The background of the slide is a blue-toned image showing a complex network of white, glowing particle tracks. These tracks are circular and spiral-like, resembling the patterns seen in a bubble chamber or a particle detector. They are densely packed in some areas and more sparse in others, creating a sense of dynamic movement and scientific discovery.

Física experimental de partículas con el LHC en el IFIC: ATLAS y LHCb

Carmen García

IFIC

(CSIC-Universitat de Valencia)

Física de partículas

Cosmología

Física Nuclear

Física del estado sólido

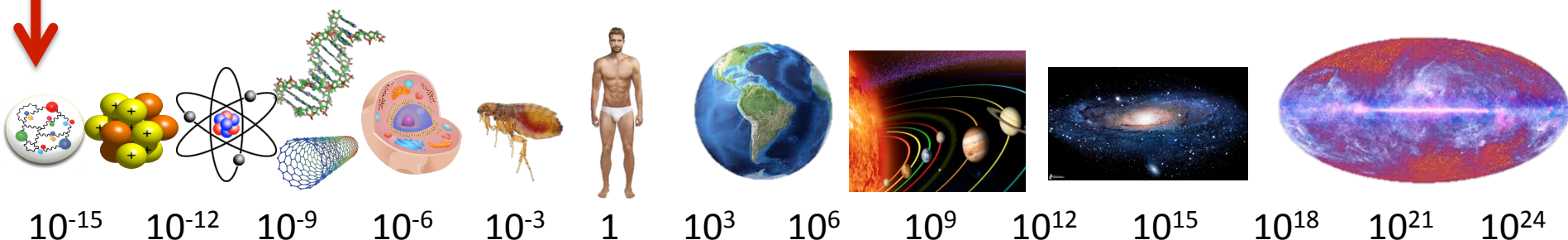
Química-Biología

Mecánica

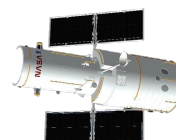
Astrofísica

Astronomía

Geofísica









fm pm nm μ m mm m Km Mm Gm Tm Pm Em



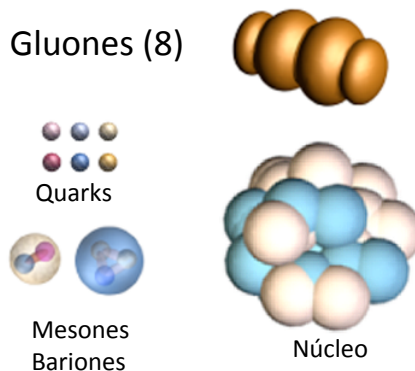
> 40 órdenes de magnitud

Constituyentes de la materia e interacciones fundamentales

LEPTONES

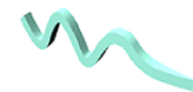
Carga eléctrica				
Tau		-1	0 	Neutrino Taónico
Muón		-1	0 	Neutrino Muónico
Electrón		-1	0 	Neutrino Electrónico

FUERTE

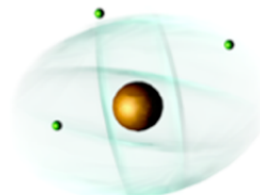


ELECTROMAGNÉTICA







Fotón



Átomos
Luz
Elementos químicos



QUARKS

Carga eléctrica				
Bottom		-1/3	2/3 	Top
Strange		-1/3	2/3 	Charm
Down		-1/3	2/3 	Up

Cada quark: **R** **A** **V**

GRAVITATORIA

Gravitón (?)

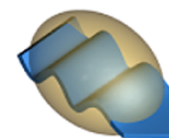


Sistema solar
Galaxias
Agujeros Negros

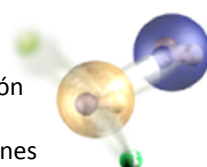


DÉBIL

Bosones
W y Z



Desintegración del neutrón
Radiactividad β
Interacción de los neutrones
Procesos solares

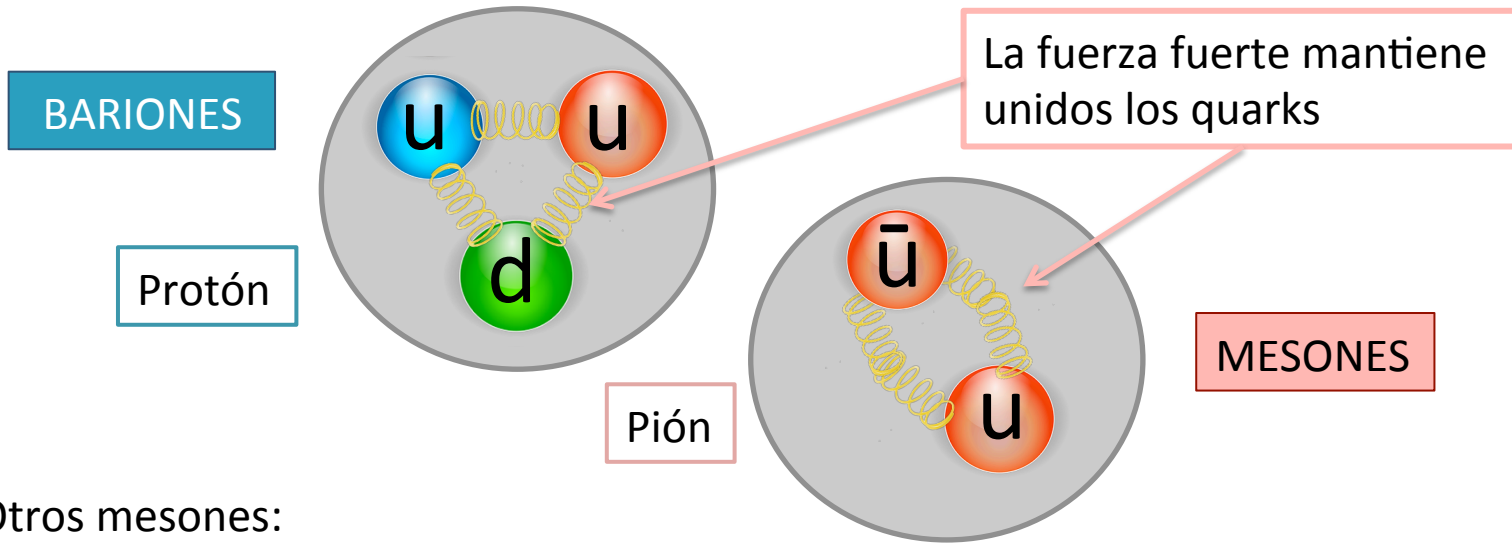


Necesitamos:

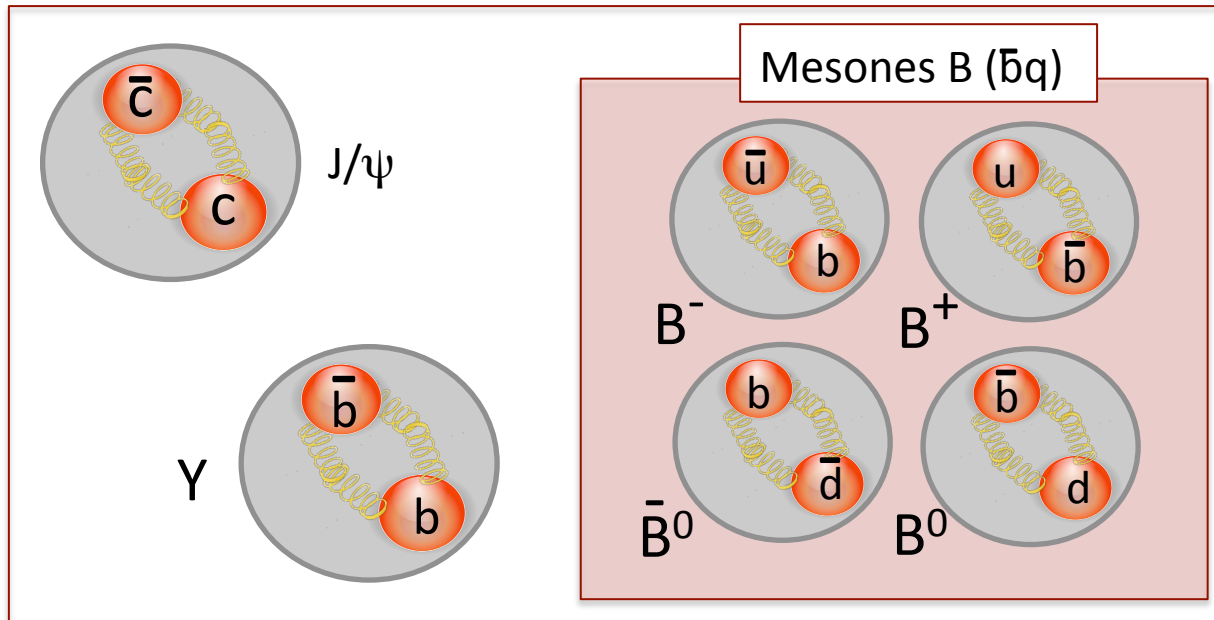
- Suficiente energía para producir nuevas partícula, al menos igual que su masa ($E=mc^2$).
- Suficiente intensidad (suficientes interacciones) para producir suficientes partículas.

