

Análisis del CLF ubicado en el Observatorio de Rayos Cósmicos Pierre Auger

María Monasor, Dolores Rodríguez-Frías, Fernando Arqueros, Julio Gutiérrez, Diego García-Pinto, Daniel Vega, Raúl Gómez-Herrero, Luis del Peral

Universidad de Alcalá - Universidad Complutense de Madrid

XXX Reunión Bienal de la Real Sociedad Española de Física
Orense, Septiembre 2005



Contenidos

- 1 El Observatorio Pierre Auger
 - El Detector de Fluorescencia
 - Proceso de reconstrucción

- 2 Central Laser Facility (CLF)
 - Ubicación, funcionamiento
 - Aplicaciones
 - Resultados



El Observatorio *Pierre Auger*

- 1 El Observatorio Pierre Auger
 - El Detector de Fluorescencia
 - Proceso de reconstrucción
- 2 Central Laser Facility (CLF)
 - Ubicación, funcionamiento
 - Aplicaciones
 - Resultados



Características del Observatorio *Pierre Auger*

- Es pionero en la detección híbrida de cascadas atmosféricas.
 - FD** : Obtención de la energía primaria independiente del modelo hadrónico usado (10% de periodo útil).
 - SD** : Se podrá calibrar a partir del FD para obtener una alta estadística (100% de periodo útil).
- Con el fin de cubrir todo el cielo y obtener una alta estadística, se construirá otro observatorio idéntico en el hemisferio Norte.
- El Observatorio *Pierre Auger* está optimizado para el estudio del espectro de energía, composición química y dirección de llegada de rayos cósmicos con $10^{19} \text{ eV} < E < 10^{21++} \text{ eV}$.



Características del Observatorio *Pierre Auger*

- Es pionero en la detección híbrida de cascadas atmosféricas.
 - FD : Obtención de la energía primaria independiente del modelo hadrónico usado (10% de periodo útil).
 - SD : Se podrá calibrar a partir del FD para obtener una alta estadística (100% de periodo útil).
- Con el fin de cubrir todo el cielo y obtener una alta estadística, se construirá otro observatorio idéntico en el hemisferio Norte.
- El Observatorio *Pierre Auger* está optimizado para el estudio del espectro de energía, composición química y dirección de llegada de rayos cósmicos con $10^{19} \text{ eV} < E < 10^{21++} \text{ eV}$.

