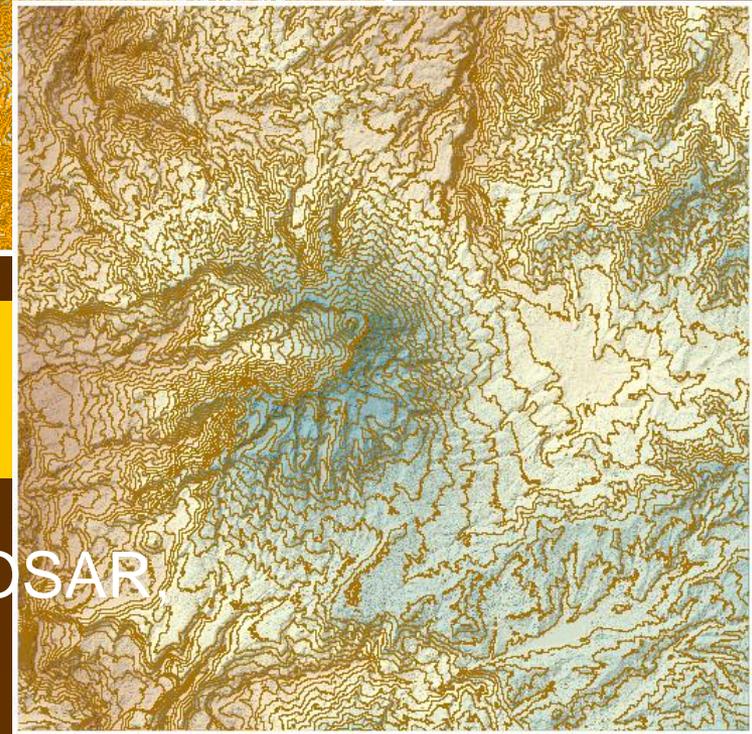
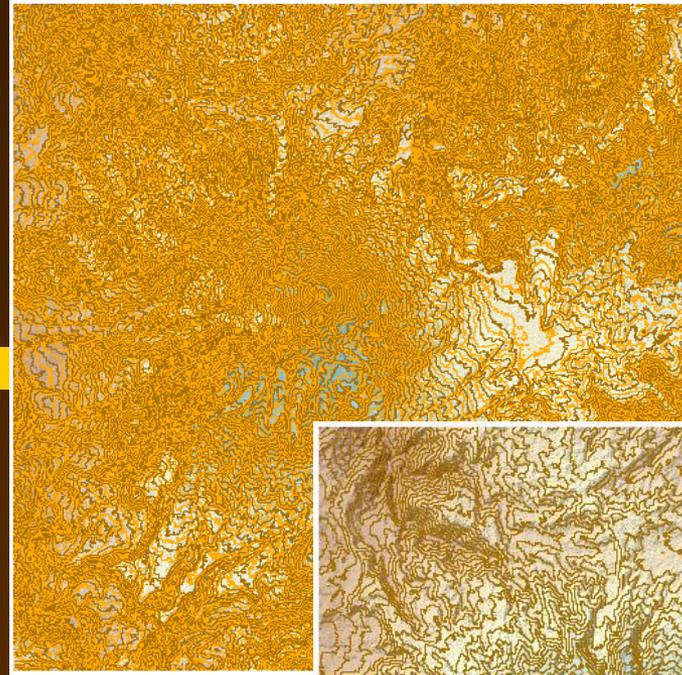
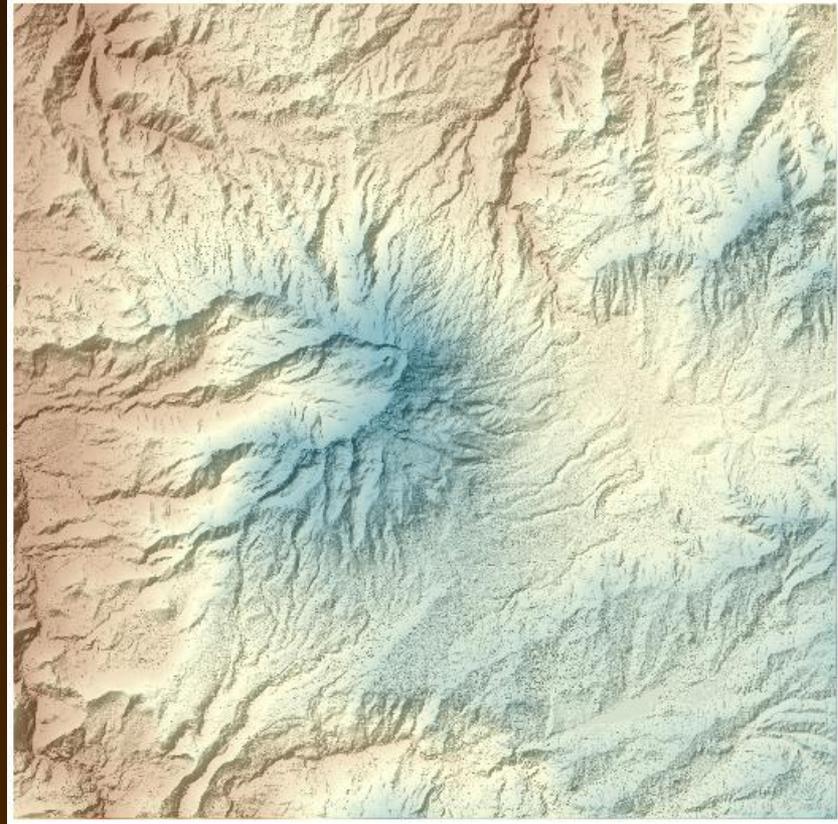
Zonas	Densidad (Límite inferior) g/cm^3	Densidad (Límite superior) g/cm^3	Densidad promedio de la capa g/cm^3
En la capa de 4 Km	2.19	2.32	2.26
En la capa de 2 Km	2.16	2.28	2.24
En la capa de 0 Km	2.32	2.44	2.37
En la capa de -2 Km	2.42	2.45	2.44
En la capa de -4 Km	2.49	2.52	2.50
Mapa con gravimetría residual	2.16	2.72	2.39

Cuadro : Densidades límites y promedios que se obtuvieron en la zona de análisis del VG.

