

# El experimento Alpha Magnetic Spectrometer (AMS)



*C. Delgado*



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

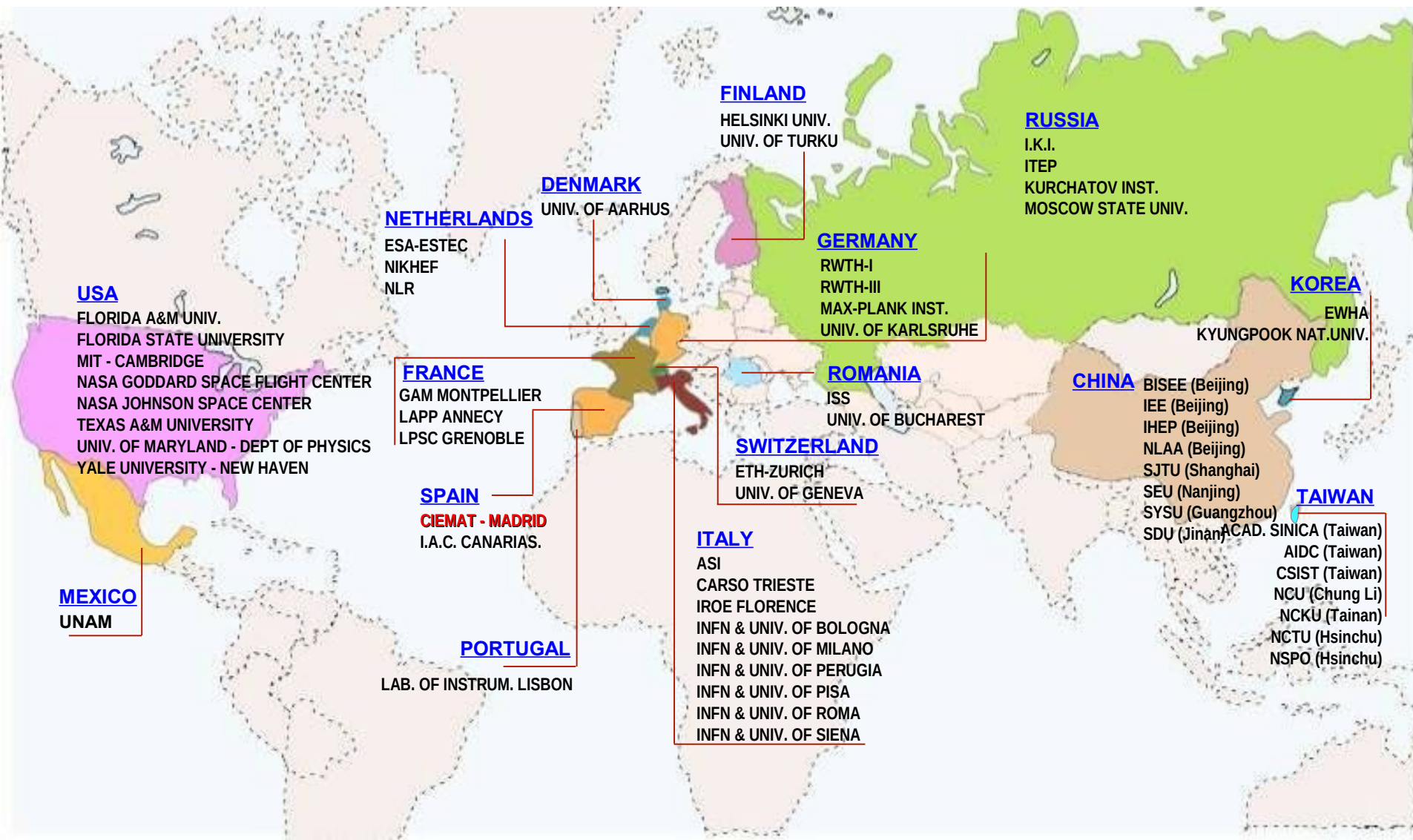
MINISTERIO  
DE CIENCIA  
E INNOVACIÓN

**Ciemat**  
Centro de Investigaciones  
Energéticas, Medioambientales  
y Tecnológicas

**¿Qué es AMS?**

# Colaboración Internacional AMS

## 600 miembros de 16 países, 60 Institutos durante 17 years





# Personal del CIEMAT involucrado en AMS-02 en la actualidad

M. Aguilar, J. Berdugo, J. Casaus, C. Delgado, *F. Giovacchini*, C. Mañá, *A. Oliva (CPAN)*

J. Marín, G. Martínez

C. Díaz, *J. García*

PhD Students: *I. Cernuda*, *B. García*, *I. Rodríguez*

# Personal del IAC involucrada en AMS-02 en la actualidad

R. García, *J. Pochon*

PhD Student: *R. Clavero*



**AMS-CIEMAT Group**  
**Legacy Snapshot**



# Programa científico de AMS

Estudio de la naturaleza y composición de los rayos cósmicos y de la abundancia relativa de los isótopos ligeros.

## Astrofísica de Rayos Cósmicos

Abundancia de las fuentes.

Mecanismos de aceleración.

Modelos de Propagación.

Medida de precisión de los flujos de antiprotones y positrones.

## Dark Matter

Many candidates from

Particle Physics

(SUSY neutralinos, KK Bosons ...)

$\chi^0 + \chi^0 \rightarrow p + \dots$

$\rightarrow e^+ + \dots$

Búsqueda de antimateria de origen primordial ( $\overline{\text{He}}$ ,  $\overline{\text{C}}$ )  
con una sensibilidad  $10^3 - 10^6$  que los límites actuales

→ Baryogenesis

B non conservation

CP violation

# ¿Cómo cumplir con este programa?

-Operando en el espacio: en la ISS a 400km de altura no hay un fondo debido a las interacciones atmosféricas  
(pero la instrumentación debe funcionar en condiciones extremas...)

-Con un detector de física de partículas  
(pero que quepa en el transbordador espacial...)

-Con un gran poder de colección:  
gran aceptación ( $\approx 0.5 \text{ m}^2\text{sr}$ )  
 $\times$   
tiempo de exposición ( = vida de la ISS)  
(pero el detector debe poseer una gran vida útil sin mantenimiento)

**¿Cómo ha  
evolucionado?**



# **Evolución de AMS**

**(o “AMS es un modo de vida”)**

**1994-1999: construcción, operación y explotación de un primer detector**

**2000-2008: construcción de sub-detectores y primera integración mecánica.**

**2009: Integración con el imán superconductor**

**2010: Beam test (CERN)**

**EMI – TVT test (ESTEC)**

**Integración con el imán permanente**

**Beam test (CERN)**

**Traslado al Kennedy Space Center (NASA)**

**Integración con los interfaces de la ISS y del transbordador espacial.**

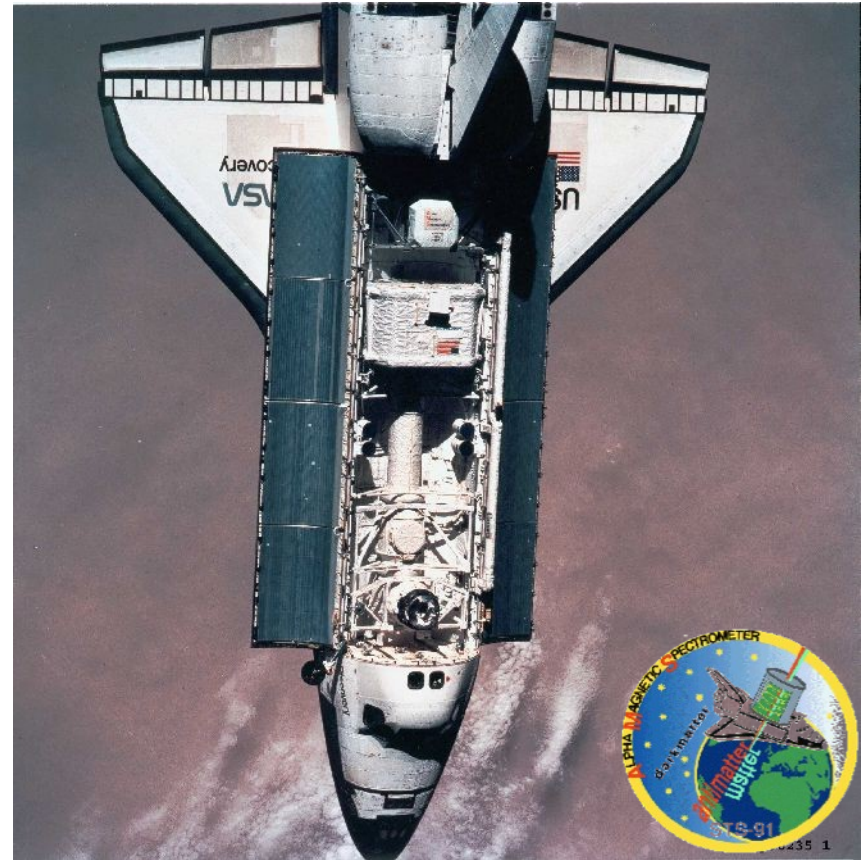
**2011: Instalación en el transbordador (Marzo)**

**Lanzamiento (16 de Mayo)**

**Instalación en la ISS (10 de Mayo)**

# Vuelo del 2 al 12 de junio de 1998

- 10 días de toma de datos:
  - 400 Km de altura
  - latitud  $< 51.7^\circ$
- $10^8$  sucesos colectados
- Resultados  
(Phys. Rep. 366 (2002) 331)
  - Flujos precisos de primarios
  - Detección de flujos secundarios(quasi trapped)
  - Limite a antimateria a  $10^{-6}$
  - Núcleos ligeros (B/C,isotopes)



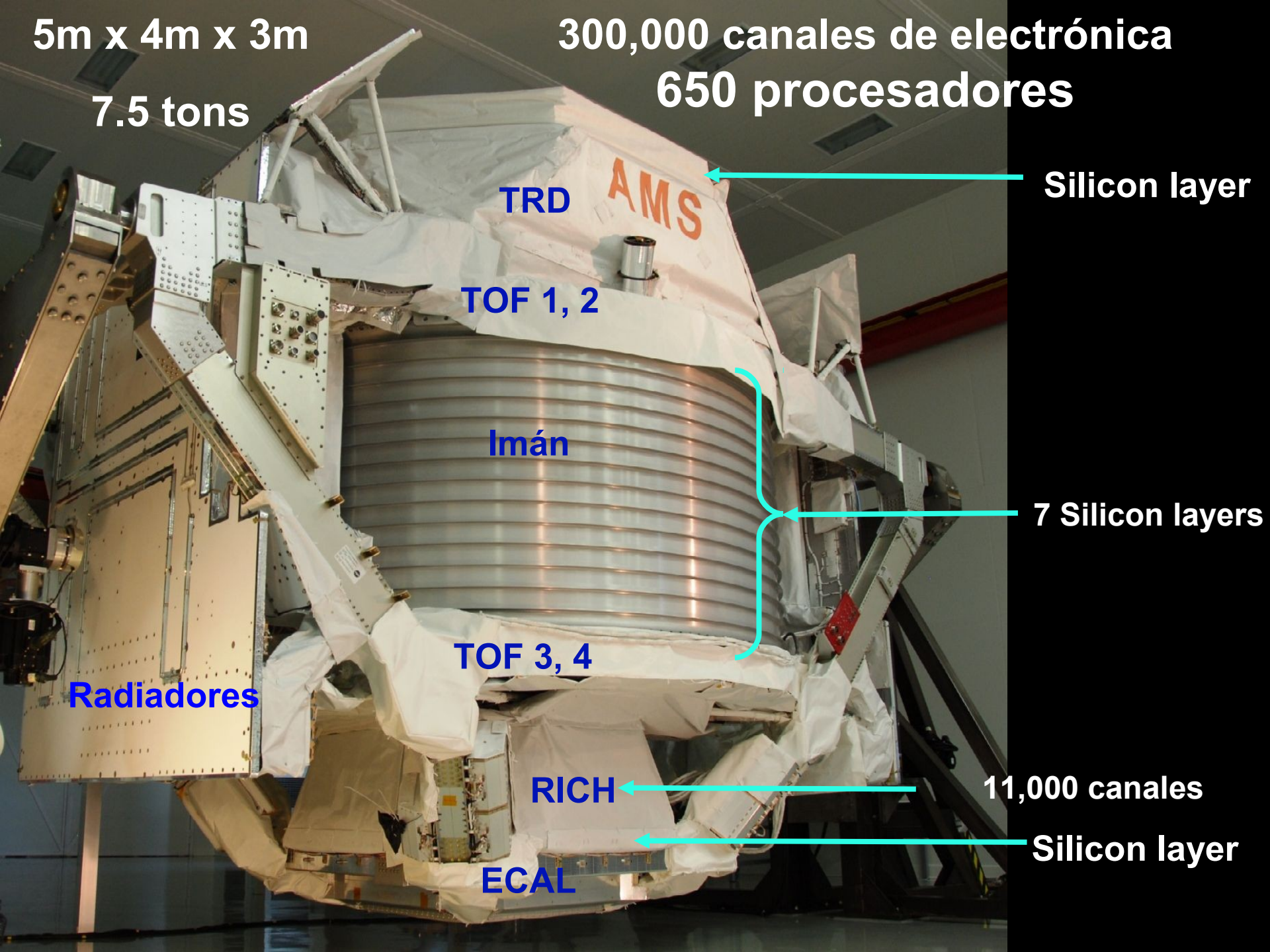
*ApJ, 724:329–340, 2010 November 20*

*ApJ, 736:105 (11pp) 2011 August 1*

5m x 4m x 3m

7.5 tons

300,000 canales de electrónica  
650 procesadores



Silicon layer

7 Silicon layers

11,000 canales

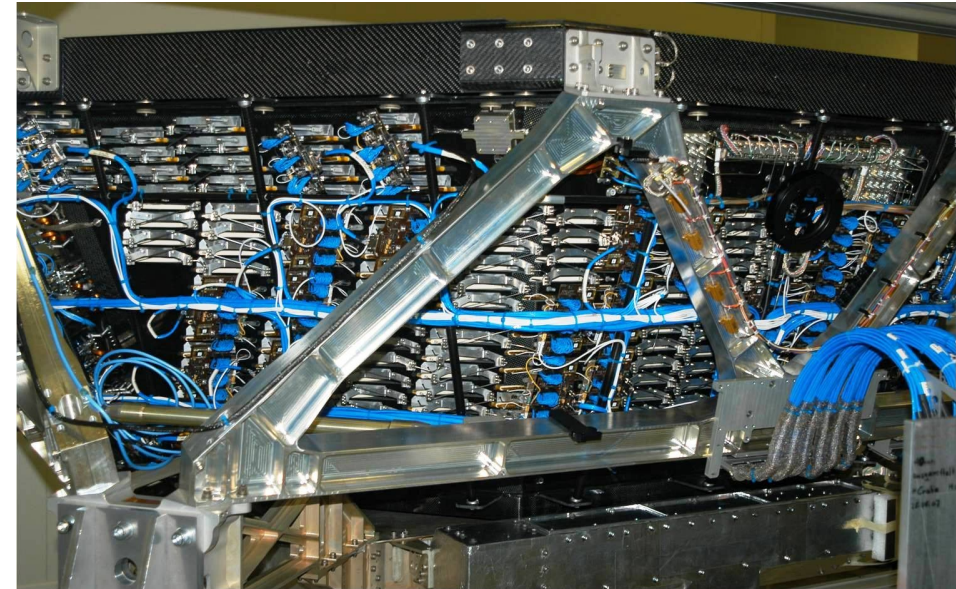
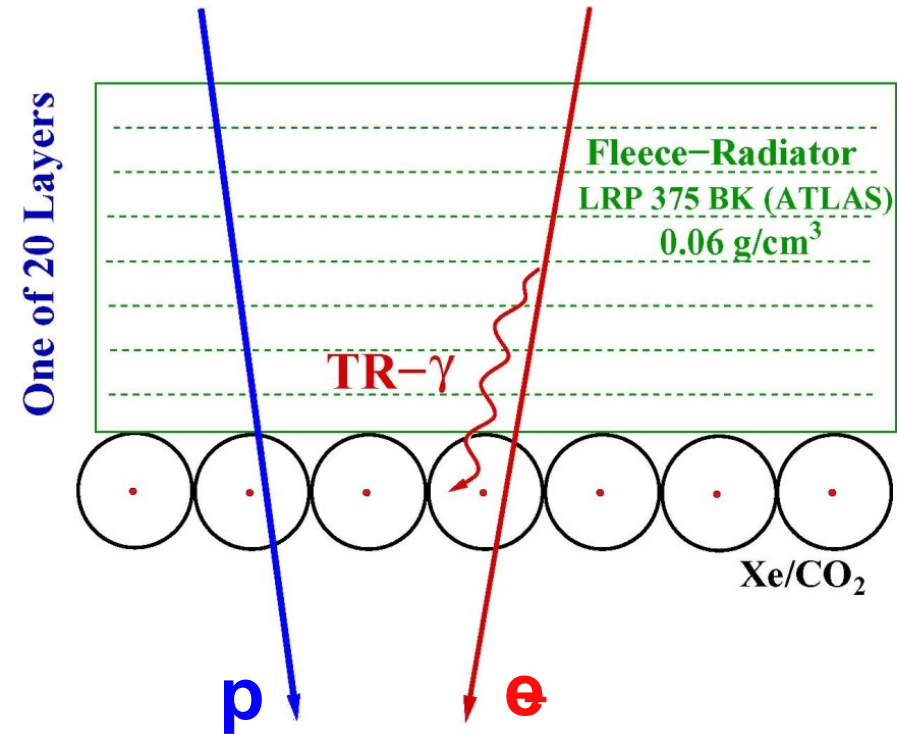
Silicon layer