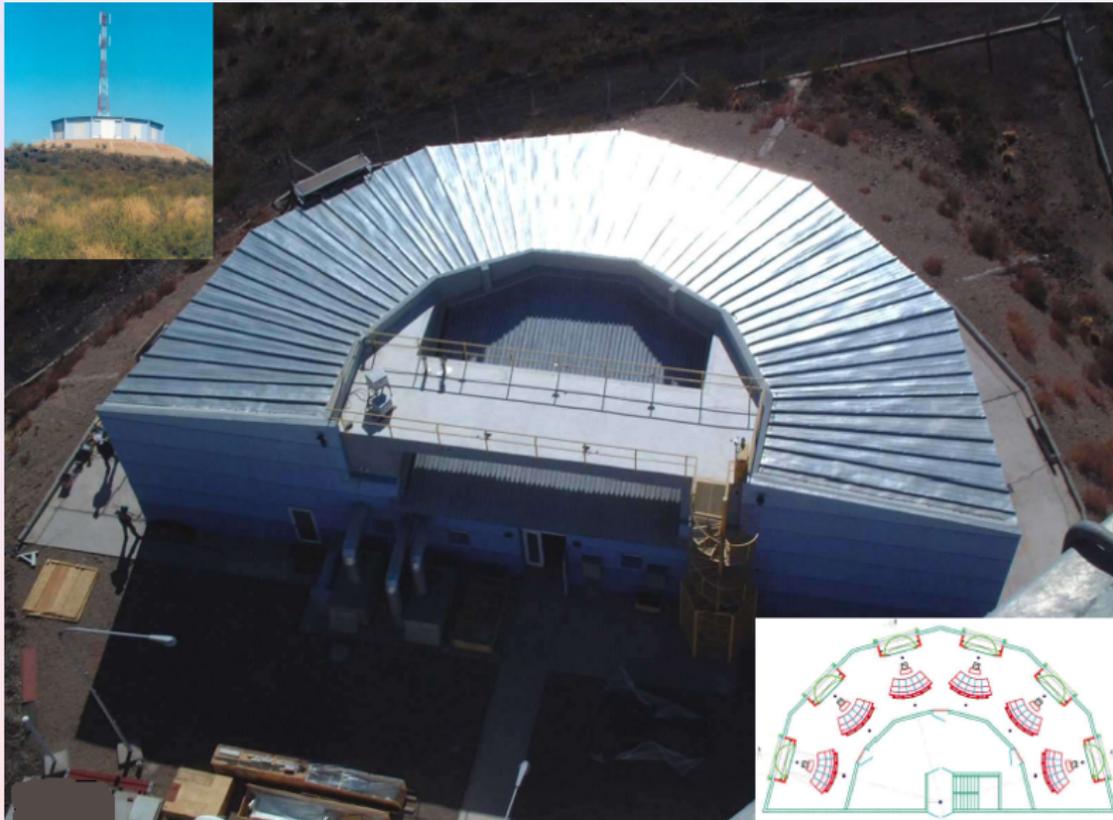


Características del Observatorio *Pierre Auger*

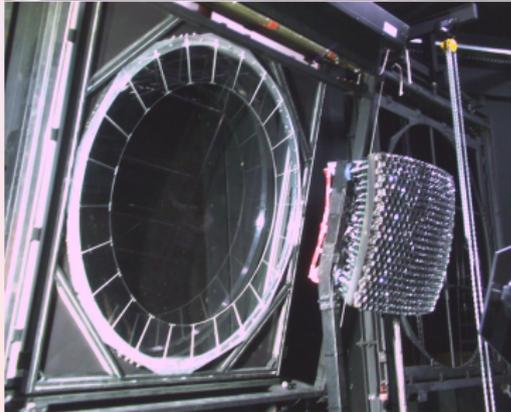
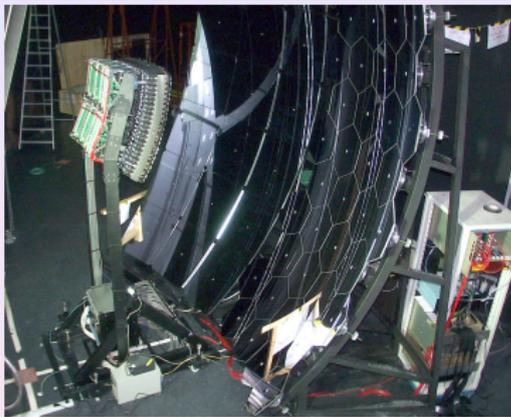
- Es pionero en la detección híbrida de cascadas atmosféricas.
 - FD : Obtención de la energía primaria independiente del modelo hadrónico usado (10% de periodo útil).
 - SD : Se podrá calibrar a partir del FD para obtener una alta estadística (100% de periodo útil).
- Con el fin de cubrir todo el cielo y obtener una alta estadística, se construirá otro observatorio idéntico en el hemisferio Norte.
- El Observatorio *Pierre Auger* está optimizado para el estudio del espectro de energía, composición química y dirección de llegada de rayos cósmicos con $10^{19} \text{ eV} < E < 10^{21++} \text{ eV}$.