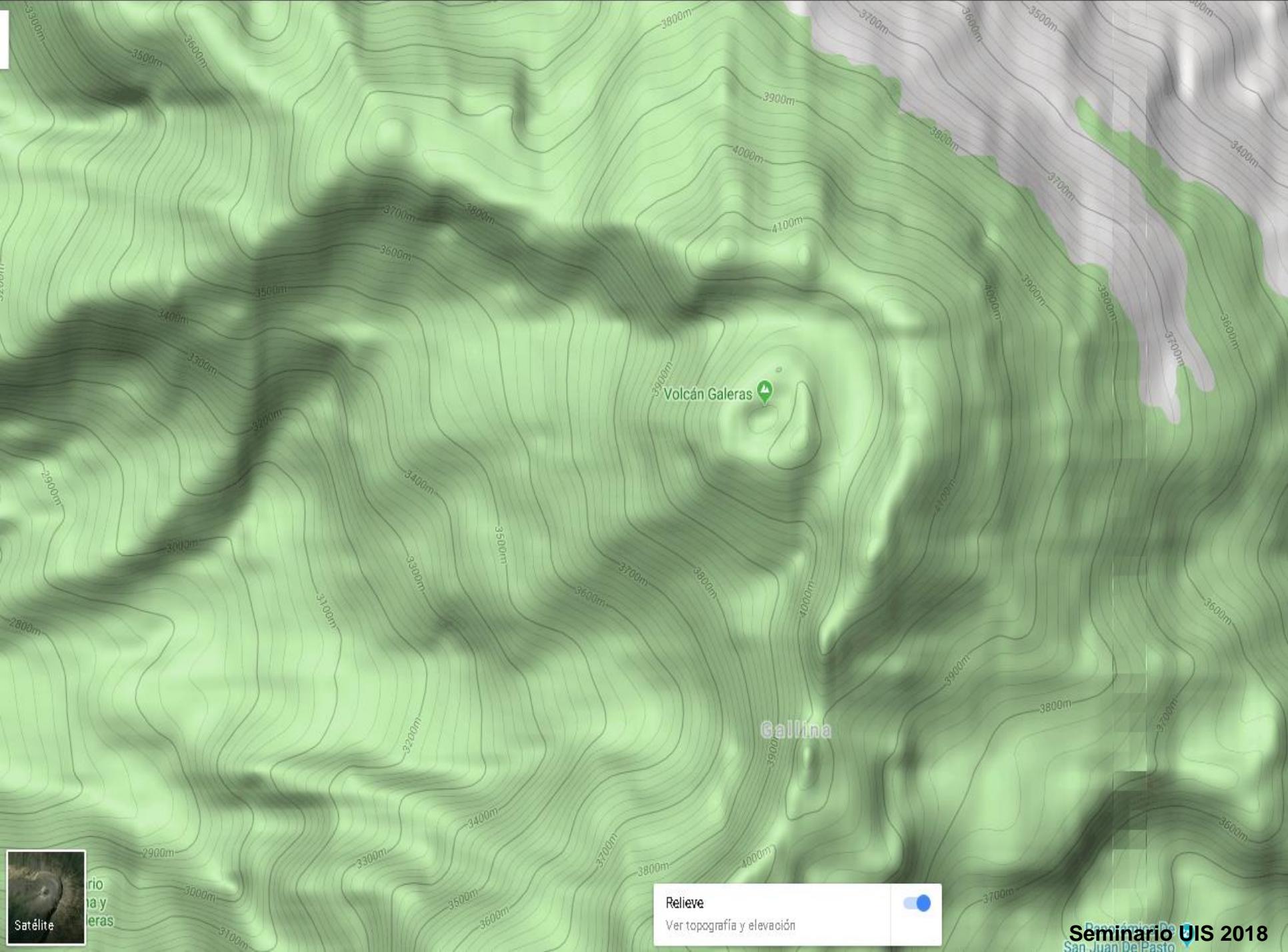
Conclusiones

- ❑ Por el método de la tomografía sísmica, se ve que las densidades que varían entre 2.16 y 2.6 g/cm³ y mediante los datos analizados por gravimetría, que las densidades varían entre 2.16 y 2.7 g/cm³.
- ❑ En los resultados en general, el VG presenta densidades bajas que se relacionan con cuerpos relativamente jóvenes poco consolidados y compactados.
- ❑ A medida que se avanza en profundidad, se observa que las densidades son mayores, que pueden corresponder con depósitos volcánicos más antiguos, con mayor compactación y consolidación.
- ❑ El mayor porcentaje de variación de densidades esta entre las capas de 2 y 0 Km teniendo una variación porcentual máxima del 9% en esta zona.

Volcán Galeras:



El modelo digital de elevación es GEOSAR,
con mayor resolución espacial



Volcán Galeras

Gallina



rio
ia y
leras

Relieve
Ver topografía y elevación





**¡GRACIAS POR LA ATENCIÓN
PRESTADA!**

