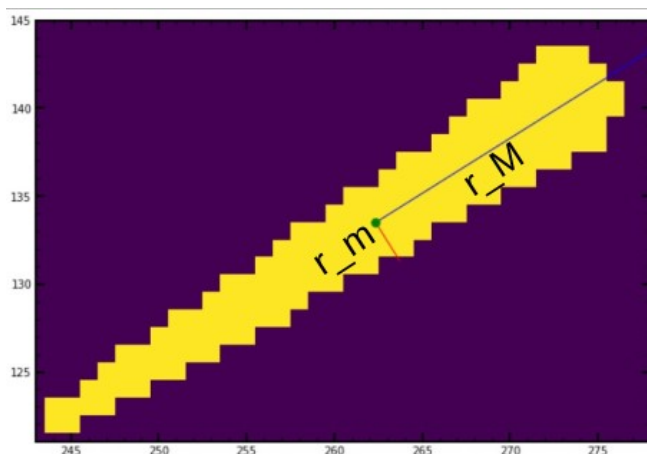


# AVANCES DE TESIS

## SEMANA 12/AGO/2024

# Espectros Experimentales y de la Simulación

Anteriormente en filtro de muones se utilizaba una relación de los radios de las elipses que la paquetería Scikit-image que se definió como *elipsidad*, sin embargo matemáticamente si existe una definición de elipicidad la cual se muestra abajo a la izquierda por lo que ahora se utilizará esa definición en el filtro.



$$f = \frac{r_M - r_m}{r_M}$$

[Elipicidad correcta]

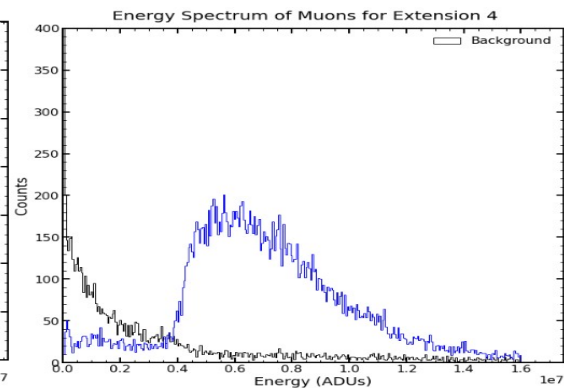
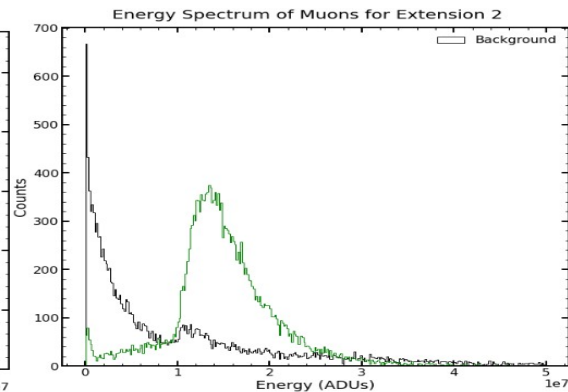
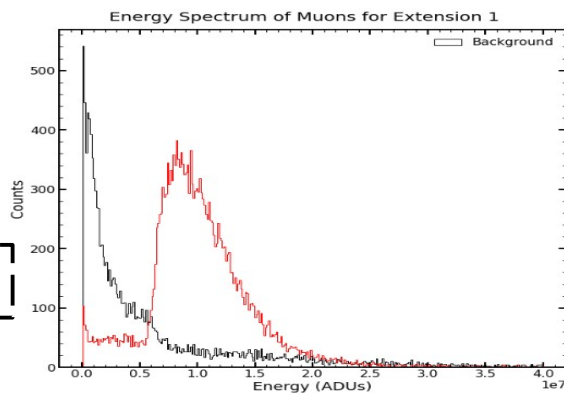
$$\frac{r_M}{r_m} > 1$$

[“Elipicidad” anterior]

# ESPECTROS DE ENERGÍA

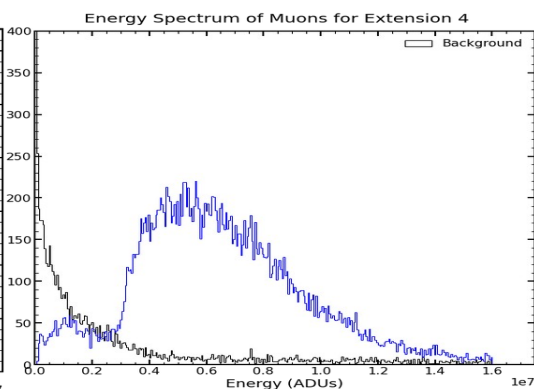
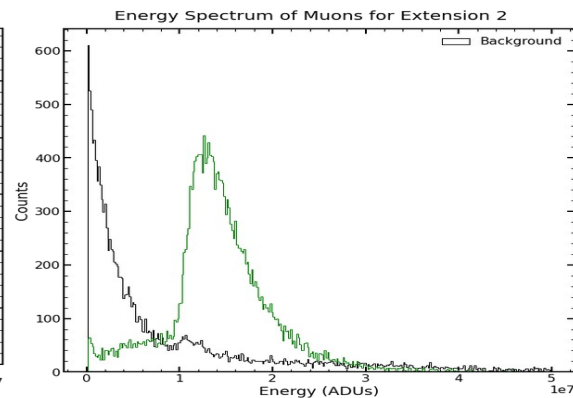
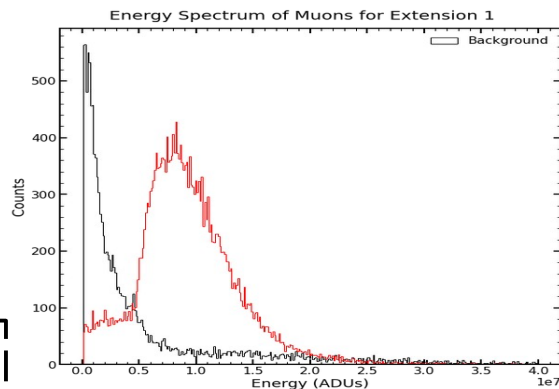
Espectro  
anterior.

