

Estimación de Energía de Rayos Cósmicos para el Observatorio HAWC aplicando algoritmos de Inteligencia Artificial

Jorge Alfredo Jaimes Teherán* - jorge2170083@correo.uis.edu.co*

Asesores: Christian Sarmiento*, Tomás Capistrán+, Ibrahim Torres°
Universidad Industrial de Santander* - Colombia
IA-UNAM+, INAOE° - México



Objetivos

General

Implementar un algoritmo de inteligencia artificial, para la estimación de energía de rayos cósmicos en el HAWC

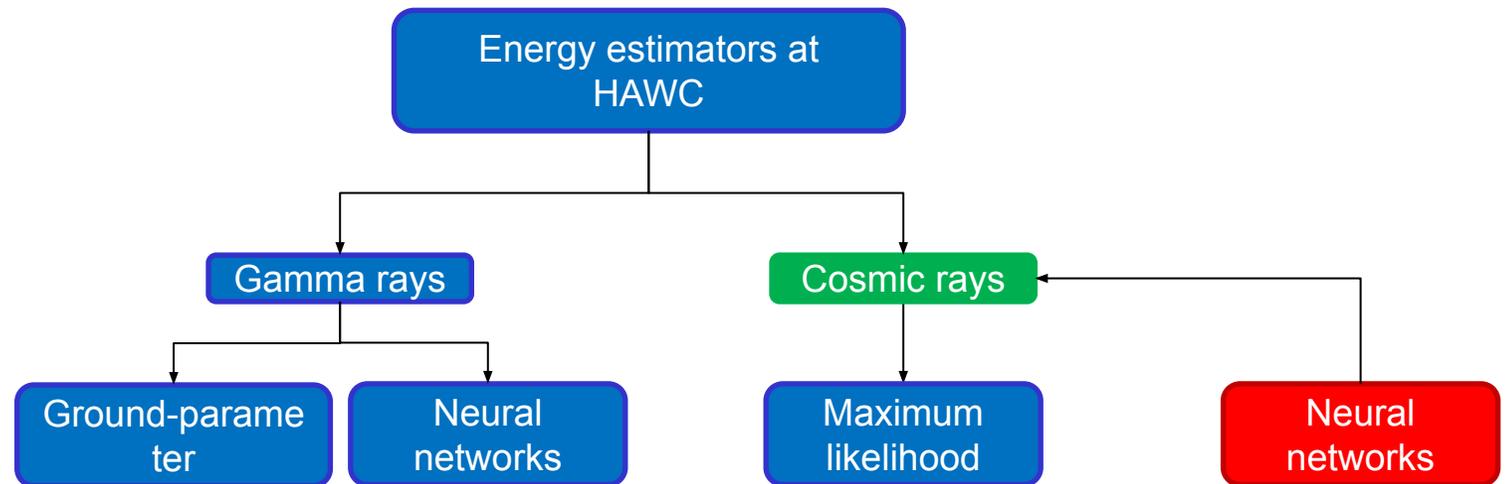
Objetivos específicos

- Recolección e interpretación física de los datos obtenidos por el HAWC.
- Diseñar e implementar un modelo de inteligencia artificial capaz de estimar el valor de energía del rayo cósmico primario, teniendo en cuenta el sentido físico de las cascadas atmosféricas extendidas.
- Validar la confiabilidad de los algoritmos mediante comparaciones con otros métodos entrenados y el estado del arte.
- Calcular el espectro de rayos cósmicos con el mejor modelo obtenido.

Motivación

Importancia de la estimación de energía de los rayos cósmicos

- Tipo de partícula
- Dirección
- Energía



HAWC

- Localizado Sierra Negra volcano
- 100 GeV up to ~ 1 PeV (RC)
- 300 detectores Cherenkov de agua
- 4 foto multiplicadores por detector

