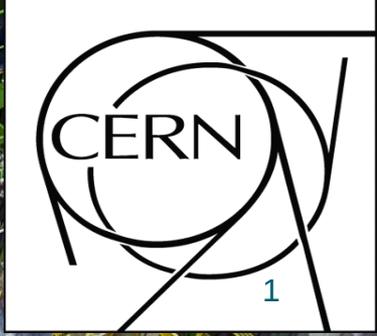


El experimento CMS del LHC

Daniel Domínguez Vázquez

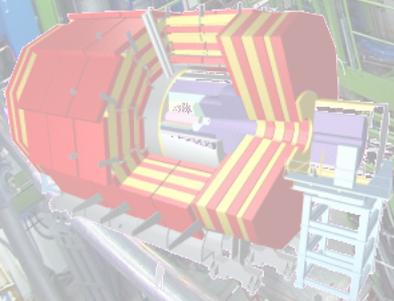
daniel.dominguez@ciemat.es

daniel.dominguez.vazquez@cern.ch



ÍNDICE

- Motivación
- El detector
- El análisis
- El CIEMAT en CMS



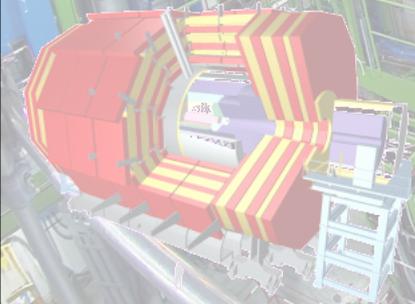
ÍNDICE

- **Motivación**

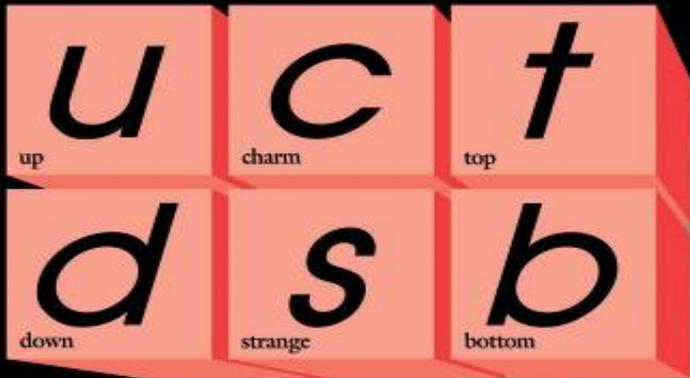
- El detector

- El análisis

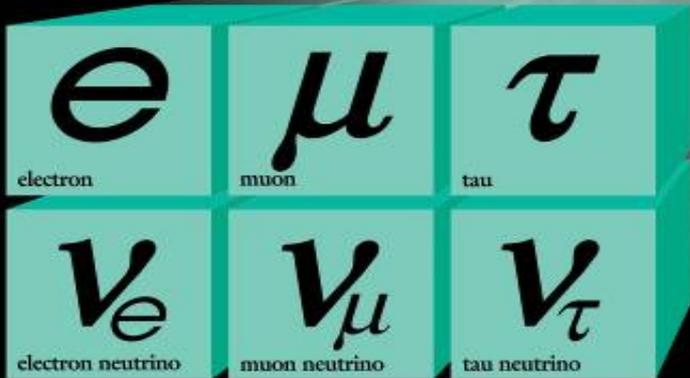
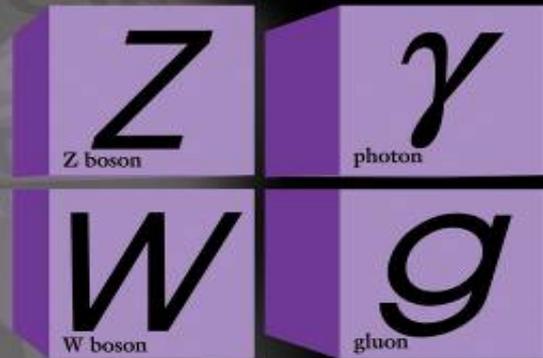
- El CIEMAT en CMS



Quarks



Forces



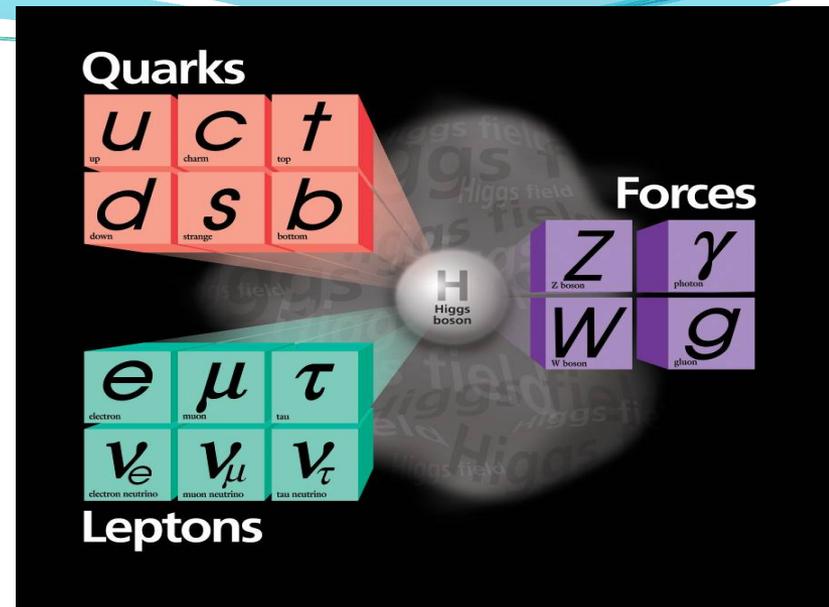
Leptons

+ antipartículas

$$\mathcal{L} = -\frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} + i\bar{\psi}\not{D}\psi + h.c. + \chi_i Y_{ij} \chi_j \phi + h.c. + |D_\mu \phi|^2 - V(\phi)$$

Interacciones

+

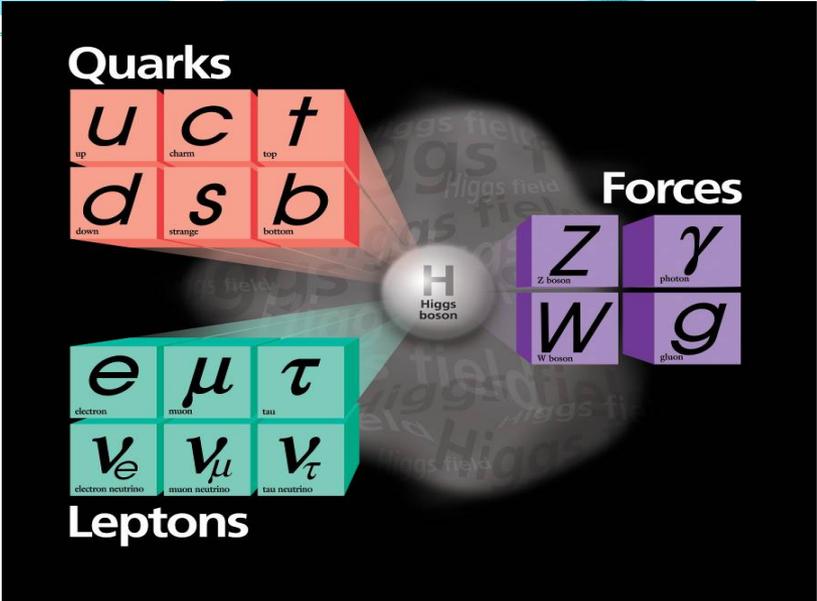


Partículas

= MODELO ESTANDAR

$$\begin{aligned}
 \mathcal{L} = & -\frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} \\
 & + i\bar{\psi} \not{D} \psi + h.c. \\
 & + \chi_i Y_{ij} \chi_j \phi + h.c. \\
 & + |D_\mu \phi|^2 - V(\phi)
 \end{aligned}$$

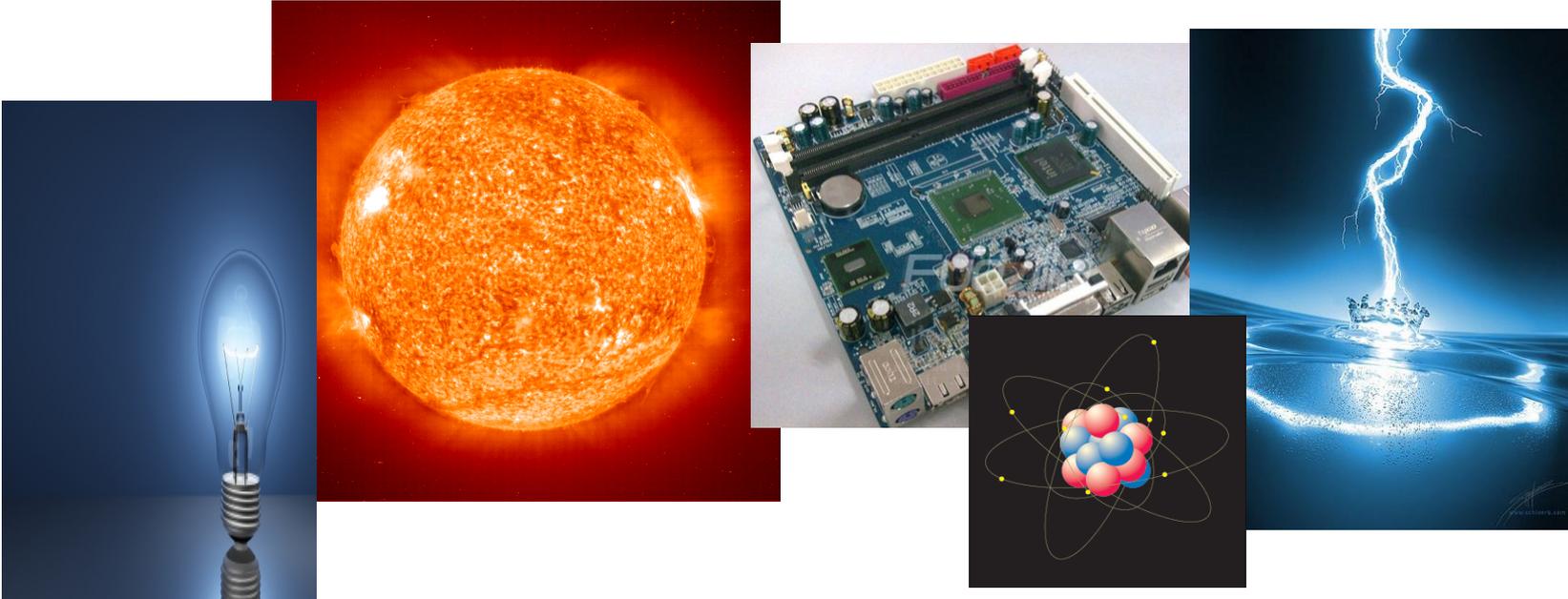
+

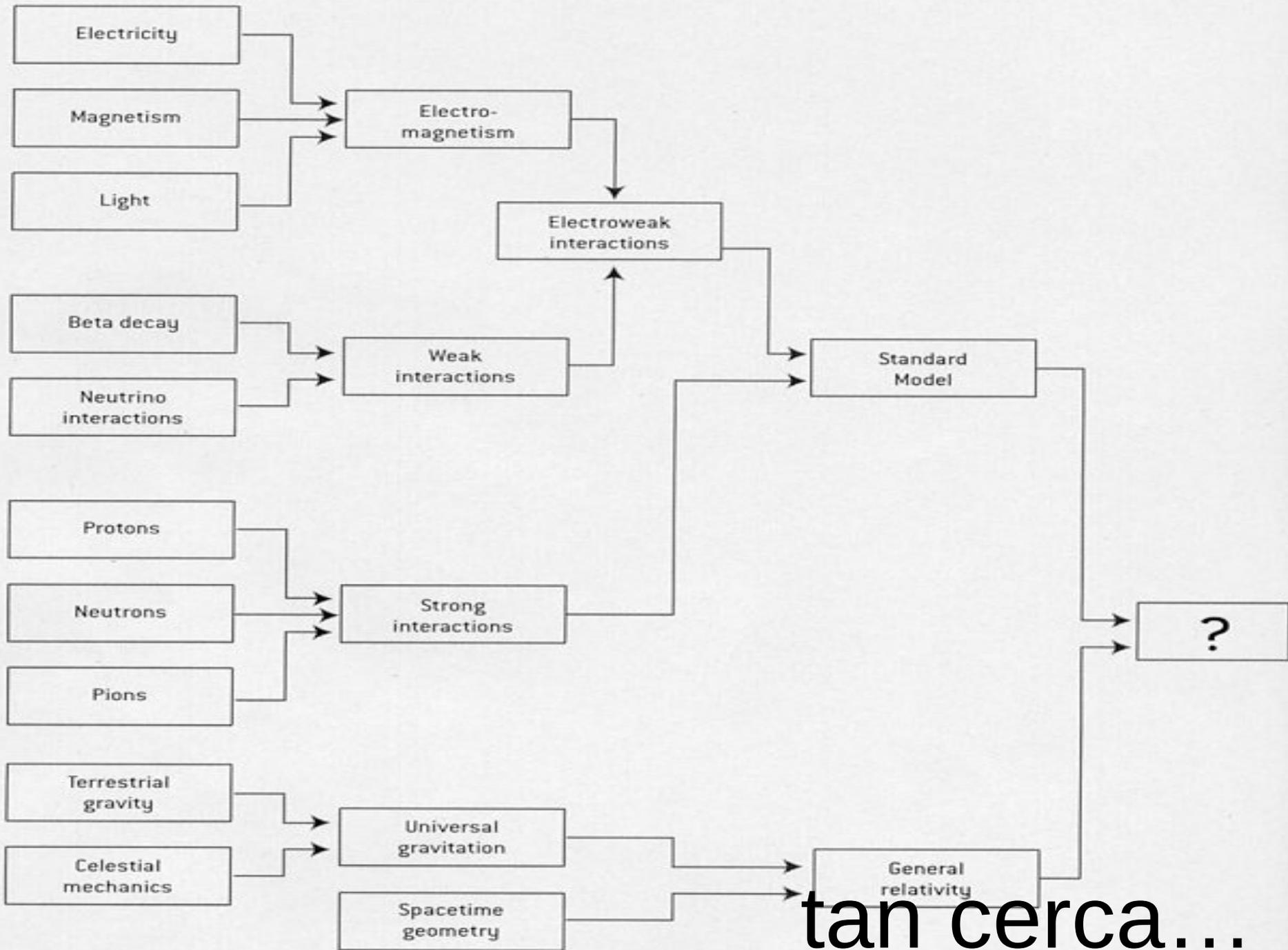


Interacciones

Partículas

=





tan cerca...



- ¿Qué pasa con la gravedad?

- ¿Son necesarios tantos parámetros?



- ¿Por qué un universo de materia?