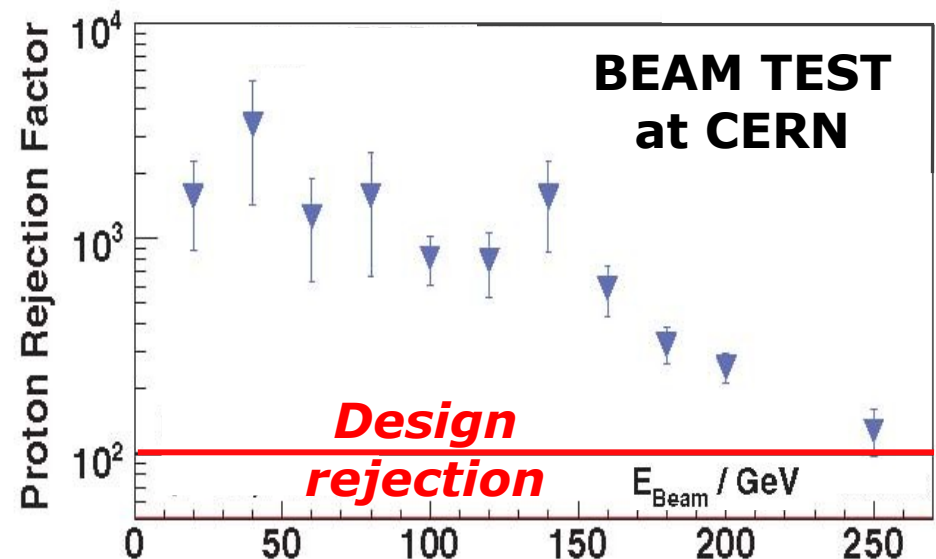
# Transition Radiation Detector: TRD



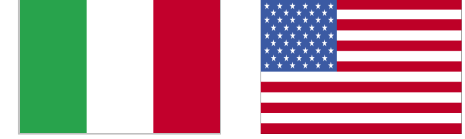
Identifica  $e^+$ , rechaza  $p$



Leak rate: CO<sub>2</sub>  $\approx 5 \mu\text{g/s}$   
Storage: 5 kg – 30 years lifetime



# Time of Flight (TOF)

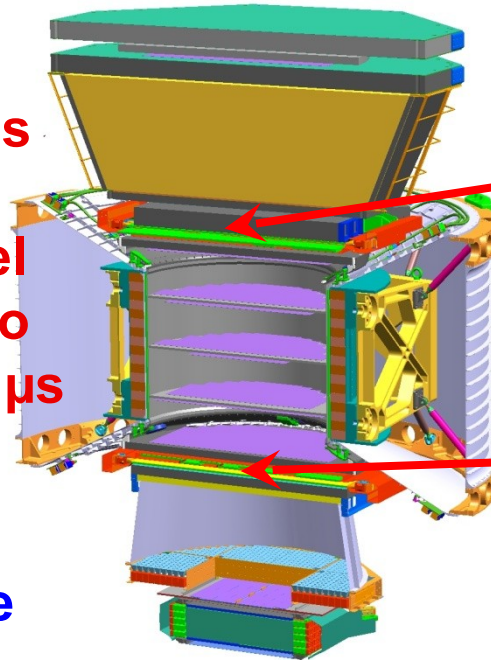


4 planes centelleadores

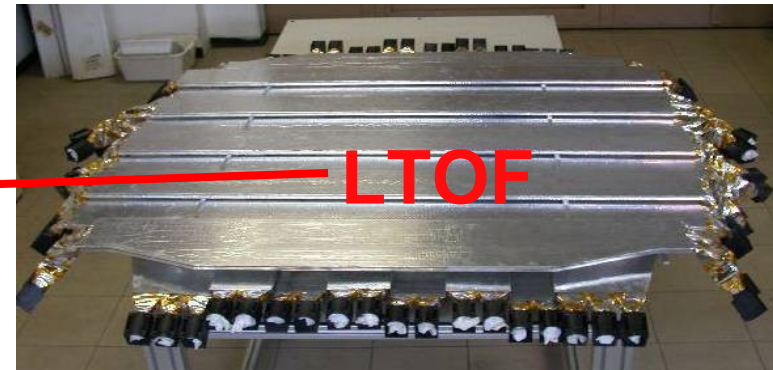
Trigger para partículas cargadas

Marca temporal del trigger sincronizado con UTC dentro de  $1\mu\text{s}$

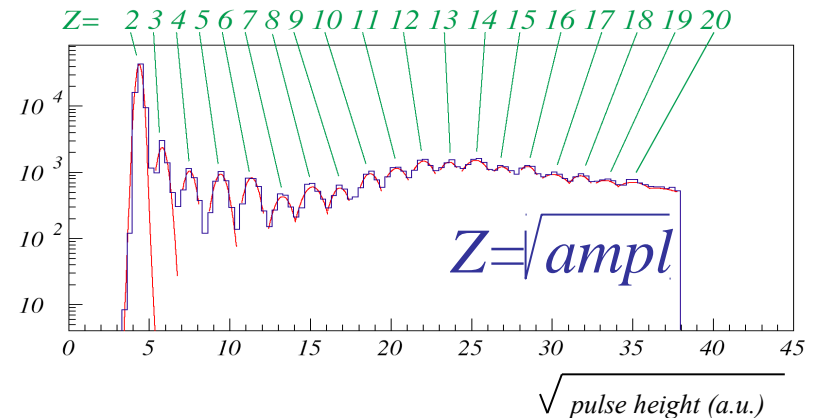
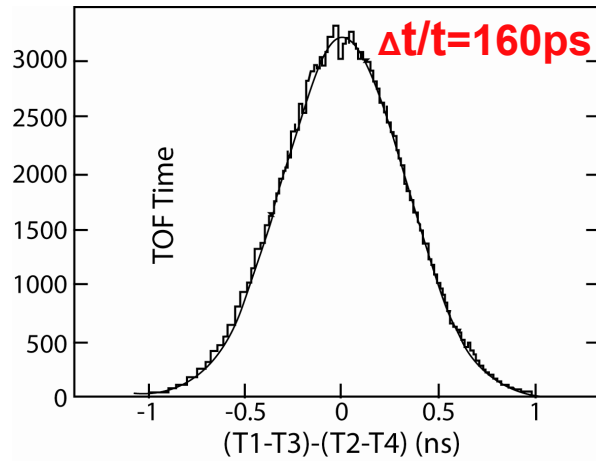
Mide el tiempo de vuelo con 160 ps de resolución.



UTOF



LTOF

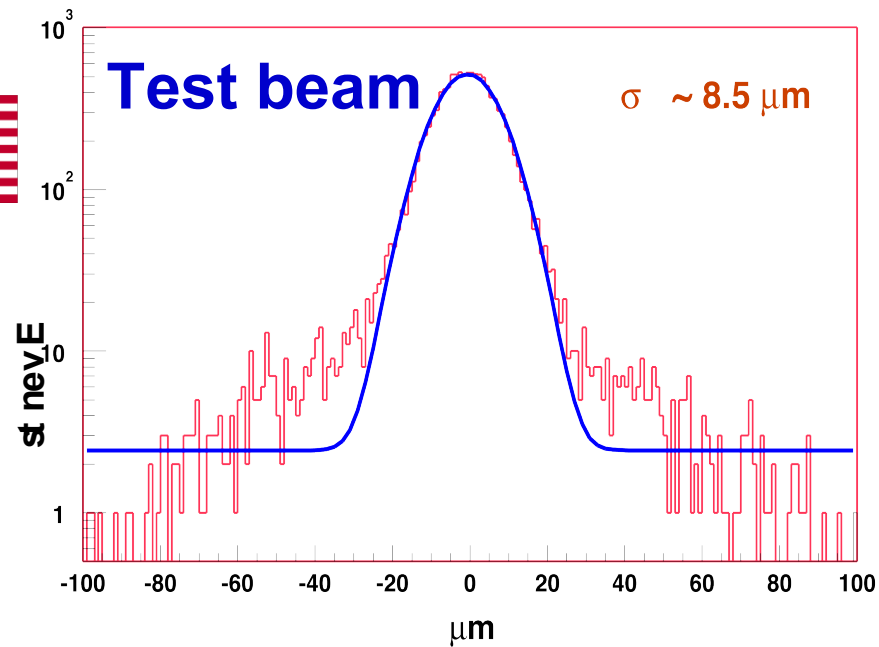
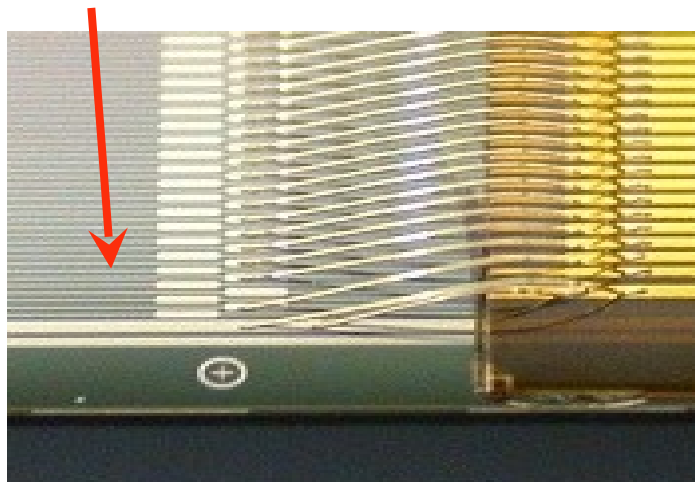




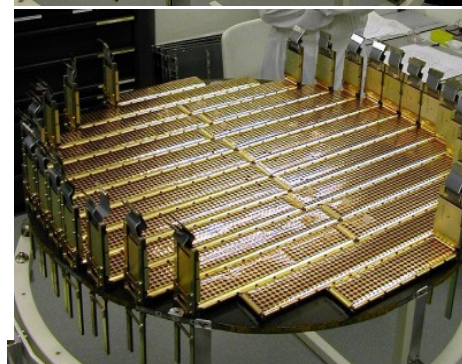
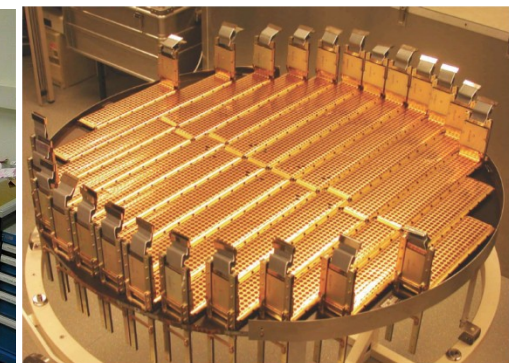
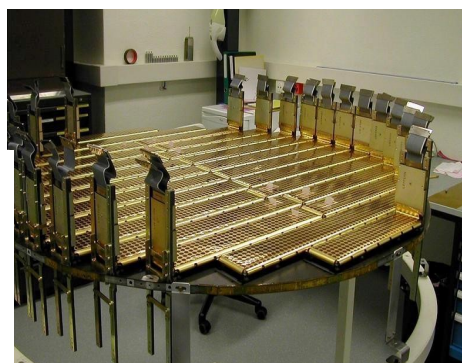
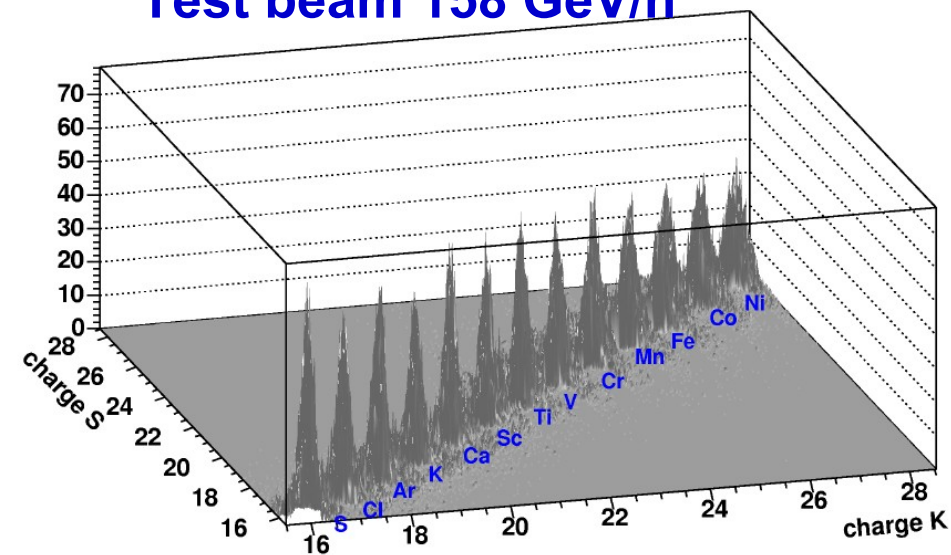
# Tracker de silicio



200,000 canales

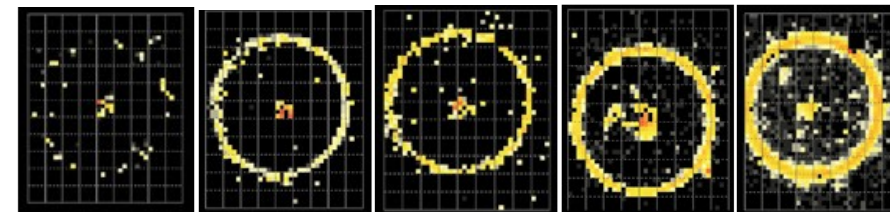
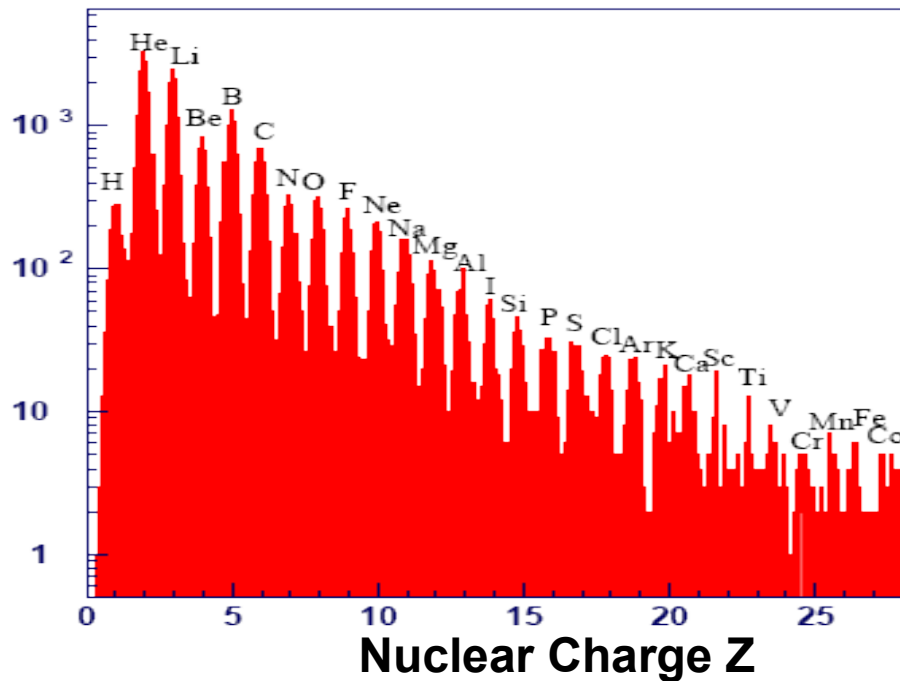
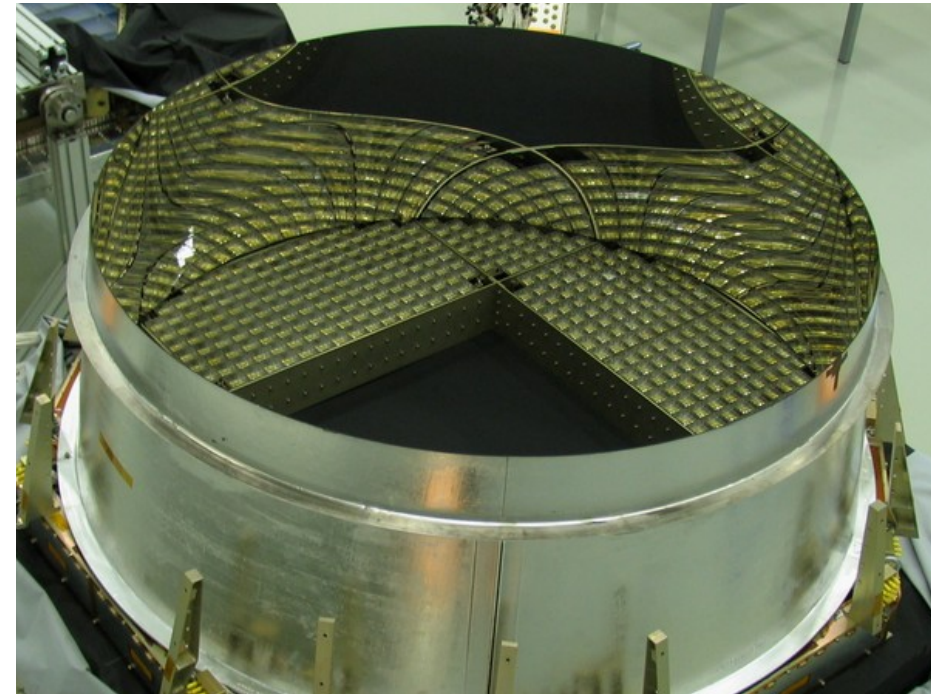
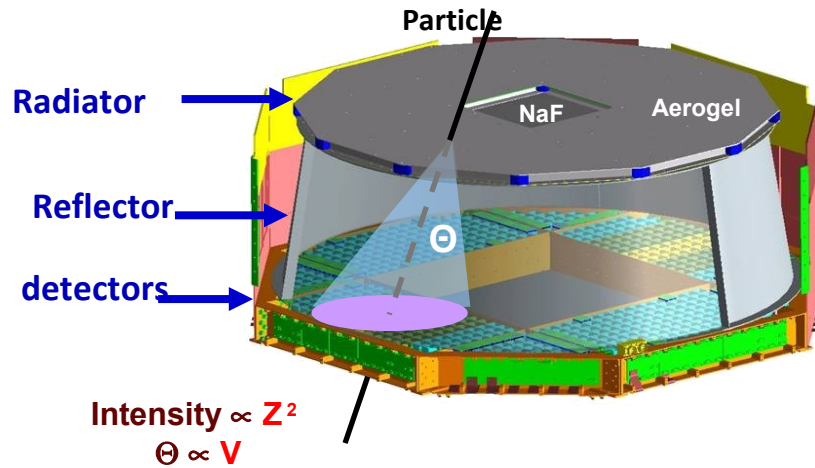