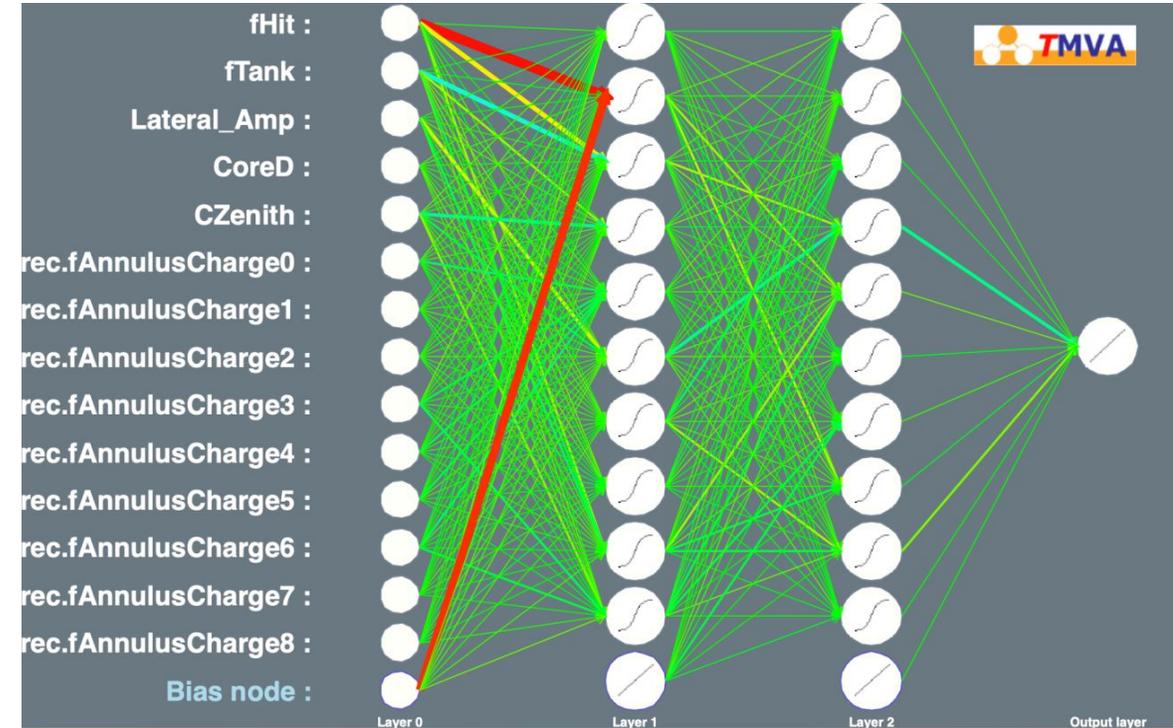


Primer modelo

- Actualizar el estimador de energía
- Mejoramiento continuo
- Reducción de bias

Arquitectura

- Entrenamiento y verificación de 5,181,079 eventos simulados de protones
- 2 capas ocultas de 10 neuronas



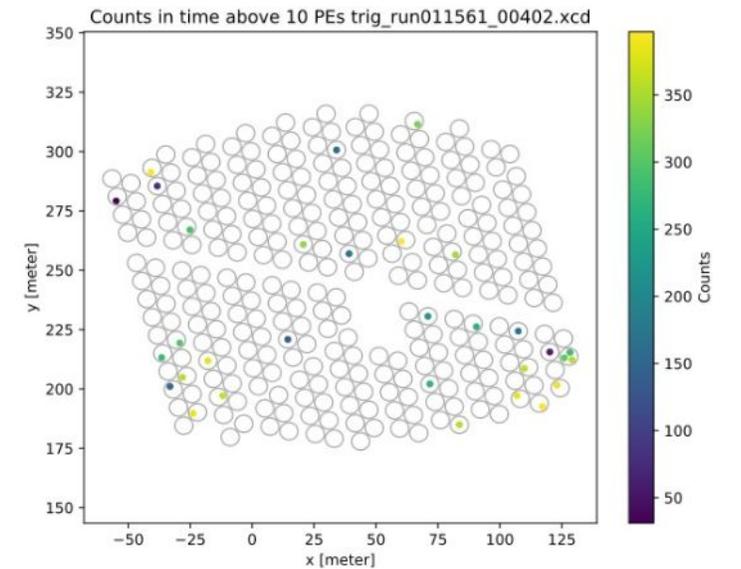
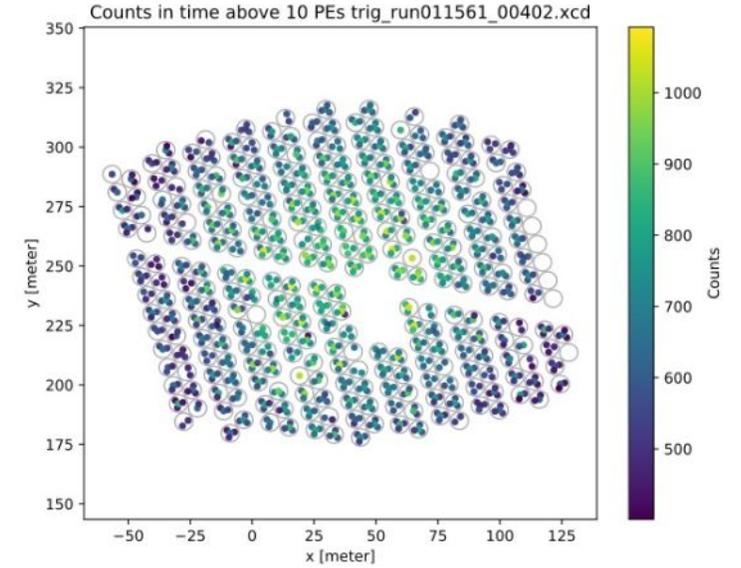
Modelos