Bariones y Mesones

Los quarks no existen aislado sino que están “confinados” formando:



Otros mesones:



MUCHOS MÁS
BARIONES Y
MESONES

La biblia de las partículas: PDG ("Particle Data Book")

STRANGE MESONS

K_L^0	130
K_S^0	310
K^0	311
K^+	
$K_0^*(800)^0$	
$K_0^*(800)^+$	
$K_0^*(1430)^0$	
$K_0^*(1430)^+$	
$K(1460)^0$	
$K(1460)^+$	
$K(1830)^0$	
$K(1830)^+$	
$K_0^*(1950)^0$	
$K_0^*(1950)^+$	
$K^*(892)^0$	
$K^*(892)^+$	323
$K_1(1270)^0$	10313
$K_1(1270)^+$	10323
$K_1(1400)^0$	20313
$K_1(1400)^+$	20323
$K^*(1410)^0$	100313
$K^*(1410)^+$	100323

CHARMED MESONS

D^+	411
D^0	421
$D_0^*(2400)^+$	10411
$D_{s1}(2536)^+$	10433
$D_{s1}(2460)^+$	20433
$D_{s2}^*(2573)^+$	435
BOTTOM MESONS	
B^0	511
B^+	521



$c\bar{c}$ MESONS

$\eta_c(1S)$	441
$\psi(3770)$	30443
$\chi_{c2}(1P)$	445
$\chi_{c2}(2P)$	100445*
$b\bar{b}$ MESONS	
$\eta_b(1S)$	551
$\chi_{b0}(1P)$	10551
$\eta_b(2S)$	100551
$\chi_{b0}(2P)$	110551
$\eta_b(3S)$	200551
$\chi_{b0}(3P)$	210551
$\Upsilon(1S)$	553

LIGHT BARYONS

p	2212
BARYONS	
Λ	3122
Σ^{*0}	3214 ^d
Σ^{*-}	3114 ^d
Ξ^0	3322
Ξ^-	3312
Ξ^{*0}	3324 ^d
Ξ^{*-}	3314 ^d
Ω^-	3334
CHARMED BARYONS	
Λ_c^+	4122
Σ_c^{++}	4222
Σ_c^+	4212

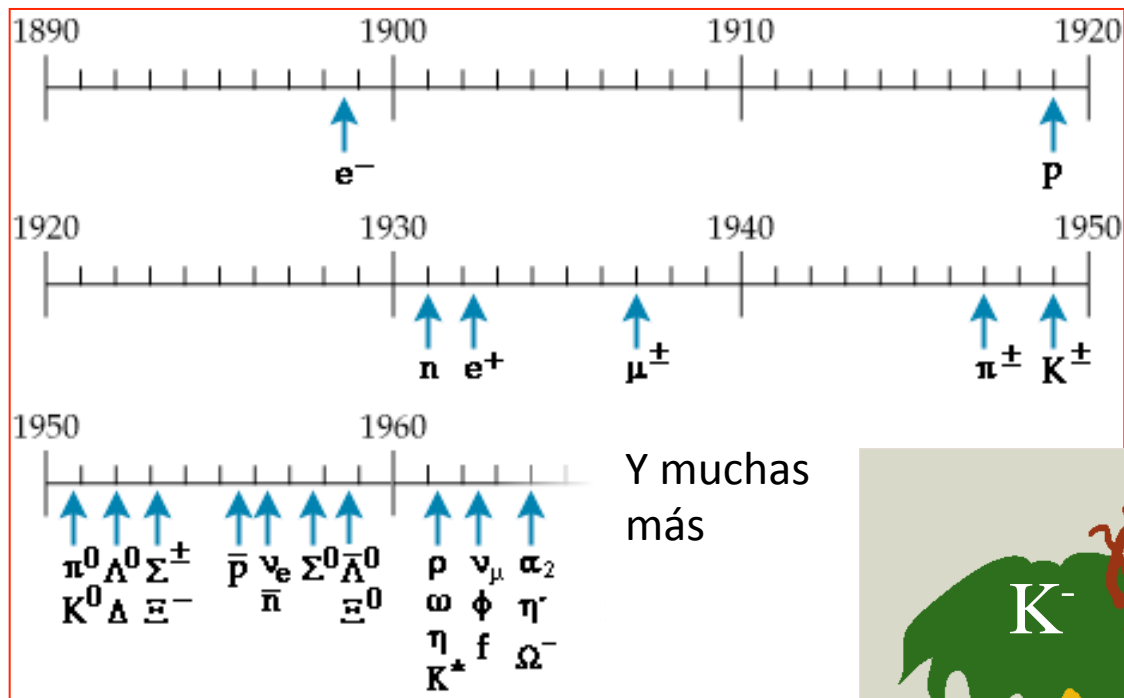
BOTTOM BARYONS

Λ_b^0	5122
Σ_b^-	5112
Σ_b^0	5212
Σ_b^+	5222
Σ_b^{*-}	5114
Σ_b^{*0}	5214
Σ_b^{*+}	5224
Ξ_b^-	5132
Ξ_b^0	5232
$\Xi_b'^-$	5312
$\Xi_b'^0$	5322
Ξ_b^{*-}	5314
Ξ_b^{*0}	5324
Ω_b^-	5332
Ω_b^{*-}	5334
Ξ_{bc}^0	5142
Ξ_{bc}^+	5242
$\Xi_{bc}'^0$	5412
$\Xi_{bc}'^+$	5422
Ξ_{bc}^{*0}	5414

“Joven, si pudiera recordar el nombre de todas estas partículas habría sido botánico”

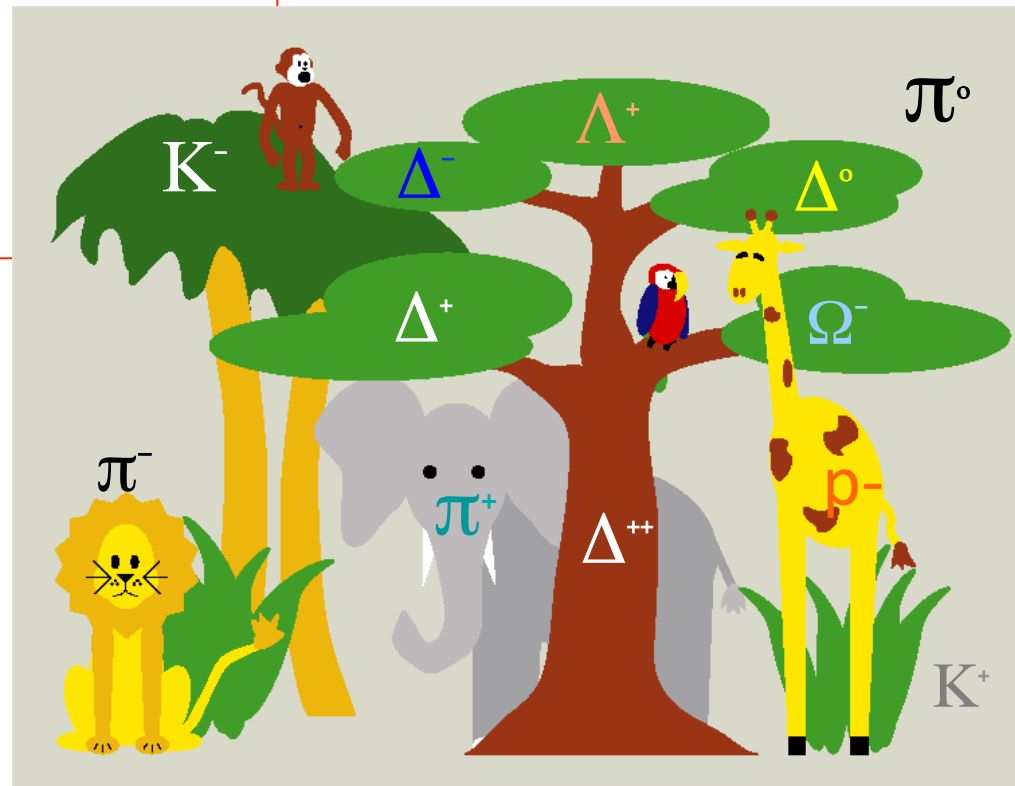
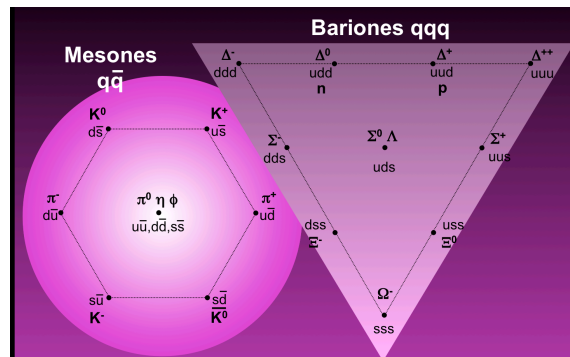
E. Fermi a su estudiante de doctorado L. Lederman (ambos Premios Nobel)

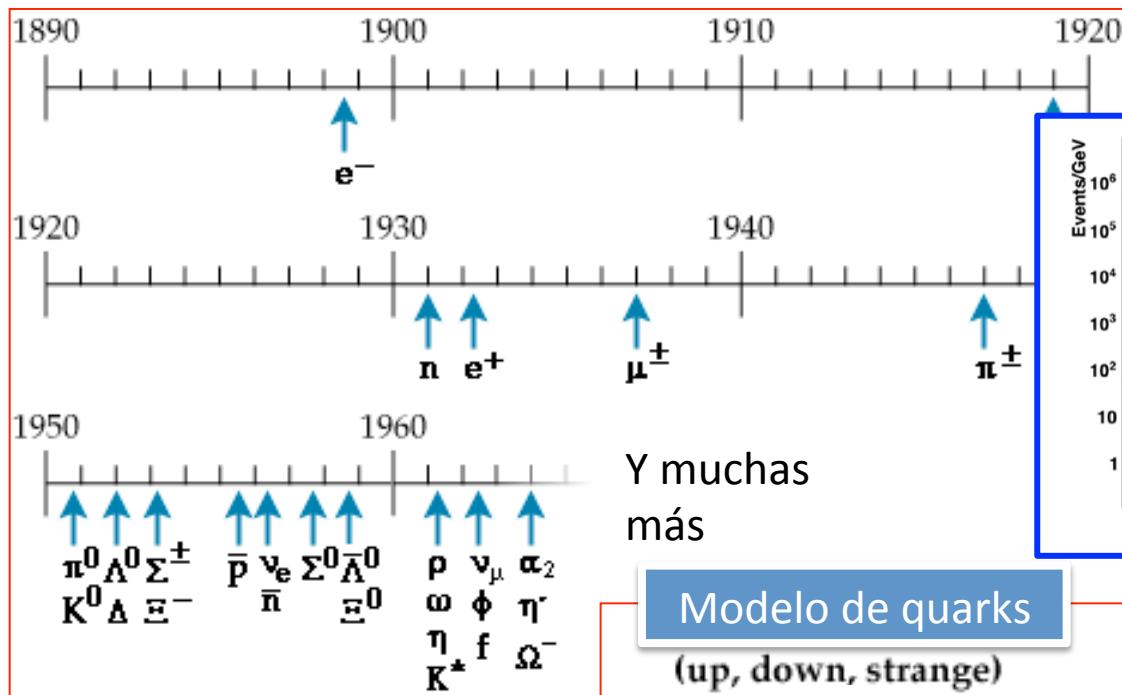
- Actualmente se conoce > 200 partículas
- Muchas de estas partículas son inestables y se desintegran en partículas más ligeras