**Test beam 158 GeV/n**





# Ring Imaging Cherenkov Detector (RICH)



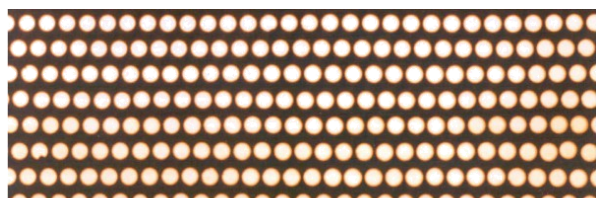
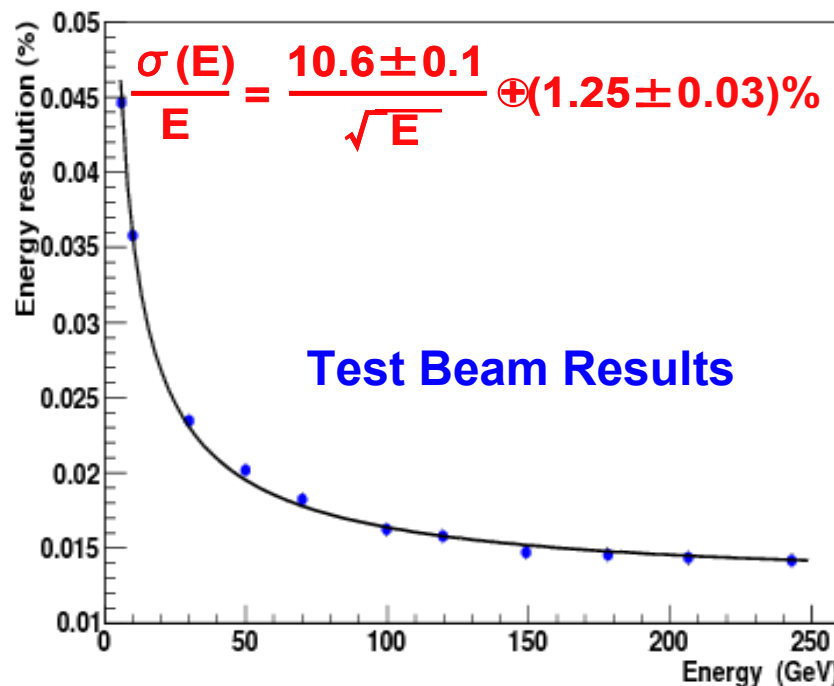
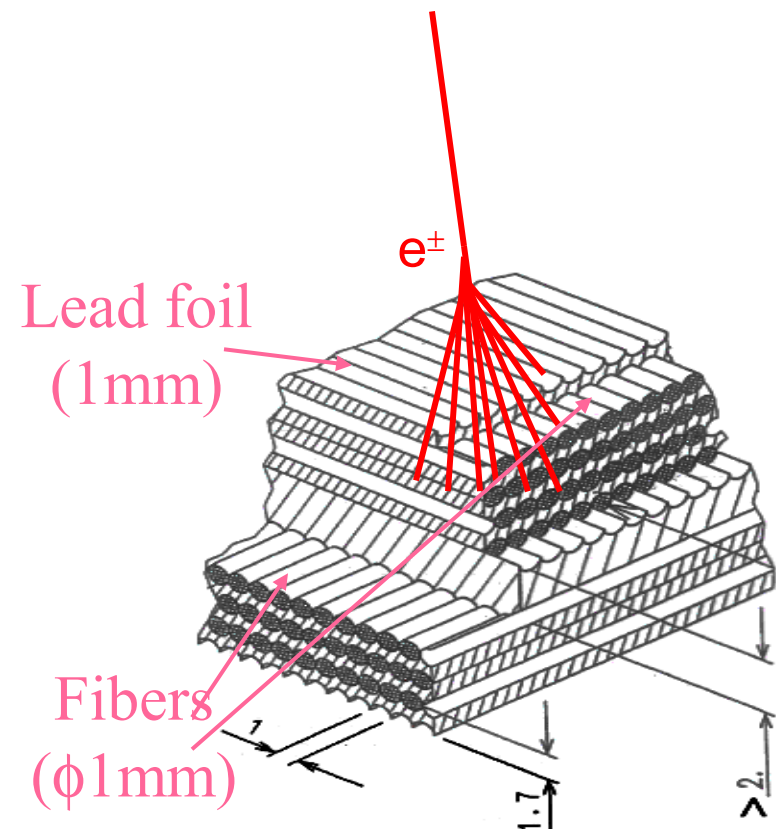
Single Event Displays

RICH test beam E=158 GeV/n

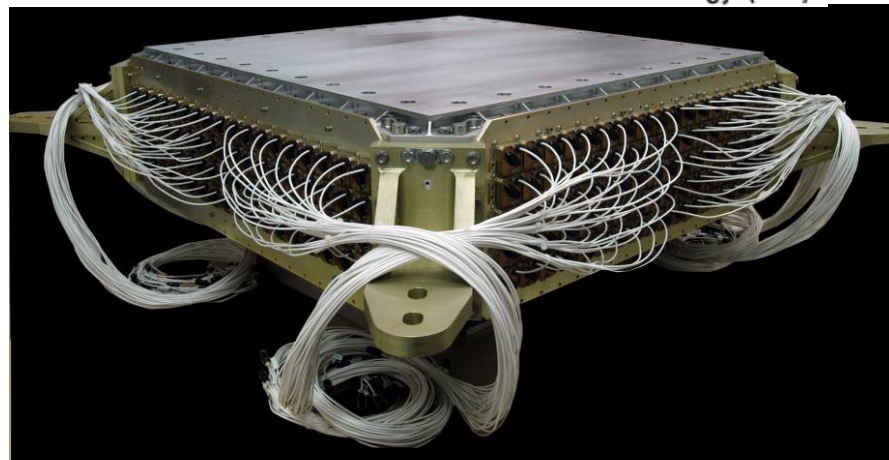


# Calorimetro (ECAL)

**17 X<sub>0</sub>**, proporciona una imagen 3D de la cascada que permite obtener la dirección y energía de rayos gamma y electrones

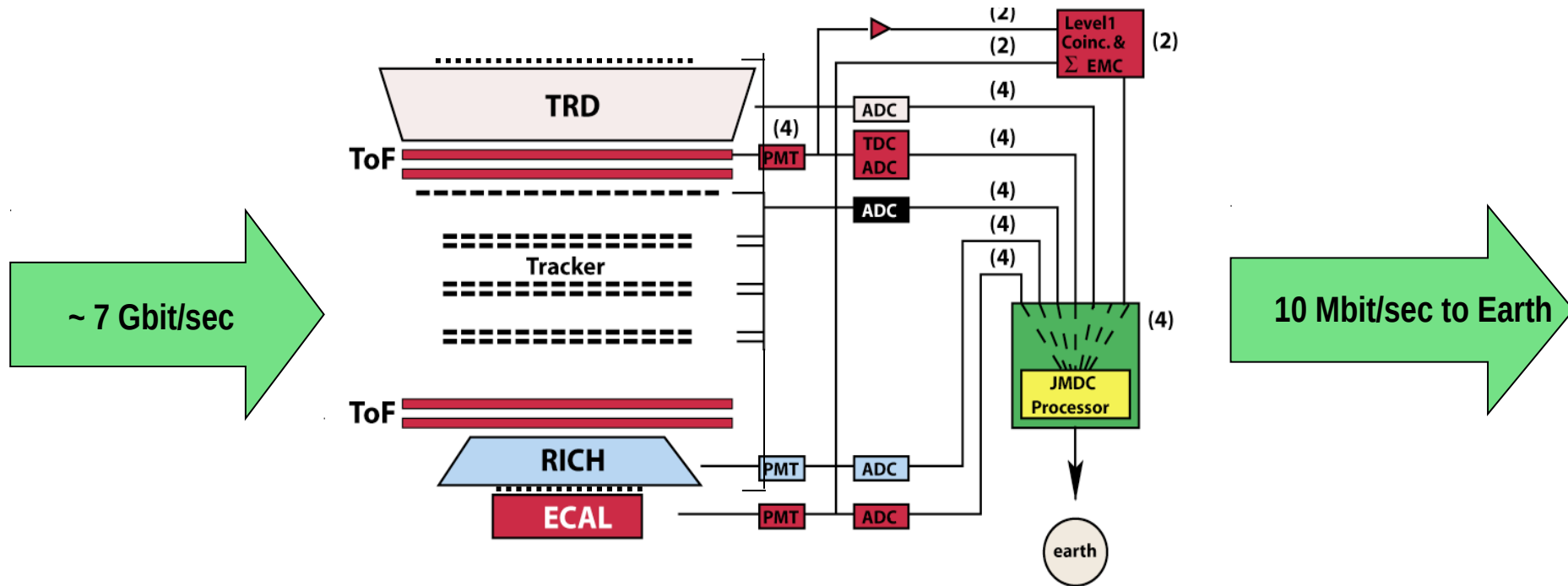
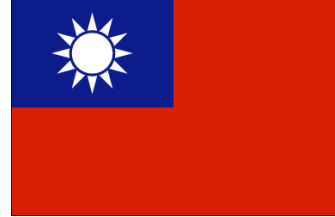


**50 000 fibras,  $\phi = 1$  mm  
distribuidas uniformemente  
dentro de 1,200 lb de plomo**





# Electrónica



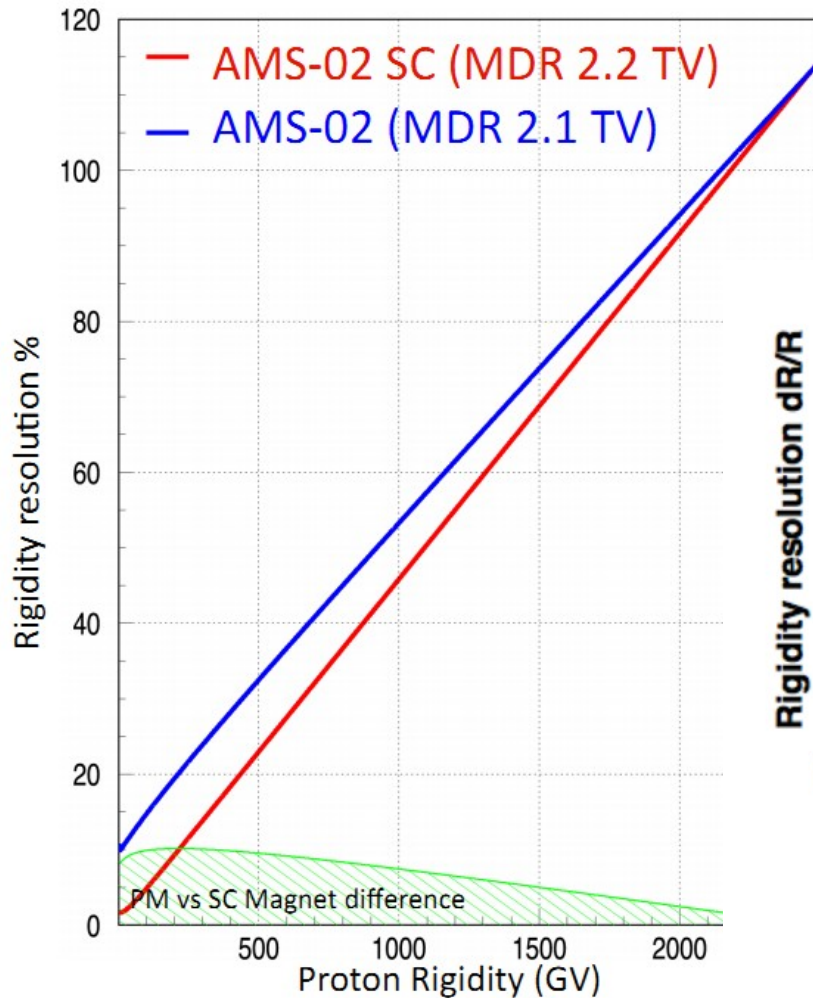
The level of redundancy is shown in parenthesis.

La electrónica de AMS se basa en tecnología convencional de física de partículas, que es 10 veces más rápida que la electrónica espacial estandar.

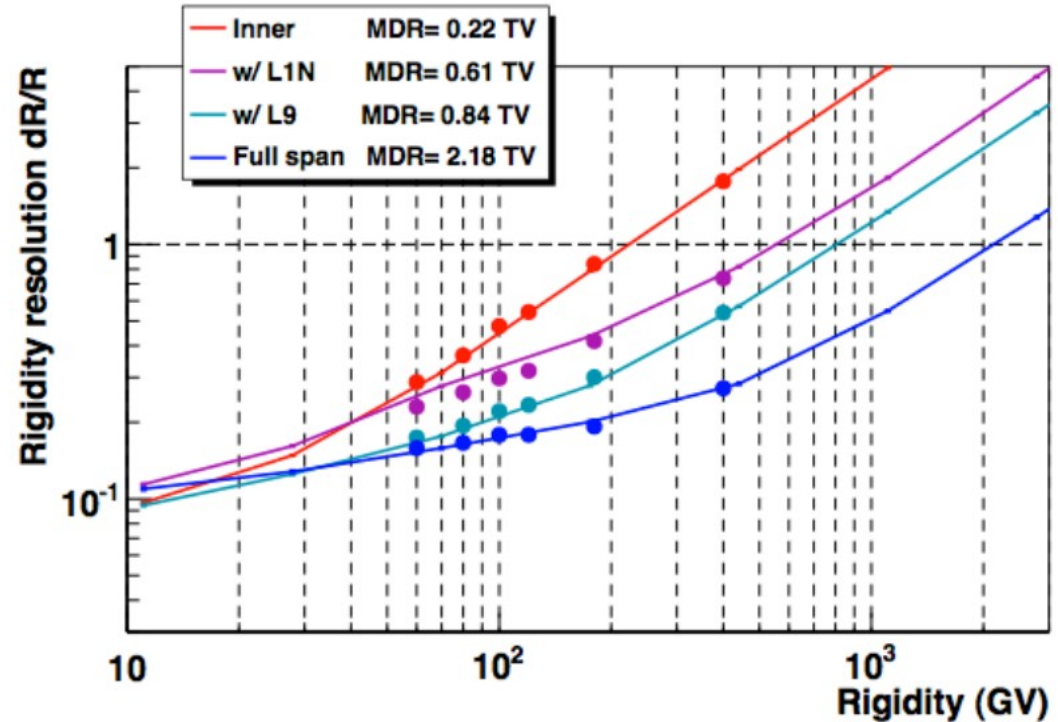


**Rendimiento  
esperado**

# Resolución en momento

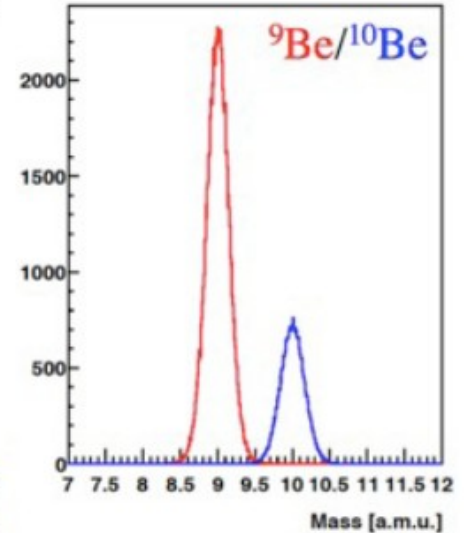
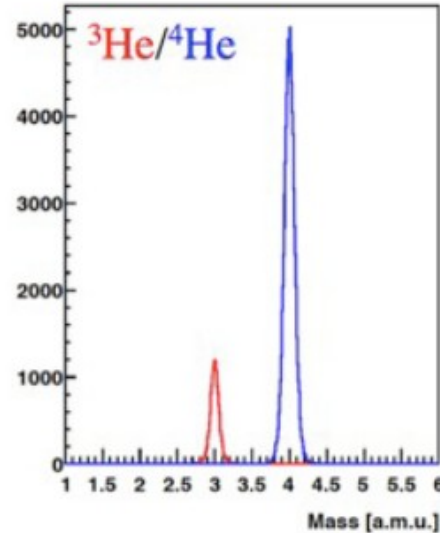


## Simulación vs Test beam

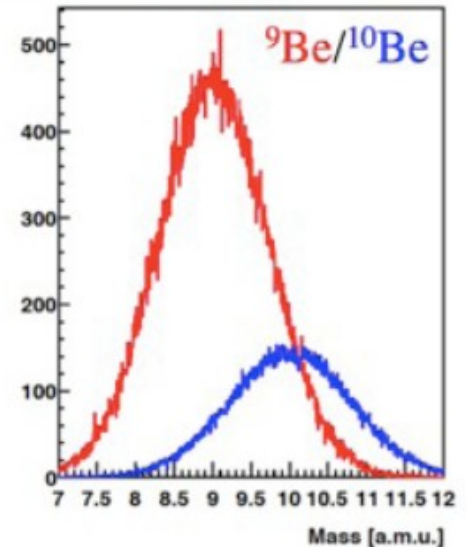
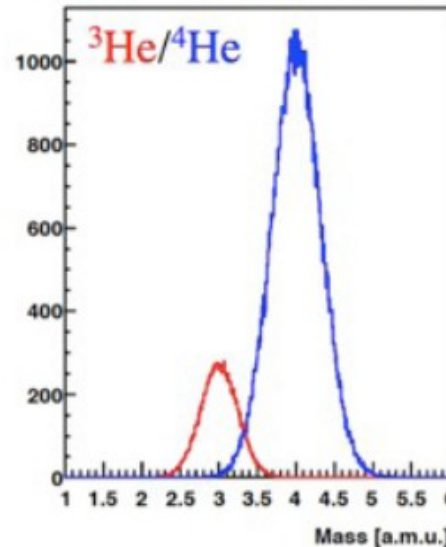