NNF

Fractional Hit
Low
Medium
High

NNFZ

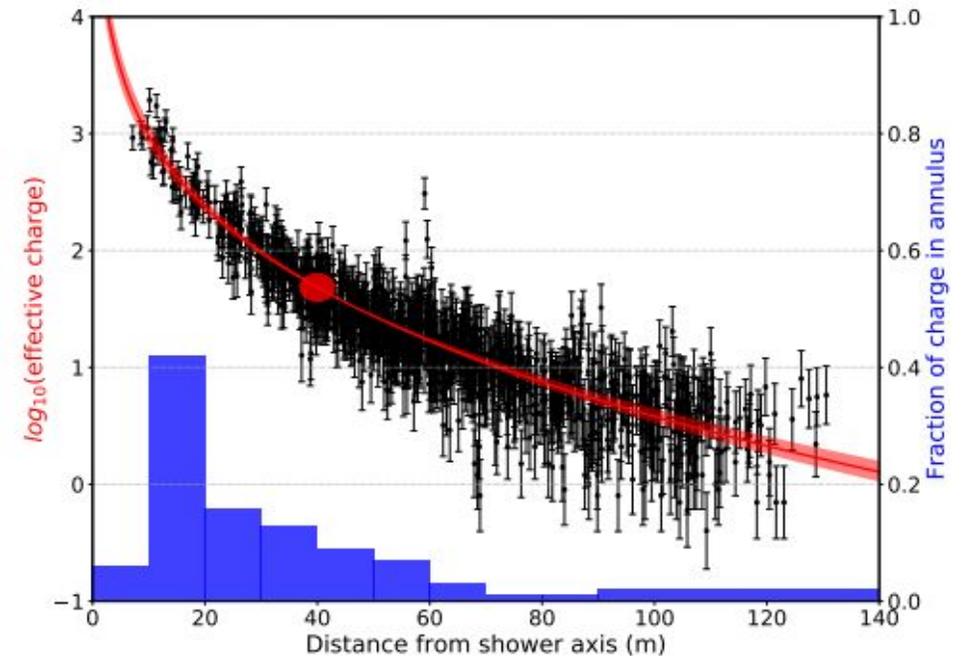
Fractional Hit	Zenith Angle
Low	0-15
Low	30-15
Low	30-45
Low	45-60
Medium	0-15
Medium	30-15
Medium	30-45
Medium	45-60
High	0-15
High	30-15
High	30-45
High	45-60



Variables y cortes

```
fHit := rec.nHitSP20/rec.nChAvail
fTank := rec.nTankHit/rec.nTankTot
Lateral_Amp := rec.LDFamp
CoreD := sqrt((rec.coreX-35.52281765)^2+(rec.coreY-246.26894149)^2)
CZenith := cos(rec.zenithAngle)
rec.fAnnulusCharge0
rec.fAnnulusCharge1
rec.fAnnulusCharge2
rec.fAnnulusCharge3
rec.fAnnulusCharge4
rec.fAnnulusCharge5
rec.fAnnulusCharge6
rec.fAnnulusCharge7
rec.fAnnulusCharge8
```

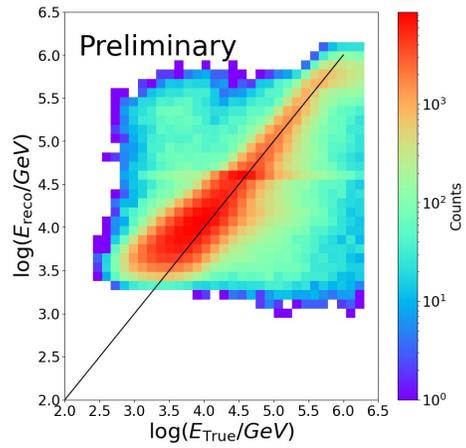
- Los eventos en los que el ángulo y el núcleo se calcularon correctamente.
- El número de “hits” debe ser mayor que el 6%.
- Contar que el número mínimo de foto multiplicador activado fuera de un radio de 40 metros.
- Se espera que el ángulo cenital se encuentre dentro del rango de más de 0 pero menos de 30 grados.