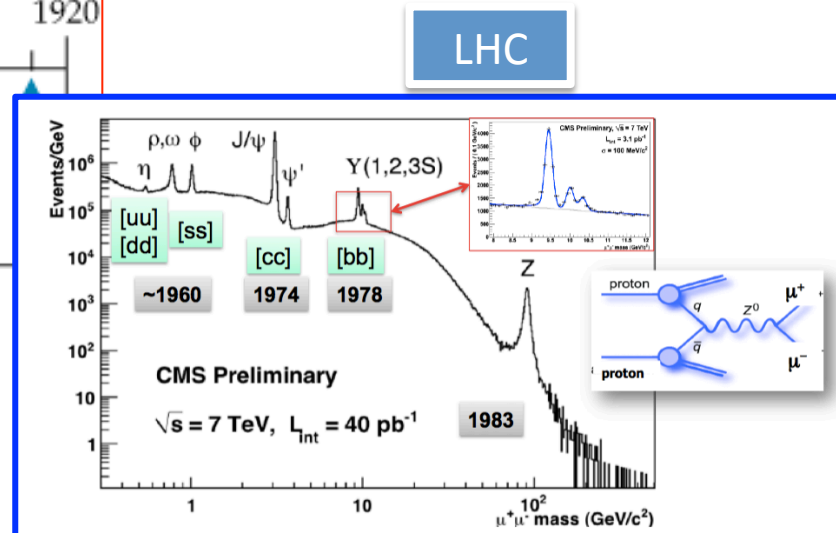
Y muchas más

Menuda jungla





Y muchas más

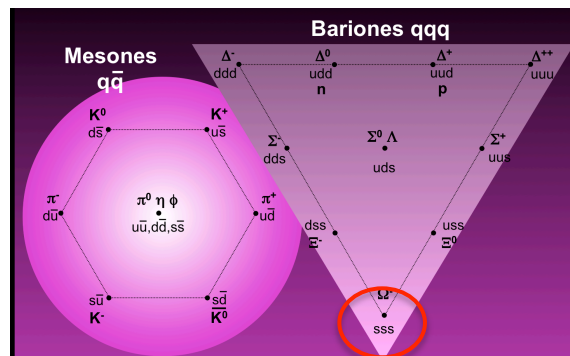
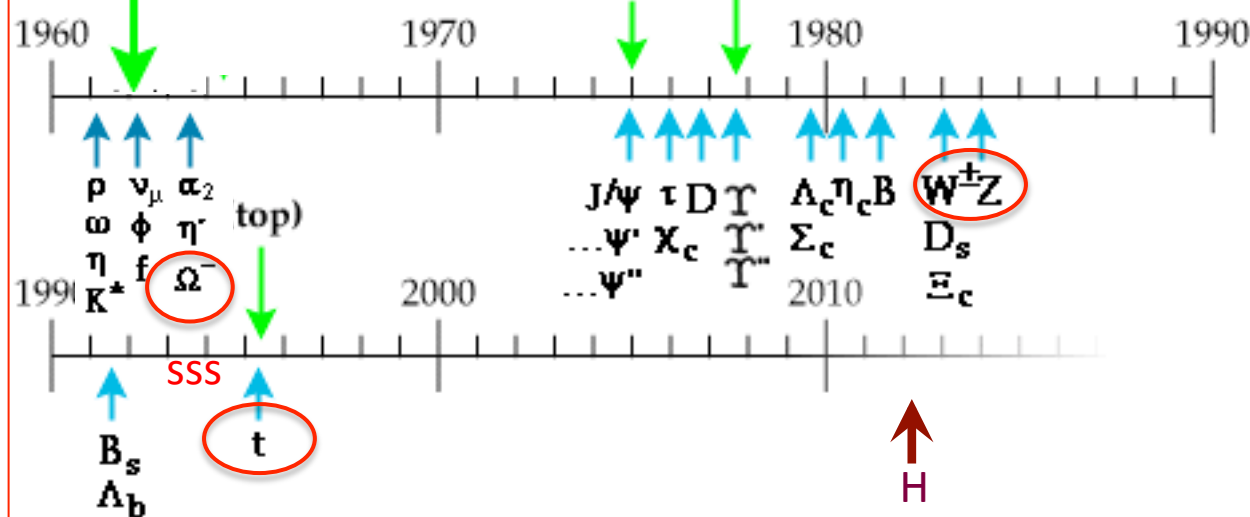


Modelo de quarks

(up, down, strange)

(bottom)

(charm)



Durante el último siglo se han construido muchas generaciones de aceleradores para proporcionar **partículas cada vez más energéticas**, que nos han permitido realizar experimentos encaminados a **entender la estructura última de la materia y sus interacciones**.



Lawrence con el primer
Ciclotrón

70 años
después



Cada salto en energía, nos permite adentrarnos más en la estructura subatómica, mostrándonos detalles nunca vistos antes, produciendo nuevas partículas que confirman las teorías que unifican las fuerzas de la naturaleza y nos han llevado cada vez más cerca del inicio de la creación de universo.

Las unidades que utilizamos:

Energía en eV:

Energía que adquiere un electrón al moverse en una diferencia de potencial de 1 voltio

$$1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$$

Masa en eV/c²:

A partir de $E=mc^2$.

$$m_e = 0,5 \text{ MeV}/c^2$$

$$m_p = 938 \text{ MeV}/c^2$$

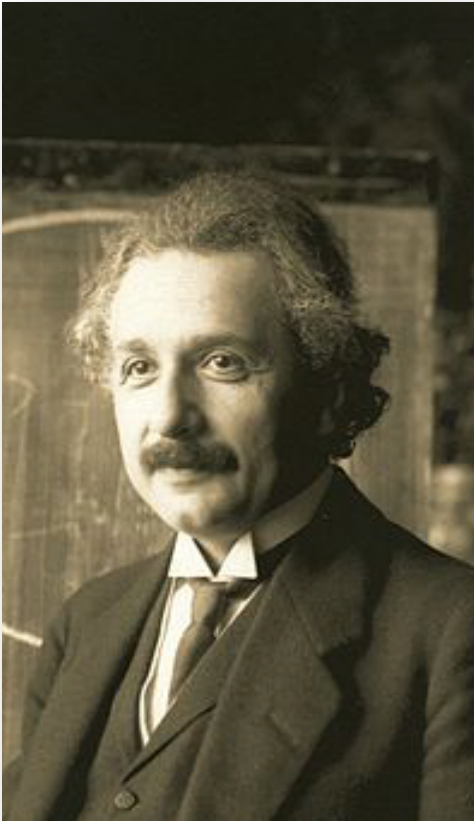
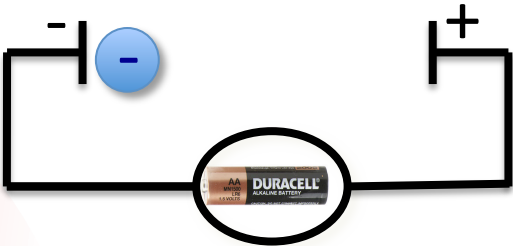
Momento en eV/c:

A partir de $E^2=(mc^2)^2 + p^2 c^2$

$$\begin{aligned} 1 \text{ keV} &= 10^3 \text{ eV} \\ 1 \text{ MeV} &= 10^6 \text{ eV} \\ 1 \text{ GeV} &= 10^9 \text{ eV} \\ 1 \text{ TeV} &= 10^{12} \text{ eV} \end{aligned}$$

En unidades naturales $c=1$:
Energía en **eV**, Masa en **eV** y Momento en **eV**