61,120 muones



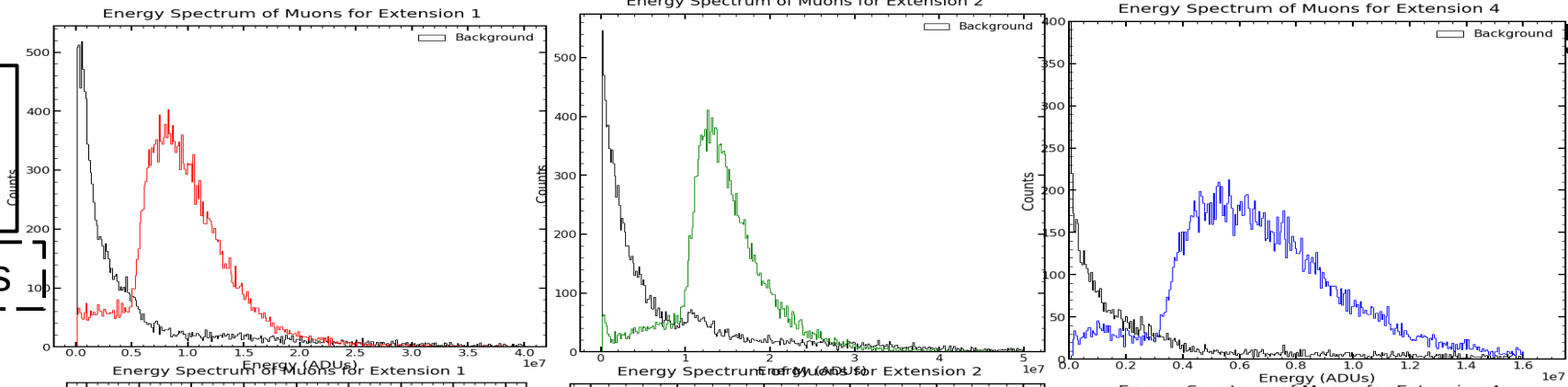
Espectro  
nuevo  
con 0.6  
de elip.

72,032 muones



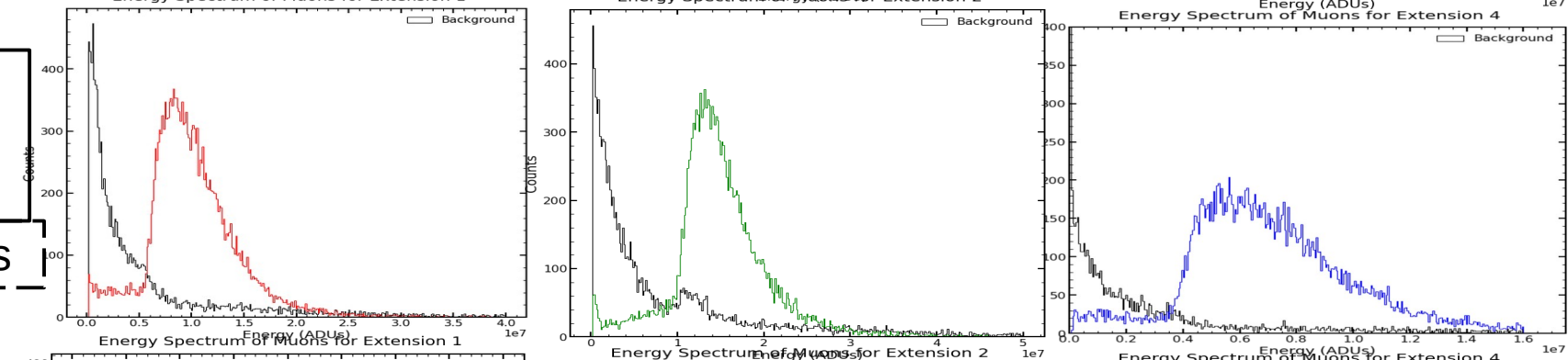
Espectros  
con 0.65  
de elip.

65,899 muones



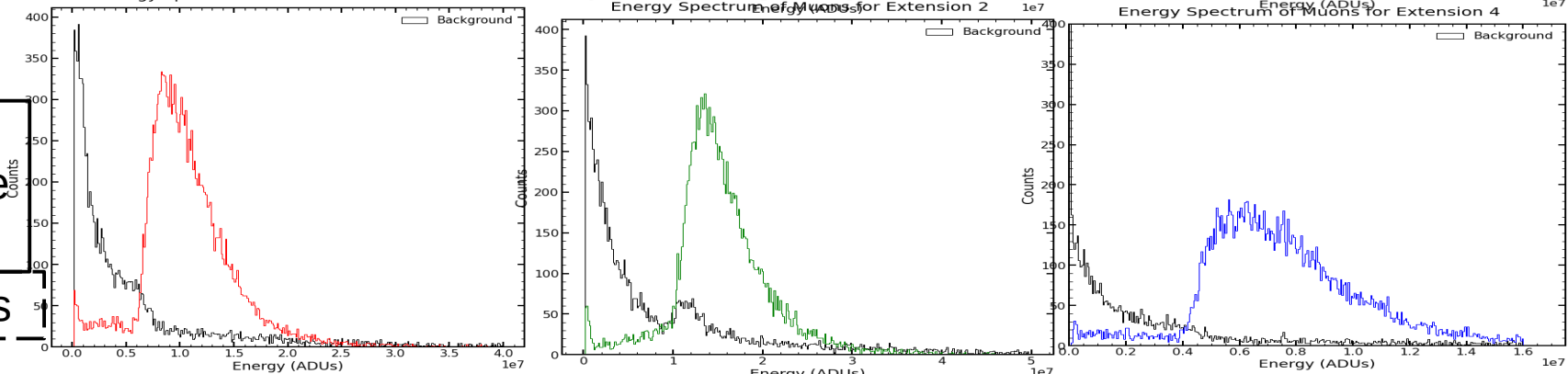
Espectros  
con 0.7 de  
elip.