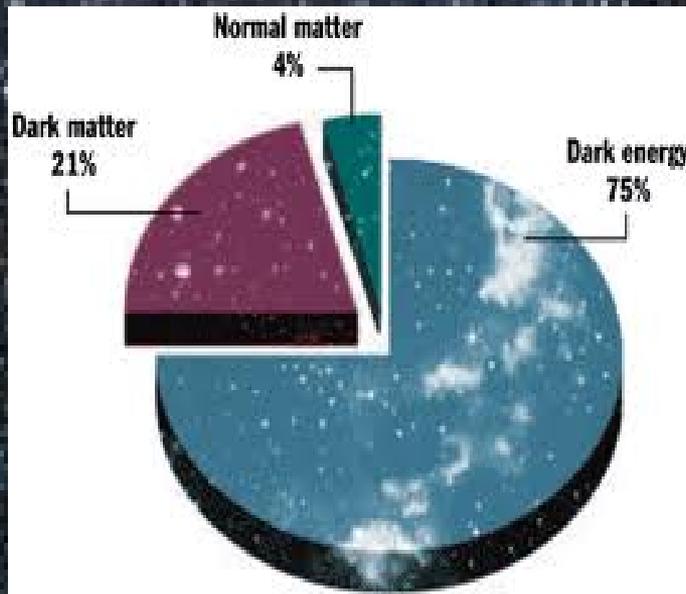


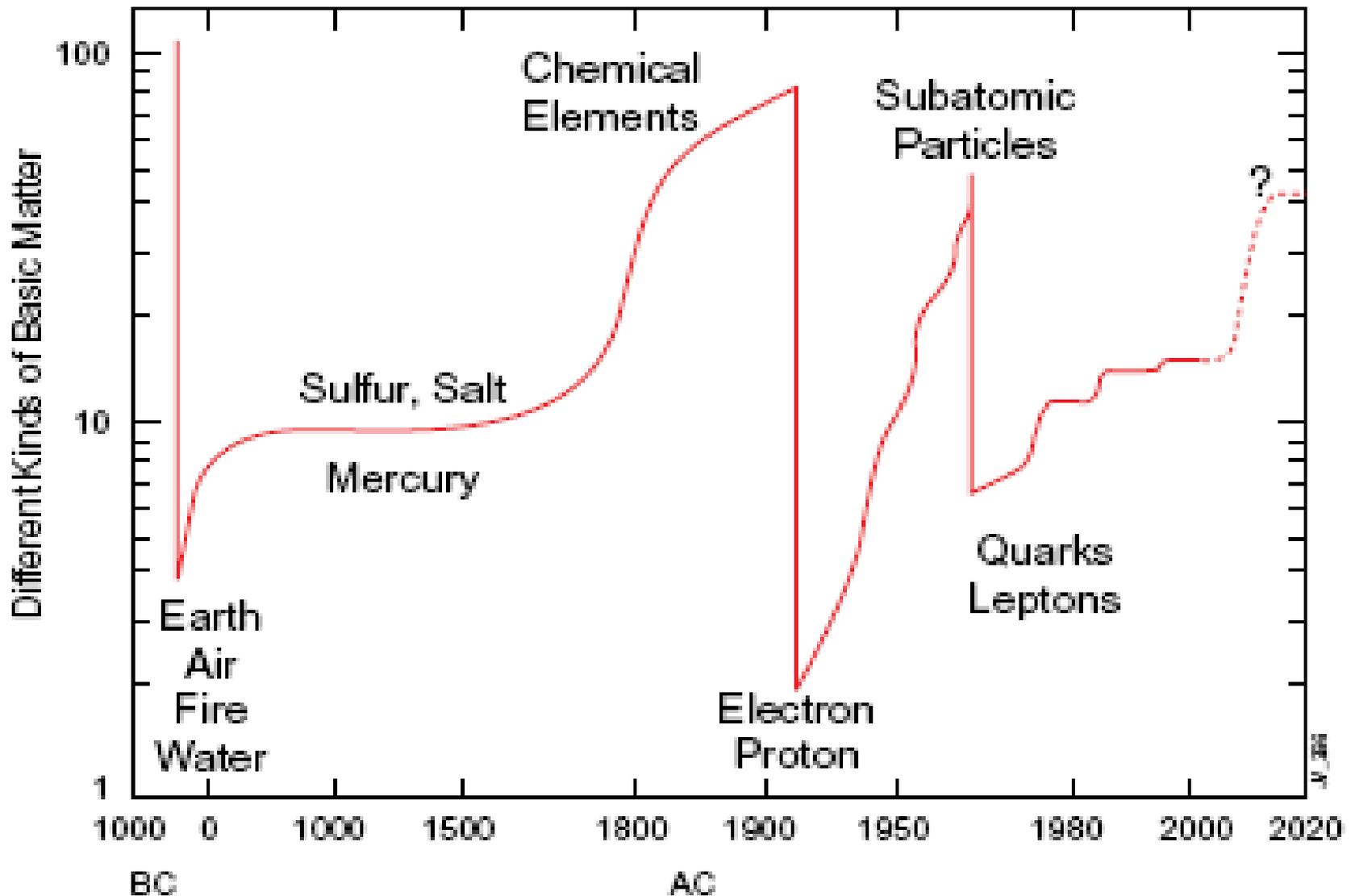
- ¿Por qué las partículas tienen la masa que tienen?



Materia y Energía oscuras

- Todo lo que vemos a nuestro alrededor no parece contribuir más que el $\sim 4\%$ a todo el Universo
- ¿Qué hay más allá?
¿Qué es la materia oscura?
- ¿Y la energía oscura?





GUILLELMO DE OCKHAM

“no hay que multiplicar los entes de la razón sin necesidad, hay que ir siempre a las hipótesis más sencillas”

Si esta es la pregunta...

New symmetries

Technicolor
Supersymmetry
Little Higgs

Extra dimensions

New forces

New particles

String Theory



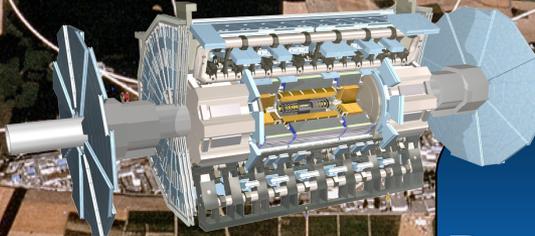
...esta es la respuesta!

CMS
Propósito general

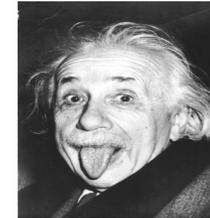
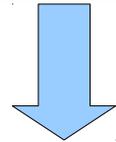
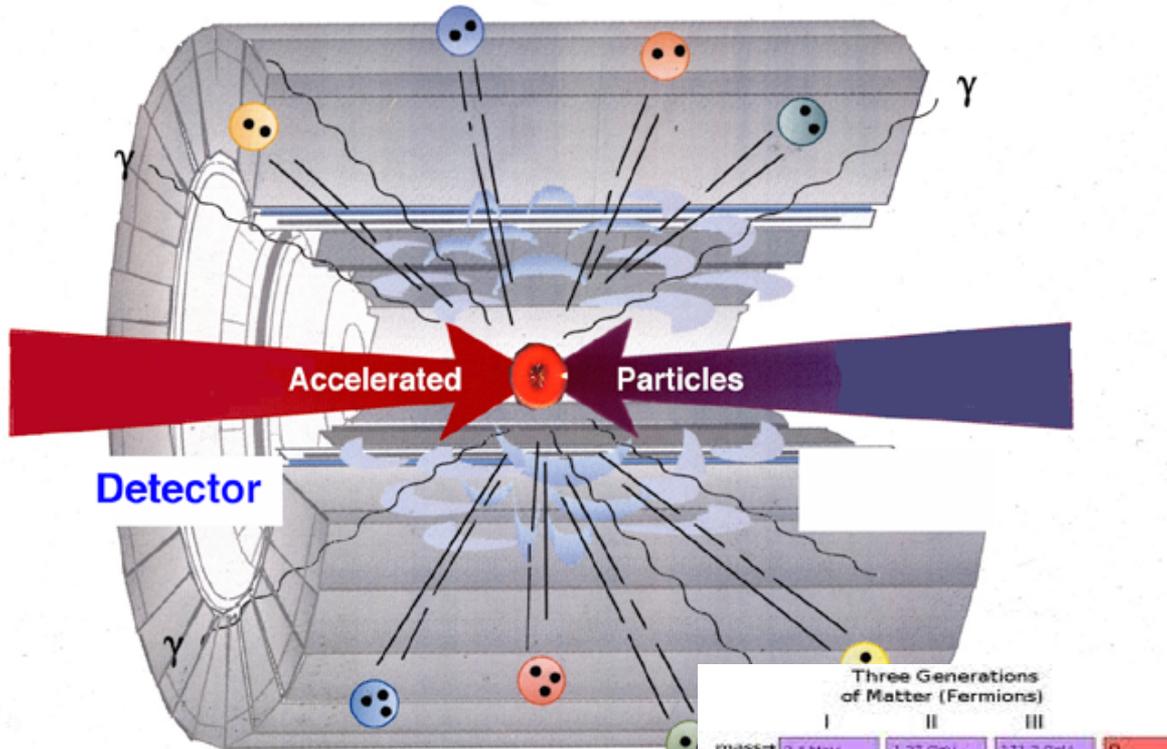
LHCb
Física del quark b
Violación CP

ALICE
Plasma de quarks
y gluones

ATLAS
Propósito general



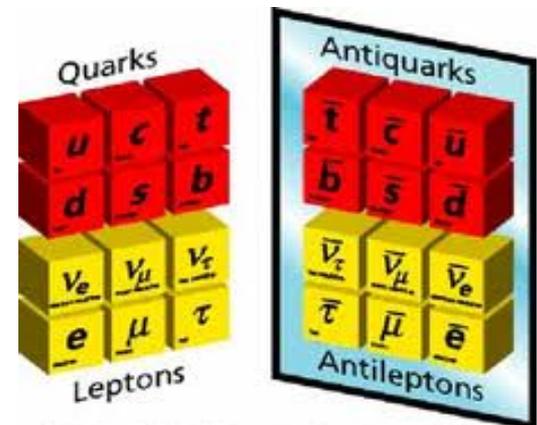
iCreamos partículas!!



$$E = mc^2$$

Three Generations of Matter (Fermions)

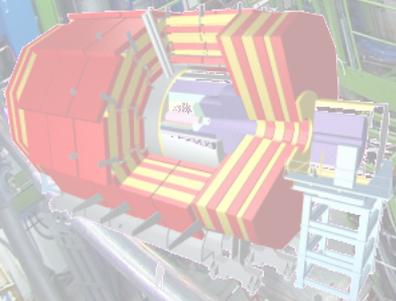
	I	II	III	
mass	2.4 MeV	1.27 GeV	171.2 GeV	0
charge	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0
spin	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
name	u up	c charm	t top	g gluon
	d down	s strange	b bottom	γ photon
	ν_e electron neutrino	ν_μ muon neutrino	ν_τ tau neutrino	Z weak force
	e electron	μ muon	τ tau	W weak force



The Standard Model contains 3 neutrinos of definite flavor; and a set of corresponding anti-particles.