El Detector de Fluorescencia



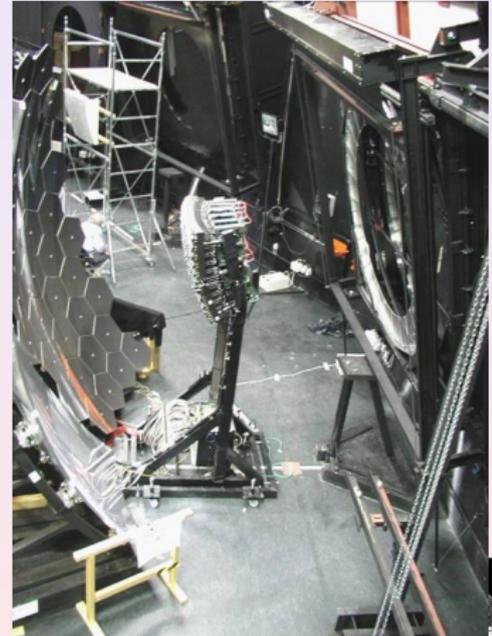
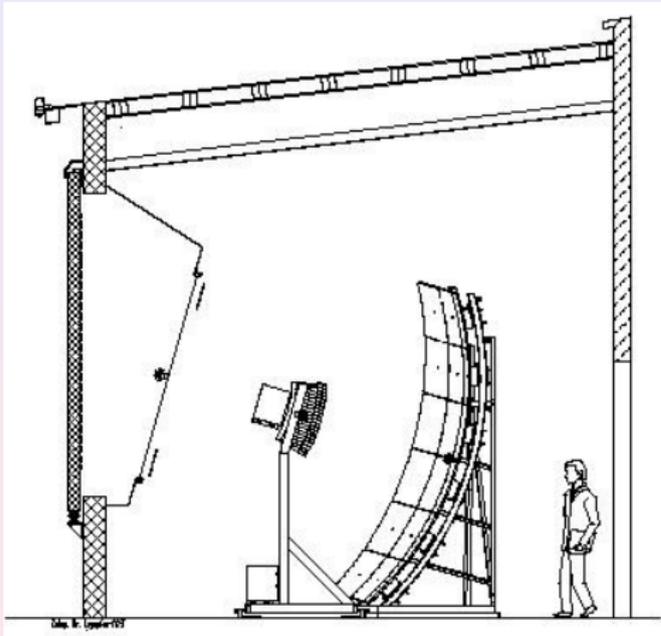
El Detector de Fluorescencia



- Óptica Schimdt con anillo corrector
- Diafragma 1.10 m de radio
- Espejo esférico (3.5m x 3.5m)
- Cámara 440 PMT (cada uno cubre un campo de 1.5° de diámetro)
- Filtro UV (300-400 nm)



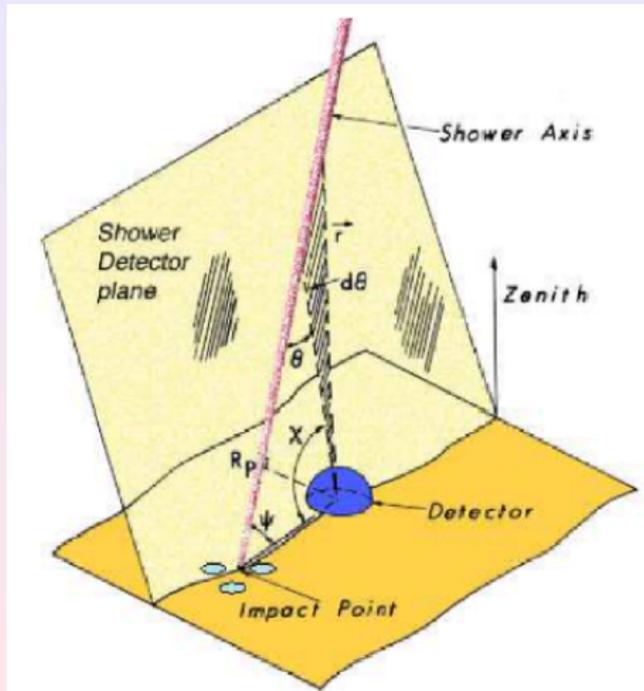
El Detector de Fluorescencia



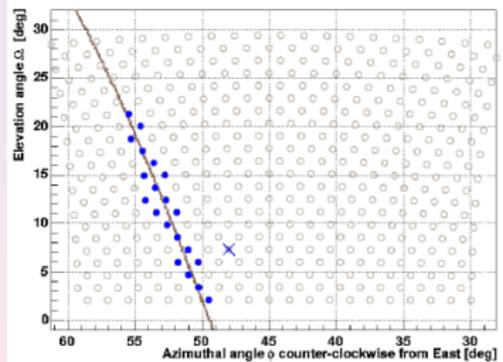
Proceso de reconstrucción

- Reconstrucción de la **GEOMETRÍA** de la cascada
- Reconstrucción de la **ENERGÍA** del rayo cósmico