# Separación isotópica

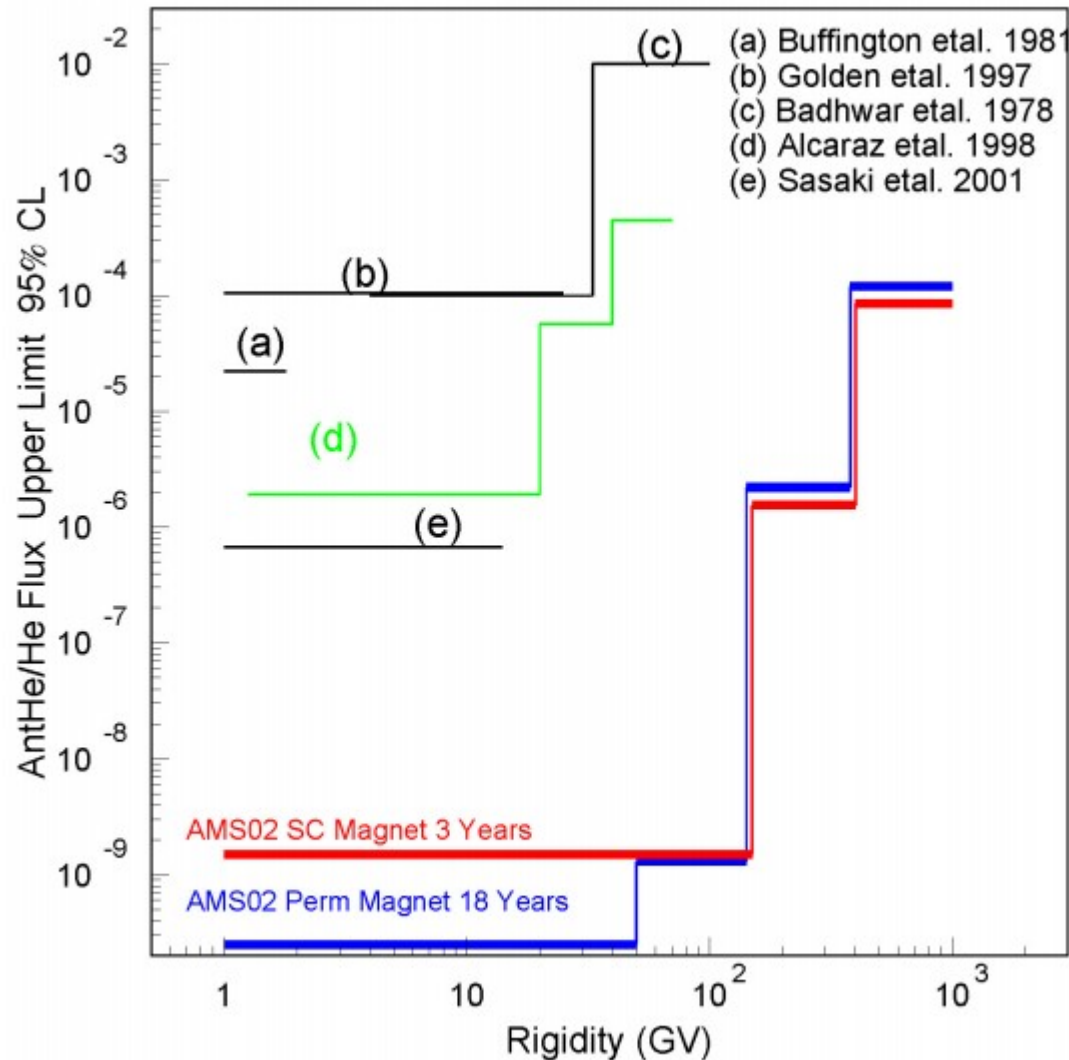
Imán SC



Imán  
permanente



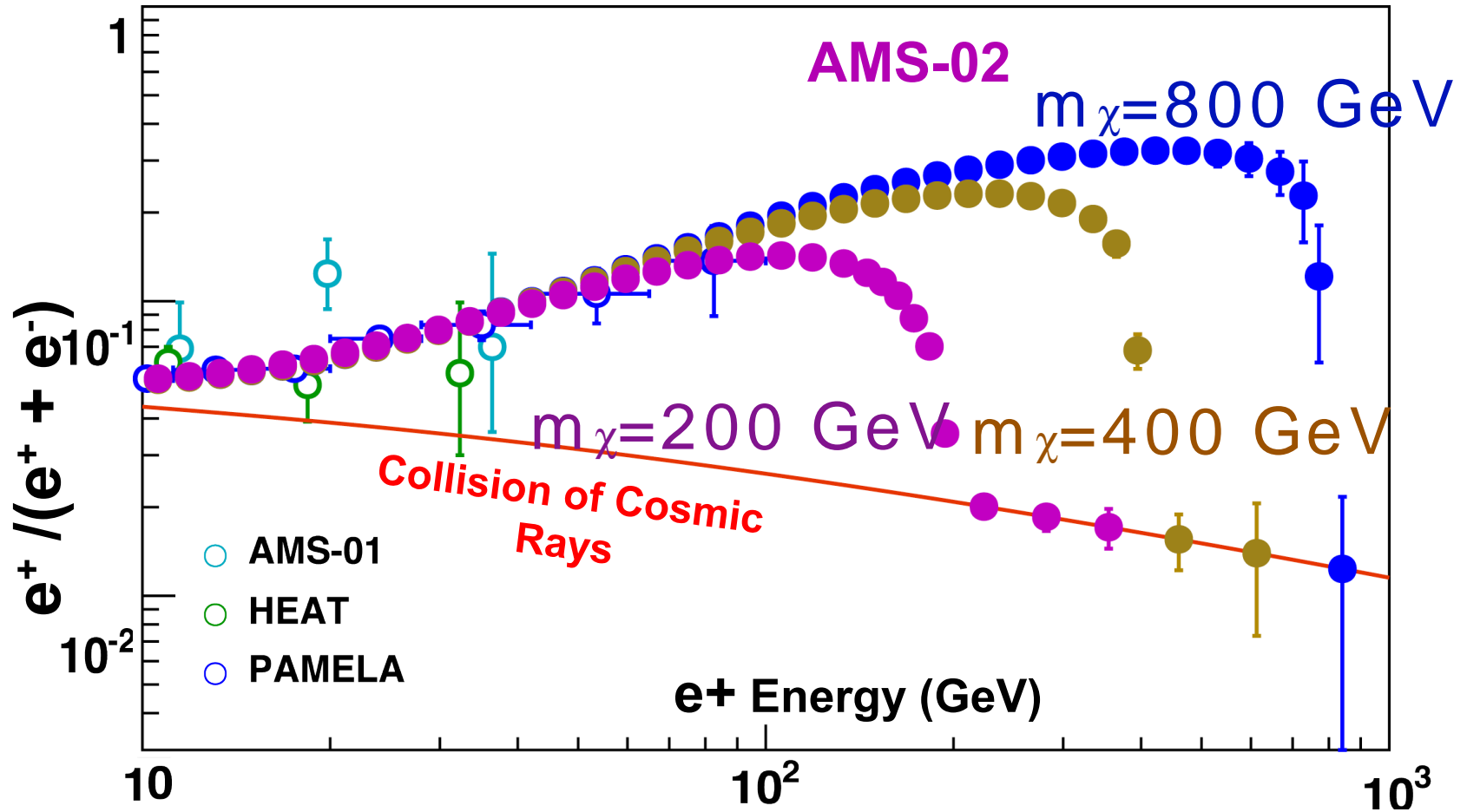
# Búsqueda de antimateria





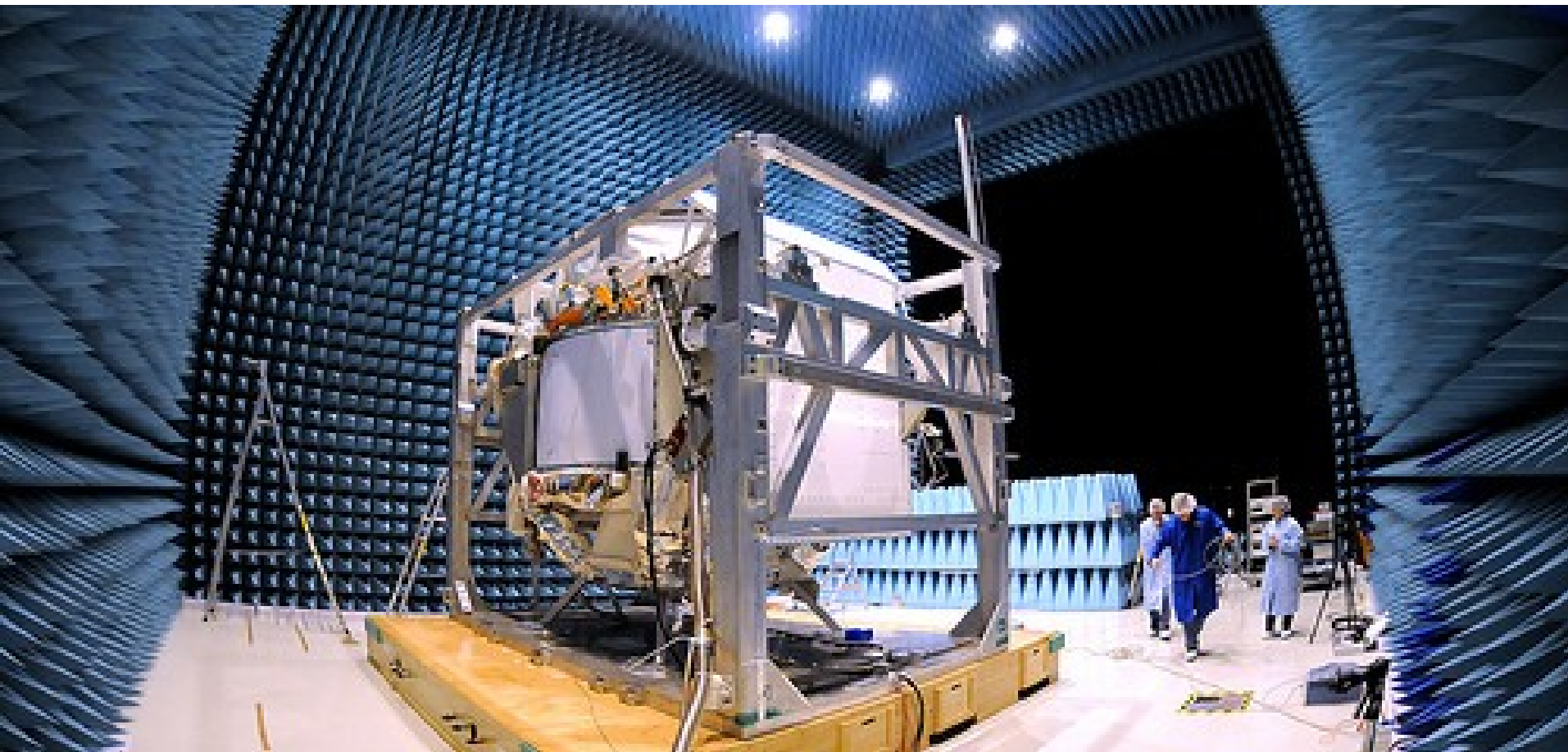
# Dark matter

Events sample in one week



# Calificación y tests

# AMS en la cámara de test de interferencia electromagnética de la ESA, Marzo de 2010, ESTEC, Noordwijk



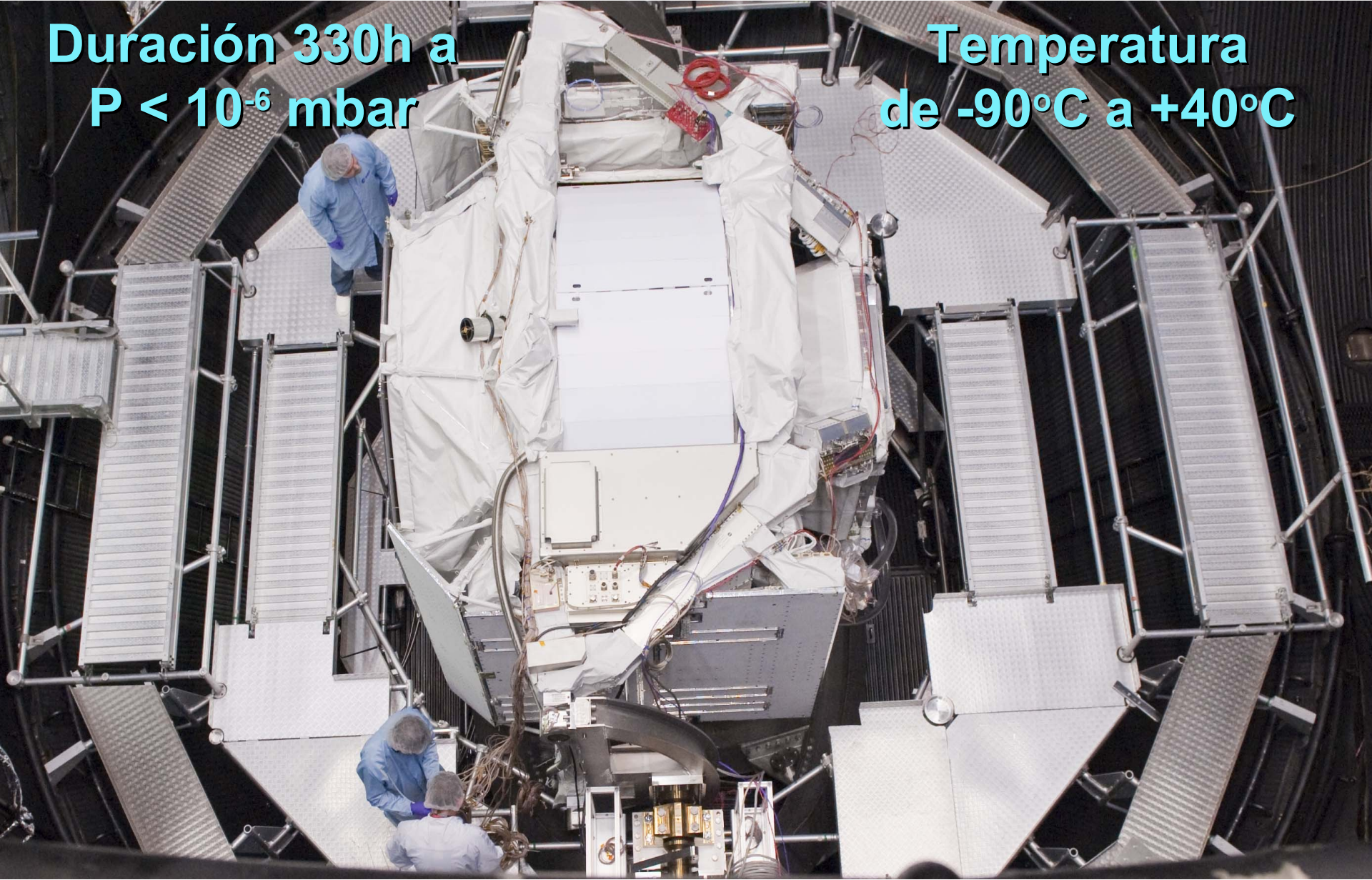


# AMS en el simulador de espacio profundo de la ESA

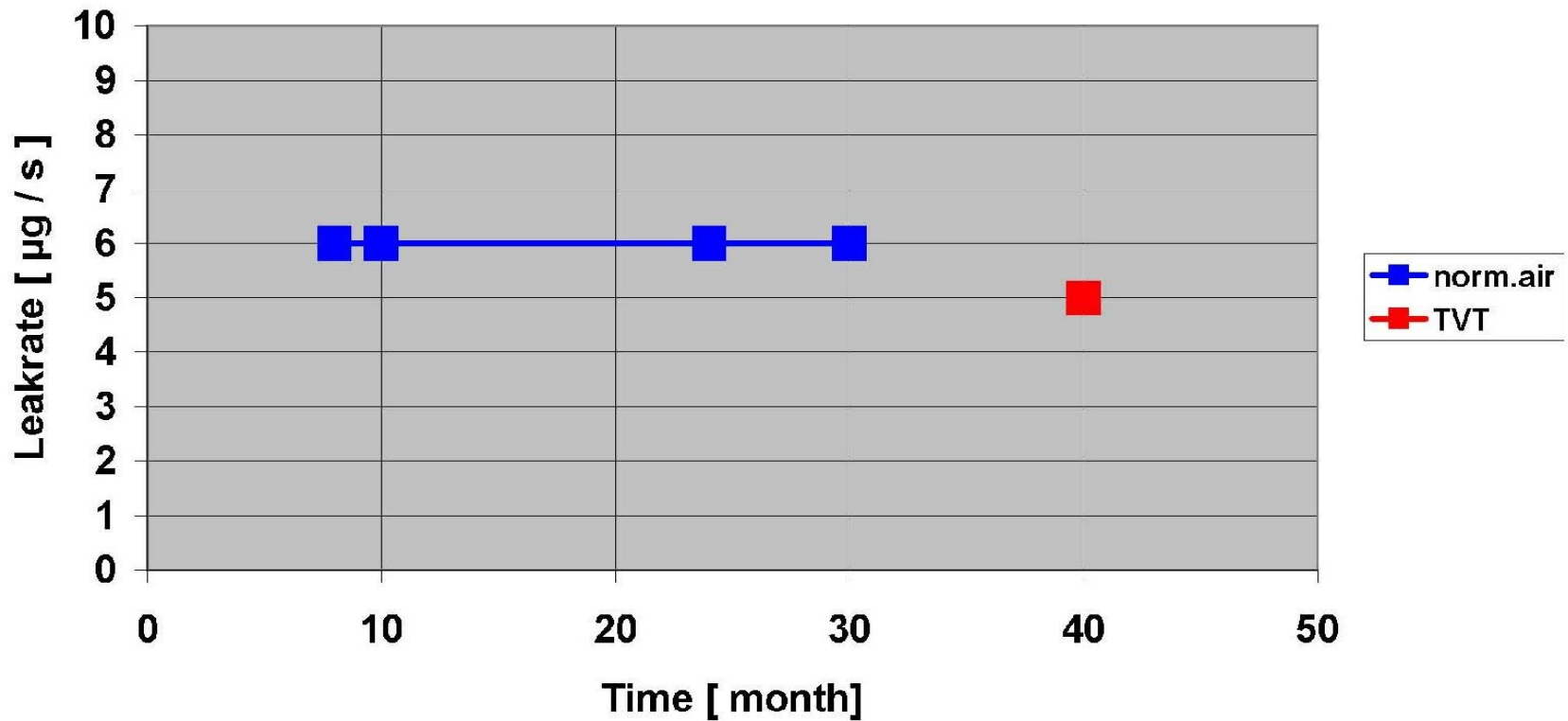
## Abril 2010, ESTEC

Duración 330h a  
 $P < 10^{-6}$  mbar

Temperatura  
de  $-90^{\circ}\text{C}$  a  $+40^{\circ}\text{C}$



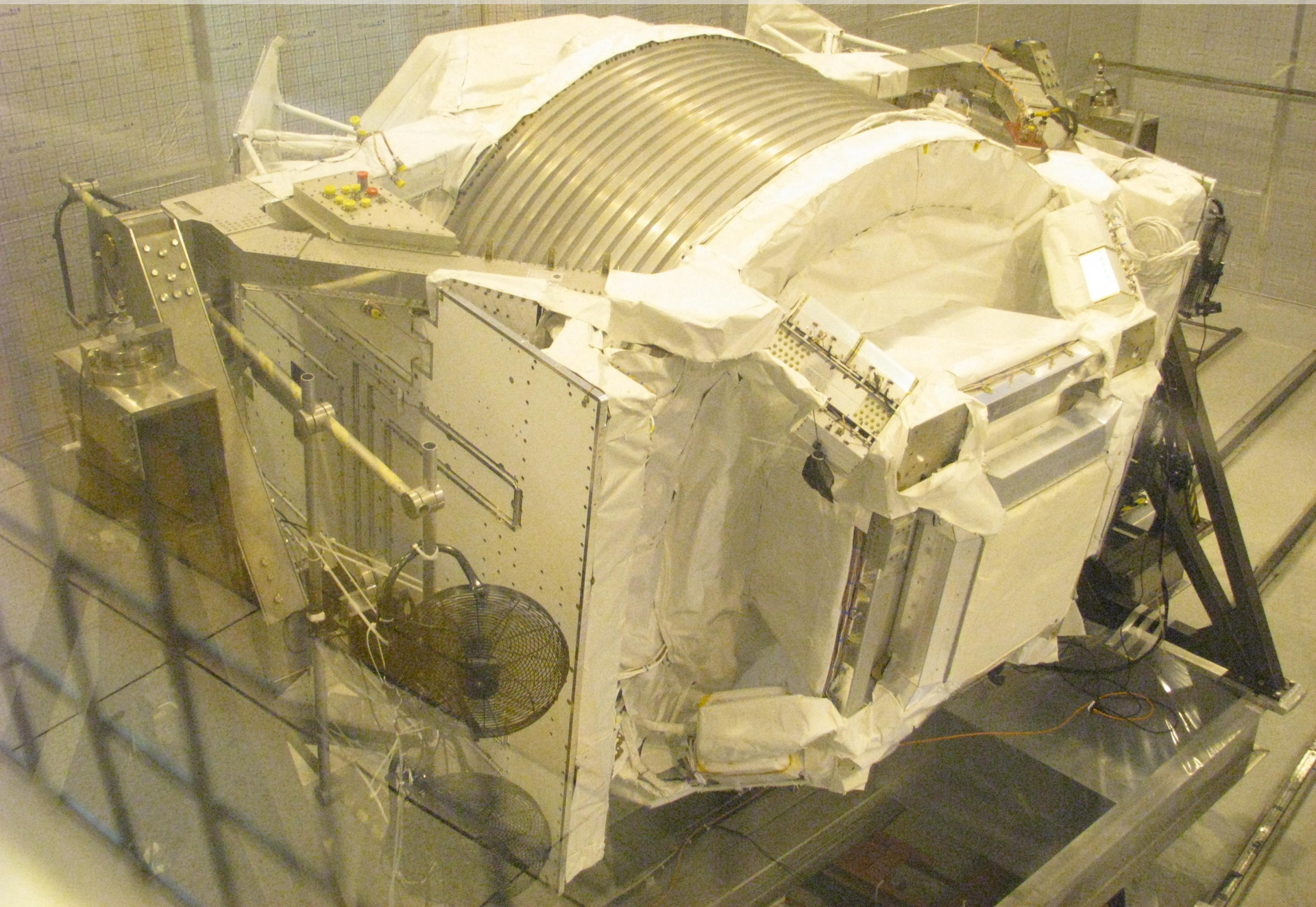