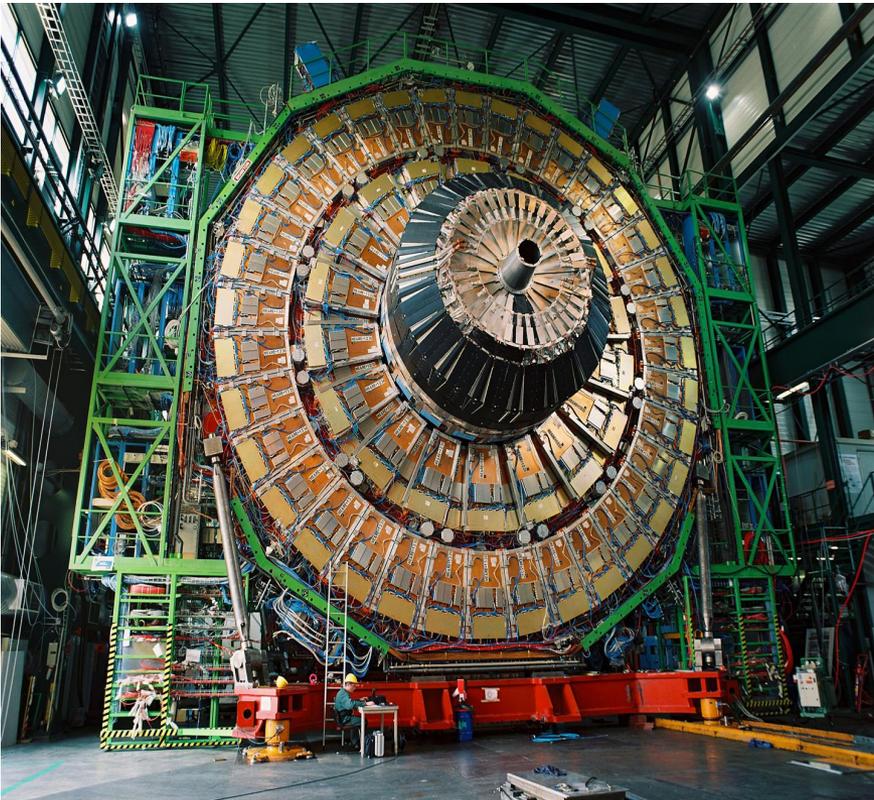
ÍNDICE

- Motivación
- **El detector**
- El análisis
- El CIEMAT en CMS



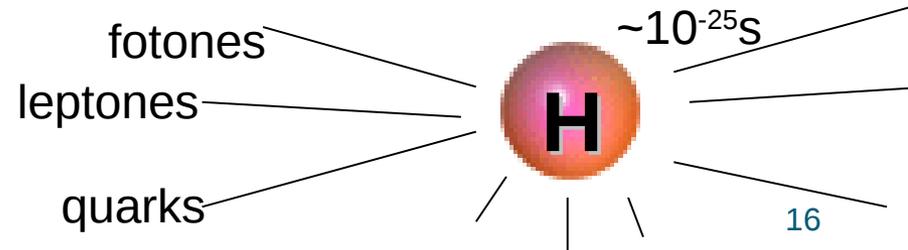
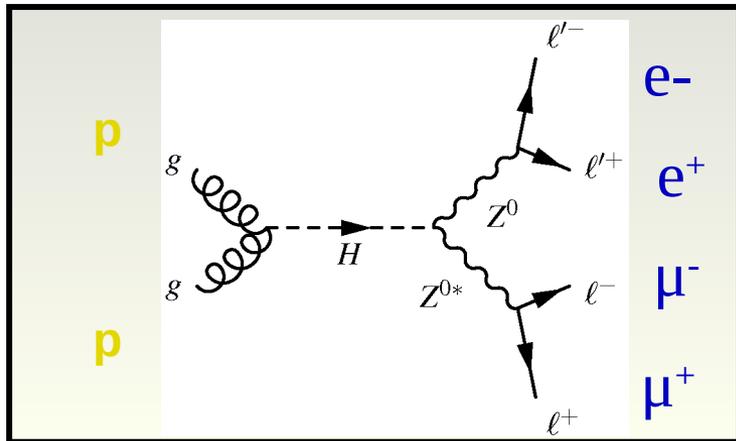
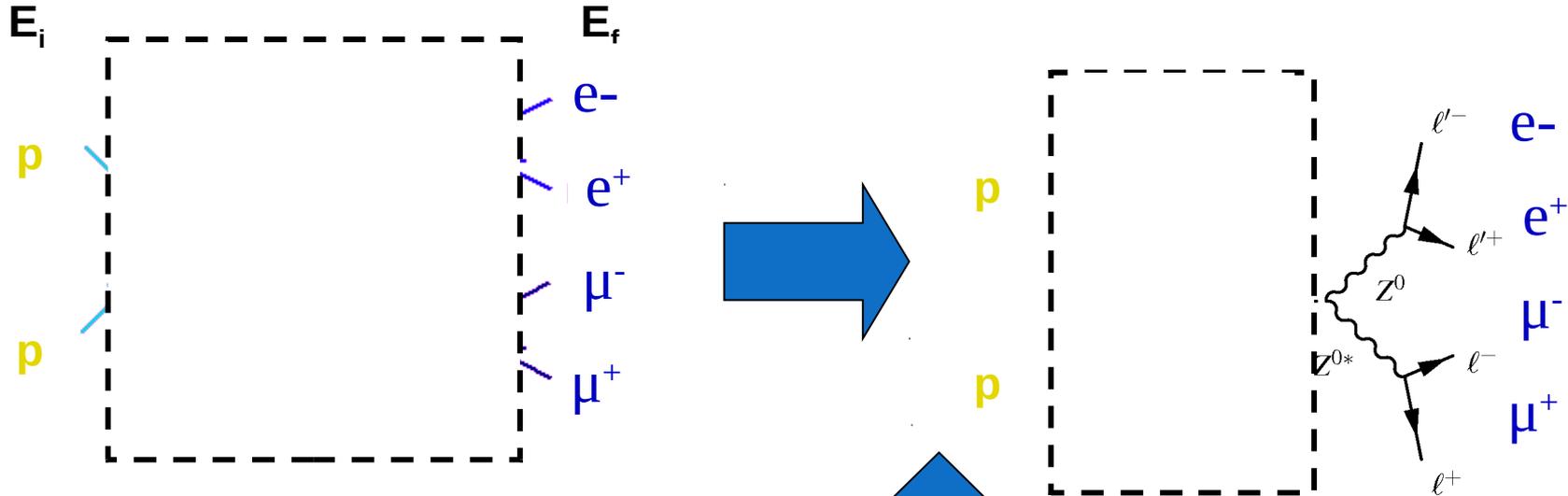
CMS

El detector



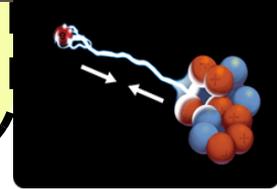
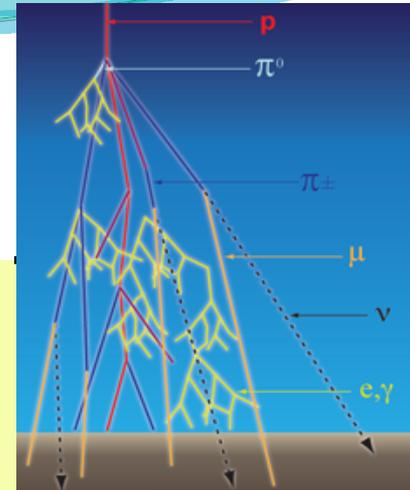
- **OBJETIVO:**
 1. **DETECTAR**
 2. **IDENTIFICAR**
 3. **OBTENER MAGNITUDES DE INTERÉS**
(energía, ...)

Detección



Identificación

Atmósfera

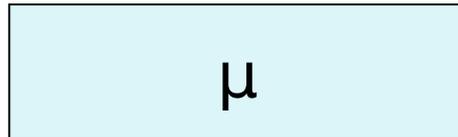


Dos tipos de detectores

Destructivos: miden absorbiendo la partícula (calorímetros)

No Destructivos: miden la trayectoria de la partícula (sin absorción)

Detector de Muones



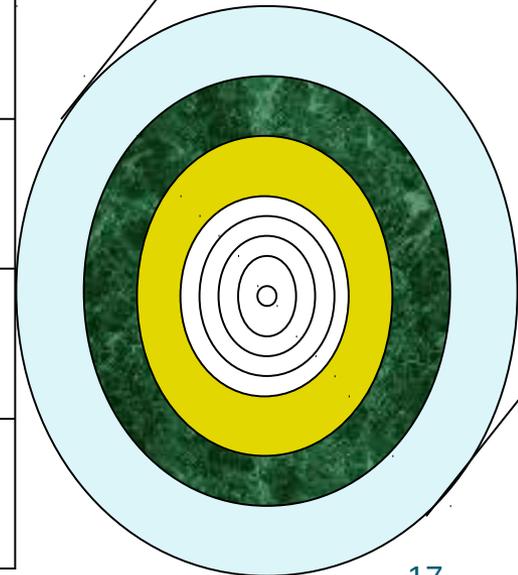
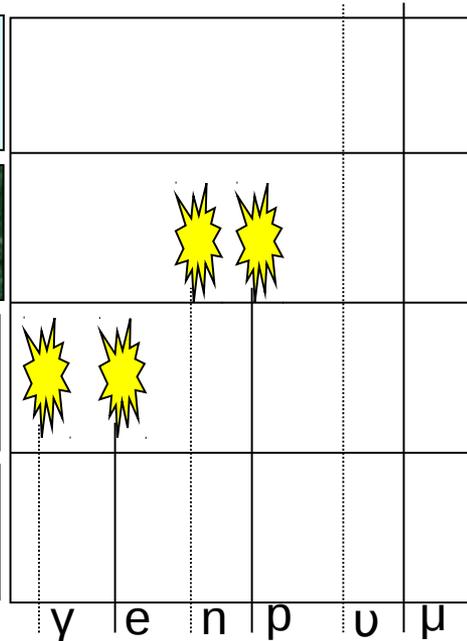
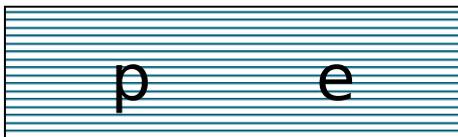
Calorímetro Hadrónico



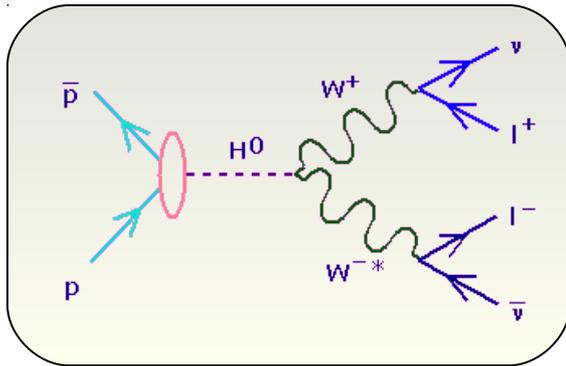
Calorímetro Electromagnético



Detector de Trazas (Tracker)



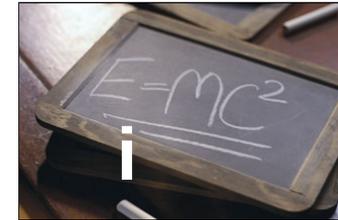
Obtención de magnitudes de interés



1. Trayectoria de los productos

2. Energía de los productos

Conservación de la energía



1. Trayectoria

Detectores no destructivos

Tracker y cámaras muones

2. Energía

Calorímetros

Detectores no destructivos

Curvatura de la trayectoria en un campo magnético

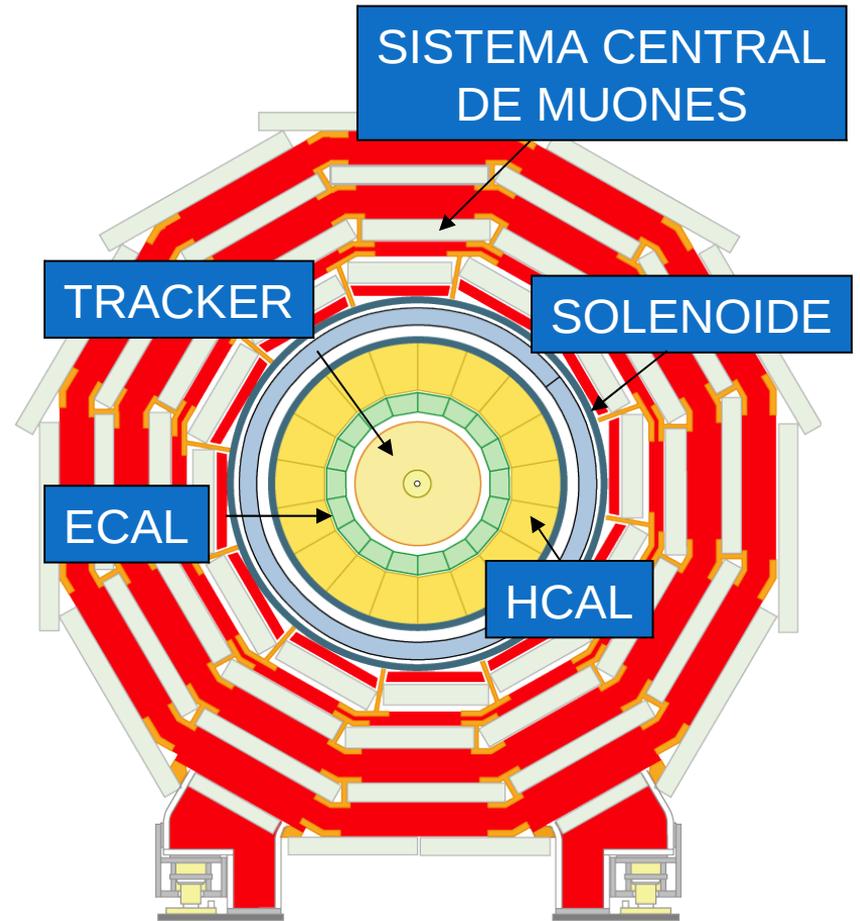
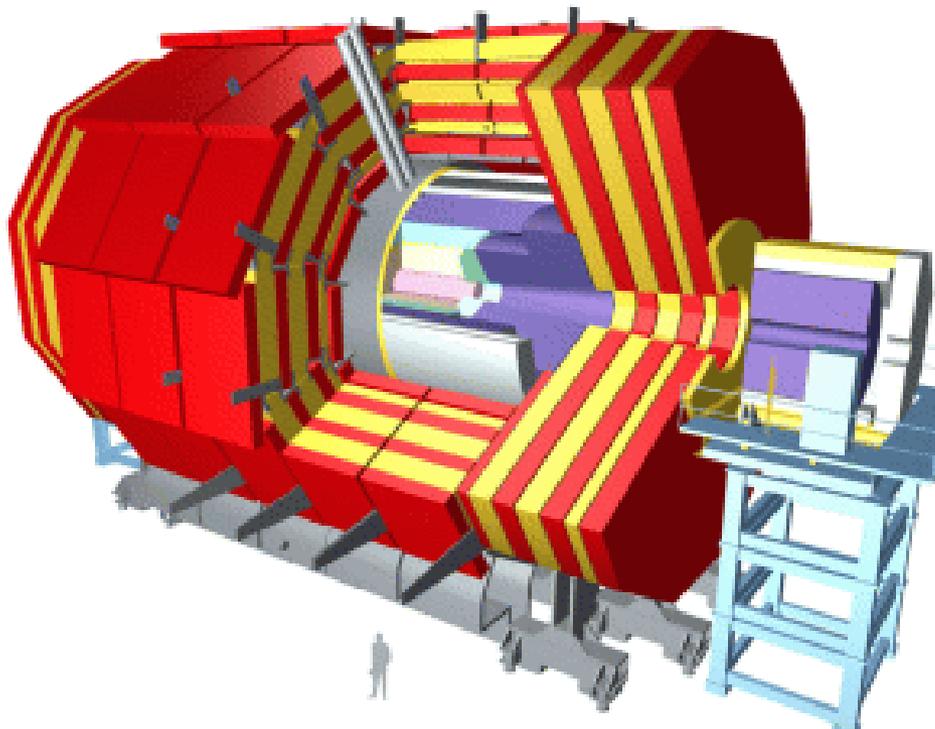
$$v = qBR / m$$

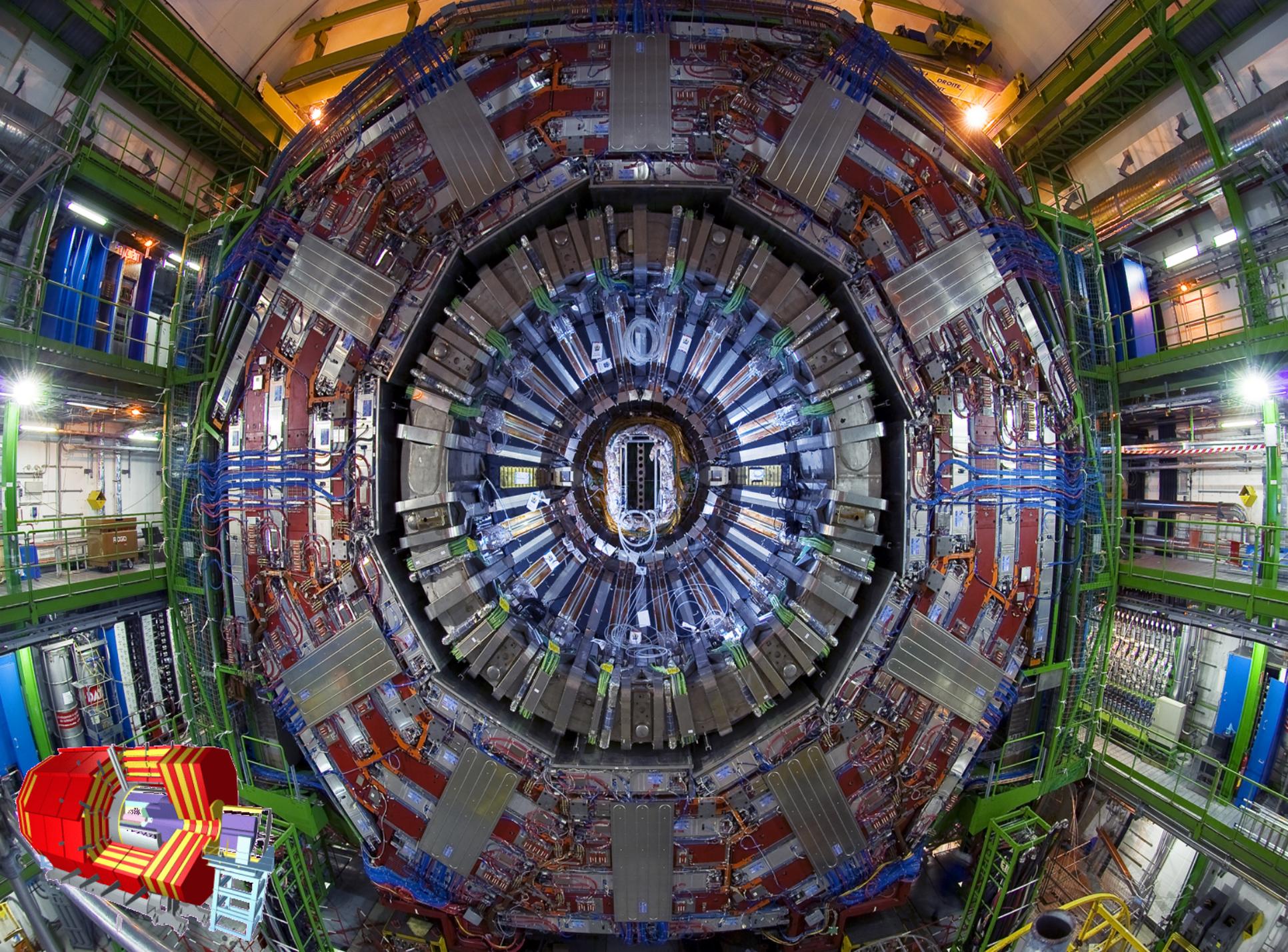
Una gran colaboración

- 172 instituciones de 40 países
- 4300 personas involucradas (3275 físicos, de los cuales 1535 estudiantes)
- 790 ingenieros
- 10 años de construcción