$$E=q V$$



Las grandes cuestiones del LHC

El bosón de Higgs

La búsqueda del bosón de Higgs



Source: The Economist

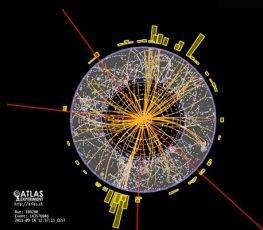


27 Km, 50 → 204 GeV

LHC (2005): 27 Km, 7-8 → 13,5-14 TeV

Tevatrón (1992): 6,3 Km, 980 GeV

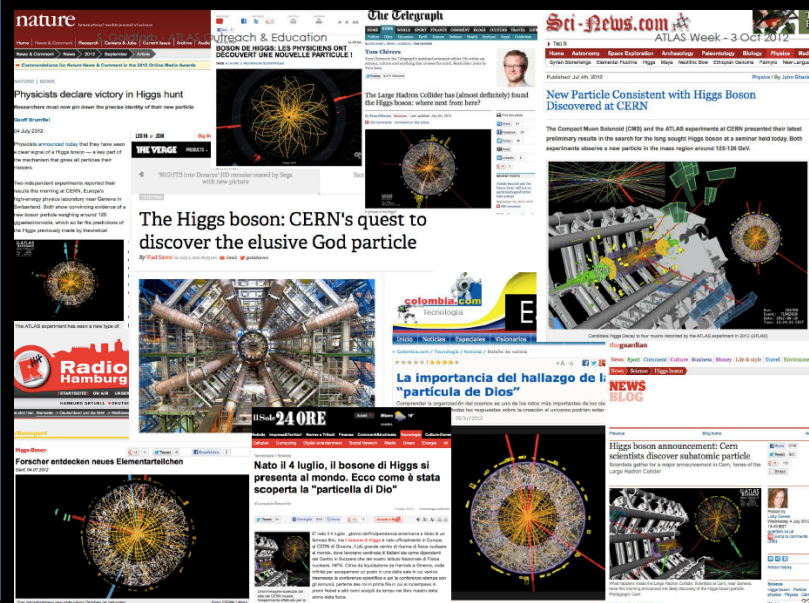
El descubrierto del bosón de Higgs



ATLAS
A Torus LArge
A Torus LArge
A Torus LArge



4 de julio de 2012



Premio Nobel de Física 2013



François Englert y Peter W. Higgs

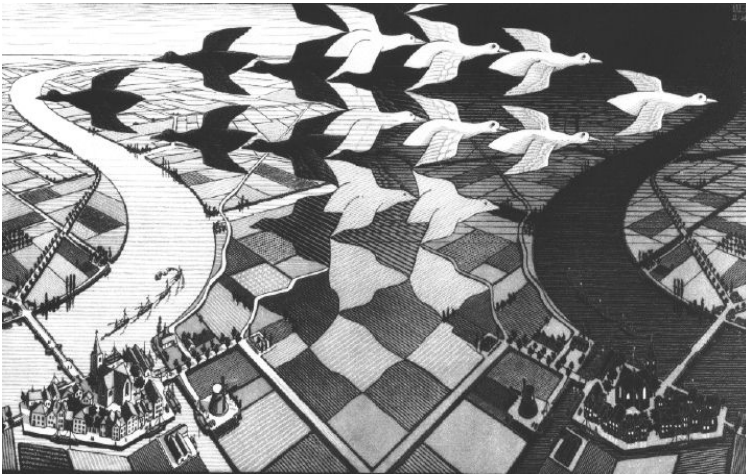
Premio Príncipe de Asturias 2013



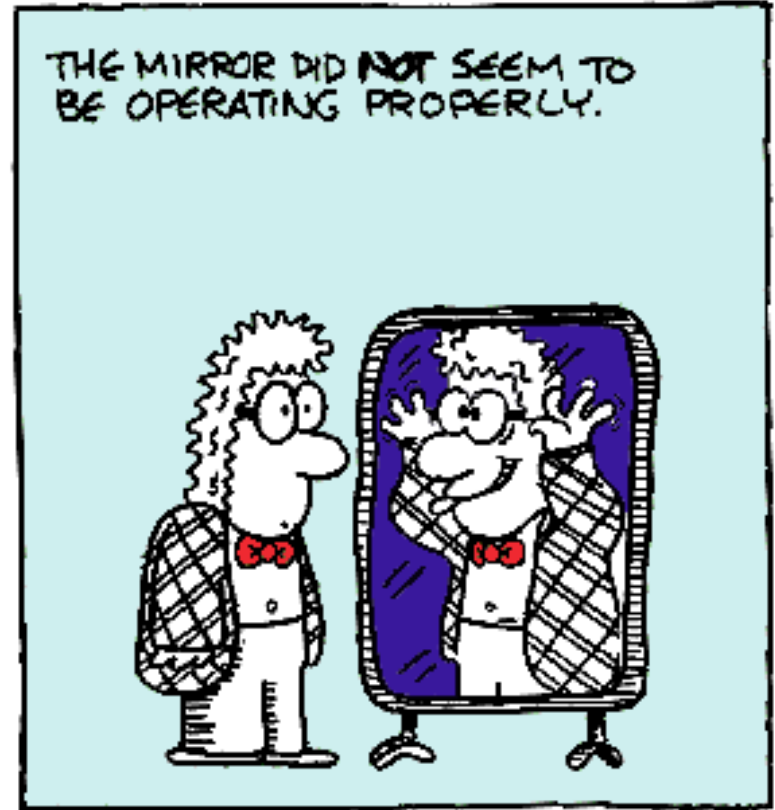
François Englert , Peter W. Higgs y CERN

La asimetría materia-antimateria

¿Dónde ha ido toda la antimateria?



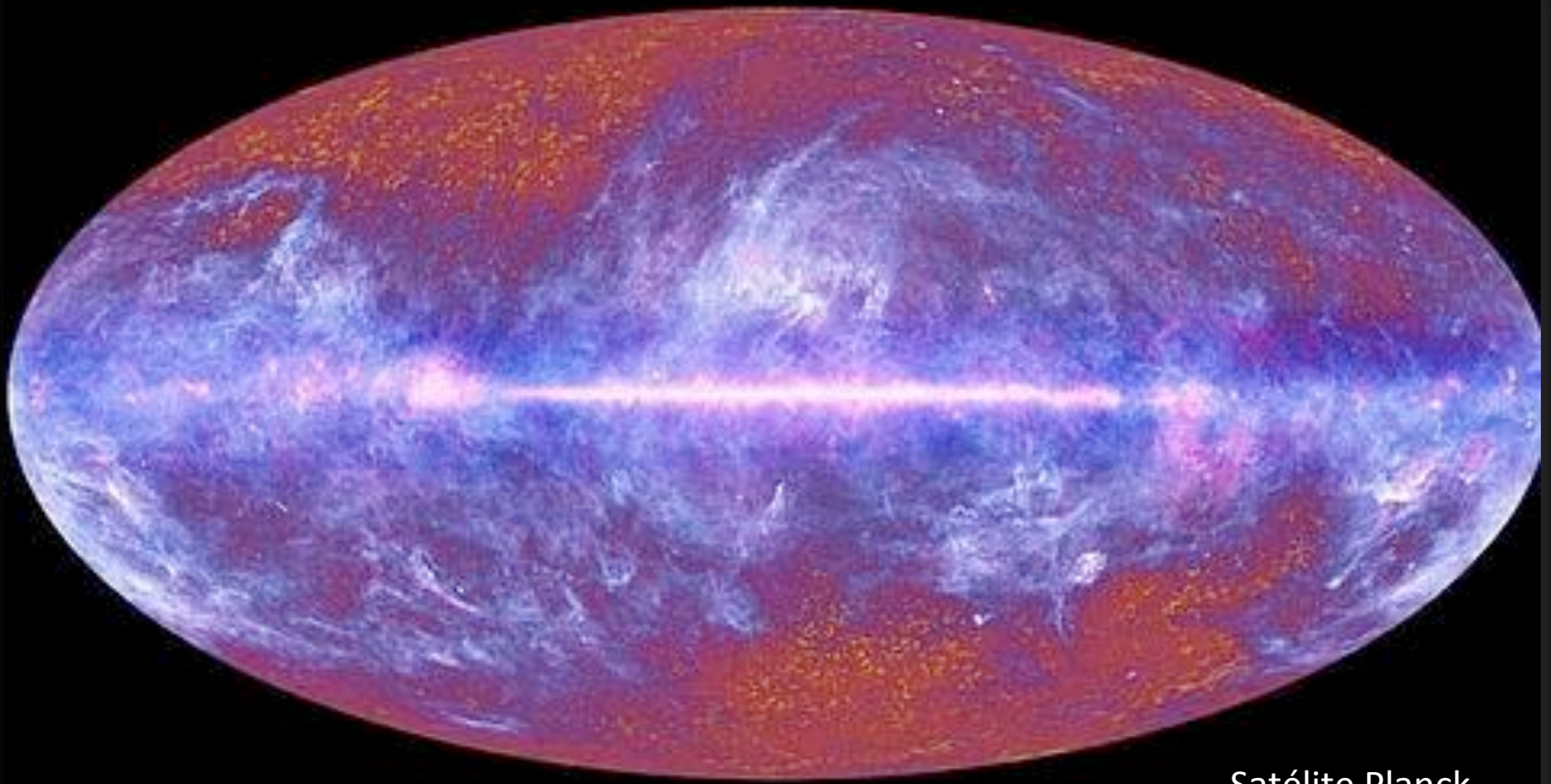
¿La materia y la antimateria se crearon en iguales cantidades?



¿Son la materia y la antimateria exactamente simétricas?

La búsqueda de materia oscura

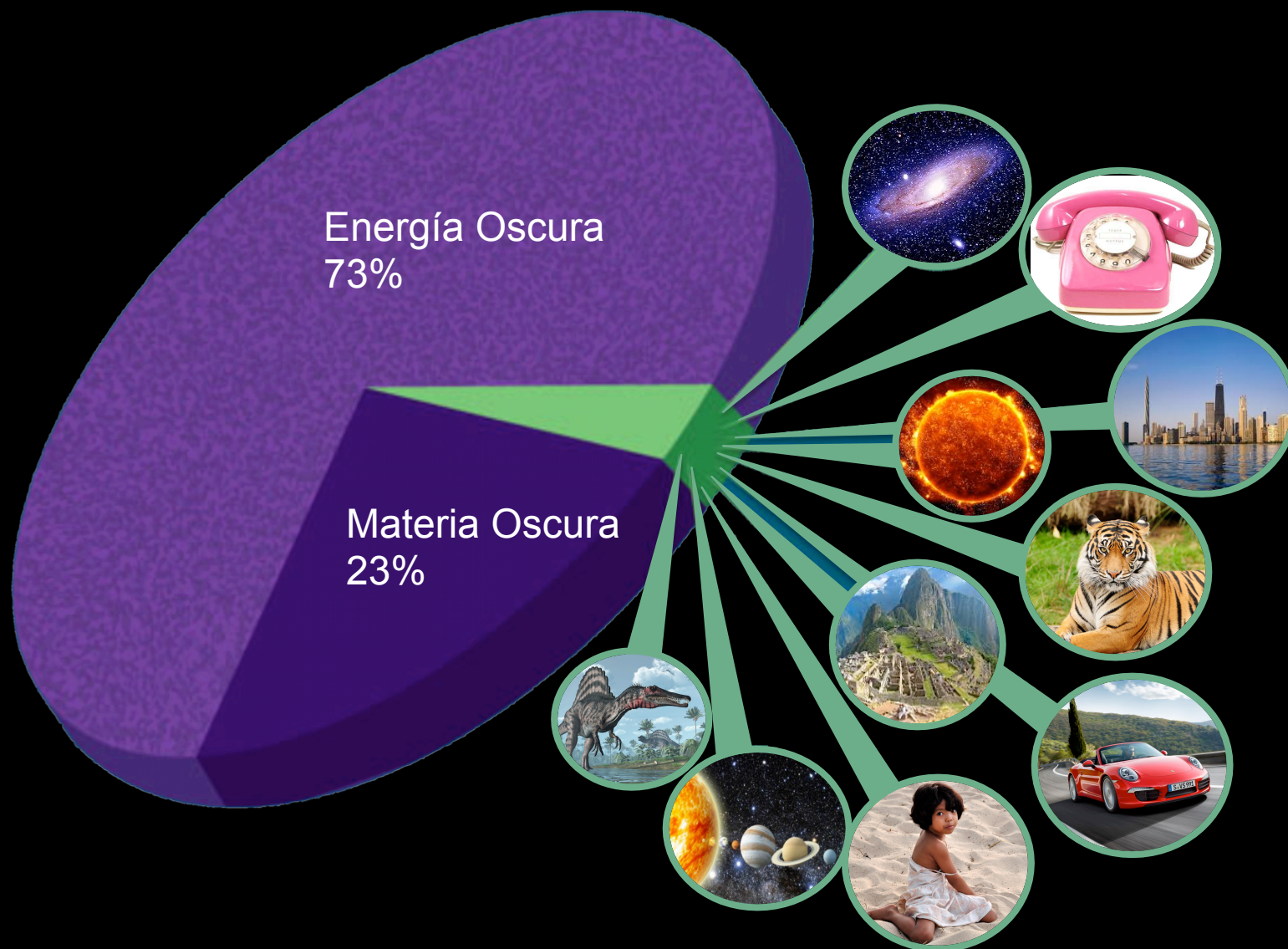
¿De qué está hecho el Universo?