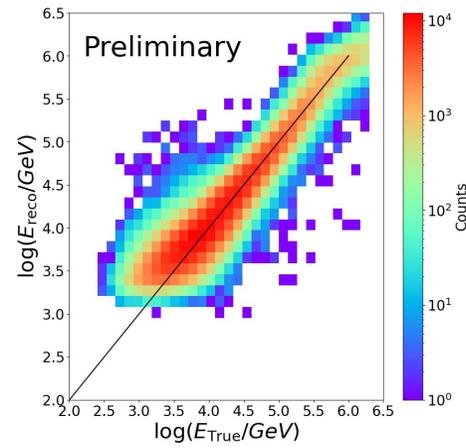
Resultados

Método clásico

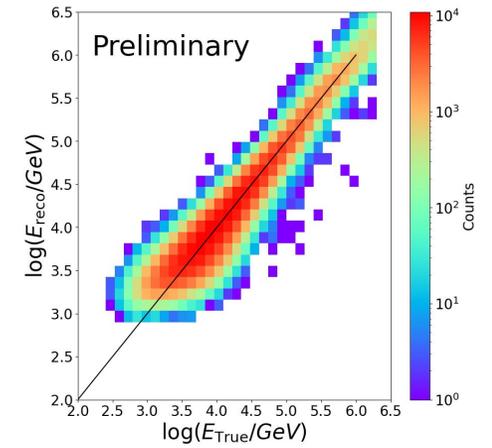
Proton



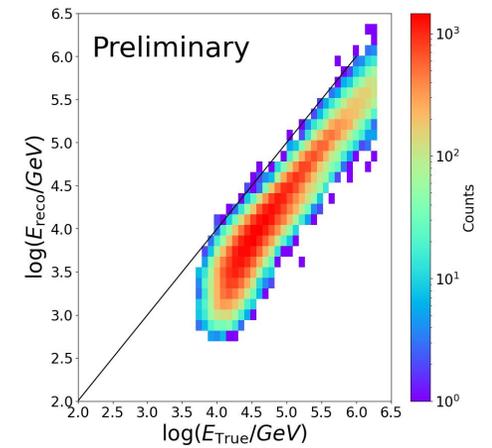
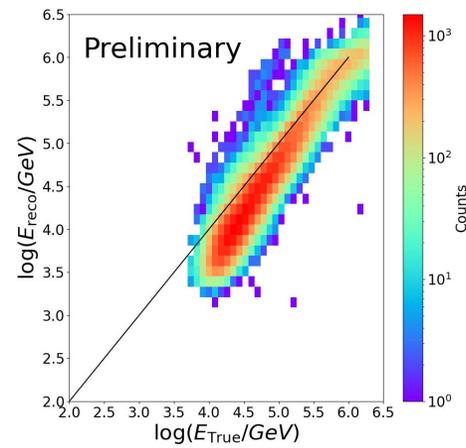
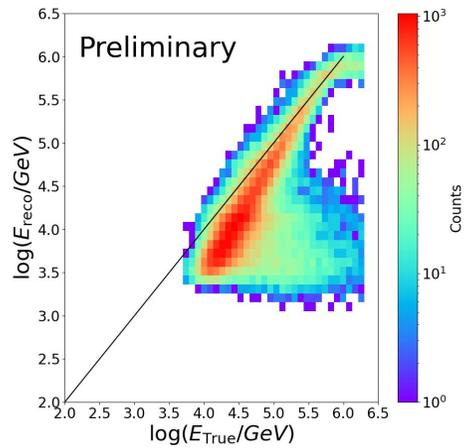
Root Proton



Tensorflow



Iron



Trabajo a futuro

- Mejorar la selección de variables e interpretación física
- Escribir, escribir y escribir...
- Explorar arquitecturas (PINN's)