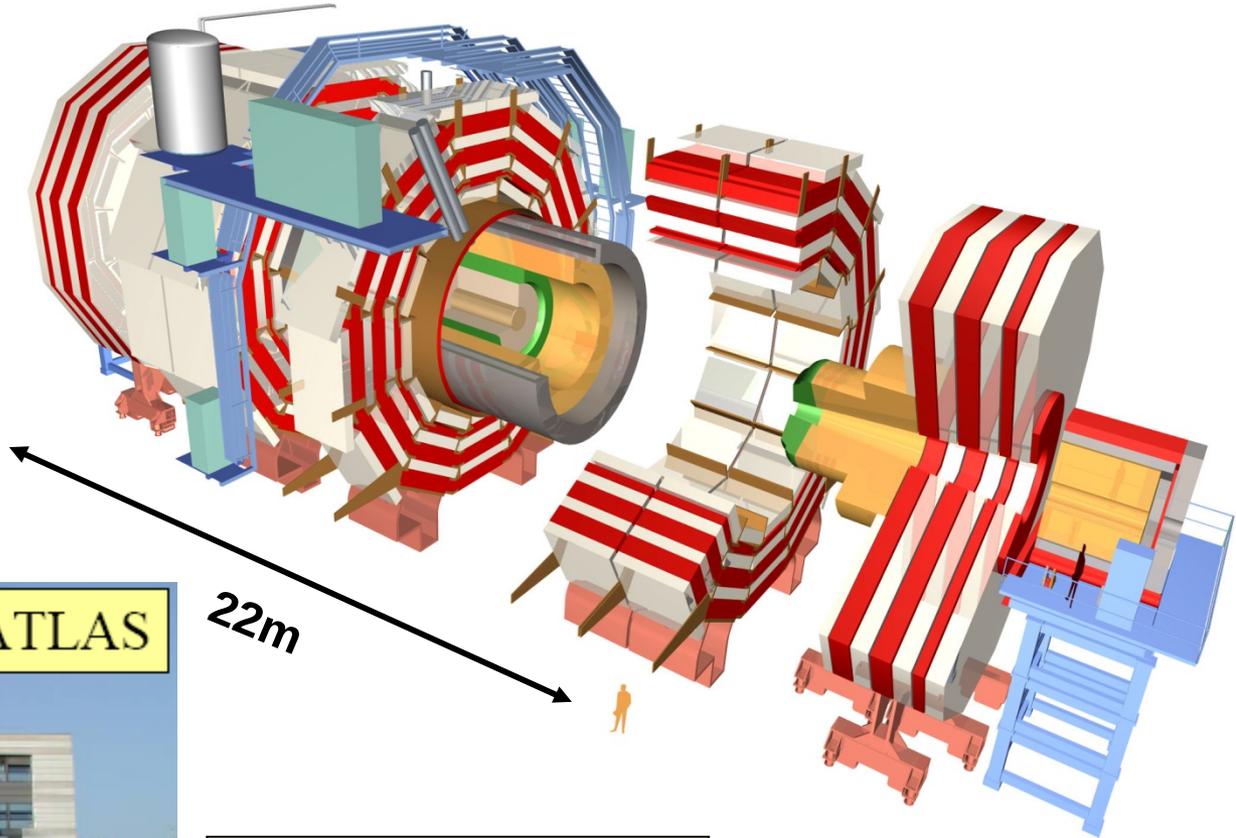
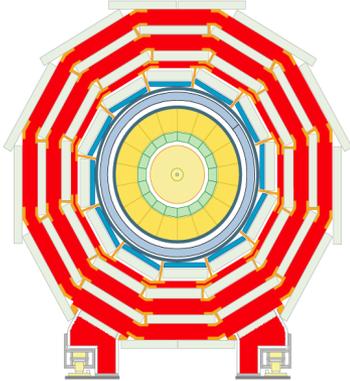


CMS

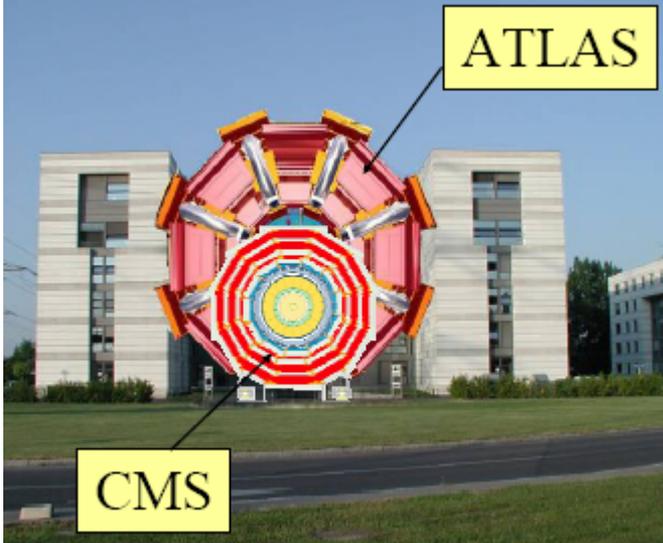




COMPACT muon solenoid



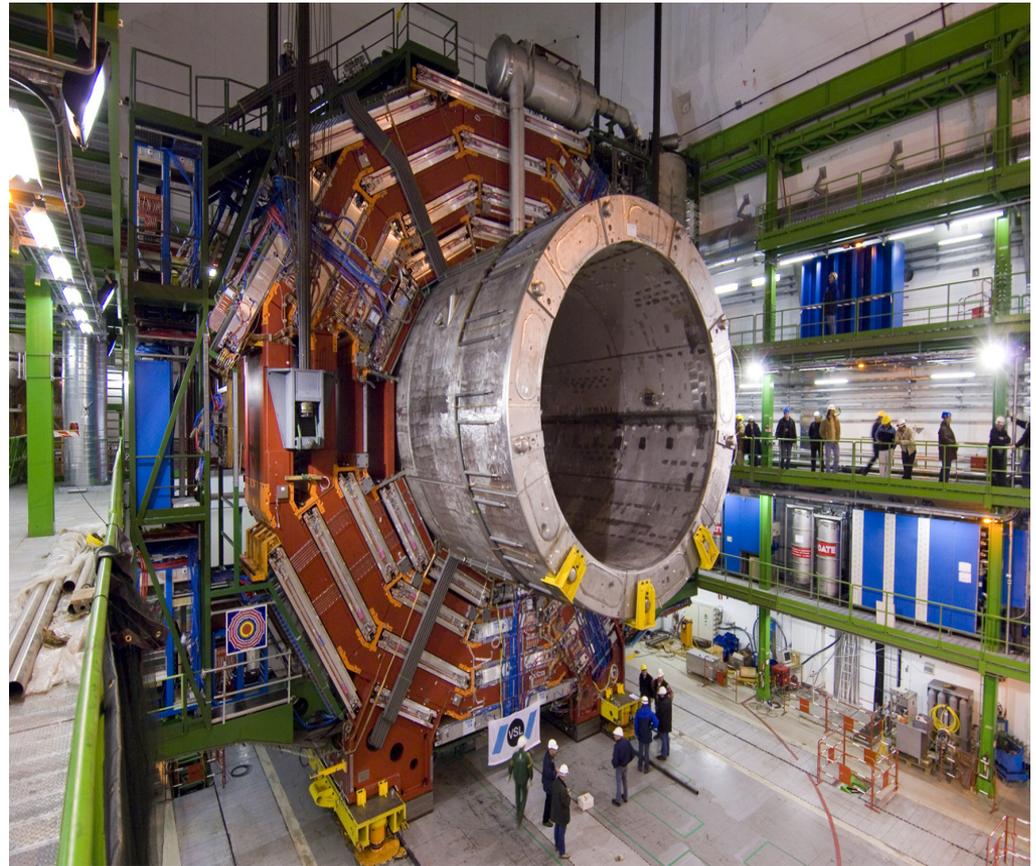
CMS 12500 toneladas
Atlas 7000 toneladas



CMS
~3000 Cientificos
~200 Centros Inv.

compact MUON solenoid

- Fáciles de detectar (señal muy limpia)
- Muchas partículas de interés se esperan detectar a través de muones como productos finales.
- 25% de las cámaras de muones construídas y testeadas en el CIEMAT.



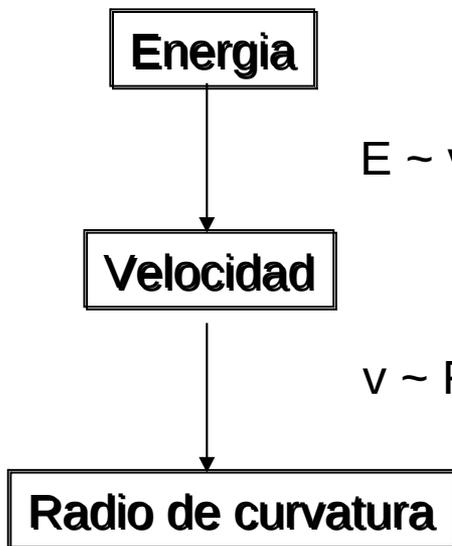
compact muon SOLENOID



- Cilindro de 13m (largo) x 6m diámetro. Mayor solenoide superconductor jamás construido.
- Hace circular 20000 A a una temperatura de -269°C para crear un campo magnético de 4Tesla
- El campo creado es 100000 veces mayor que el de la Tierra.

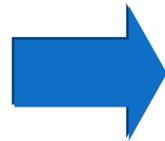
Obtención de magnitudes de interés

- Obtención de la energía de una partícula a través de la curvatura en un campo magnético



$$E \sim v^2$$

$$v \sim R$$

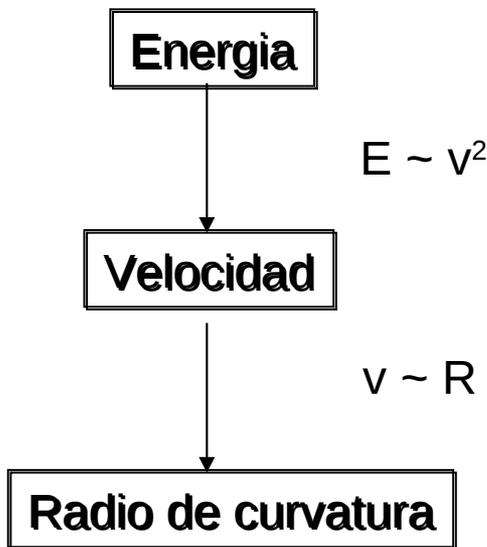


$$F = q v B = m v^2 / R$$

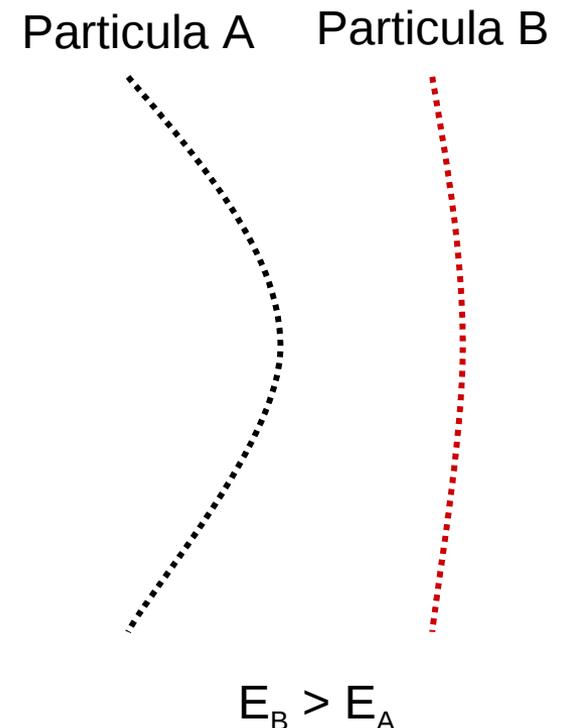
$$\uparrow R \Rightarrow \uparrow E$$

Obtención de magnitudes de interés

- Obtención de la energía de una partícula a través de la curvatura en un campo magnético