Satélite Planck

El Universo cuando sólo tenía 380000 años ...

¿De qué está hecho el Universo?



WANTED

DEAD OR ALIVE

(no absorbe ni emite luz)
(no se desintegra)
(no relativista)
(no cargado)

Oscuro
Estable
Frio
Neutro

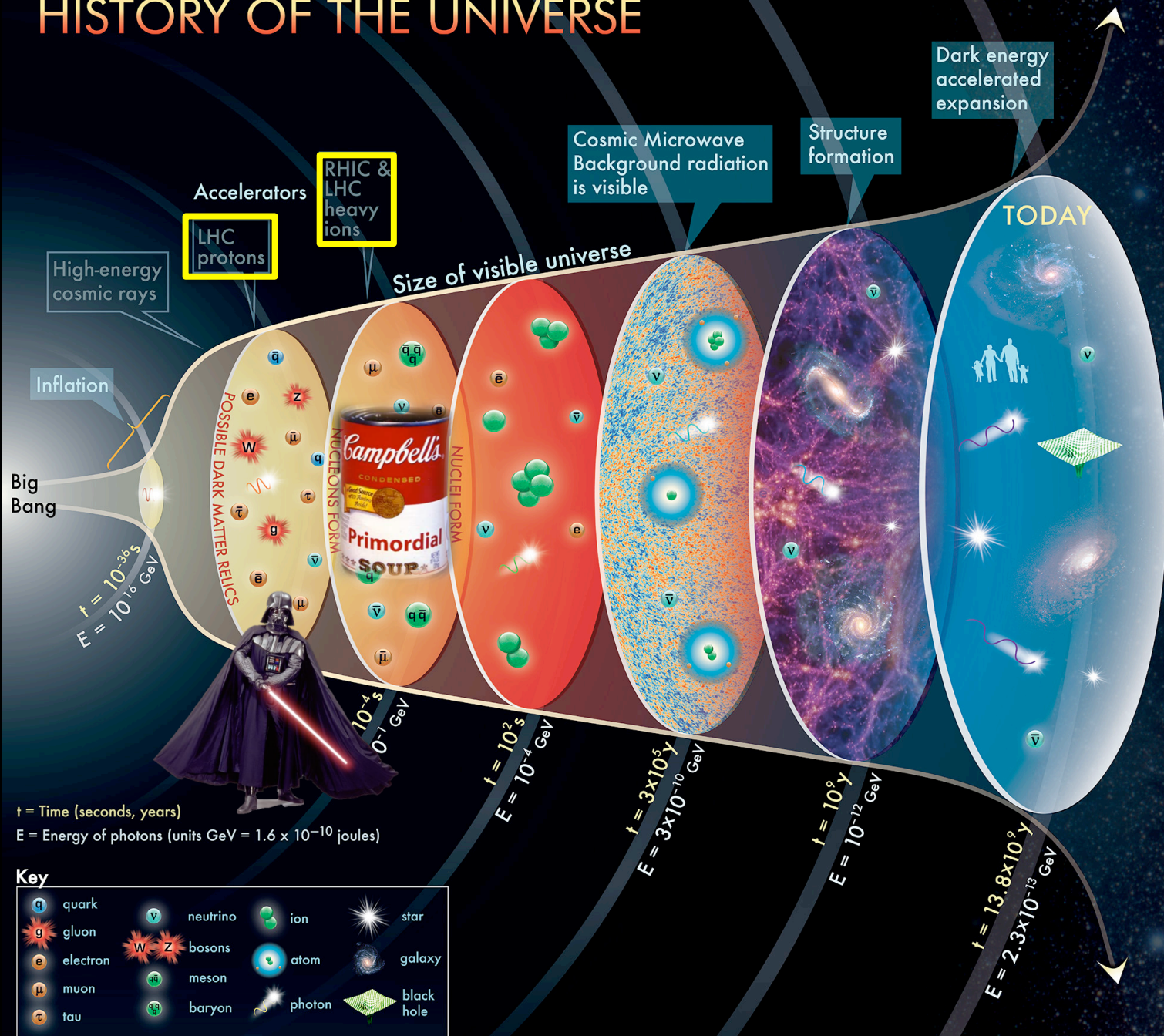


REWARD \$4200

in gold coin for the capture.

El plasma de quark-gluones

HISTORY OF THE UNIVERSE



The concept for the above figure originated in a 1986 paper by Michael Turner.

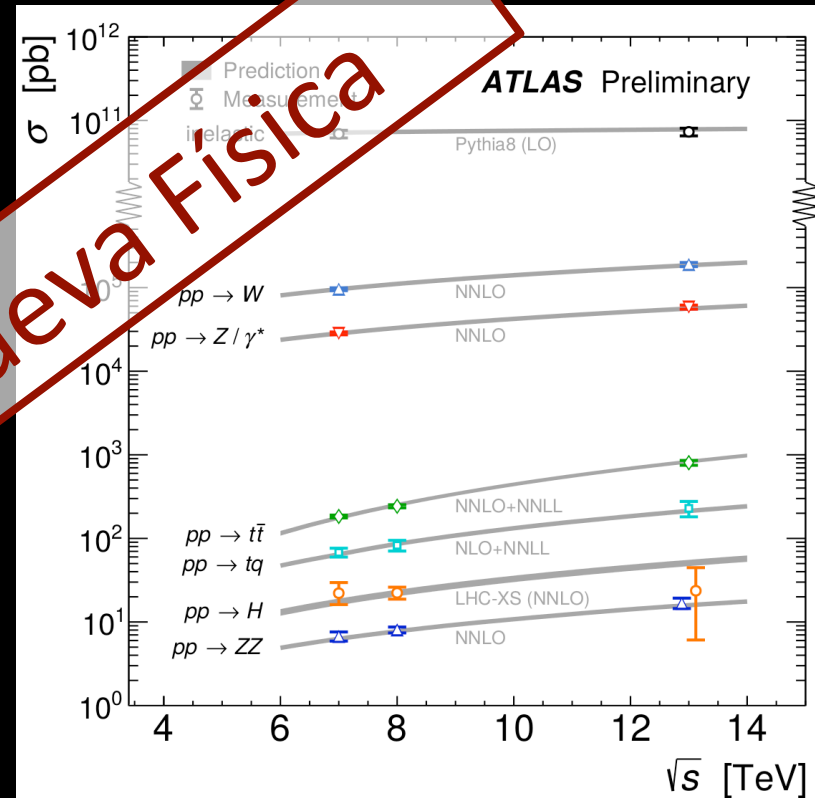
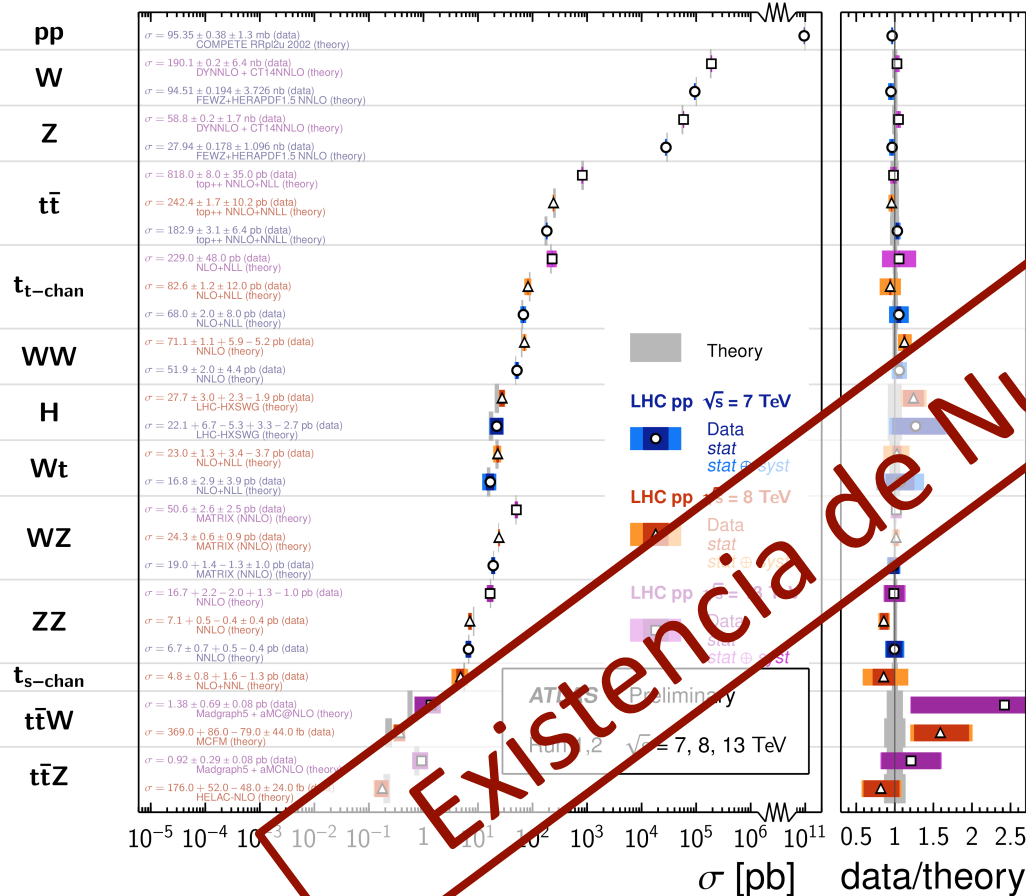
Particle Data Group, LBNL © 2015