# Tiempo de vida del sistema de gases.



**Perdida de 5 µg / s proporciona un tiempo de vida del TRD de 30 años.**

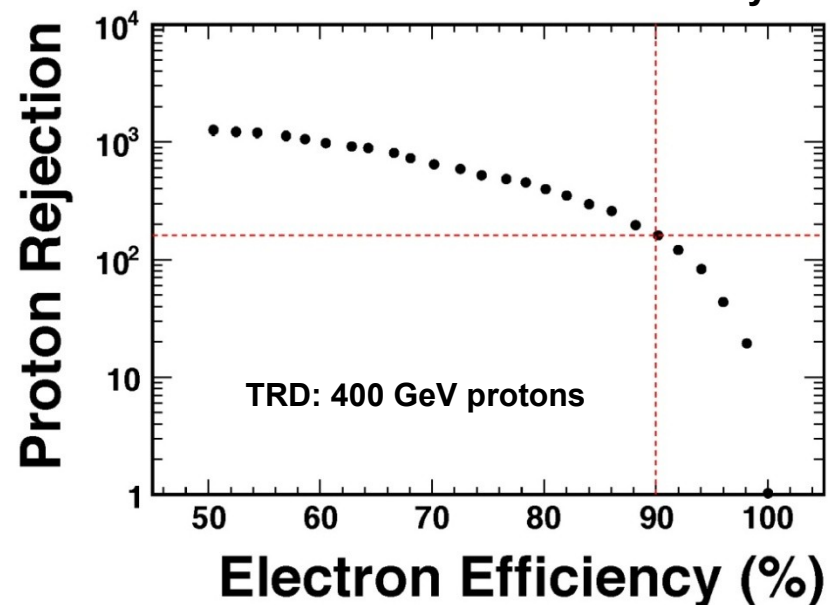
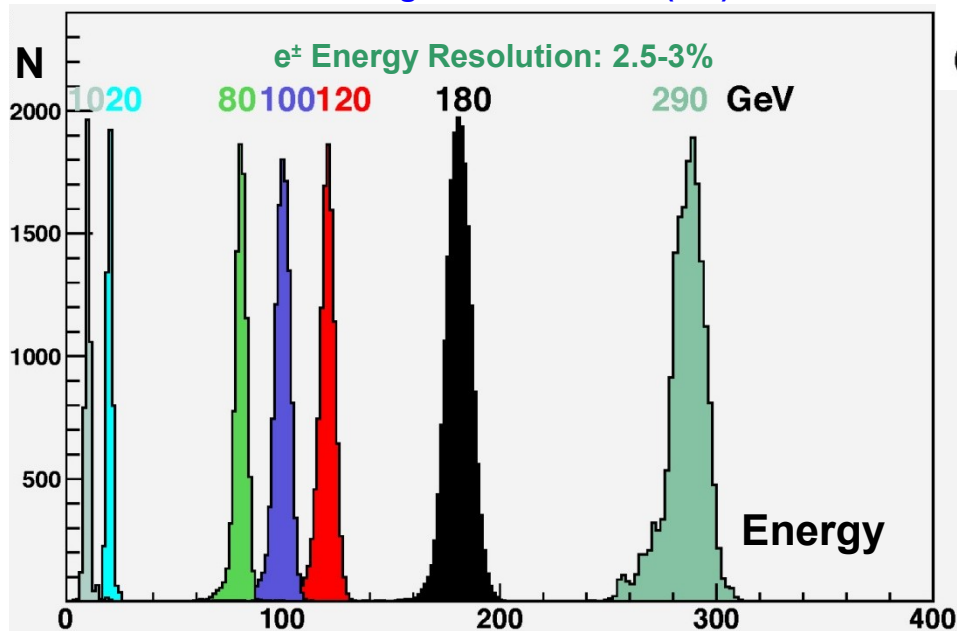
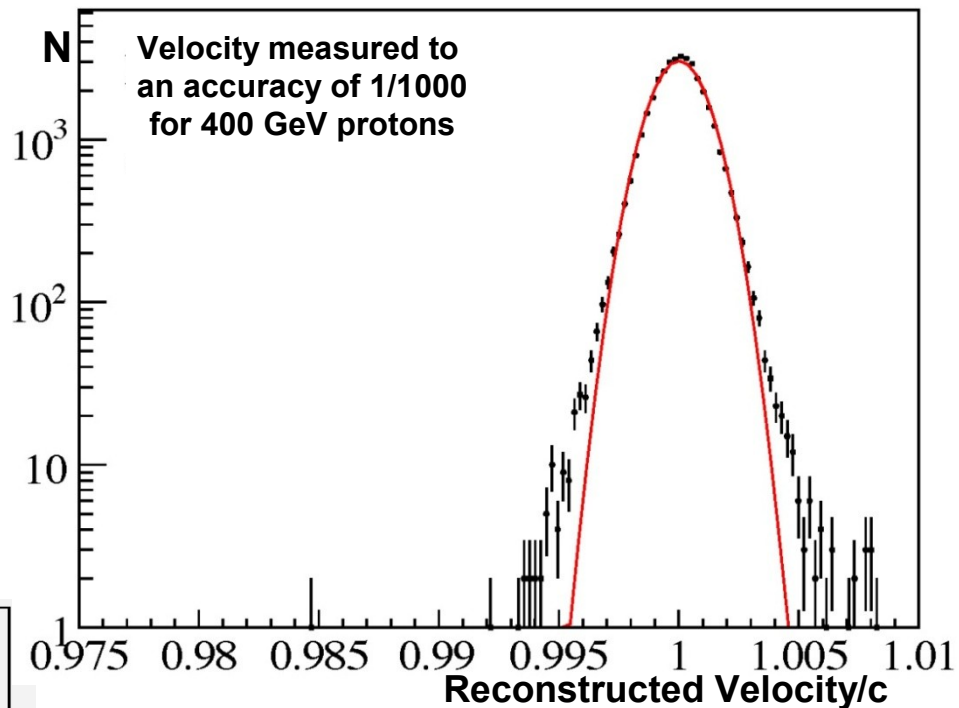
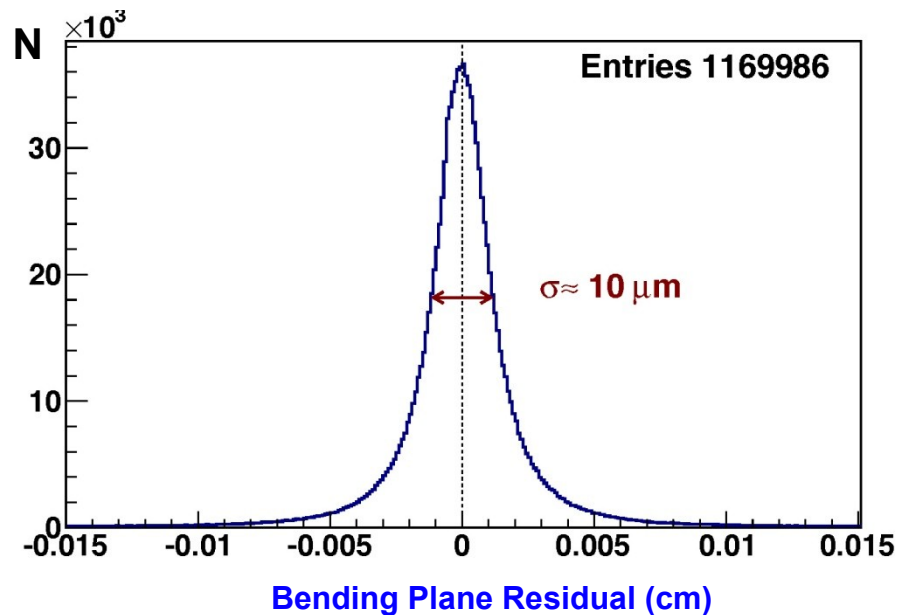


# AMS en Test Beam – 8 al 20 Aug. 2010, CERN





# Resultados – 8-20 Aug 2010, CERN

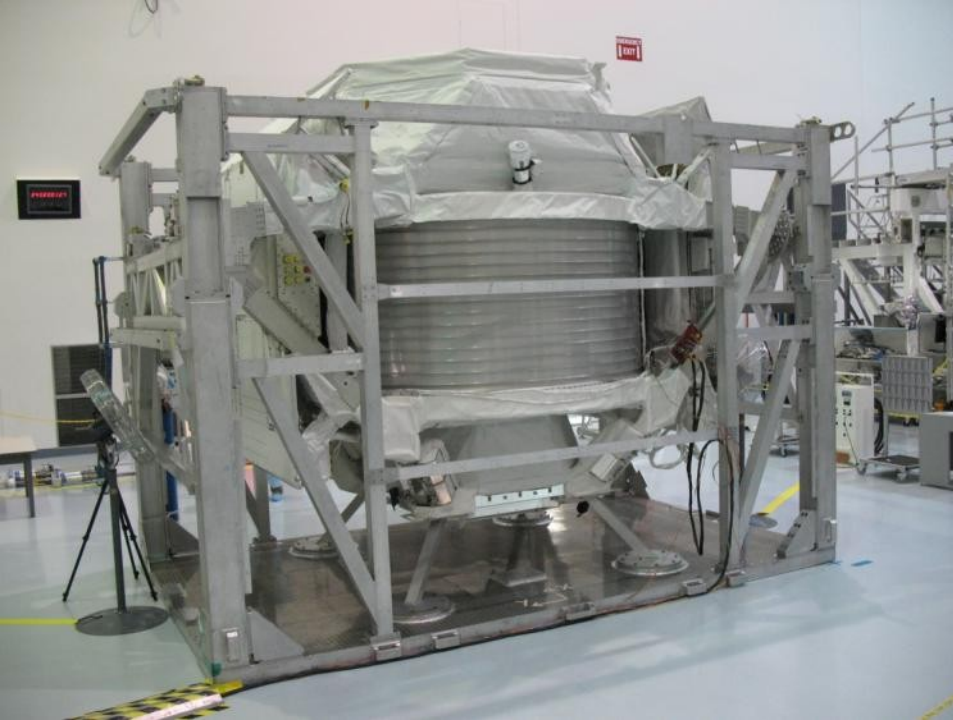


**AMS hace las américas**

# Llegada del C5 que transportará AMS a Ginebra

25 Aug 2010





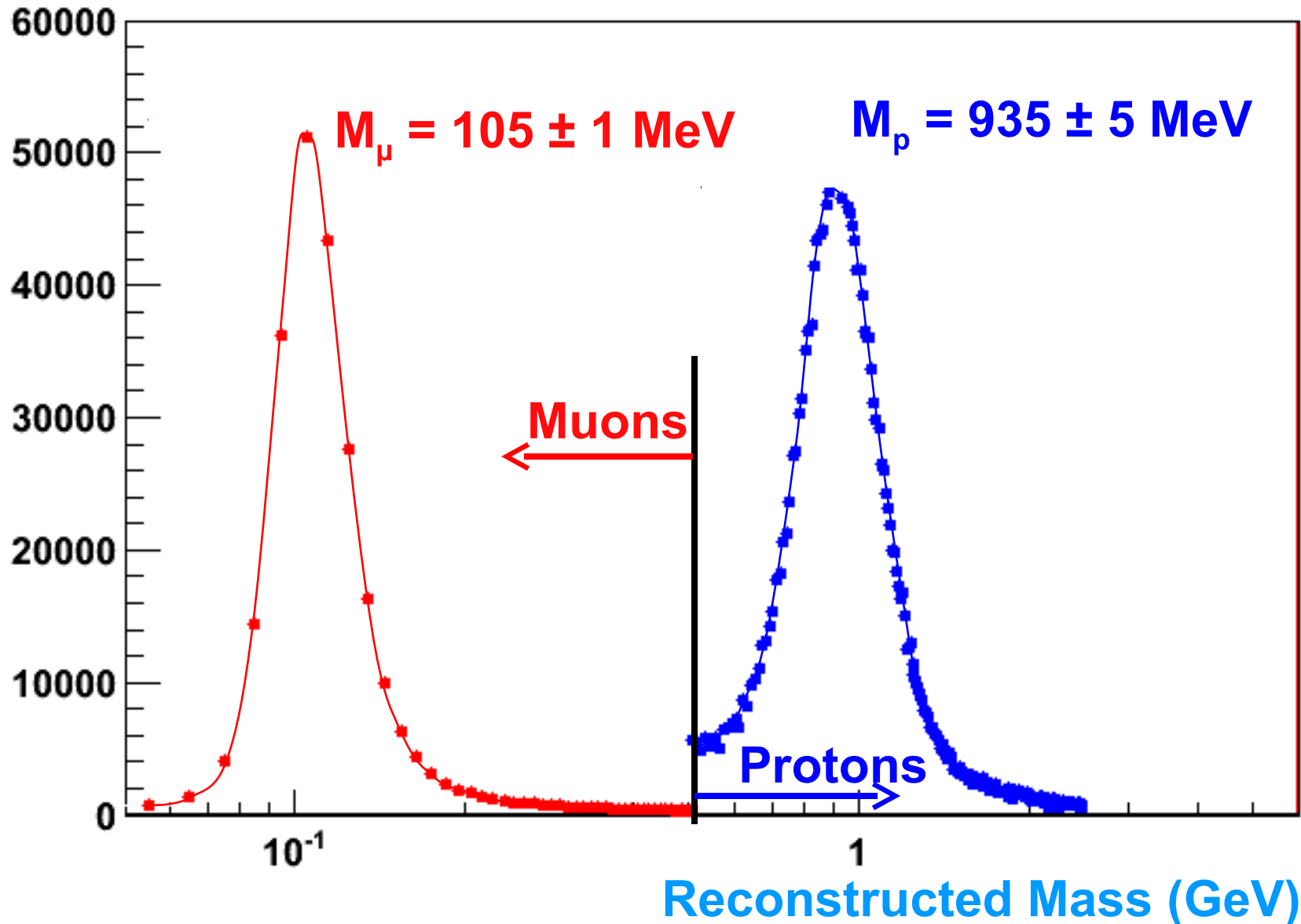
**El 28 de august, 2010,  
el KSC POCC estaba  
operativo**

**AMS se alimenta y toma  
datos.**



Datos de rayos cósmicos tomados en el KSC.