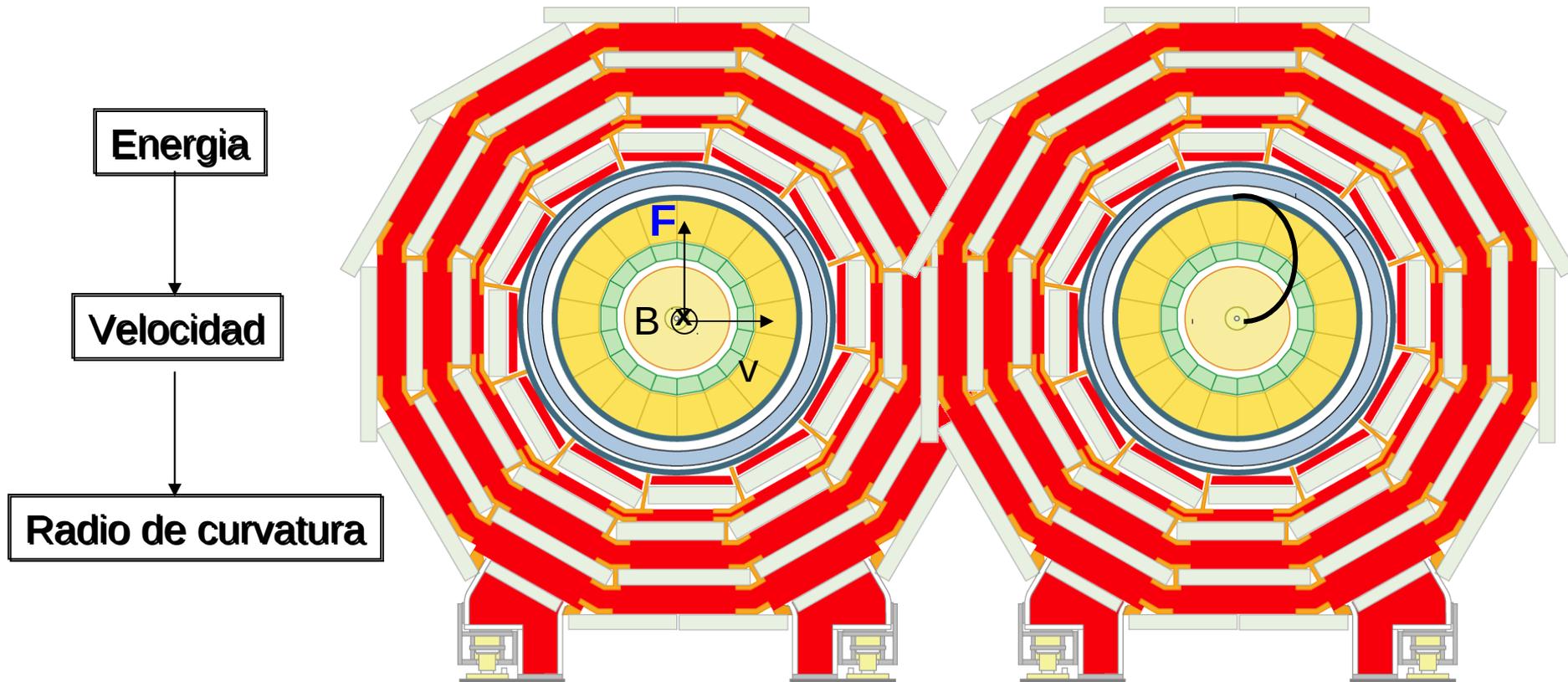


➔ $\uparrow R \Rightarrow \uparrow E$



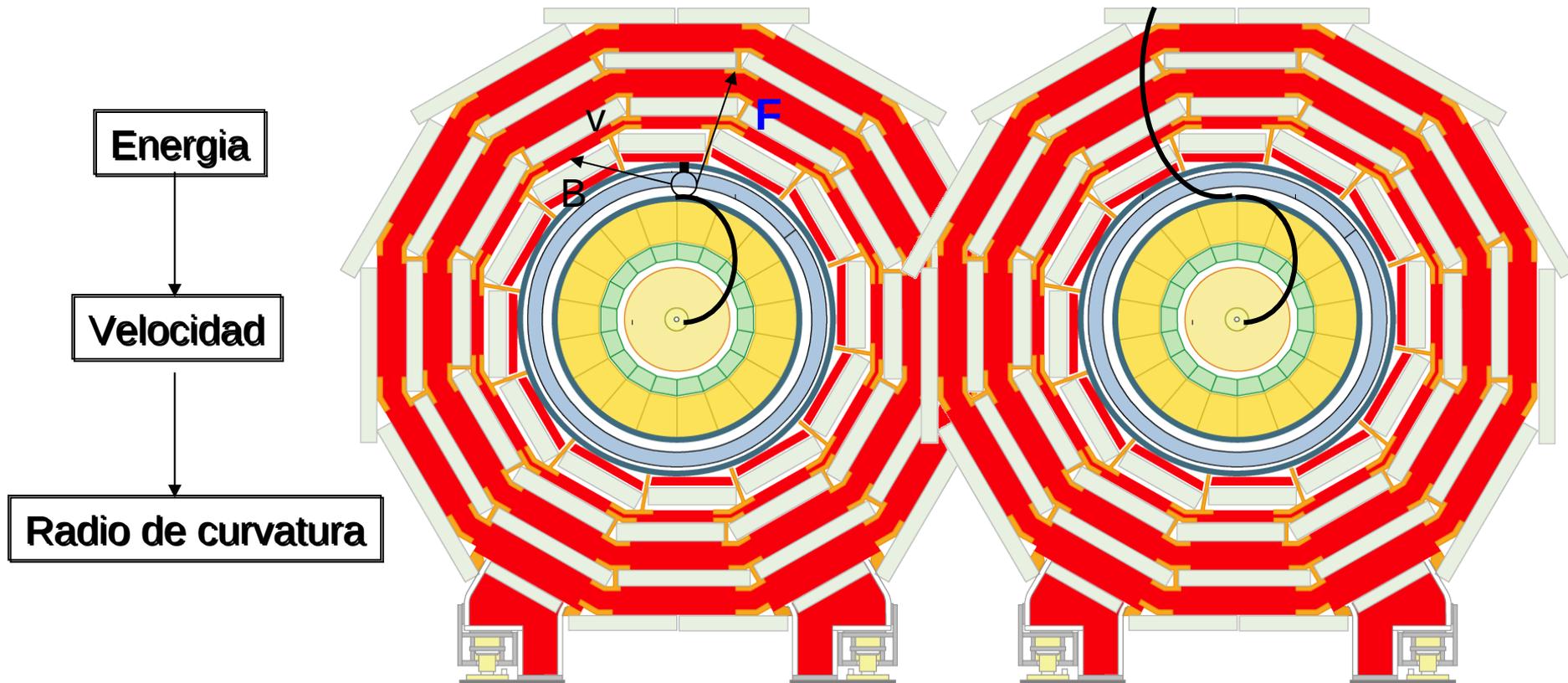
Obtención de magnitudes de interés

- Obtención de la energía de una partícula a través de la curvatura en un campo magnético



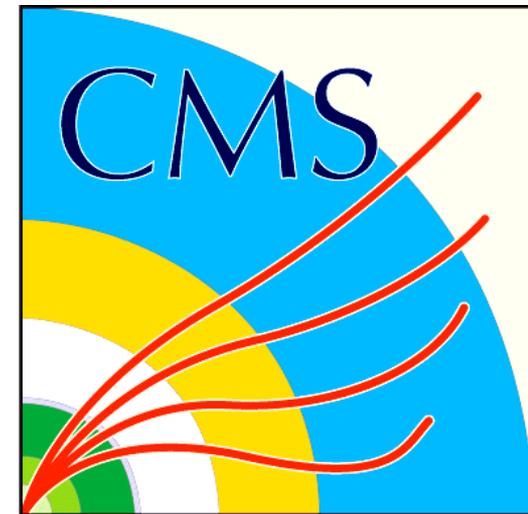
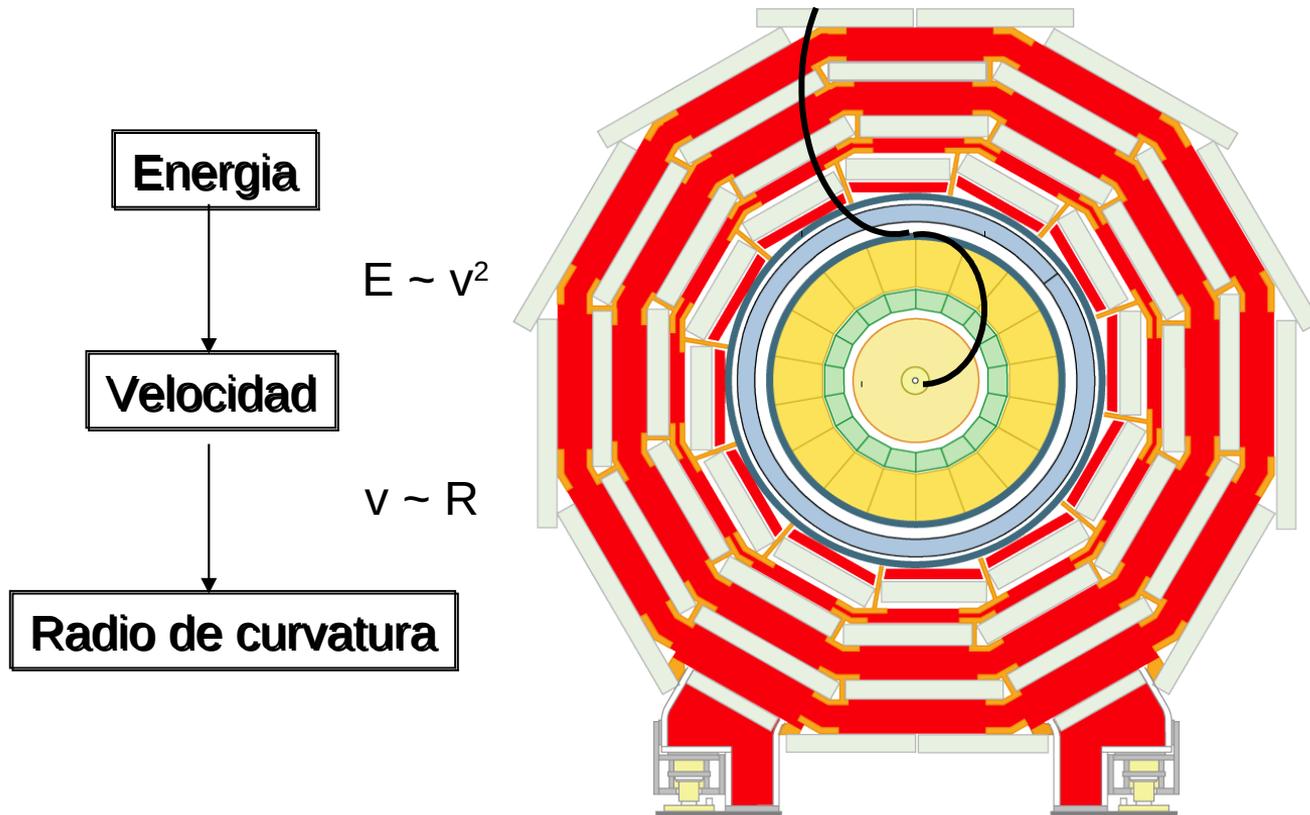
Obtención de magnitudes de interés

- Obtención de la energía de una partícula a través de la curvatura en un campo magnético

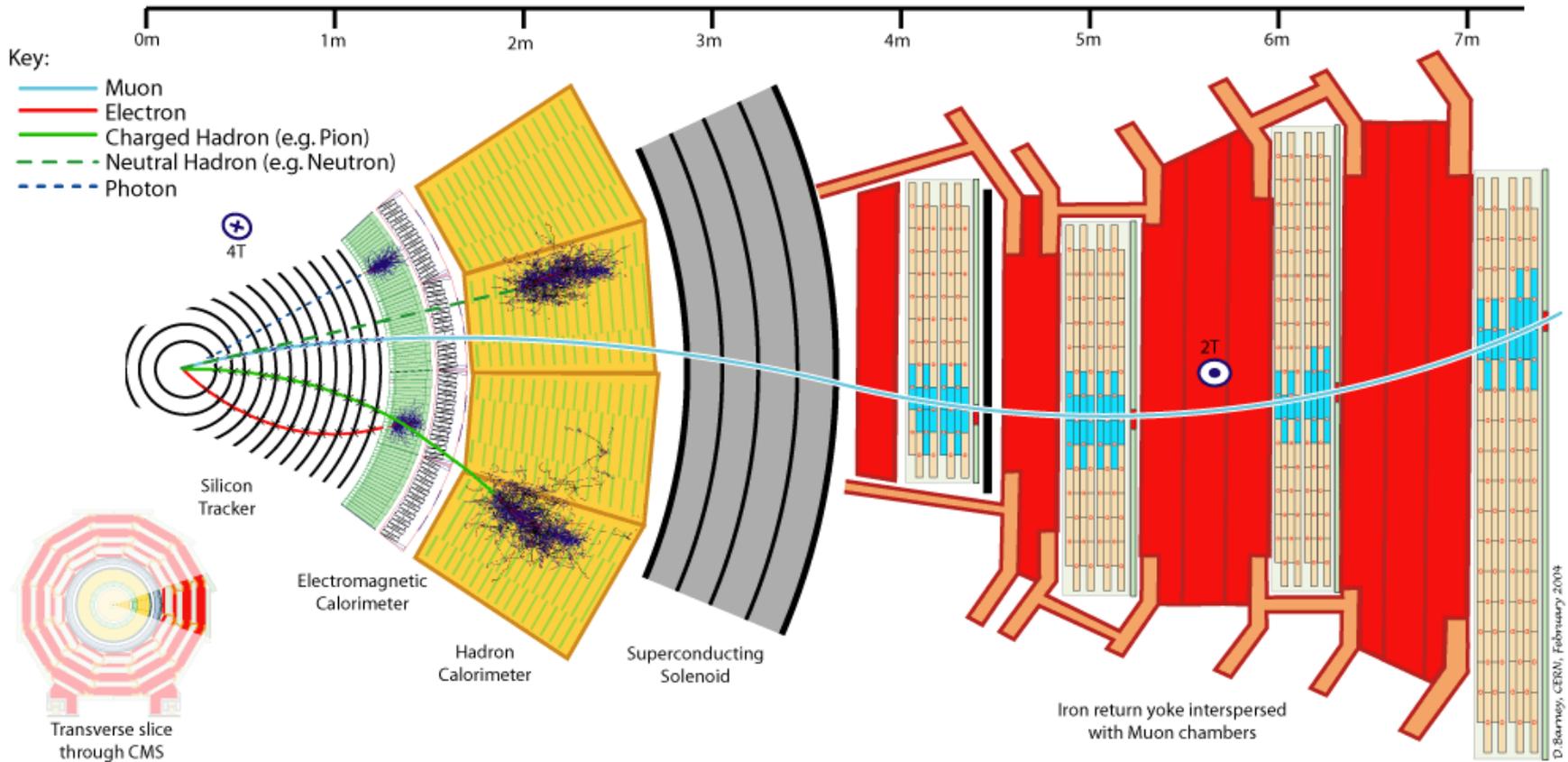


Obtención de magnitudes de interés

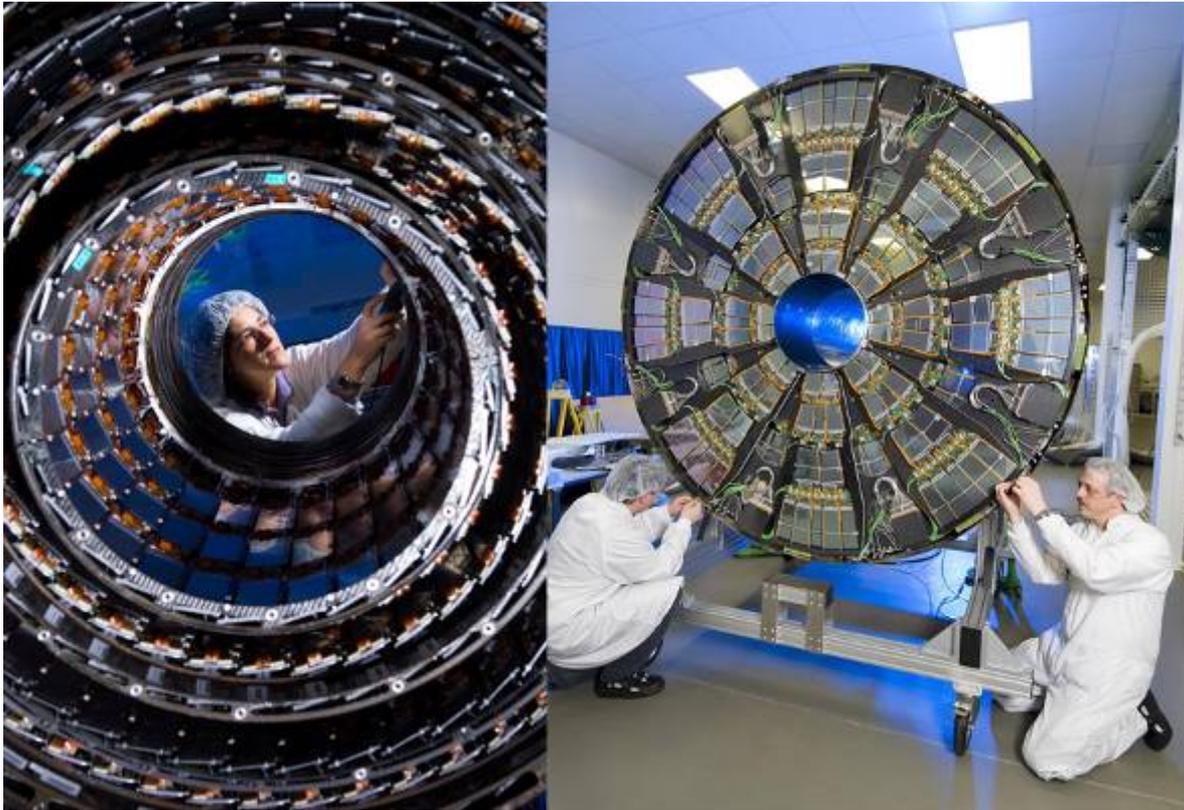
- Obtención de la energía de una partícula a través de la curvatura en un campo magnético



Identificación en CMS



1. TRACKER



- Sensores de silicio. Miden la trayectoria de las partículas cargadas para medir su momento.
- 10M strips + 65M pixels equivalen a una cámara digital de 70Mpixels tomando 40 millones de fotos por segundo.
- Es el detector de silicio más grande jamás construido.