Supported by DOE

Verificar el Modelo
Estándar a alta
energías

Verificar el Modelo Estándar

Standard Model Total Production Cross Section Measurements Status: June 2016



LHC



TO DO LIST:

- ☒ *Encontrar el Bosón de Higgs*
- ☒ *Medir sus propiedades*
- ☐ *Hay más Bosones de Higgs*
- ☐ *¿Son simétricas materia y antimateria?*
- ☐ *Encontrar la Materia Oscura*
- ☐ *¿Cómo surgieron las partículas elementales?*
- ☐ *¿Son las partículas elementales?*
- ☐ *Cómo encajar la gravedad*

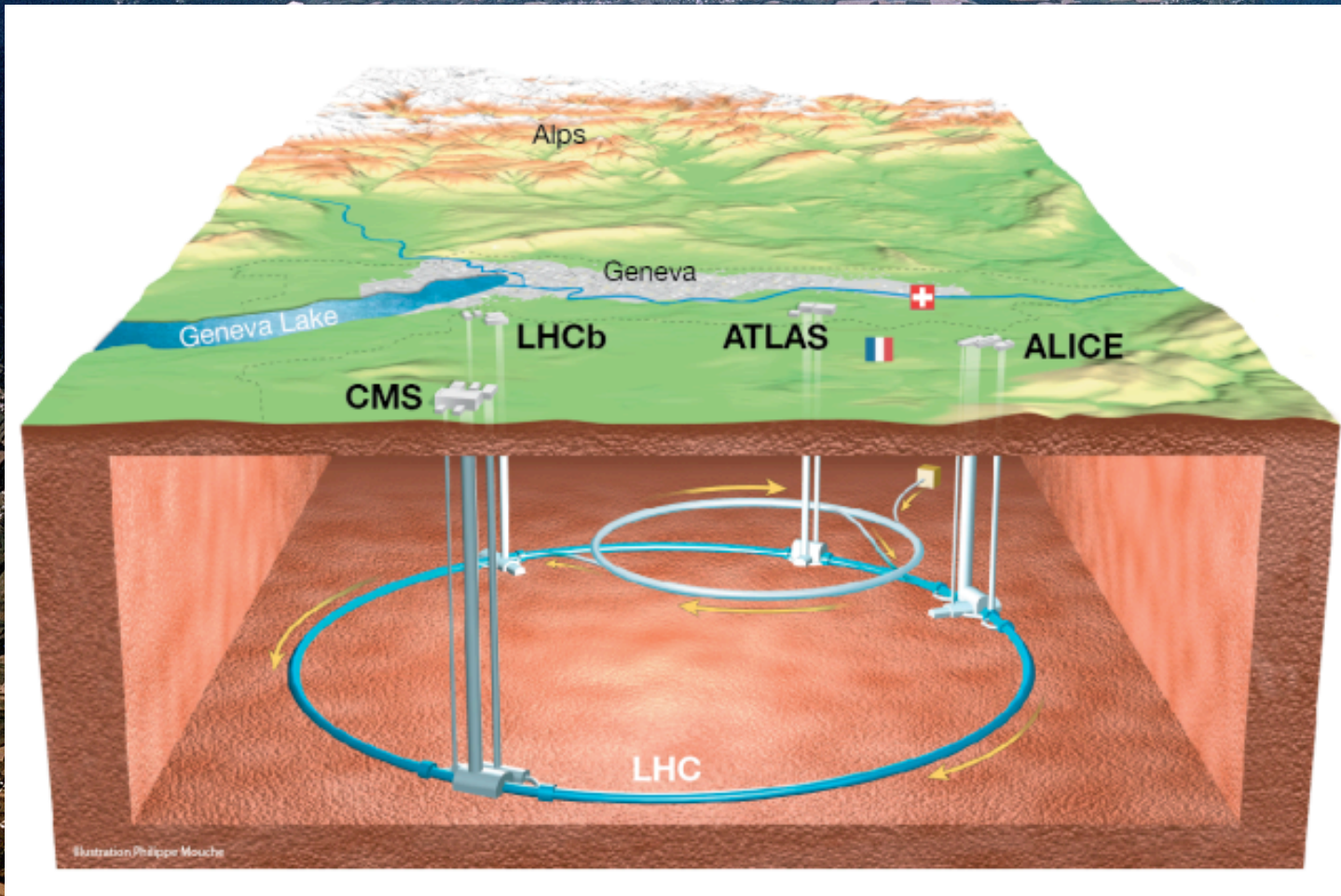
LHC



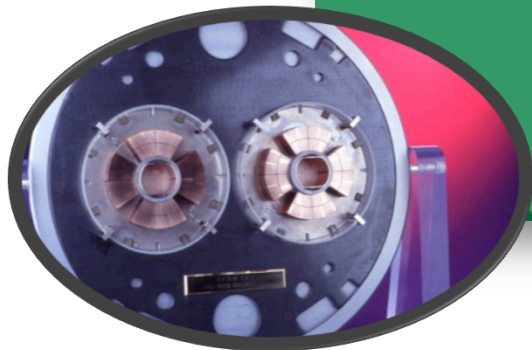
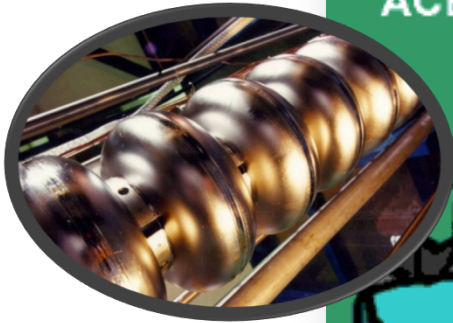
LHC (Large Hadron collider)

Instalado en el tunel de 27 km de LEP
a una profundidad de 70-140 m

Lago de Lemán



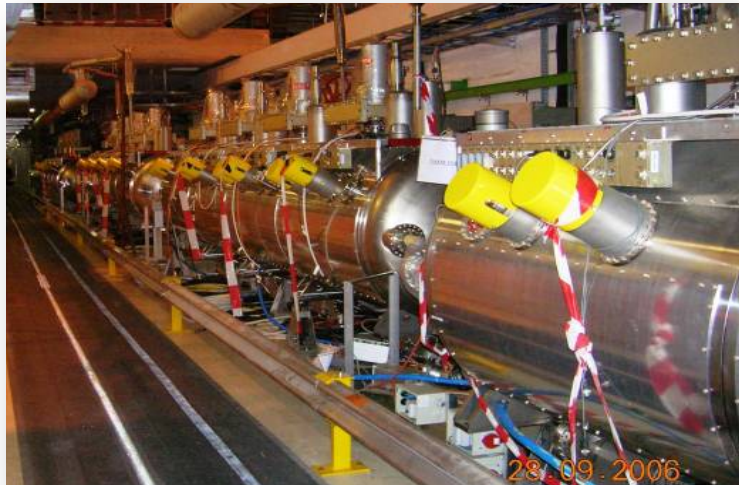
Acelerador típico de partículas



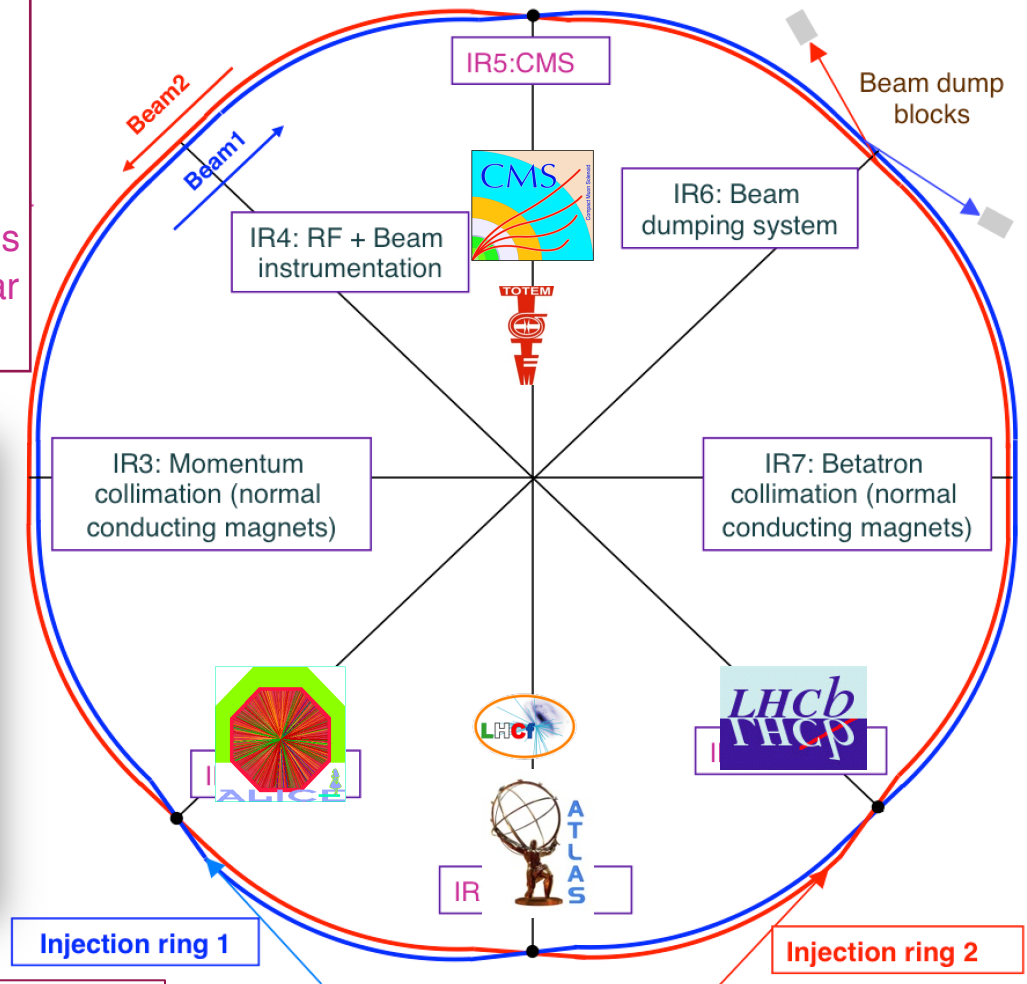
LHC (Large Hadron collider)