Medida de la masa de rayos cósmicos al nivel del mar









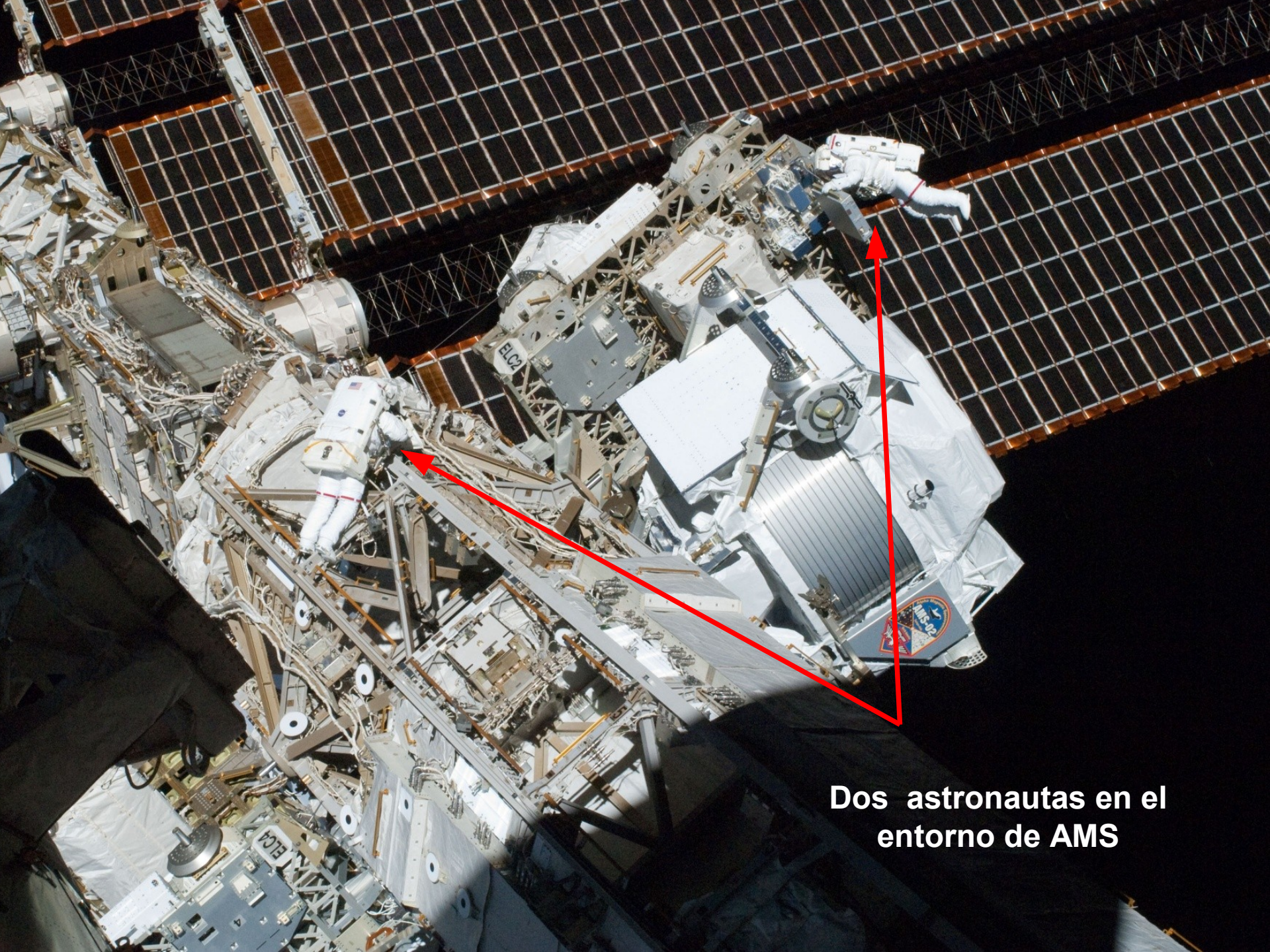
19 de Mayo, 2011



**AMS instalado en la ISS  
19 de Mayo, 2011**



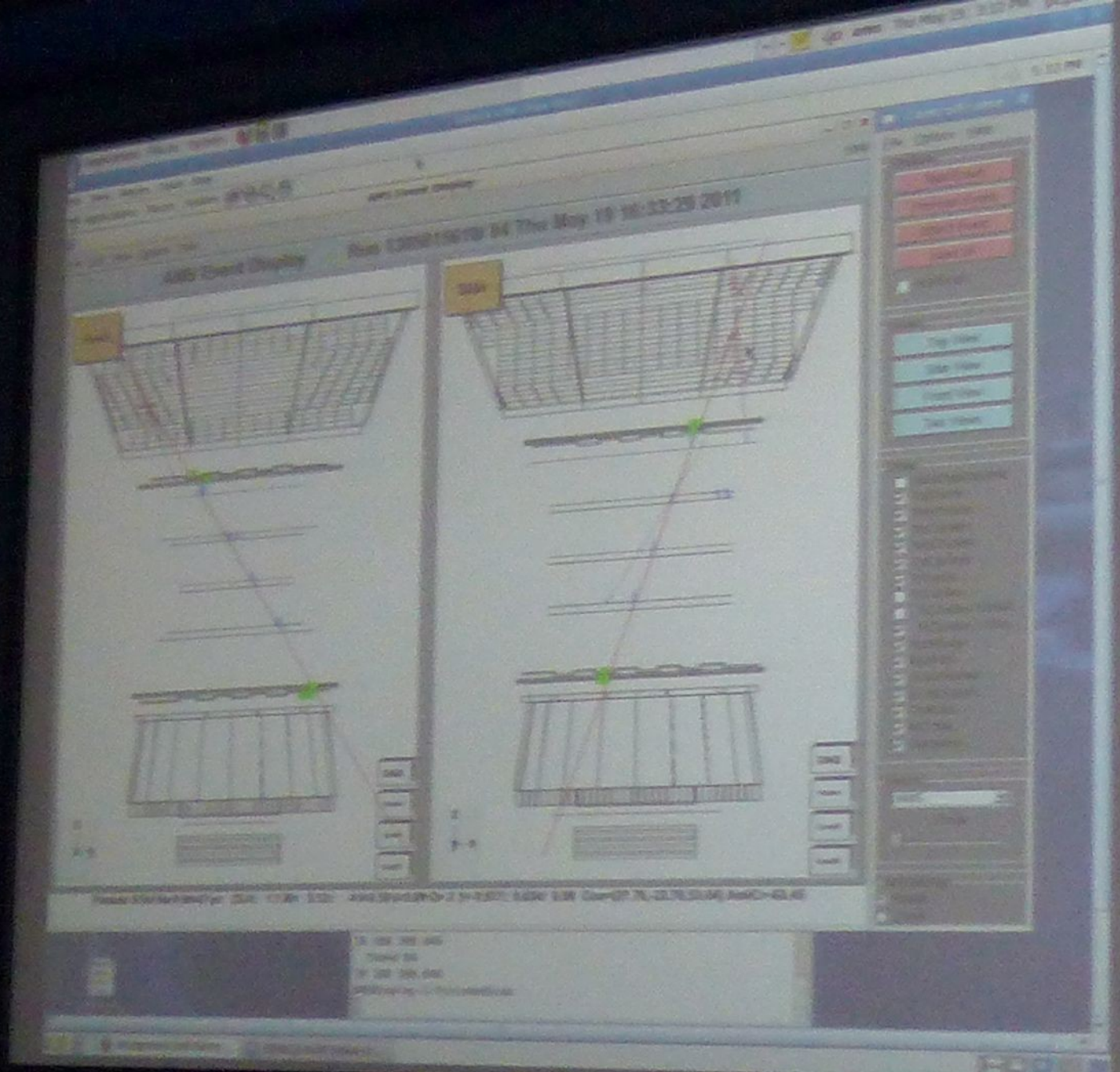




**Dos astronautas en el  
entorno de AMS**



SPACE SHUTTLE



Uno de los primeros eventos de AMS-02 desde el JSC





**A smiling collaboration with the PI, Prof. S.C.C. Ting  
after the first hours of operations**



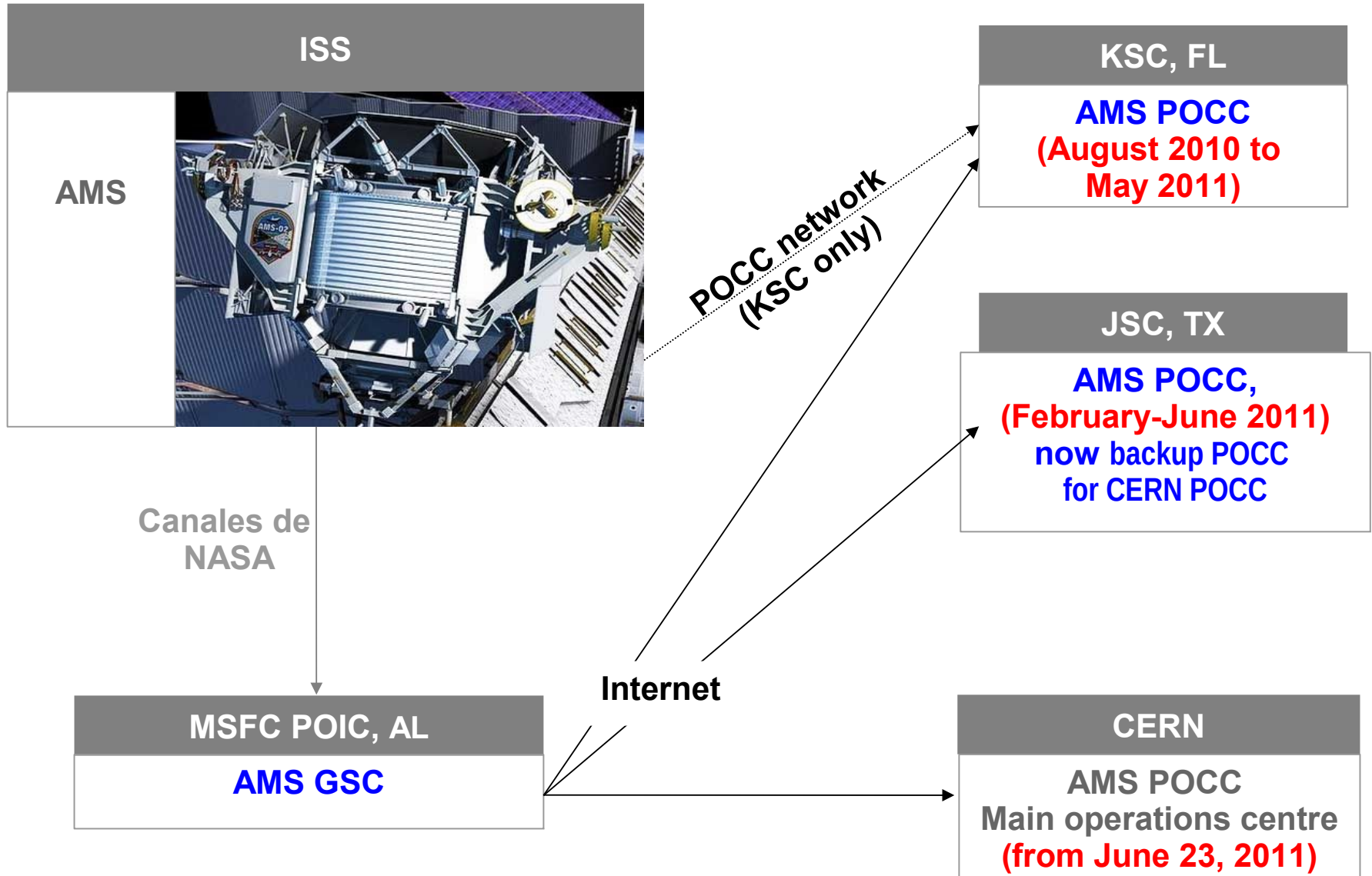


**AMS POCC @ CERN : desde del 21 de Junio**  
**Nuevo edificio:946 at CERN - Preveissin**



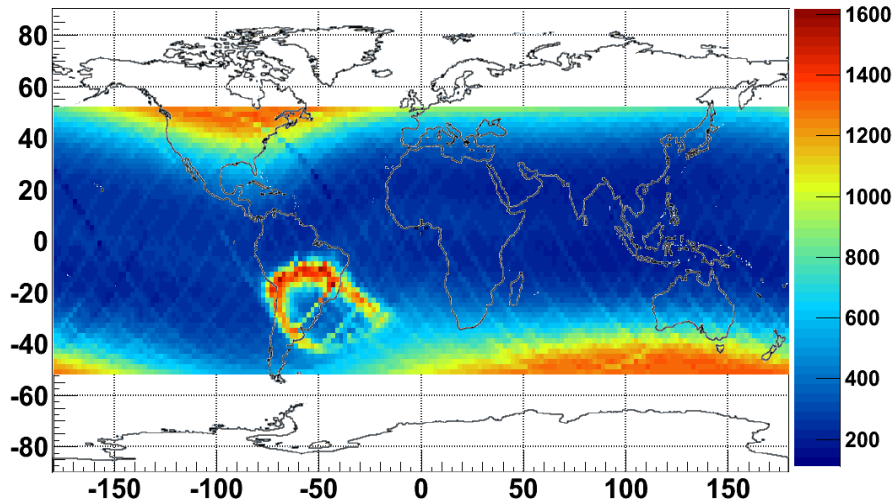
# **Experiencia en vuelo**

# Flujo de datos científicos en AMS

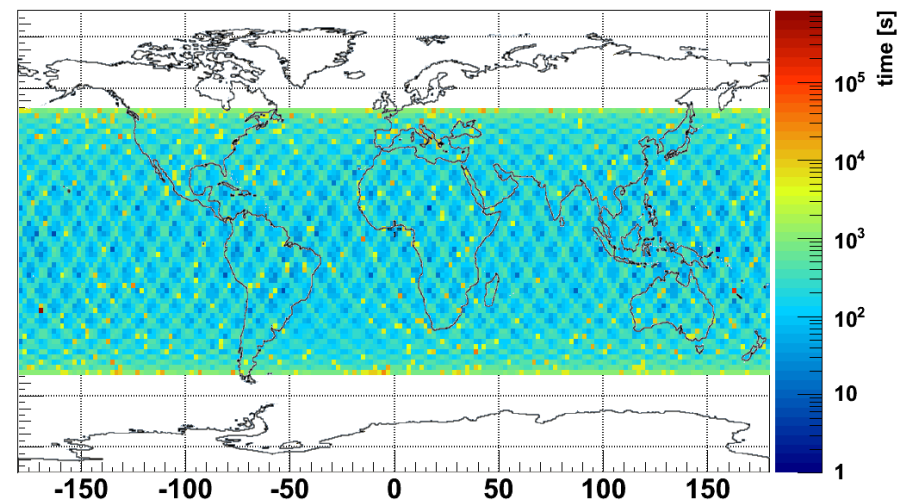


# Parametros orbitales del DAQ

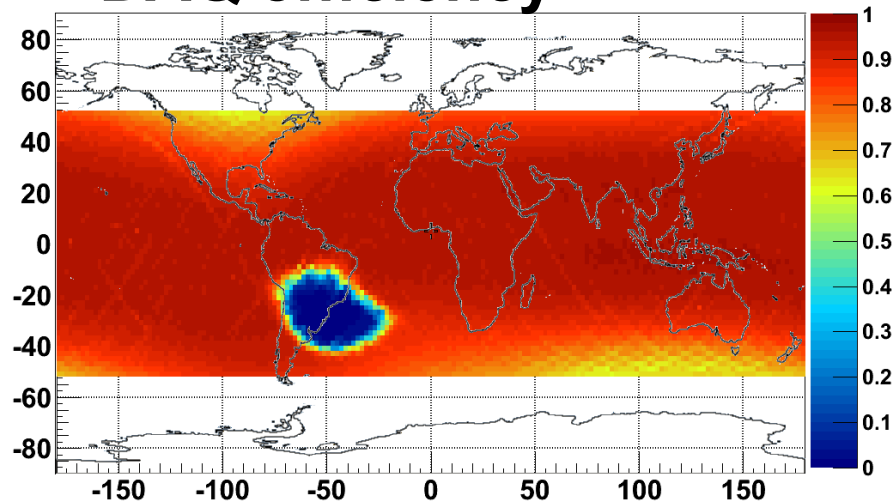
## Acquisition rate [Hz]