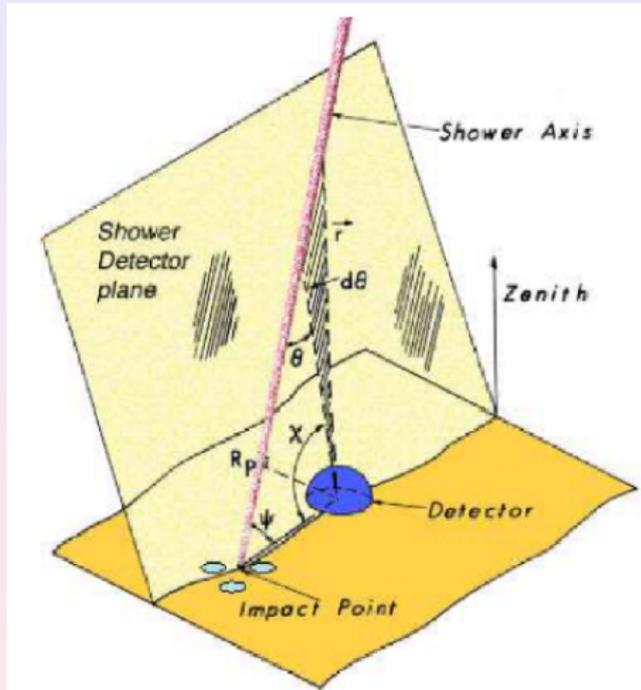
Reconstrucción de la geometría



1 Plano de la cascada



Reconstrucción de la geometría



2 Eje de la cascada

● Reconstrucción Monocular

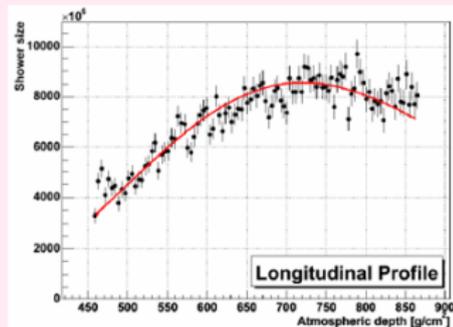
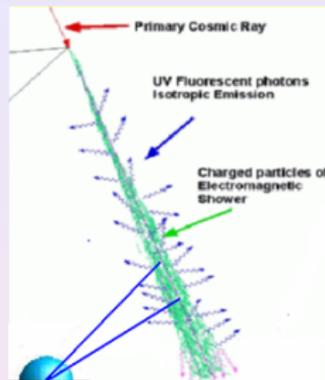
$$t(\chi_i) = T_0 - \frac{R_p}{c} \cdot \tan\left(\frac{\chi_i - \chi_0}{2}\right)$$

donde $\chi_0 = 180^\circ - \psi$

● Reconstrucción Híbrida

$t(\text{tanque SD})$

Reconstrucción de la energía



Energía
rayo
cósmico

Ajuste perfil
Gaisser-Hillas

Señal en
PMTs

Calibración FD

Fotones
en el
detector

Atenuación
atmosférica

Fotones
en el eje
de la
cascada

Desarrollo
longitudinal

Fluorescence
Yield

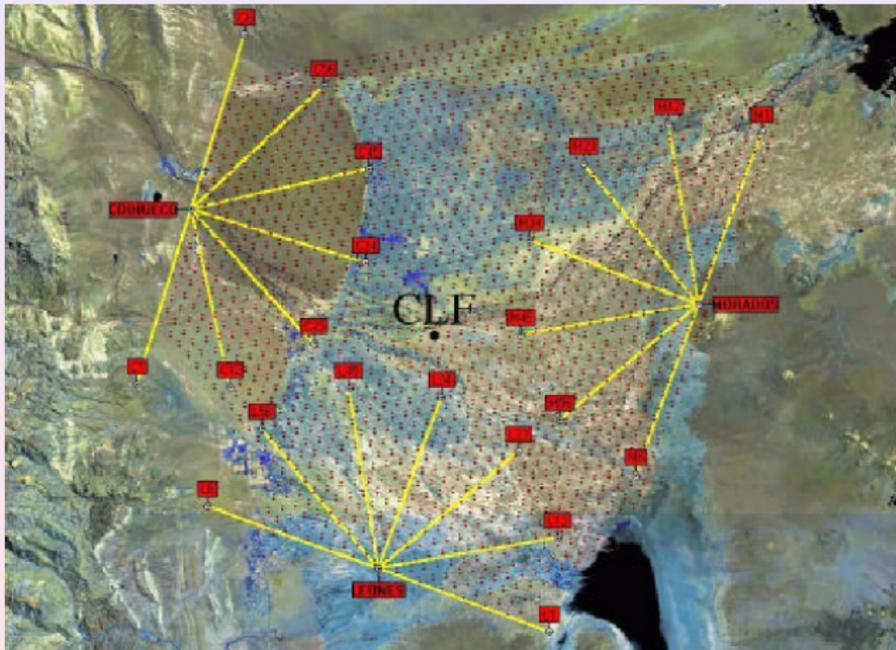
Central Laser Facility (CLF)