Diseño del LHC

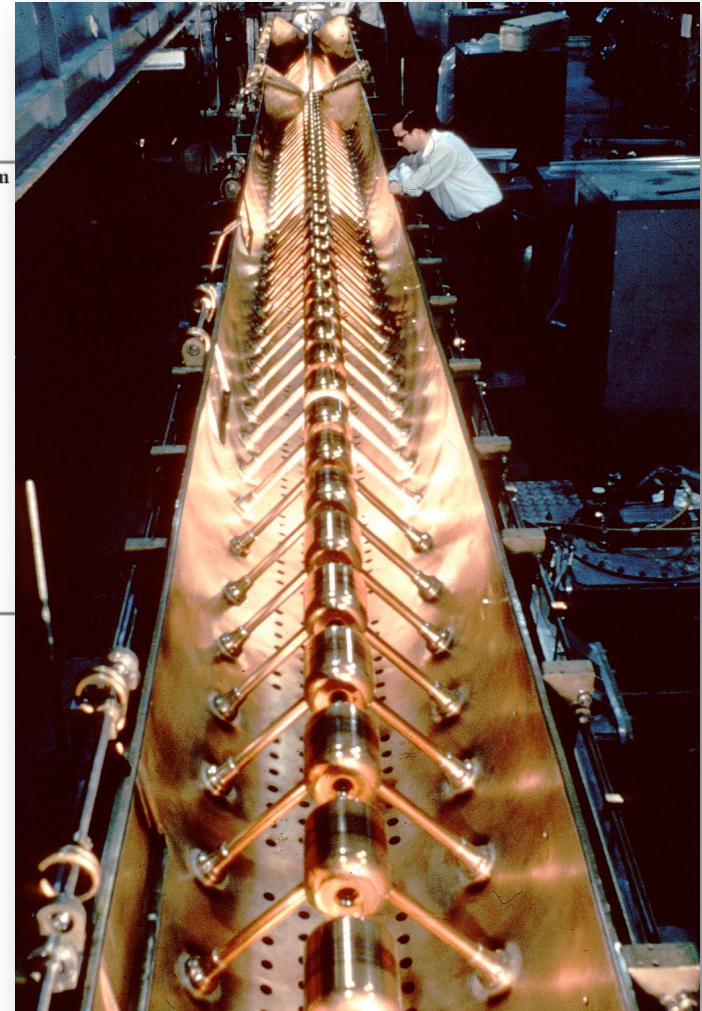
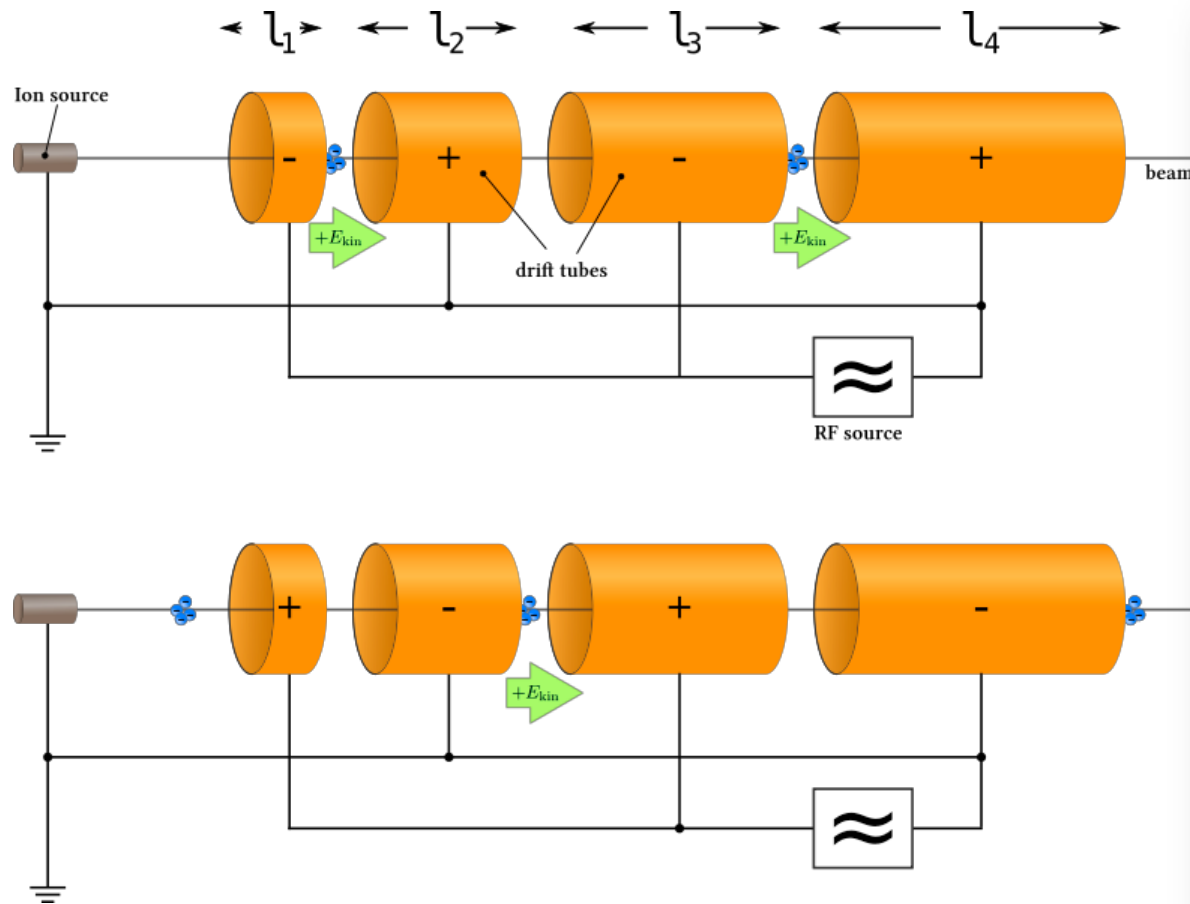
- 8 arcos
- 8 regiones rectas (LSS),
~ 700 m de largo.
- Los haces intercambian sus posiciones (dentro/fuera) en 4 puntos para asegurar las mismas circunferencias



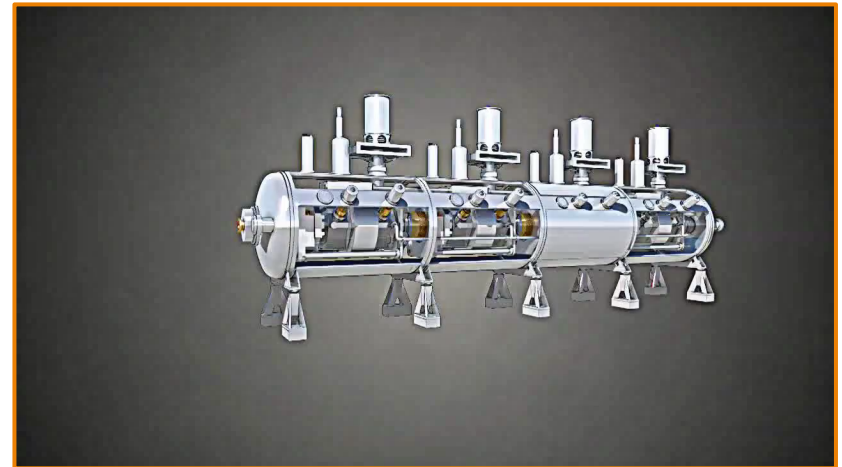
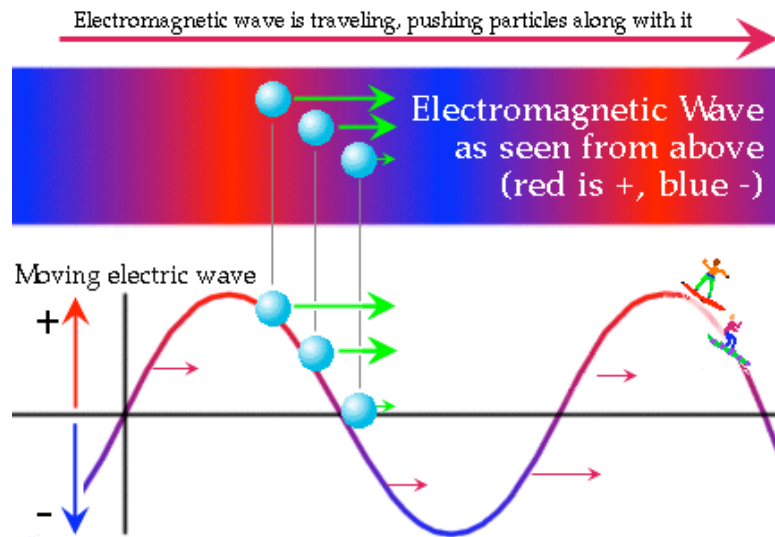
- 16 cavidades de RF de 2 MV (8 por haz), a 400 MHz con 16 MV/haz → **7TeV/haz**.
- El haz gana 0.5 MeV por vuelta, tarda ~ 20 minutos en alcanzar 7 TeV.