59,004 muones



Espectros  
con 0.75 de  
elip.

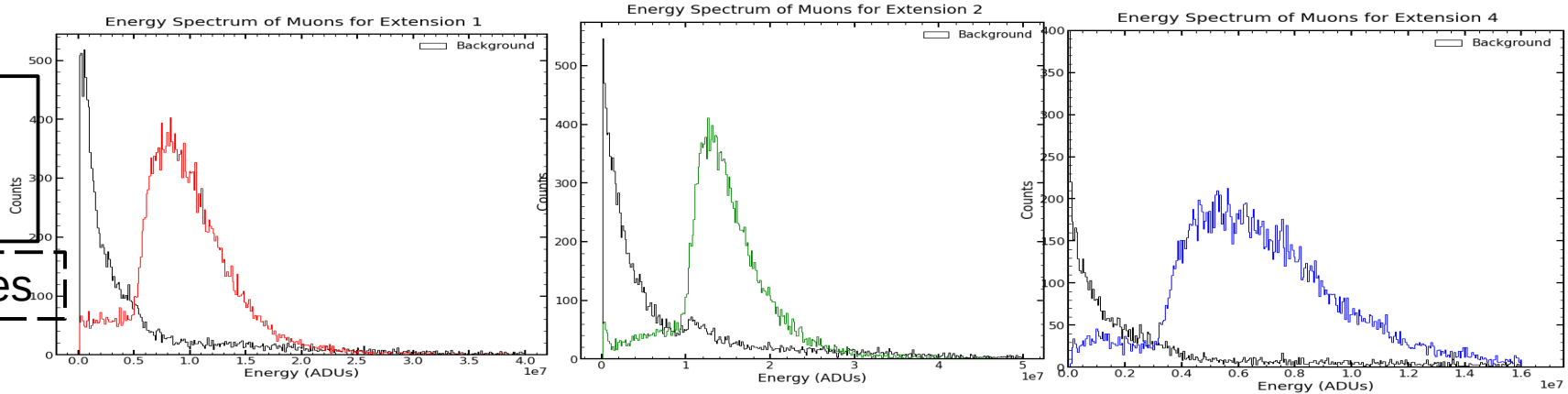
50,682 muones



El mejor valor para la elipicidad se encuentra entre 0.65 y 0.7, con un solidity fijo de 0.7, porque los espectros comienzan a tener la forma esperada y el número de muones detectados no se reduce demasiado. Sin embargo los espectros de la extensión 2 siguen teniendo una pendiente positiva donde debería de haber un plateau.

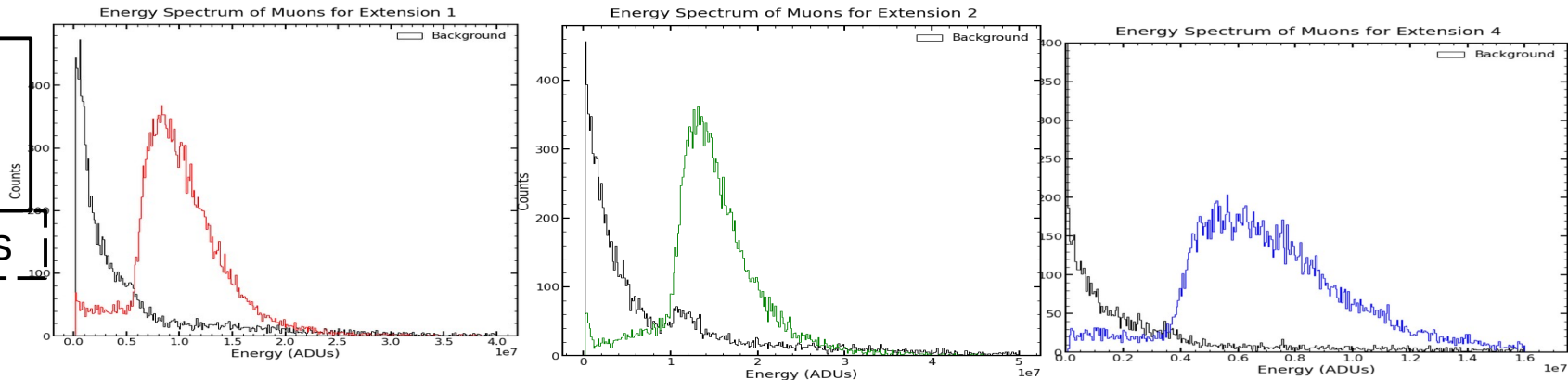
Espectros  
con 0.65  
de elip.