Objetivo: medir trayectorias de partículas cargadas (momento)

2. ECAL



- 80000 cristales de PbWO_4 ($\sim 100\text{T}$ a 0.1°C).
- Produce luz al paso de una partícula. La cantidad de luz producida es proporcional a la energía de la partícula incidente.
- Cada cristal $\sim 1000\text{\$}$

Objetivo: mide la energía de fotones, electrones y positrones.

3. HCAL

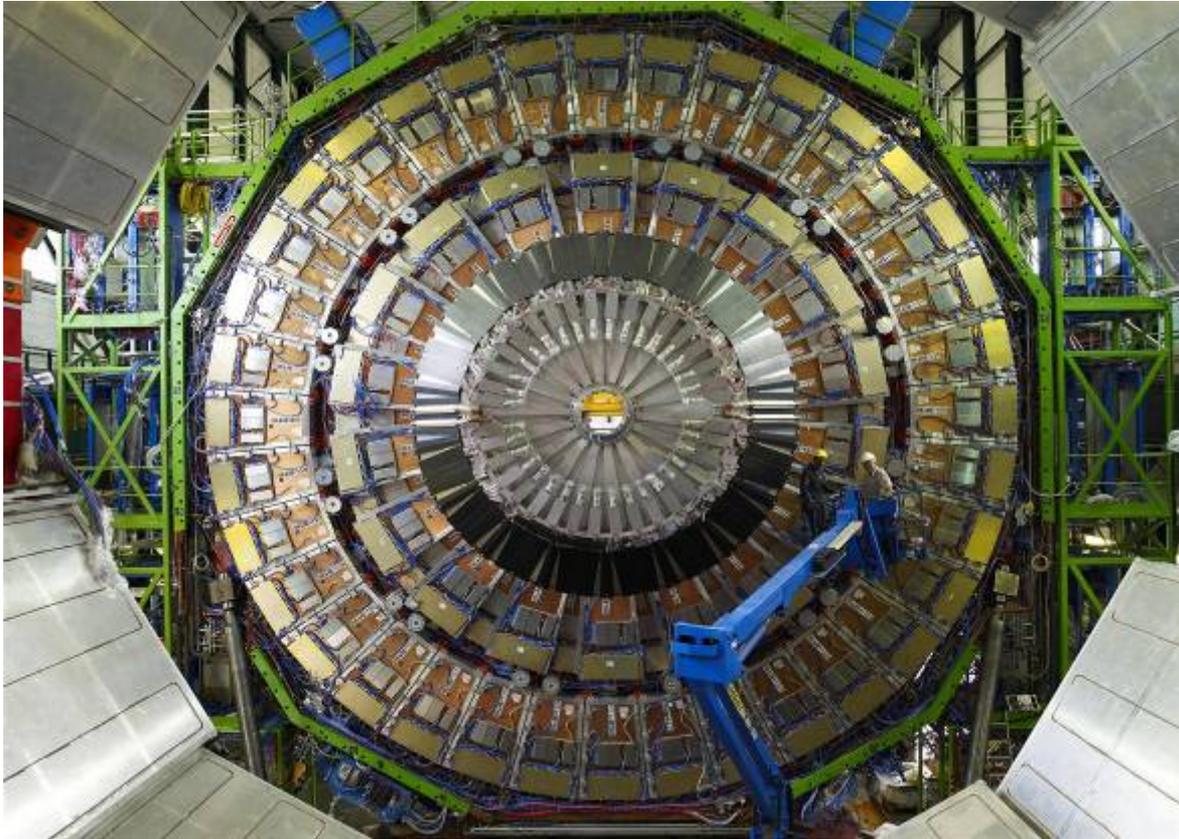


- Capas de metal intercaladas con centelleadores plásticos o fibras de cuarzo.
- Latón del HCAL reciclado de la artillería rusa.



Objetivo: medir la energía de los hadrones (protones, neutrones..)

4. MUONES



- Tres tipos distintos de detectores de muones en CMS.
- Área total area del detector es el mismo que el de un campo de fútbol (6000m²)

Objetivo: medir el momento de los muones.

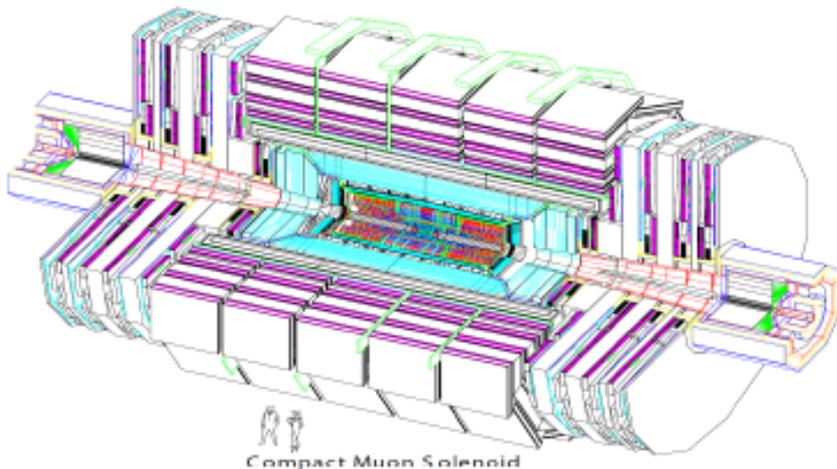
4. MUONES



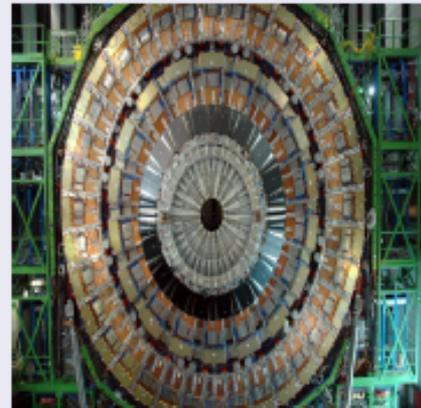
Cámaras de tubos de deriva (DT) en el barril. Disparan la adquisición del suceso ("*trigger*") y miden con precisión la posición de paso del muon.



Cámaras de placas resistivas (RPC) en el Barril y las tapas. Disparador del "*trigger*" debido a su alta velocidad de respuesta.



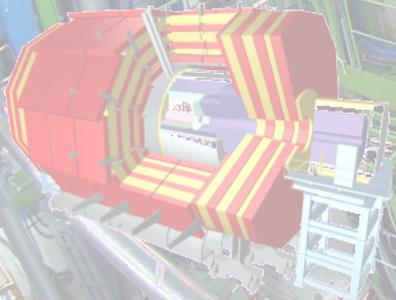
Compact Muon Solenoid



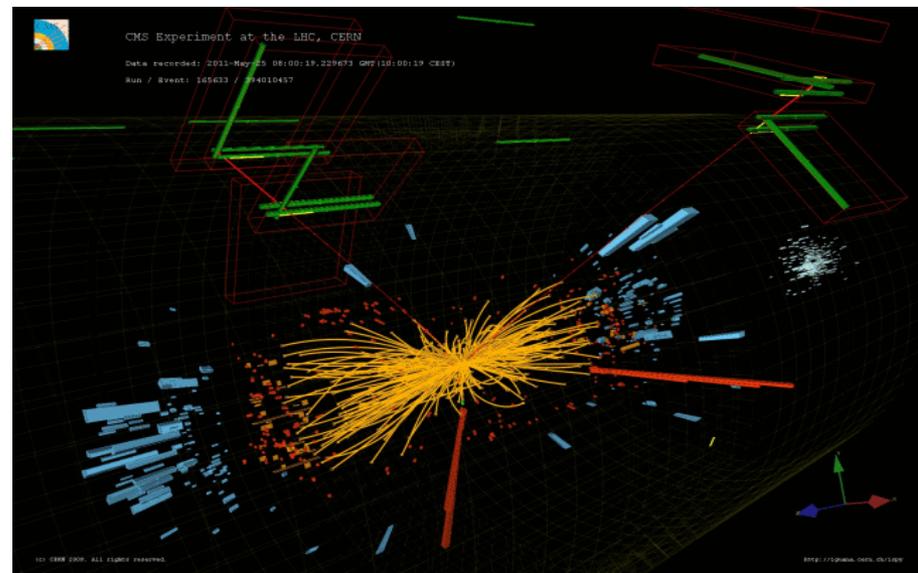
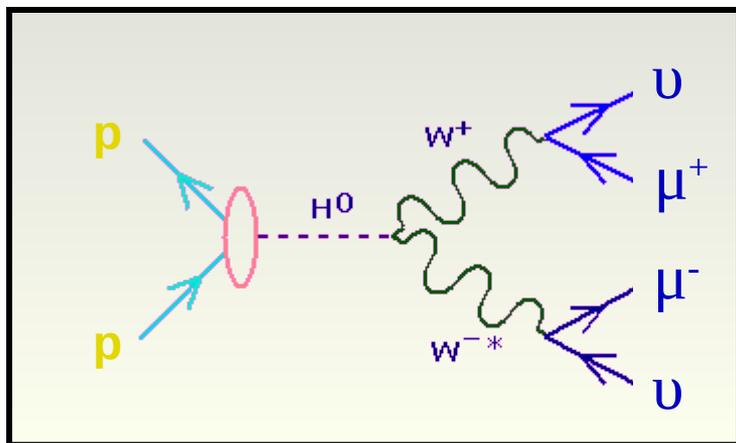
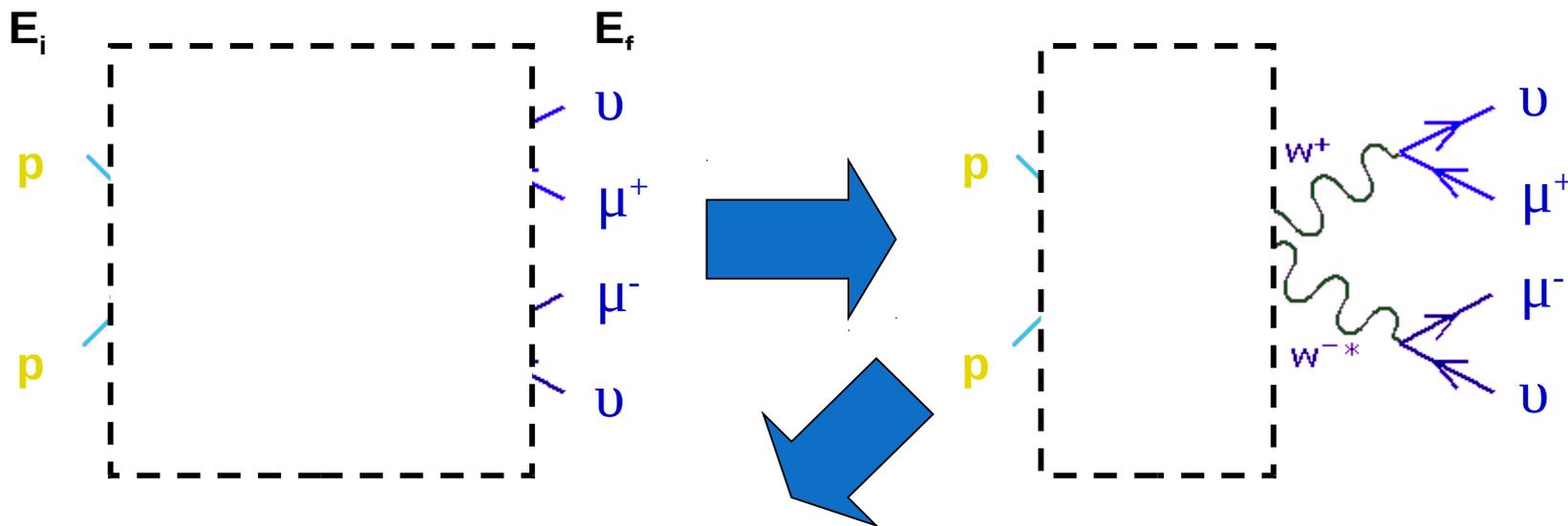
Cámaras de tiras catódicas (CSC) tienen mismo objetivo que las DT pero en las tapas, donde el campo magnético es importante.