- 1 El Observatorio Pierre Auger
 - El Detector de Fluorescencia
 - Proceso de reconstrucción
- 2 **Central Laser Facility (CLF)**
 - **Ubicación, funcionamiento**
 - **Aplicaciones**
 - **Resultados**



Ubicación, funcionamiento

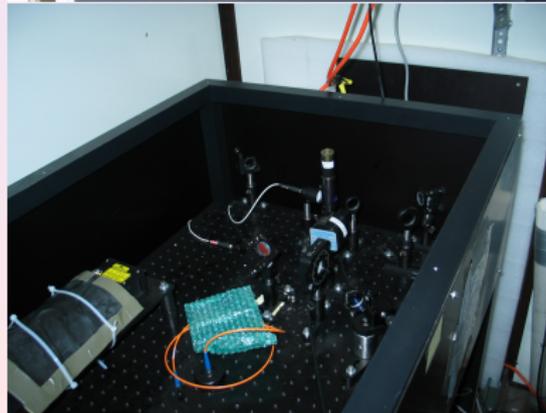
- Ubicado \simeq en el centro del observatorio, prácticamente equidistante a 3 sistemas de telescopios.



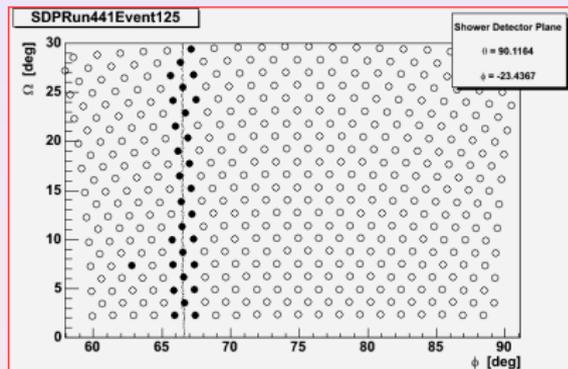
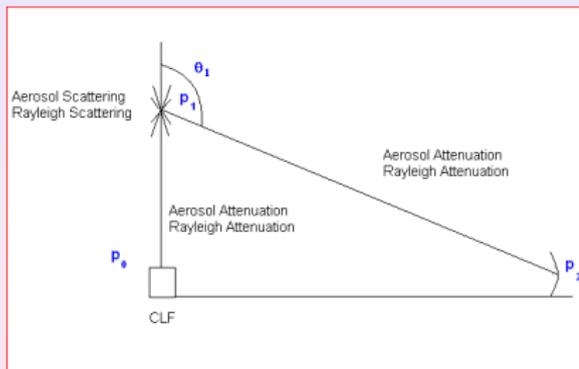
Ubicación, funcionamiento



- Láser YAG pulsado UV (355 nm) despolarizado.
- Capaz de lanzar disparos verticales e inclinados.
- El haz puede ser dividido para ser enviado simultáneamente, vía fibra óptica, al tanque adyacente.
- Para cada disparo láser se mide el tiempo, la dirección y la energía del pulso.