65,899 muones



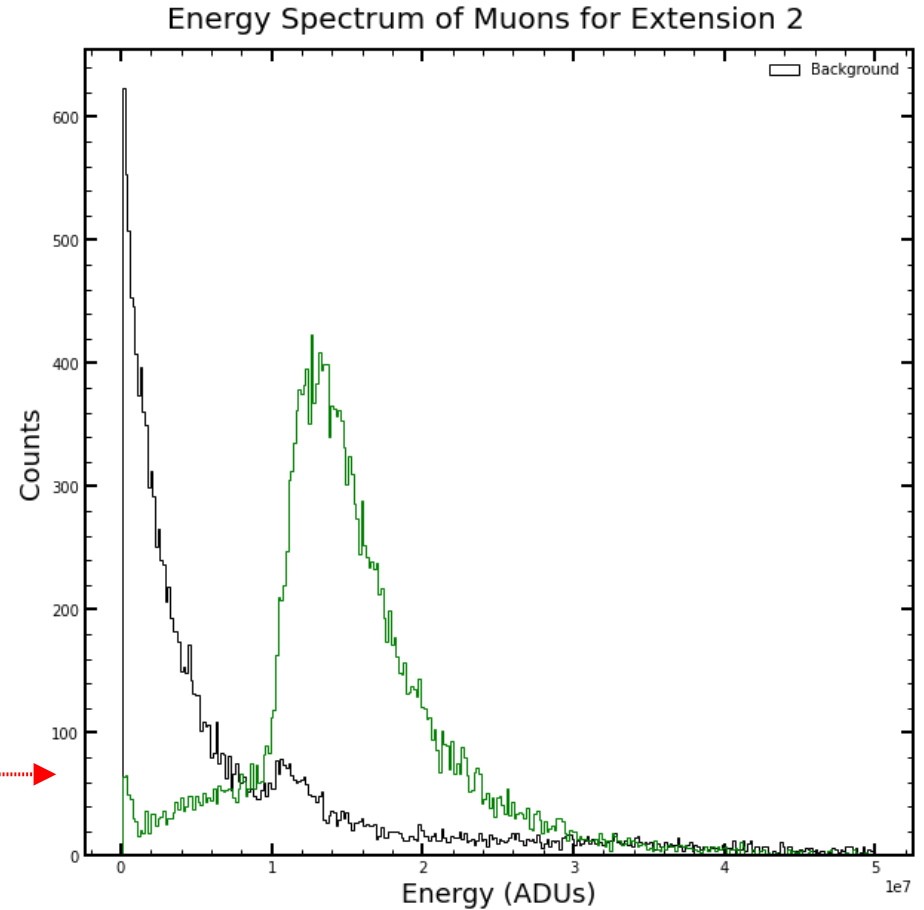
Espectros  
con 0.7 de  
elip.

59,004 muones



El script del filtro de muones se editó para analizar cada extensión con valores específicos de elipicidad y solidity. Se realizaron algunas pruebas para distintos valores de estos parámetros para la extensión 2, sin embargo no se logró encontrar un valor donde el espectro y el background comenzara a tomar la forma deseada. Se deben seguir realizando pruebas.

Extensión 2 con elipicidad 0.65 y solidity de 0.6



También se consideró activar otros criterios en el filtro de muones que ayudan a descartar más rápido los clusters que no se desean. Se muestran a continuación dichos criterios.

```
if rM == 0 or rm == 0:  
    list_charge_all_events.append(charge)  
    continue
```

Elimina clusters sin radio  
mayor o menor

```
elif maxx - minx <= 3:  
    list_charge_all_events.append(charge)  
    continue  
  
elif maxy - miny <= 3:  
    list_charge_all_events.append(charge)  
    continue
```

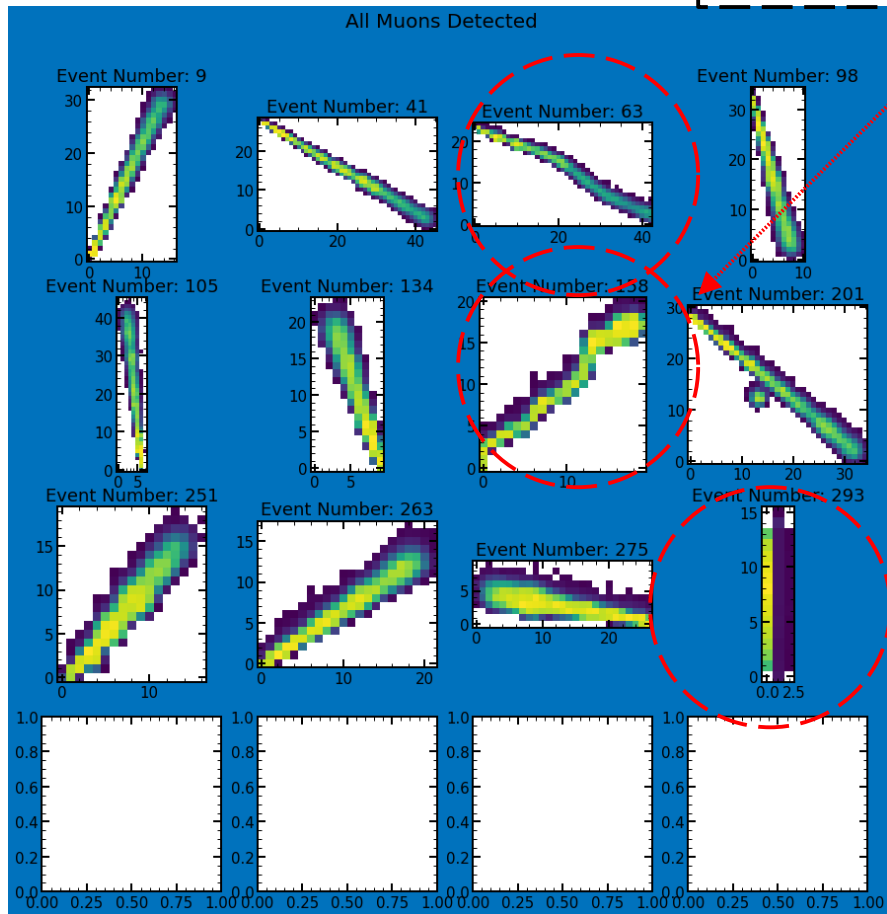
Elimina clusters demasiado  
delgados como las líneas  
horizontales y verticales

```
elif not Barycentercharge:  
    list_charge_all_events.append(charge)  
    continue  
  
elif differval < MeanValue_Event:  
    continue
```