ÍNDICE

- Motivación
- El detector
- **El análisis**
- El CIEMAT en CMS



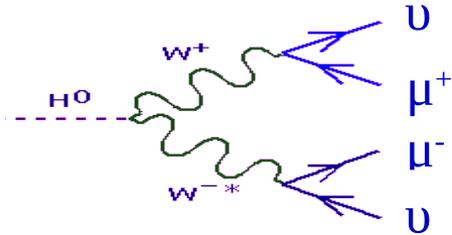
Detección



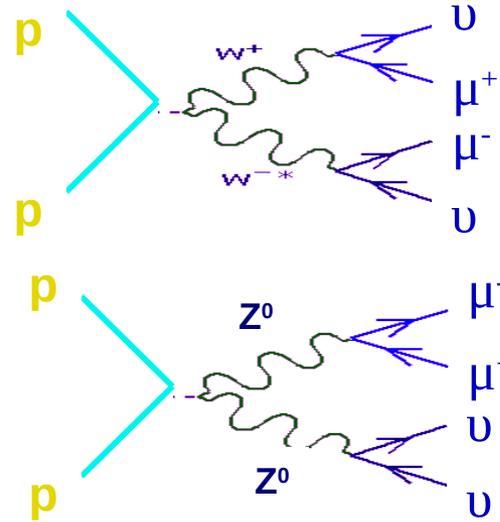
Detección

Canal

Señal

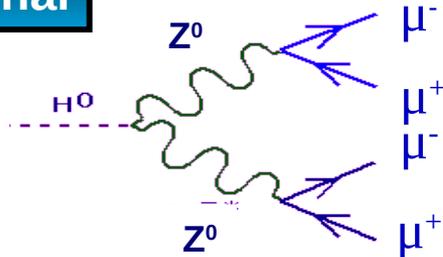


Fondo

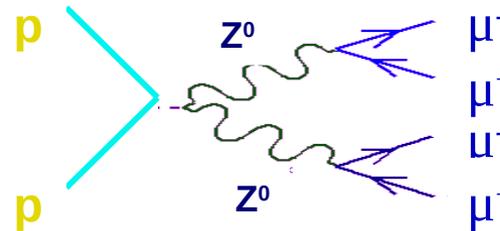


...

Señal



Fondo

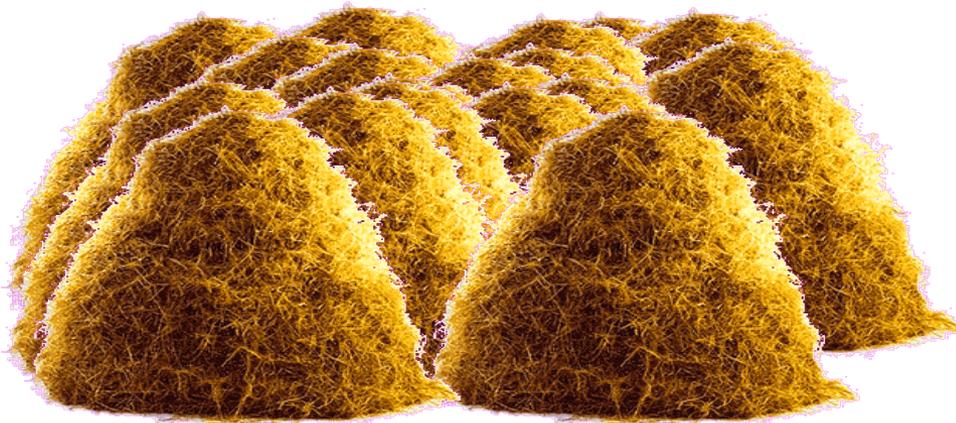


...

Canal

Detección en CMS

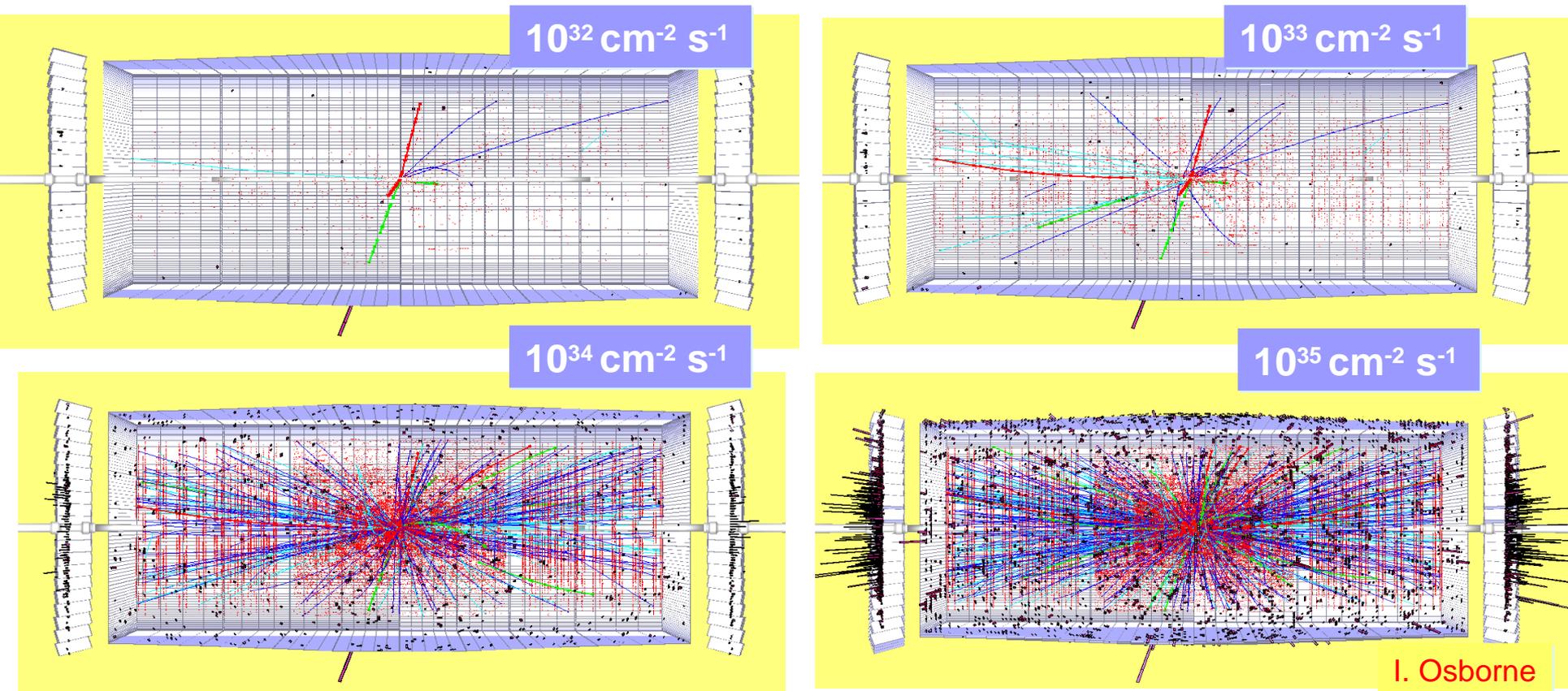
- COLISIÓN P-P → OBSERVAR PRODUCTOS
- → 10^{14} protones cada 25 ns
 - **NUEVO PROBLEMA**
 - **En producción: procesos de interés $1:10^{13}$**
 - **En desintegración: canales dominantes bajo fondo QCD. Bajo BR**
 - **Estrategia.** Optimizar la relación señal/fondo



AGUJA	5 mm ³
PAJAR	50 m ³

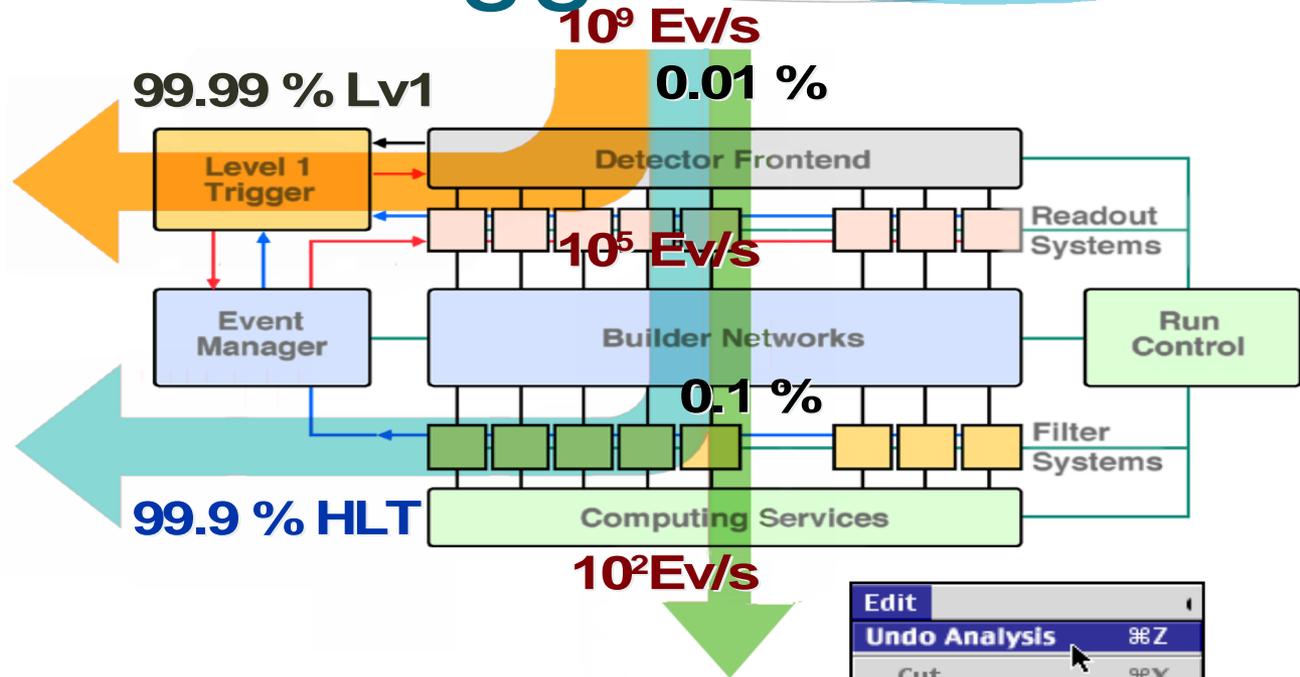
SEÑAL-FONDO	$1:10^{16}$
AGUJA-PAJAR	$1:10^{10}$

Trigger



- Camara digital 3D de 100 Mpix a 40 Mfotos/s
- Cada foto $\sim 1\text{MB}$ \rightarrow filtrar los datos (trigger)
- Pasar de 40MHz a 100Hz (sólo 1 cada 400,000)

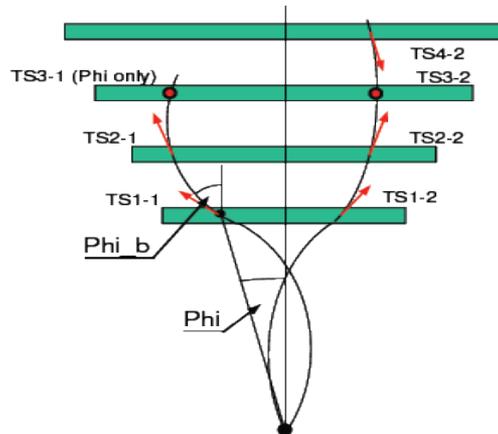
Trigger



Edit	ayer	Se
Can't Undo		⌘Z
Cut		⌘X
Copy		⌘C
Copy Merged	⇧	⌘C
Paste		⌘V
Paste Into	⇧	⌘V
Clear		

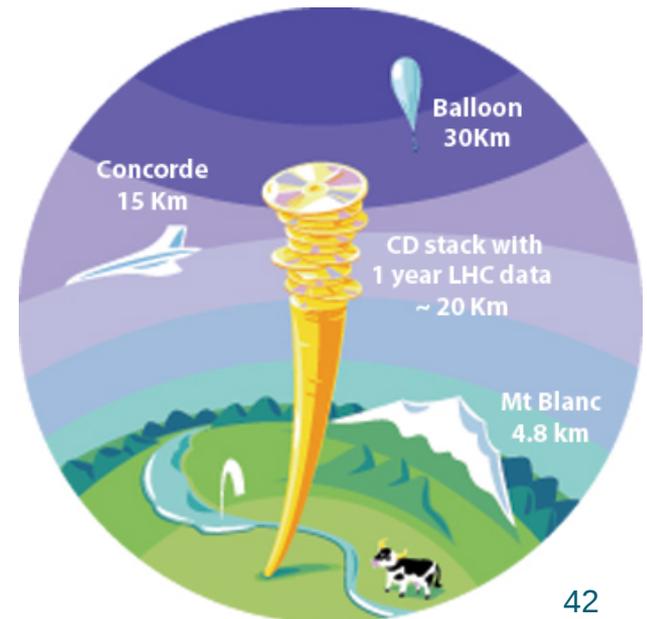
Edit		
Undo Analysis		⌘Z
Cut		⌘X
Copy		⌘C
Copy Merged	⇧	⌘C
Paste		⌘V
Paste Into	⇧	⌘V
Clear		

Same hardware (Filter Subfarms)
Same software (CARF-ORCA)
 But different **situations**