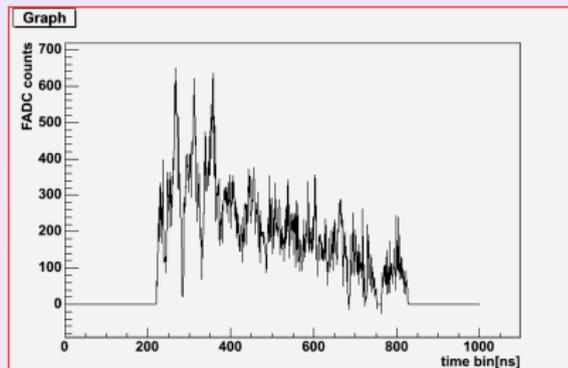
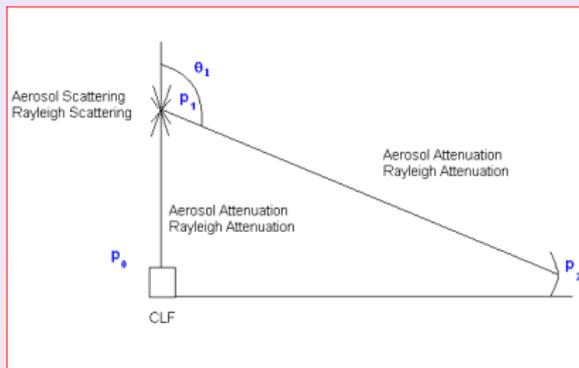


Ubicación, funcionamiento



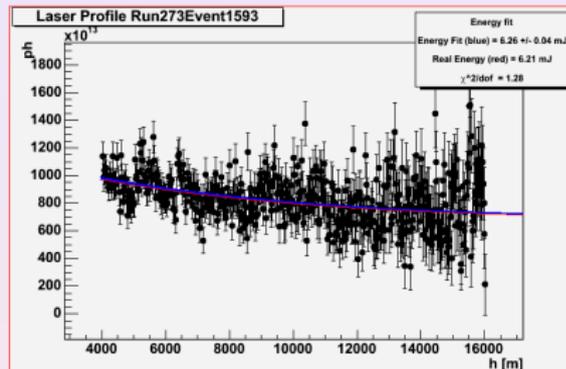
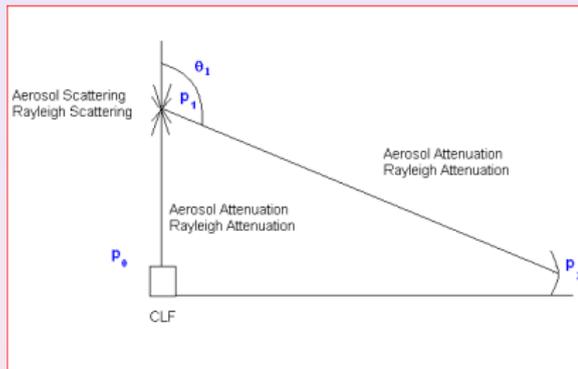
- Una vez lanzados, los fotones del haz son dispersados en la atmósfera y recogidos por los telescopios de fluorescencia de forma equivalente a las cascadas atmosféricas.

Ubicación, funcionamiento



- A partir de la traza recogida se reconstruye la geometría del disparo utilizando el mismo proceso que en la reconstrucción de cascadas atmosféricas.

Ubicación, funcionamiento



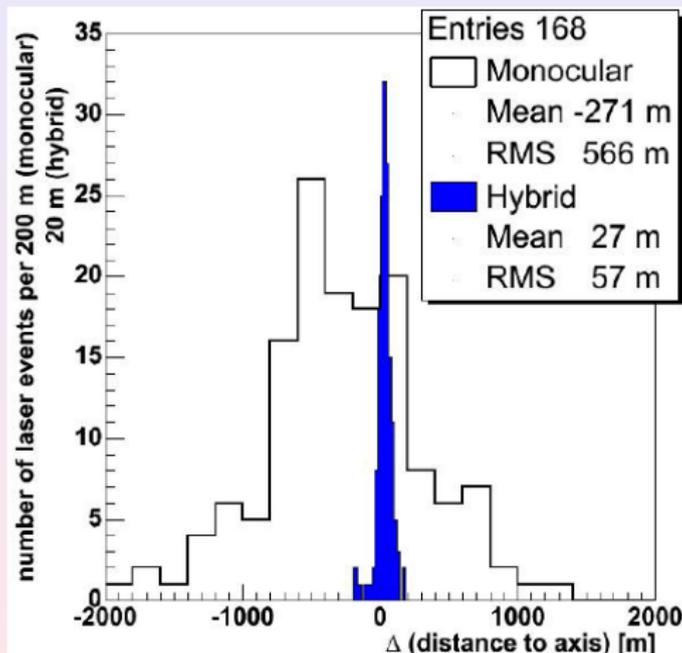
- Aplicando las constantes de calibración de los telescopios y las correcciones atmosféricas necesarias se obtiene la energía del disparo láser.