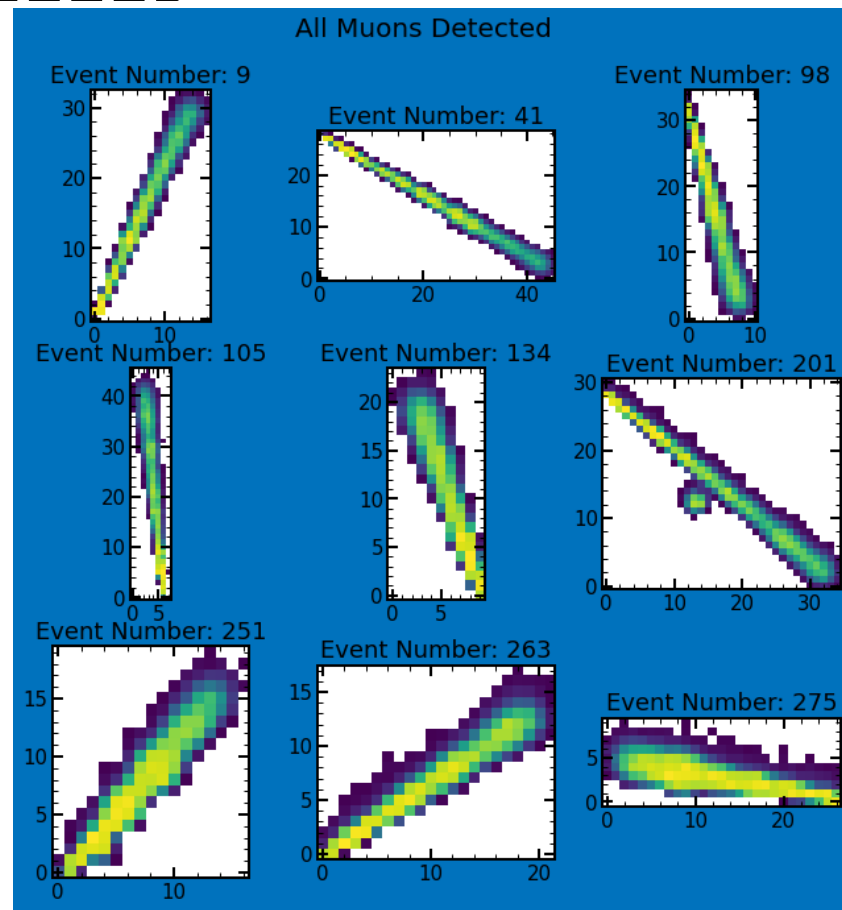
Elimina cosas curvas y  
clusters parecidos a los de  
los muones