## Time at location [s]



## DAQ efficiency



**Trigger rate:  
200 to 2000 Hz por orbita**

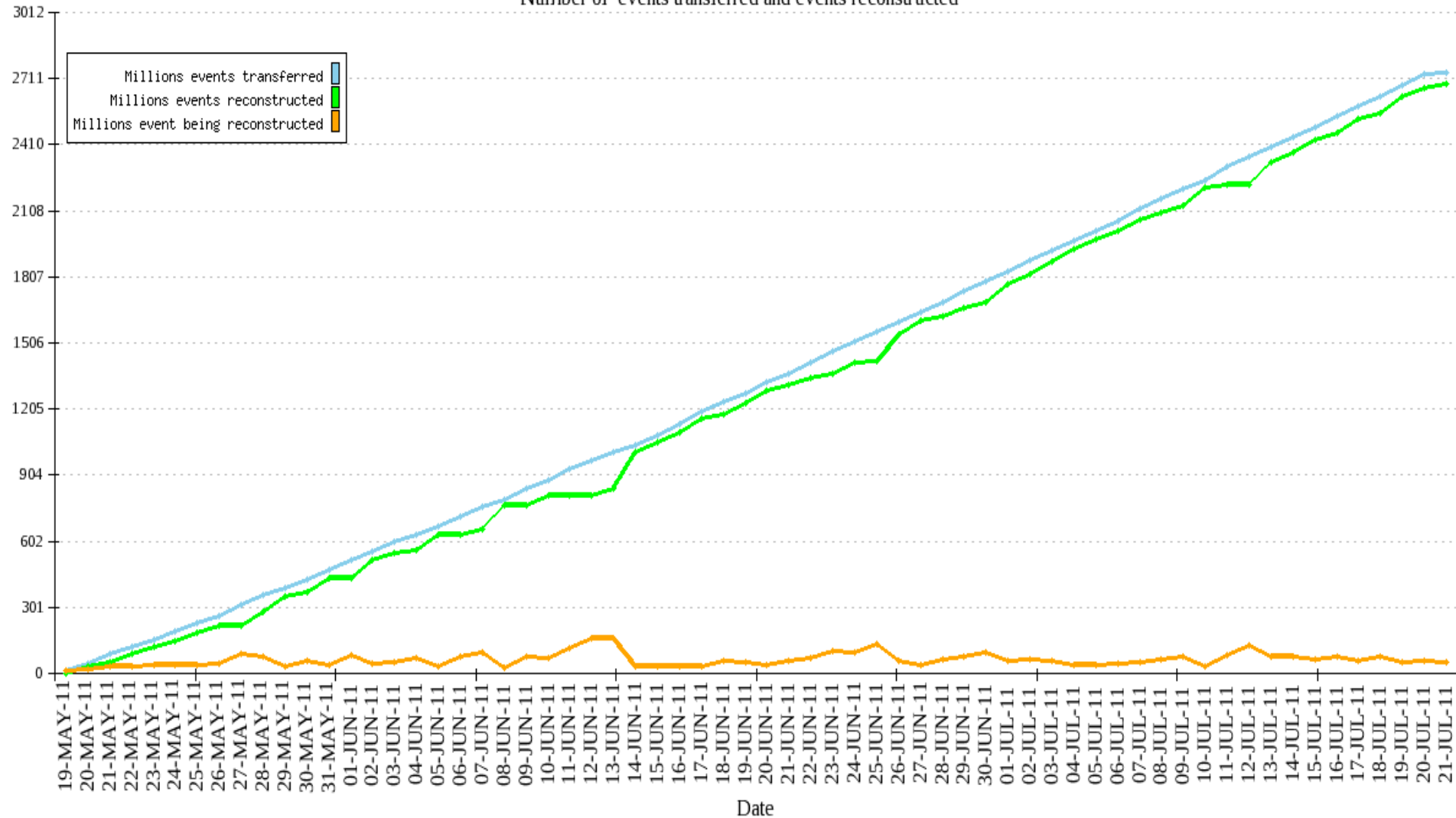
**Promedios:  
Eficiencia del DAQ 85%  
Ritmo del DAQ ~700Hz**



# Sucesos colectados y reconstruidos

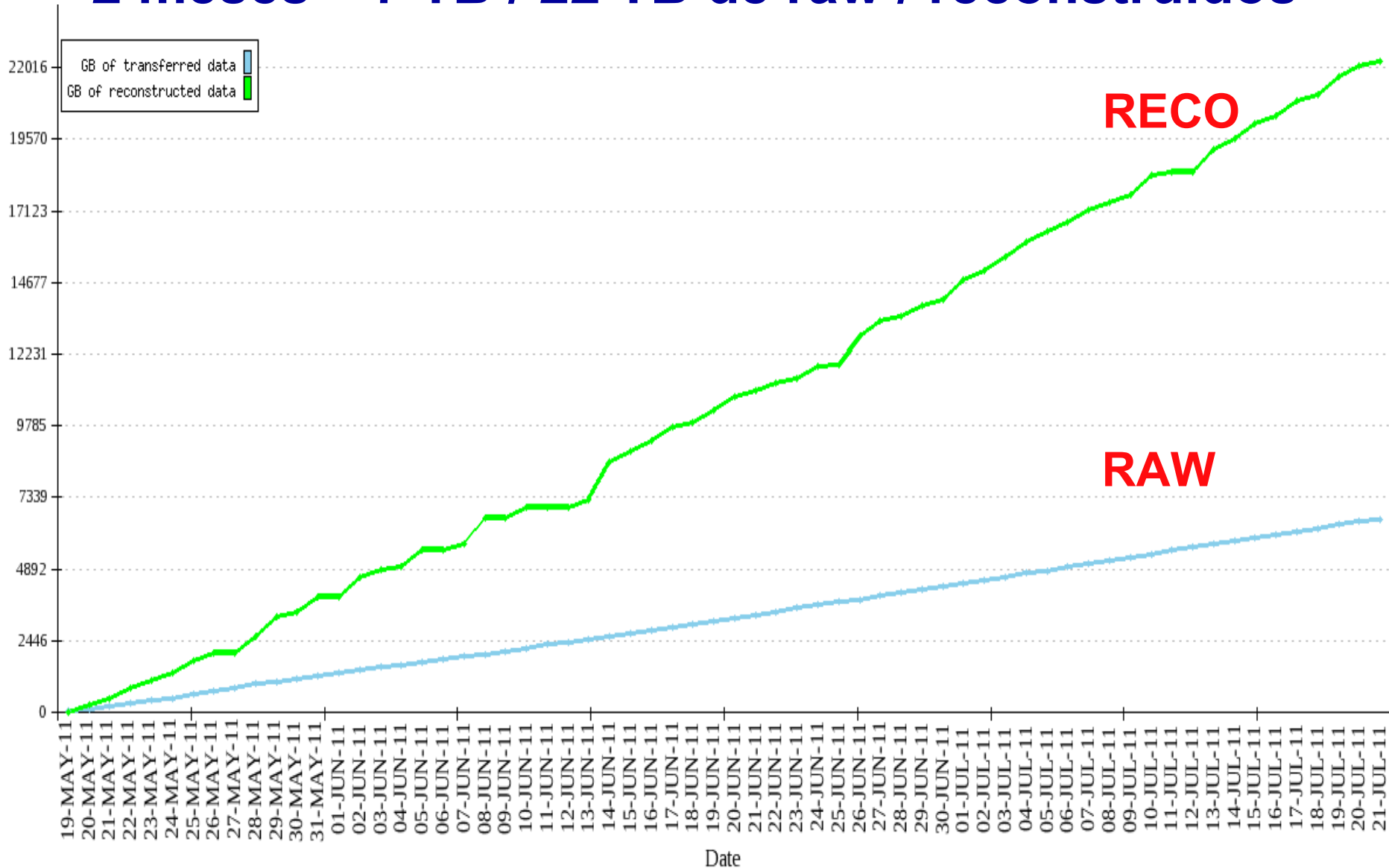
2 meses  $\approx 2.5 \cdot 10^9$  sucesos

Number of events transferred and events reconstructed

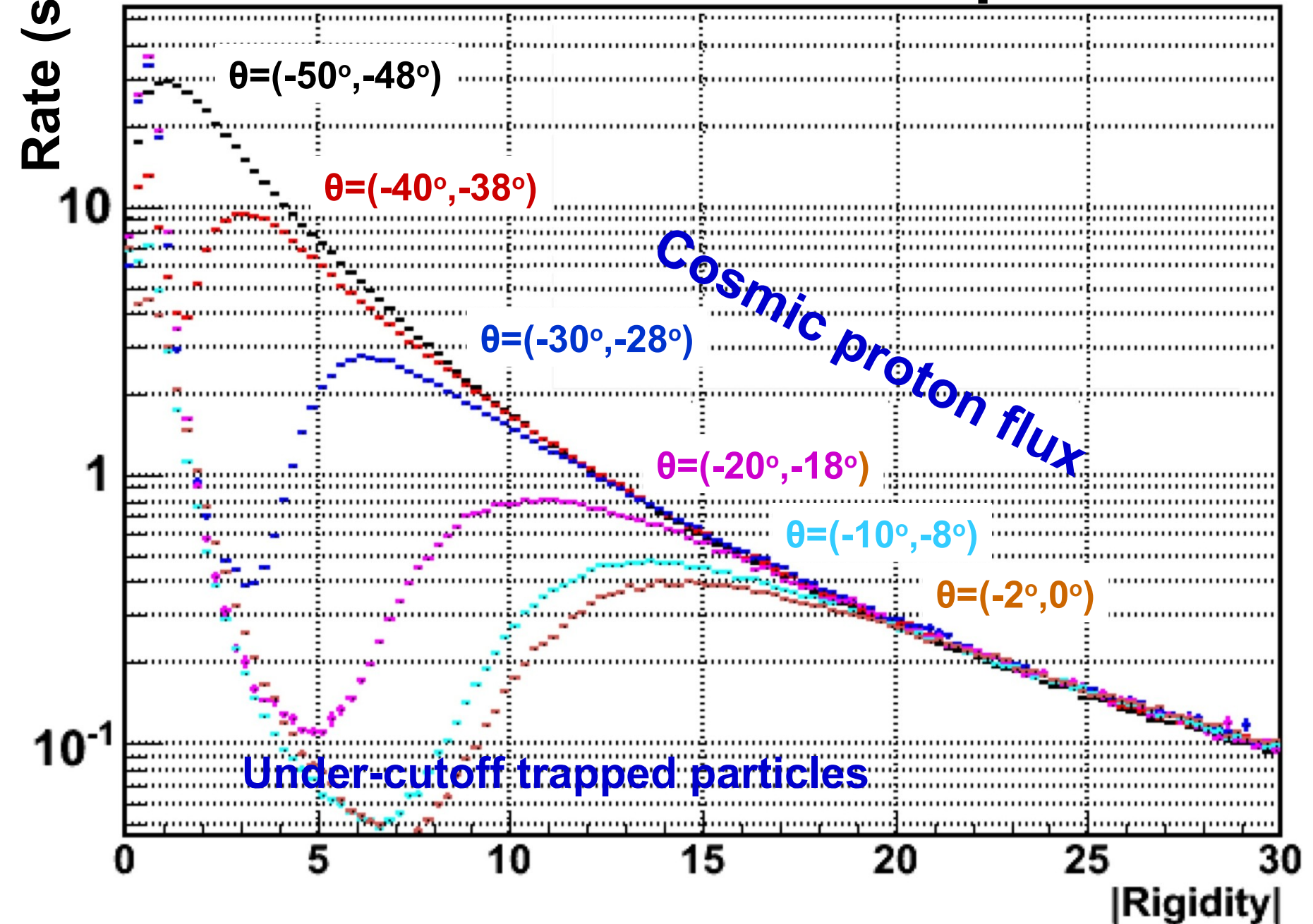


# Volumen de datos

2 meses  $\approx$  7 TB / 22 TB de raw / reconstruidos

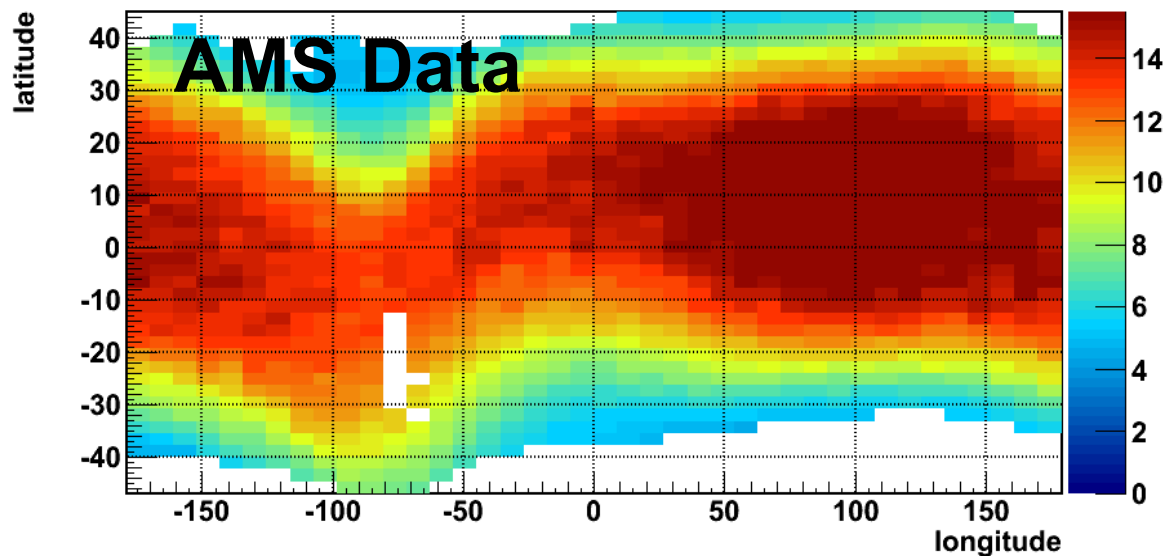
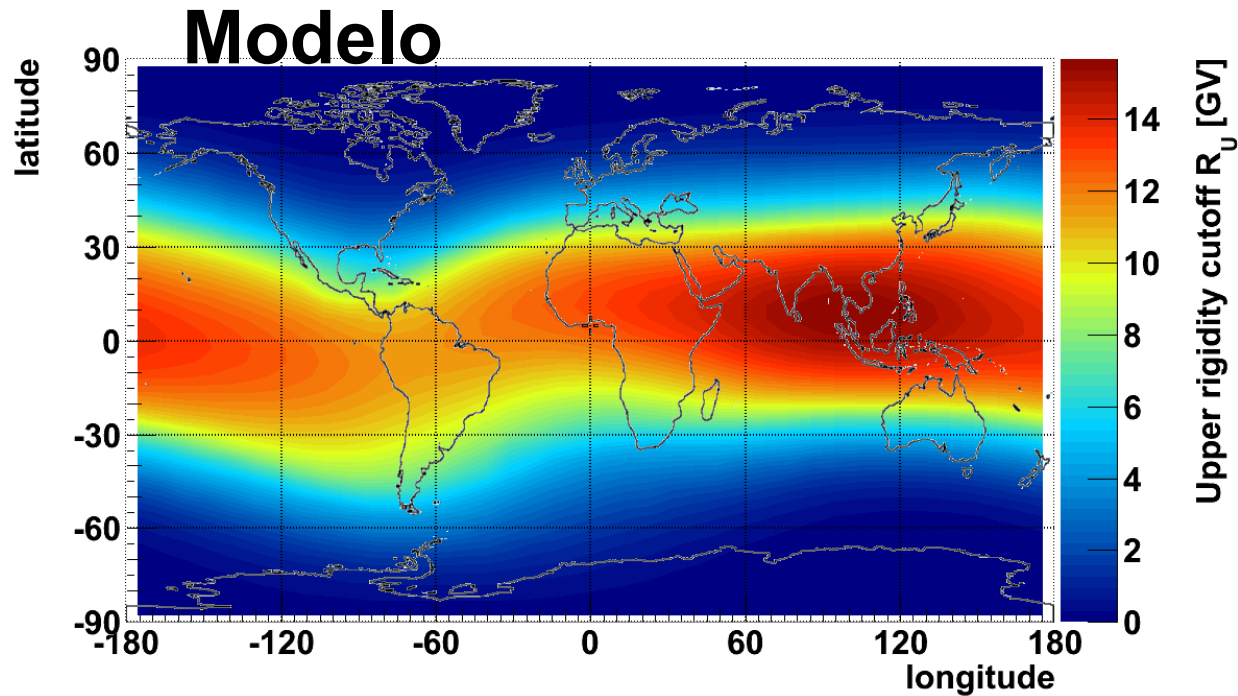


# Particle rates – two components

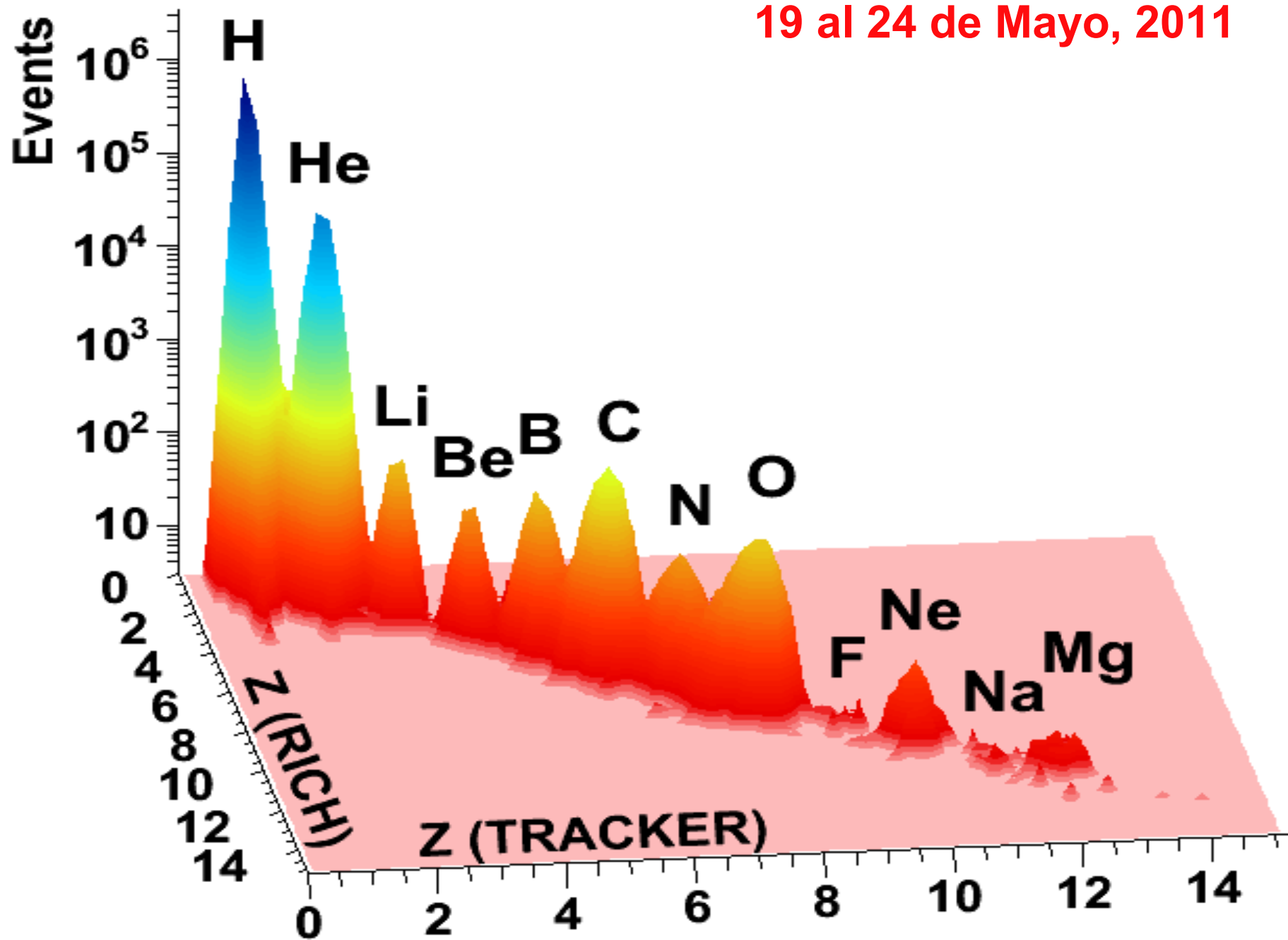




# Cutoff geomagnético



19 al 24 de Mayo, 2011



# Experiencia de la operación de AMS en la ISS:

1. Todos los subsistemas operan como se espera, con rendimientos como los medidos en tierra.
2. El trigger de AMS se ajustó durante la primera semana de datos para optimizar la pureza de los datos colectados para un ritmo medio de adquisición medio de 700 Hz con una eficiencia del DAQ del 85%.
3. Las pérdidas del sistema de gas del TRD son idénticas a las obtenidas en el KSC.
4. Parámetros con dependencia temporal (data downlink bandwidth, distribución de la energía disponible, posición y orientación de los paneles cerca de AMS, ... ) se monitorizan constantemente en los shifts de AMS.
5. Las variaciones de las condiciones ambientales (sobre todo temperatura) se tendrán en cuenta con calibraciones y alineamientos específicos.
6. Actualmente la principal actividad en AMS es la calibración de todos los subdetectores.