Aplicaciones

- Resolución geométrica del detector de fluorescencia (FD).
- Resolución fotométrica del FD.
- Monitorización de la atmósfera y estudios de uniformidad.
- Estudio de condiciones de *trigger* para FD.
- Sincronización FD y FD-SD.

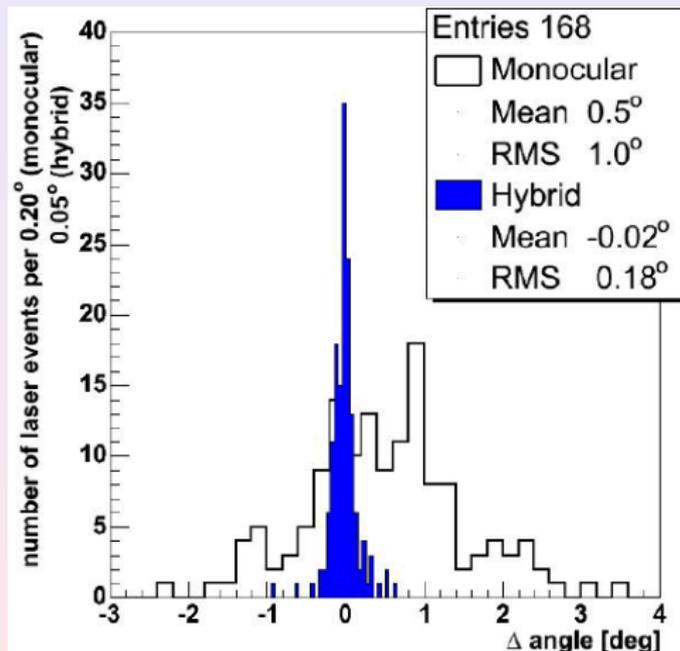


Reconstrucción geométrica



Presentado en ICRC 2005

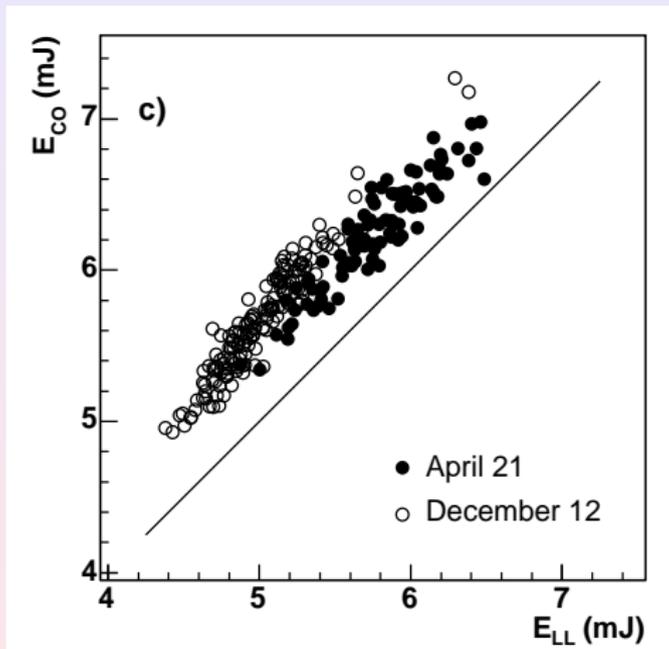
Reconstrucción geométrica



Presentado en ICRC 2005



Reconstrucción fotométrica



Presentado en ICRC 2005

Conclusiones

Resumiendo ...

- Una vez terminado, el **Observatorio Pierre Auger** estudiará, con una gran estadística, el espectro de energía, composición química e isotropía de los rayos cósmicos de energías superiores a 10^{19} eV.
- El **CLF** se perfila como una herramienta muy útil a la hora de depurar los mecanismos de reconstrucción, detectar posibles errores sistemáticos y evaluar las condiciones atmosféricas.