## Clusters que se filtran

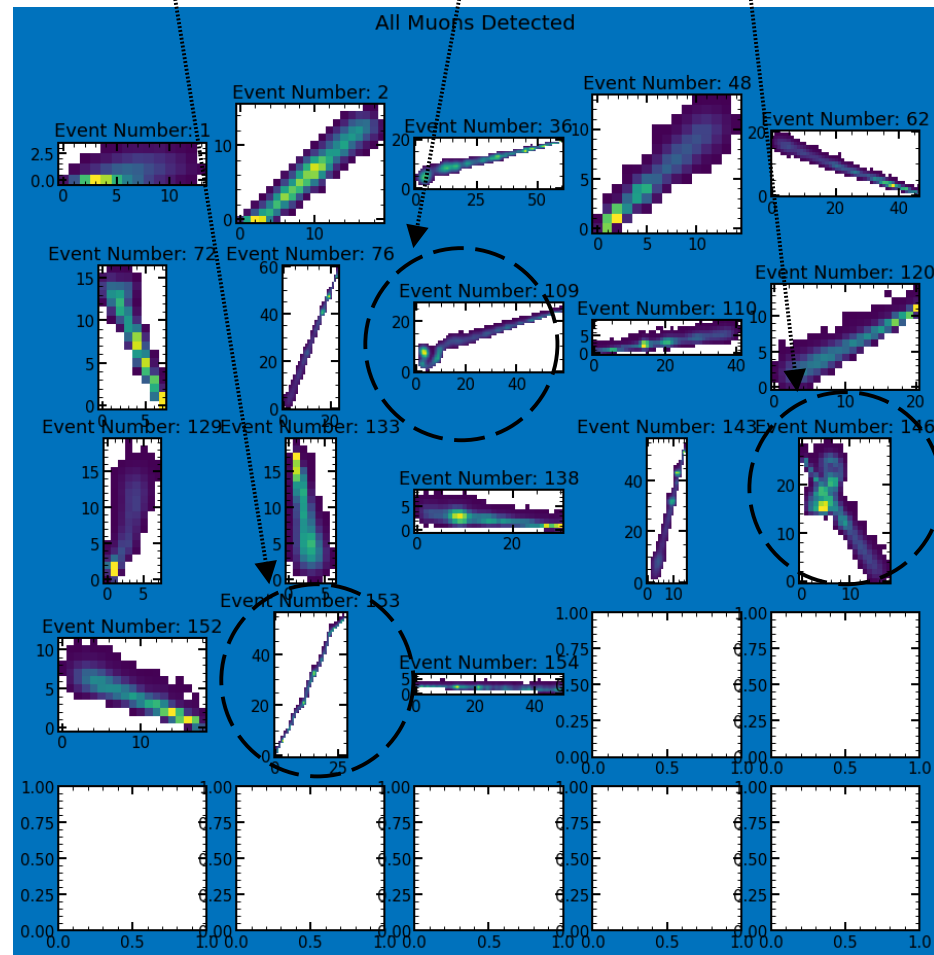
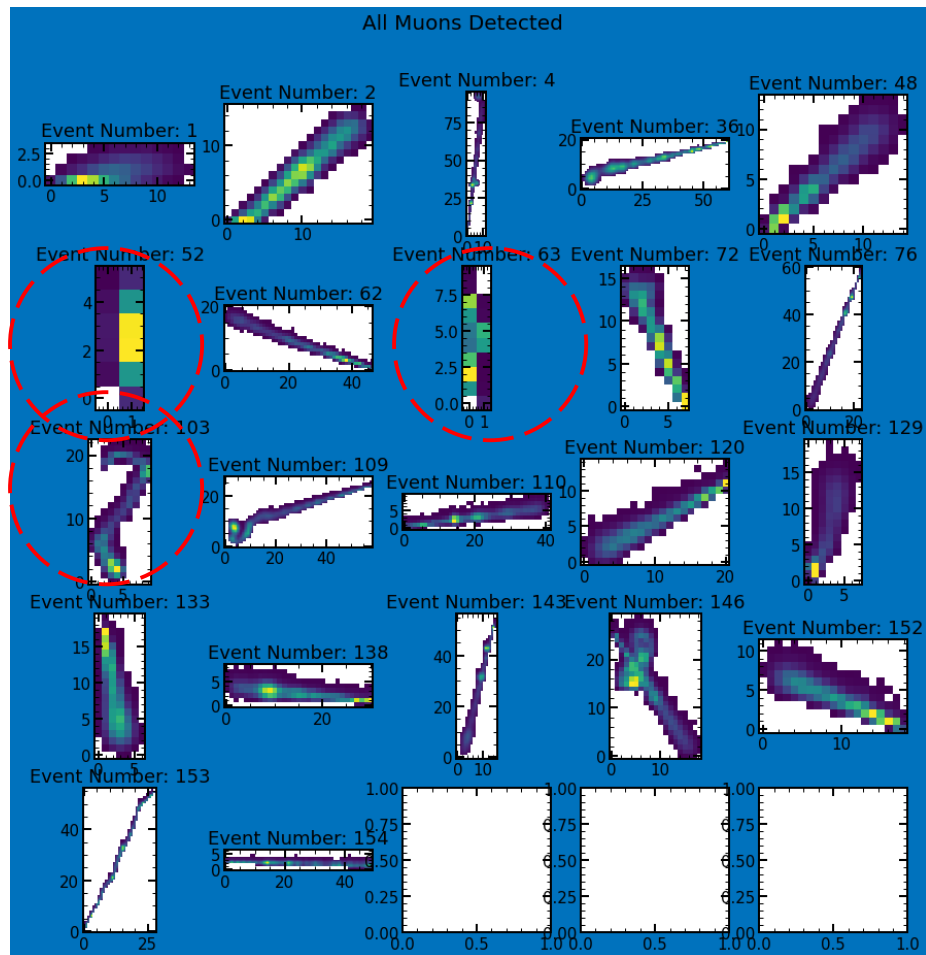