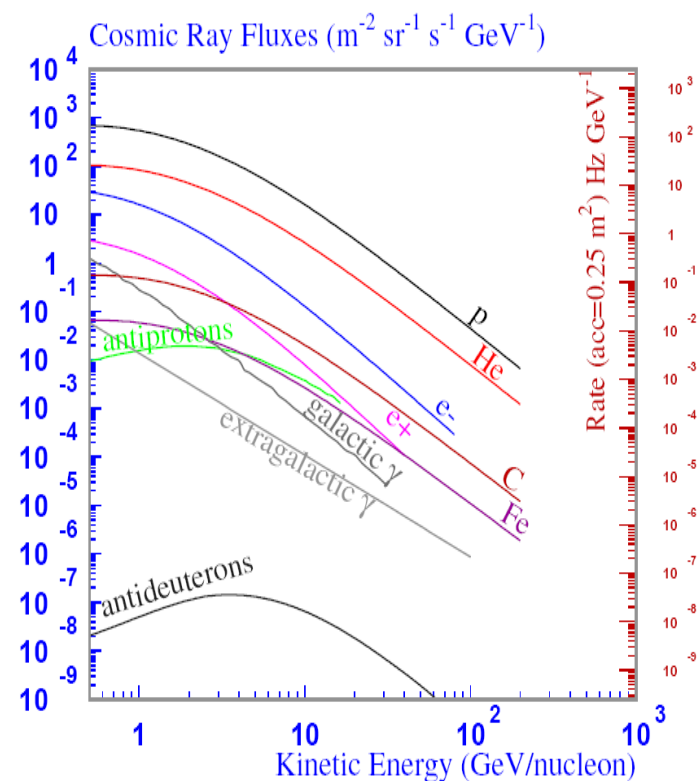
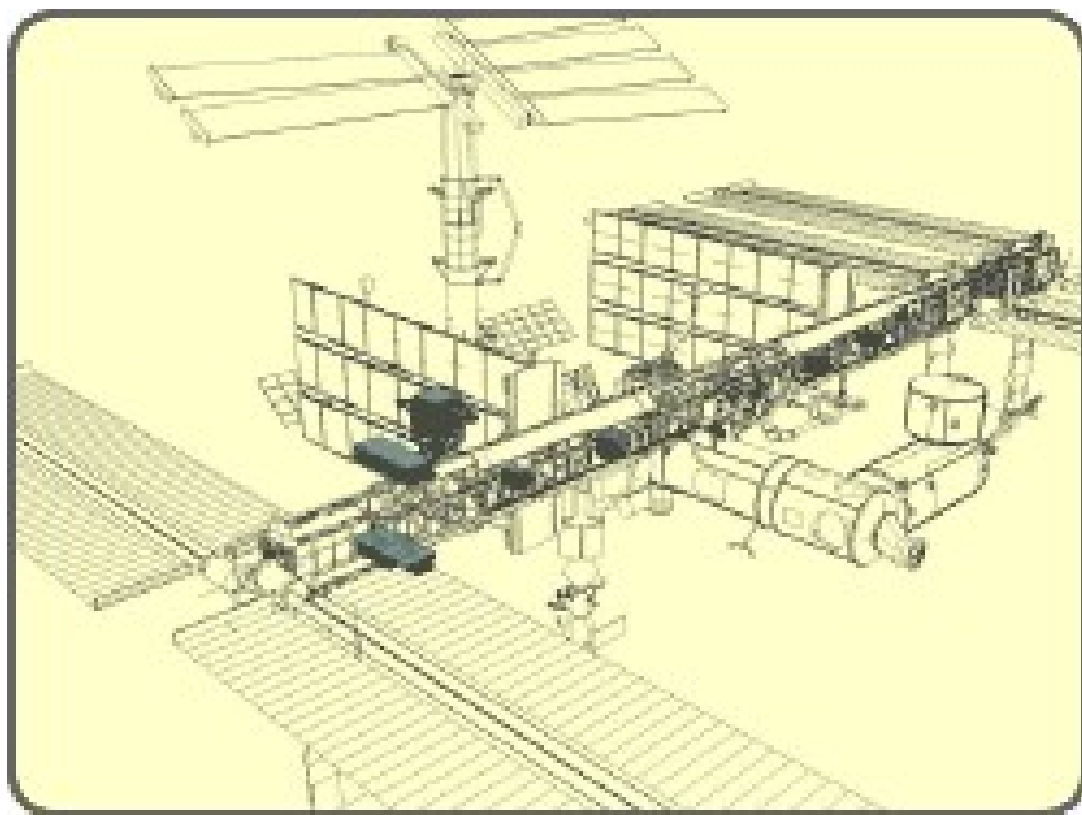
# Sumario

- AMS se instaló en la ISS el 19 de Mayo y opera en modo nominal desde entonces
- AMS seguirá tomando datos durante la vida útil de la ISS
- Los grupos españoles han tenido una participación destacada en el diseño y construcción de AMS
- Aunque los resultados científicos tardarán aún en llegar, AMS recibe ya sus primeros reconocimientos...

**GRACIAS**

# El experimento AMS

El reto técnico del experimento AMS es instalar un detector de partículas en la Estación Espacial Internacional para estudiar los rayos cósmicos con alta precisión en el rango energético de  $O(0.1)$  GeV/n a  $O(1)$  TeV/n.

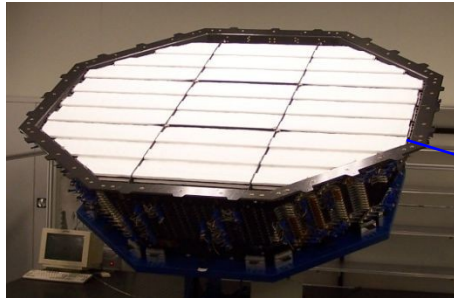




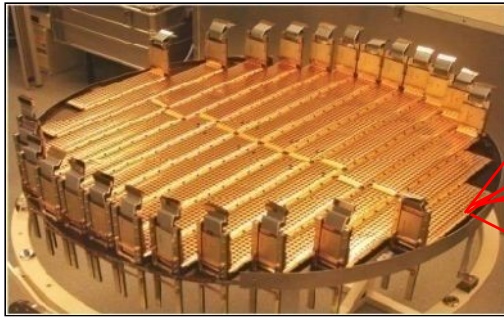
# AMS: Un detector de partículas multiproposito en el espacio.

TRD

Identify  $e^+$ ,  $e^-$



Silicon Tracker  
 $Z$ ,  $P$

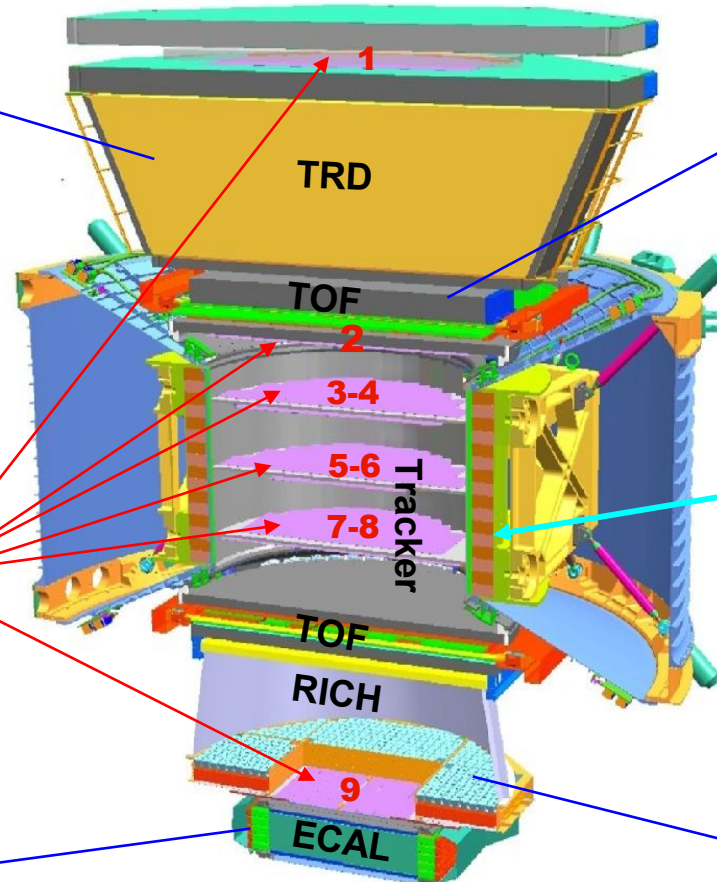


ECAL

$E$  of  $e^+$ ,  $e^-$ ,  $\gamma$



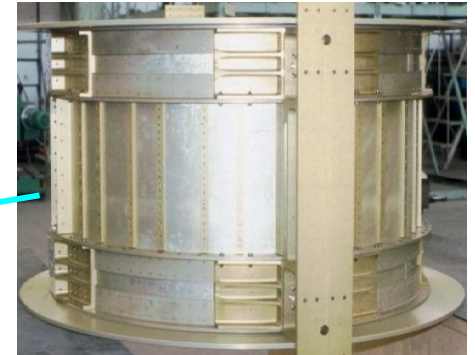
Identificación de la especie mediante la medida de su carga ( $Z$ ) y energy ( $E \sim P$ )



TOF  
 $Z$ ,  $E$



Magnet  
 $\pm Z$

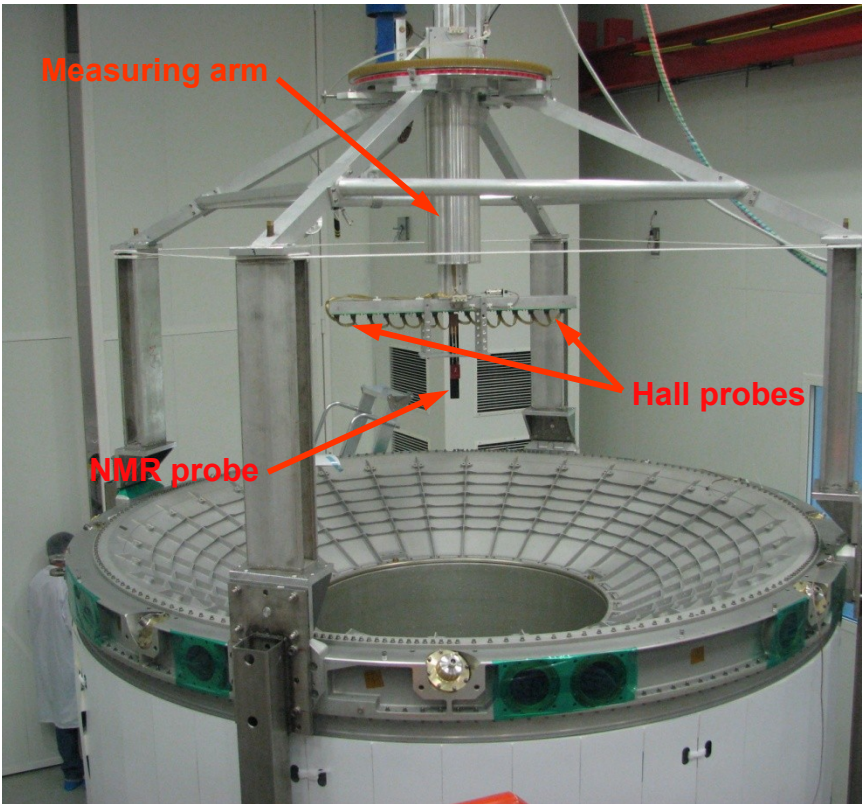


RICH  
 $Z$ ,  $E$



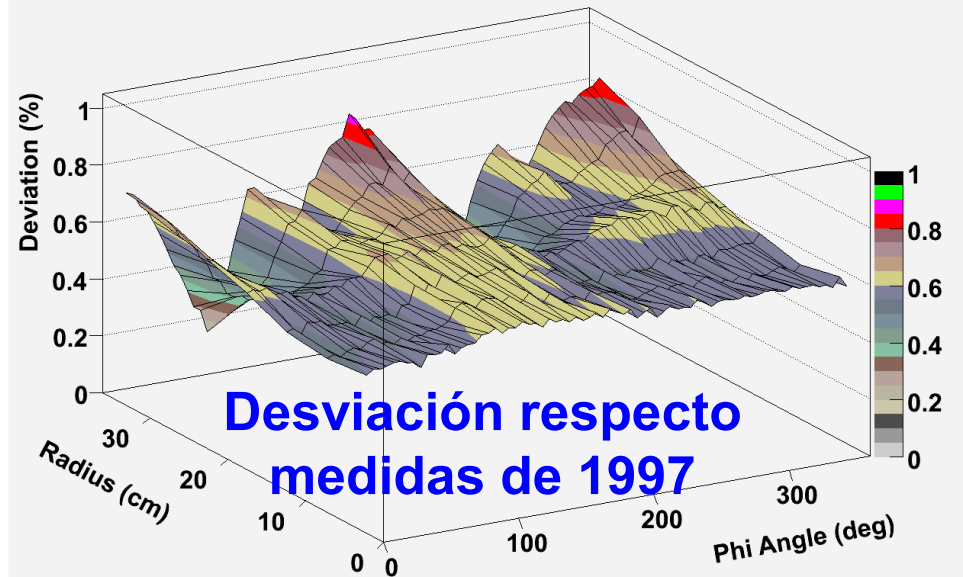
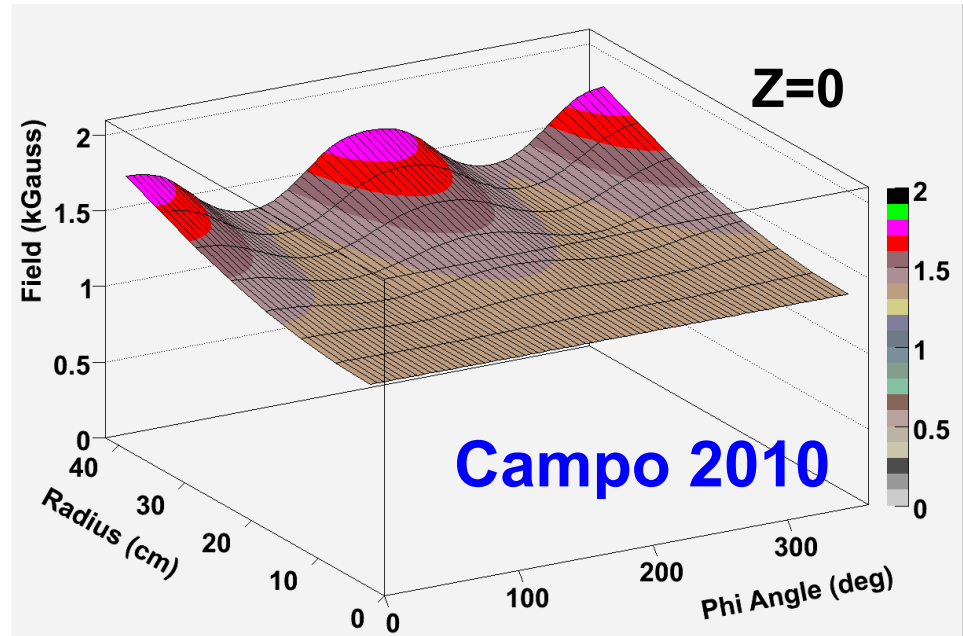
$Z$ ,  $P$  son medidos independientemente por el Tracker, RICH, TOF and ECAL

# Imán



Una medida detallada del campo con 120000 puntos se obtuvo en el CERN entre el 25 y el 27 de Mayo 2010

En 12 años el campo ha variado en menos del 1%





# AMS POCC @ JSC : del 16 de Mayo 16 al 26 de Junio (sala de control original de la ISS)