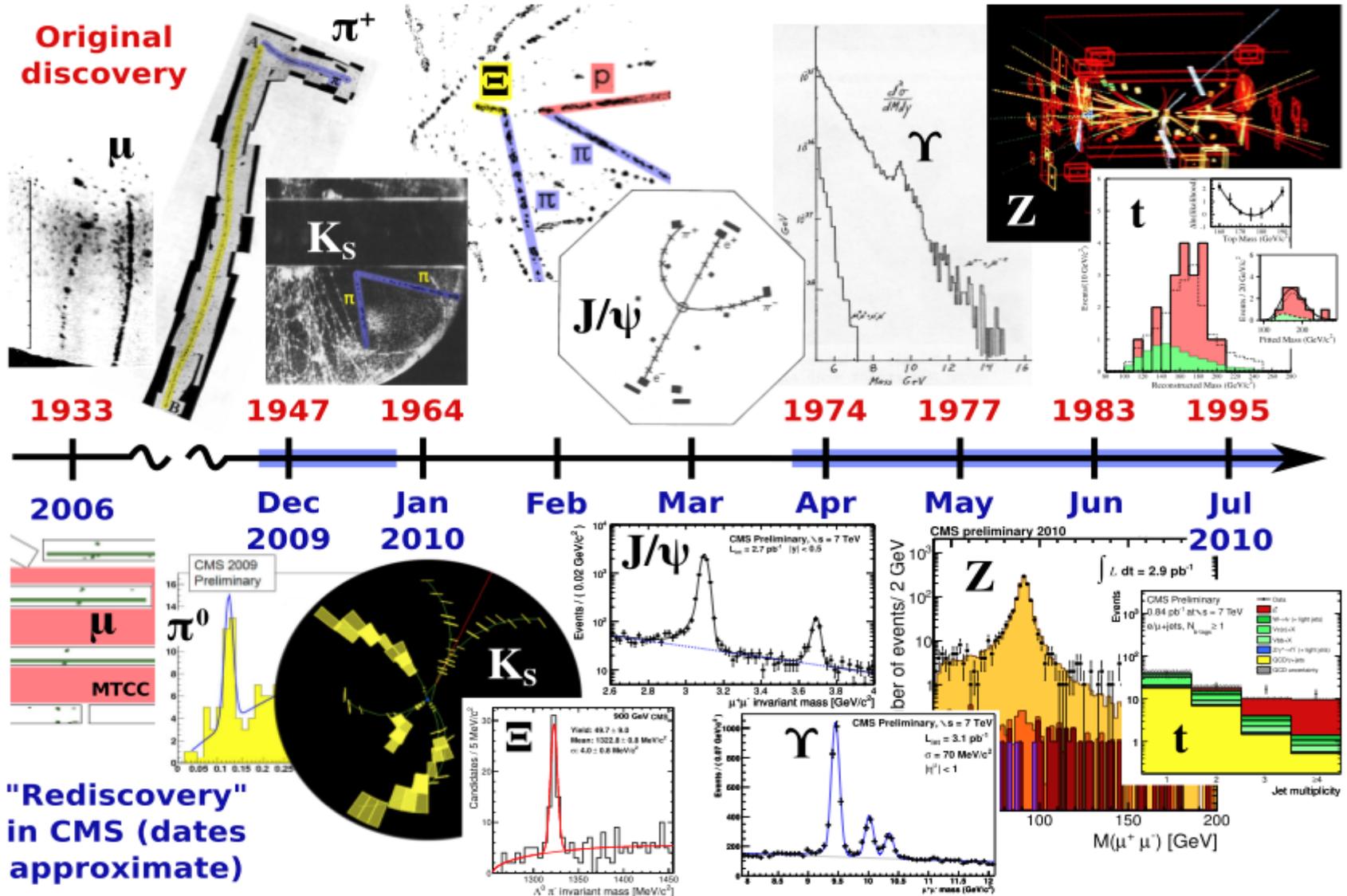


GRID

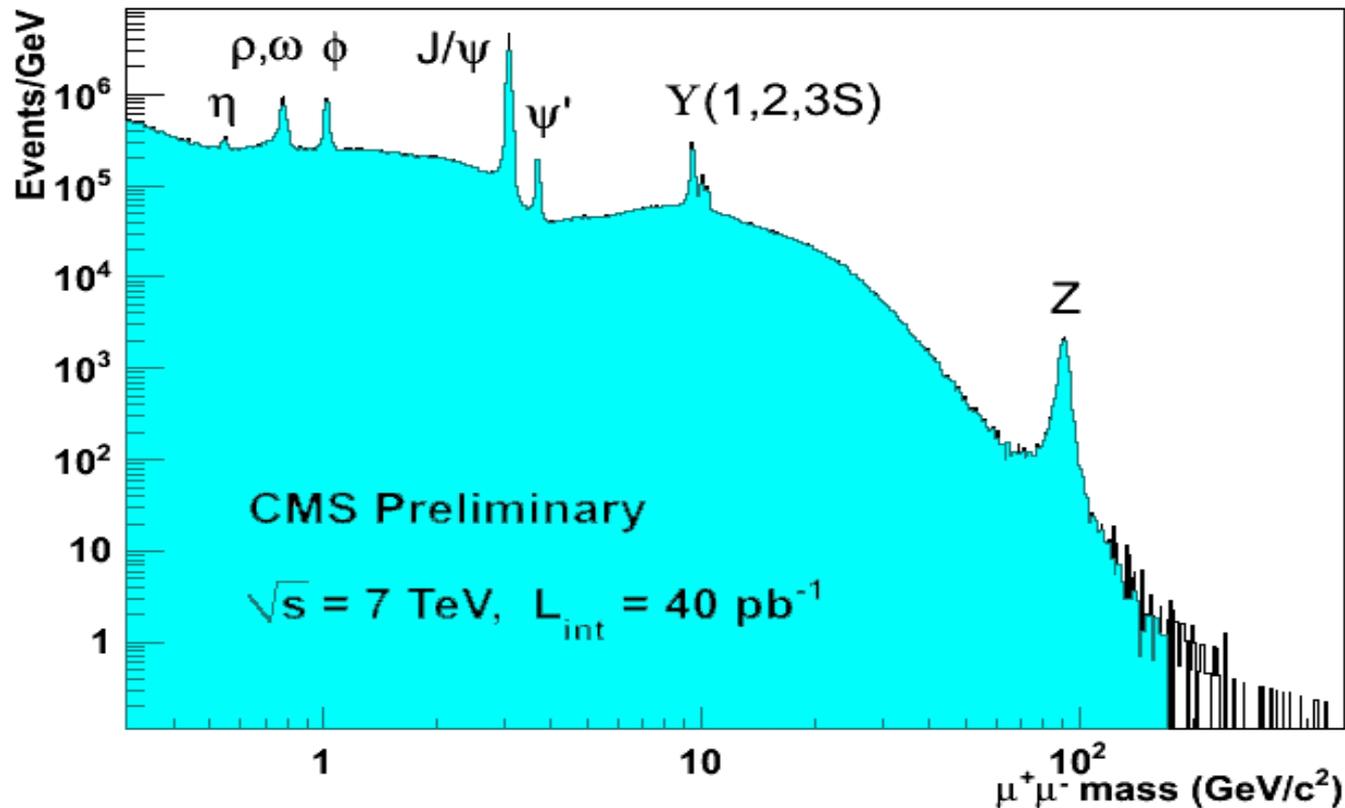
- La tasa de bit manejada por CMS ($\sim 500\text{Gbit/s}$) es equivalente al total intercambiado en las redes del mundo.
- ~ 15 millones Gigabytes de datos/año
 - (~ 20 millones de CDs!)
 - 10.000 enciclopedias Britannica/s.
 - Si fueran DVDs llevaría 40 millones de años ver las películas.
- Se necesita una potencia de cómputo para analizar los datos equivalente a
 - $\sim 100,000$ de los ordenadores más rápidos actualmente.



¡Repitiendo la Física del último siglo!



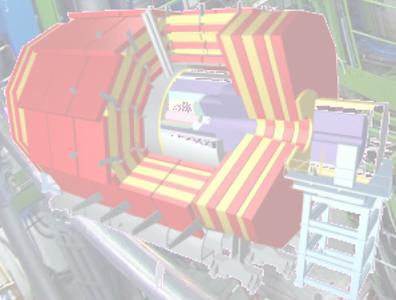
¡Repitiendo la Física del último siglo!



$$(mc^2)^2 = E^2 - \|\mathbf{p}\|^2 c^2 = E^2 - (p_x^2 + p_y^2 + p_z^2) c^2$$

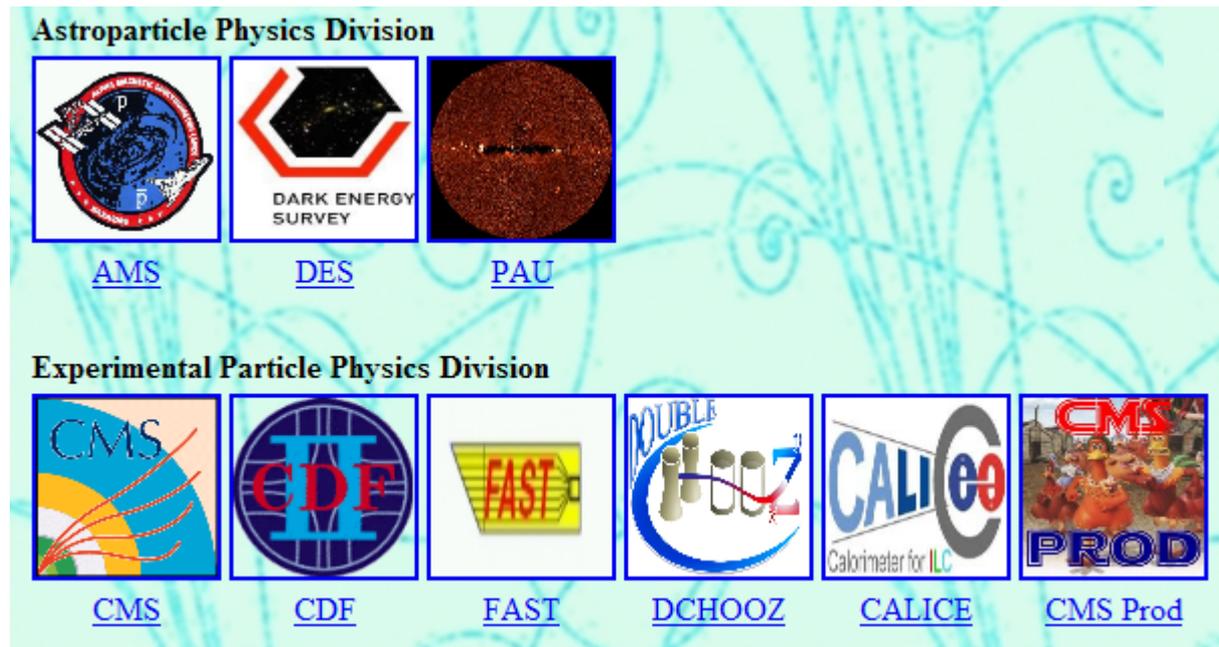
ÍNDICE

- Motivación
- El detector
- El análisis
- **El CIEMAT en CMS**



CIEMAT

- Departamento de Investigación Basica



wwwae.ciemat.es

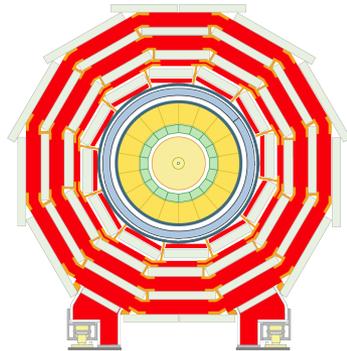
Oferta de becas en www.ciemat.es o BOE

CMS CIEMAT

MINISTERIO
DE ECONOMÍA
Y COMPETITIVIDAD

Ciemat
Centro de Investigaciones
Energéticas, Medioambientales
y Tecnológicas

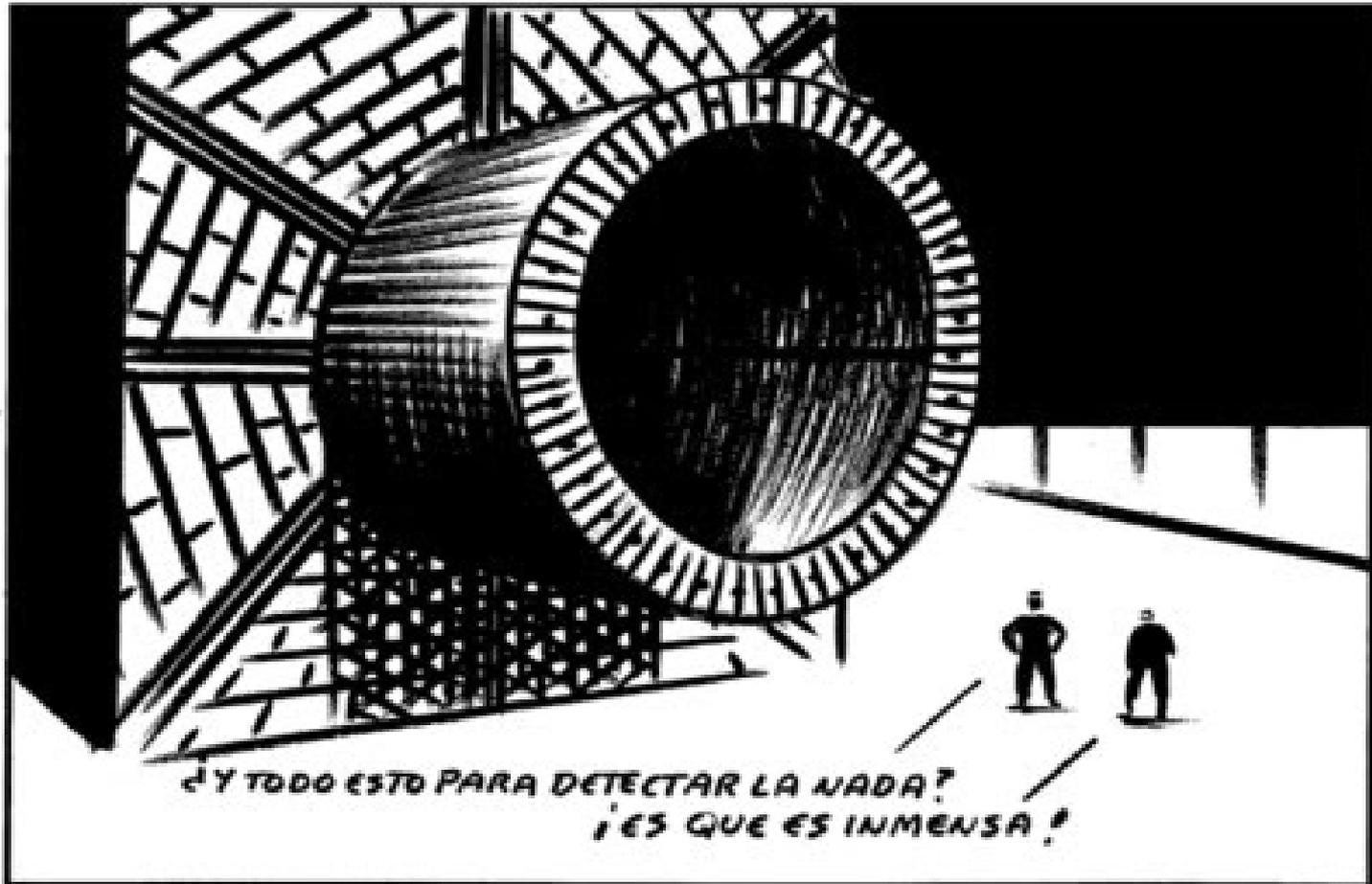
- Departamento de Investigación Básica y División Física Altas Energías.
- ~25 físicos, ~13 ingenieros, ~9 técnicos
- Construcción de 25% de las cámaras de muones y GRID



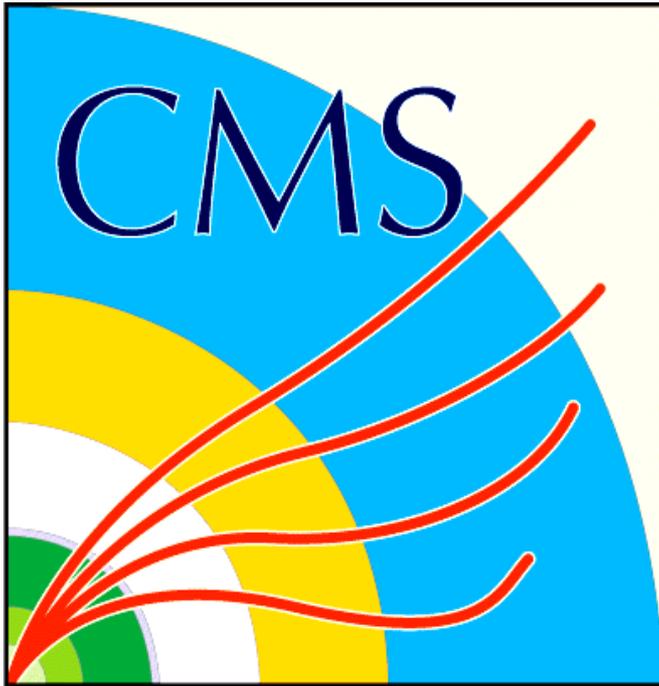
<http://wwwae.ciemat.es/cms/index.shtml>



“La verdad está ahí fuera”



Muchas gracias por su atención



Daniel Domínguez Vázquez
daniel.dominguez.vazquez@cern.ch

CIEMAT
16 junio 2012