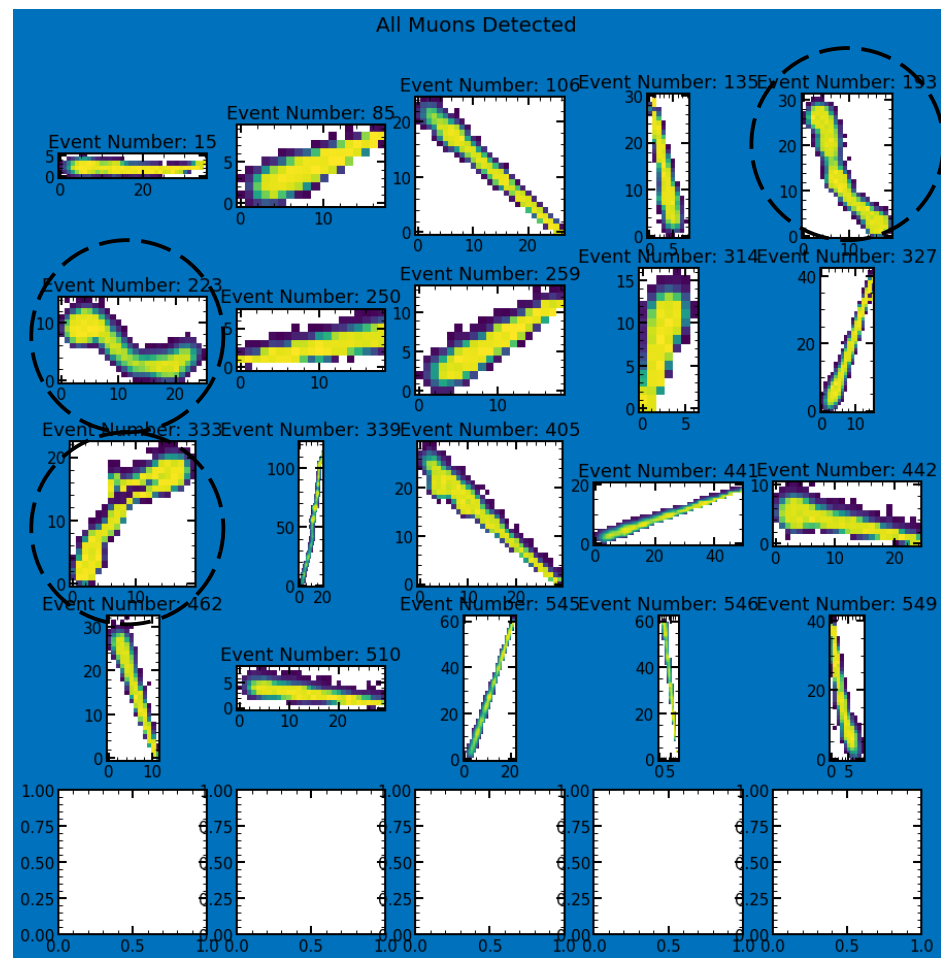
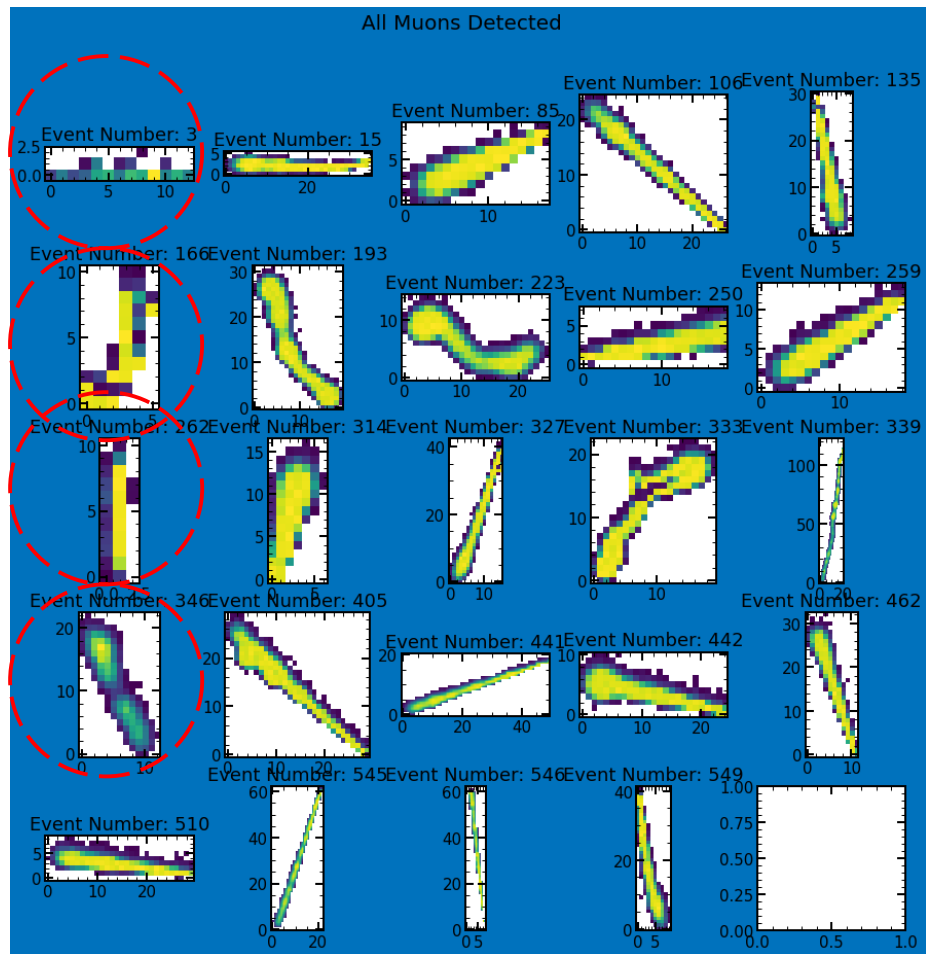
Resultado con elipicidad y solidity



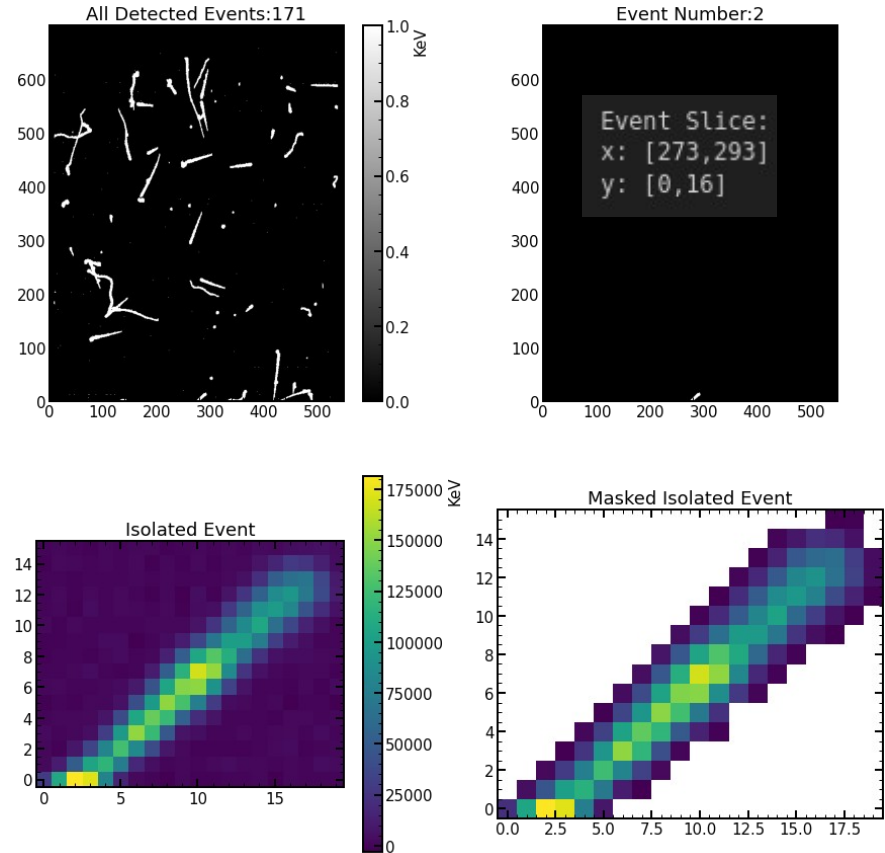
Resultado agregando los otros criterios

# Clusters que siguen colandose





Otra cuestion es que el algoritmo contempla que todos los muones que se identifican dejan una traza completa en la CCD, o en otras palabras que todos los muones entran en la tapa superior de la CCD y salen por la tapa inferior de la misma, sin embargo el evento de la derecha se aprecia que su traza no es completa por lo que no se cumple la suposición y tal vez se deba tomar en cuenta la posición del cluster dentro de la zona activa.



# Simulación de Primeros Principios

La simulación de primeros principios ya caracteriza los muones con un ángulo aleatorio  $\theta$ , siguiendo la distribución  $\sin^2\theta\cos\theta$ , un ángulo aleatorio  $\phi$ , una energía de Smith-Duller (SD) y una energía depositada utilizando el script de ROOT. Todos los valores para cada muon se guardan en un objeto 'tree' de ROOT.

Se deben de checar los detalles sobre si las distribuciones obtenidas son las correctas, algunos errores que arroja el programa, las dimensiones de los planos sobre la semi-esfera, etc., sobre todo arreglar los errores que provocan que el archivo ROOT no se guarde correctamente.

Otra cuestión es que la simulación en la laptop de la casa es bastante lenta para simular un número de muones parecido al que se obtiene en los espectros experimentales (alrededor de 60 mil) entonces será necesario correr el script en el CLUSTER del ICN, lo cual ya se intentó pero no fué exitoso porque no tiene instalado PyROOT por lo que se debe mandar correo al staff del cluster para solicitar que lo instalen.

# Escritura de Tesis

Se comenzó con la escritura de la tesis, en general se dividió como se muestra en la imagen. Hasta el momento se han escrito alrededor de 24 páginas entre los aspectos teóricos (principalmente), de los aspectos experimentales y de la Simulación.

## Índice

<b>1. Introducción</b>	<b>2</b>
<b>2. Aspectos Teóricos</b>	<b>2</b>
2.1. Rayos Cósmicos . . . . .	2
2.1.1. Rayos cósmicos en la atmósfera . . . . .	3
2.2. Paso de partículas cargadas por medios materiales . . . . .	6
2.2.1. Pérdida de energía de partículas pesadas . . . . .	7
2.2.2. Pérdida de energía de partículas ligeras: electrones y positrones . . . . .	10
2.2.3. Fluctuaciones en la distribución de la pérdida de energía . . . . .	11
2.3. Muones cosmogénicos en la superficie terrestre . . . . .	14
2.3.1. Distribución angular . . . . .	14
2.3.2. Distribución de energías . . . . .	14
<b>3. Aspectos Experimentales</b>	<b>15</b>
3.1. Descripción del Montaje Experimental . . . . .	15
3.2. Electrónica y sensores utilizados . . . . .	15
3.2.1. Dispositivo de Carga Acoplada (CCD) modelo Skipper . . . . .	15
3.3. Características y tratamiento de las imágenes utilizadas . . . . .	15
3.4. Algoritmo de Identificación de Muones . . . . .	17
3.5. Adquisición de Espectros . . . . .	19
<b>4. Simulación</b>	<b>21</b>
4.1. Simulación <i>ab initio</i> . . . . .	21
4.2. Simulación en Geant4 . . . . .	22
<b>5. Resultados</b>	<b>23</b>
5.1. Distribuciones experimentales . . . . .	23
5.2. Distribuciones de las simulaciones . . . . .	23
5.3. Comparación de resultados experimentales con los de las simulaciones . . . . .	23
<b>6. Conclusiones</b>	<b>24</b>



Ya se realizó una breve revisión de algunas partes y se decidió cambiar el nombre de algunas secciones y resumir mas la parte teórica para hacer lo mas breve posible la extensión de la tesis (unas 60 páginas sería el mejor caso).

Tambien ya se tienen algunas fuentes para trabajar en las primeras dos secciones de los aspectos experimentales, se pedirá ayuda al Técnico del Laboratorio Mauricio Montero para realizar de mejor manera la descripción del montaje experimental así como de la electrónica, además de la ayuda de los modelos en 3D de la cápsula del laboratorio que realizó un alumno de Servicio Social. Conforme los resultados experimentales y computacionales se vayan corroborando tambien se irán anexando.