Cavidades de radiofrecuencia

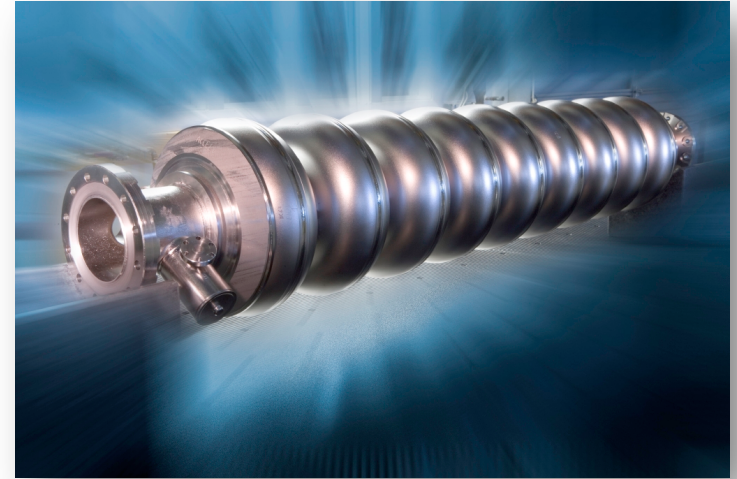
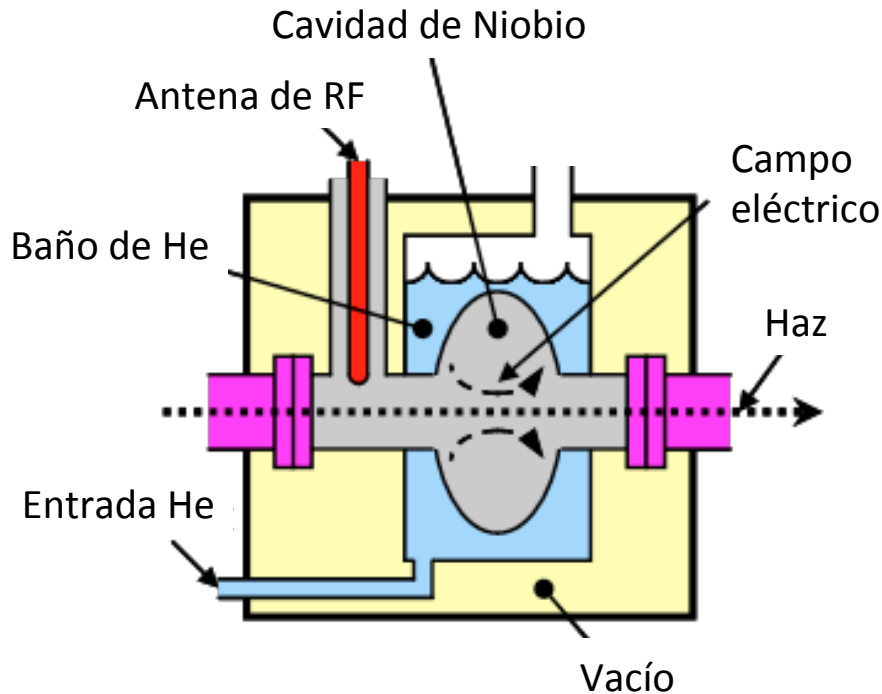


Como actúan las cavidades de RF



Las partículas cercanas a la cresta de la onda experimentan mayor aceleración que las cercanas al centro. Como resultado las partículas se van agrupando en **paquetes**.

Cavidades de RF superconductoras



Superconductividad → algunos materiales a temperaturas cerca de 0 K tienen una resistencia eléctrica nula.

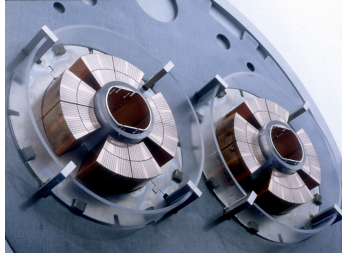
Cobre

12.500 A

Niobio

Misma resistencia

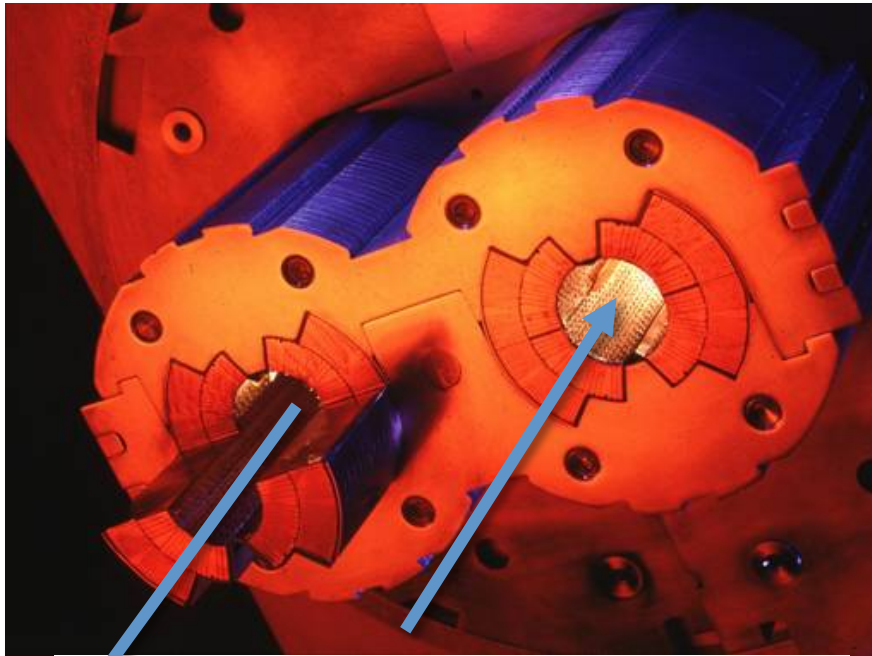
Los imanes del LHC



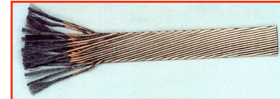
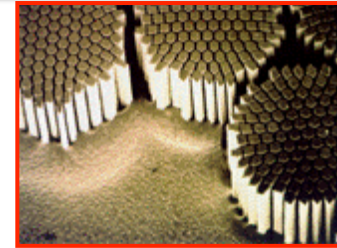
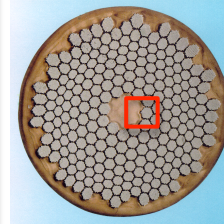
LHC utiliza alrededor de 9300

El mayor reto tecnológico del LHC son los **dipolos**
SUPER-CONDUCTORES

1232 dipolos, 392 cuadrupolos, sextupolos, octupolos.....



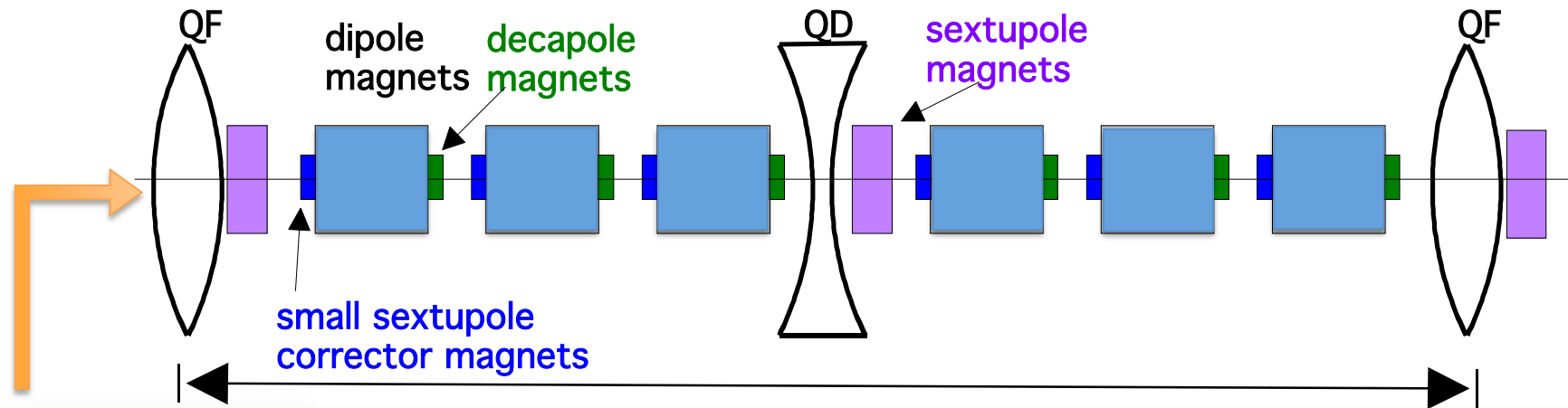
Los imanes están sumergidos en un baño de Helio SUPERFLUIDO a -271°C (1.9°K).



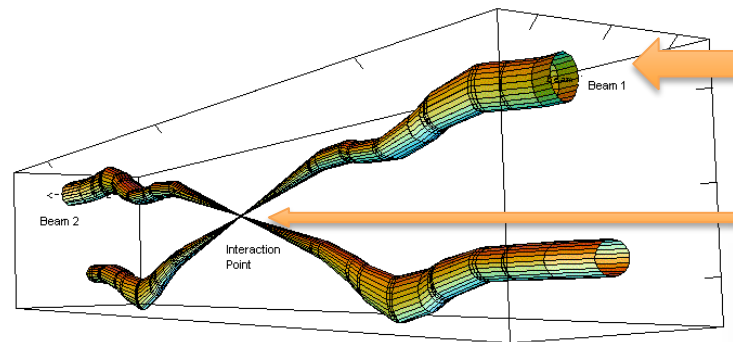
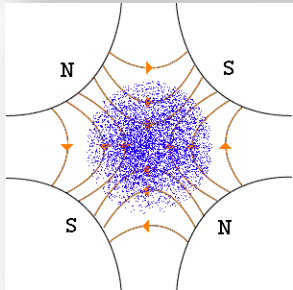
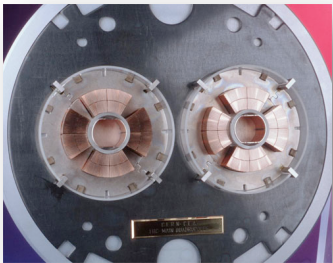
Presión a 1000 Km de altura, 10 veces menos atmósfera que en la Luna

- Los dipolos utilizan un total de 250.000 Km de cable: suficiente para dar 6,8 veces la vuelta a la tierra por el ecuador.
- Los cables consisten en 6300 filamentos de niobio-titanio, envueltos en cobre. El diámetro de cada filamento 10 veces menor que la de un cabello humano

Los haces del LHC



Celda FODO del LHC: 110 m de longitud (vista esquemática)



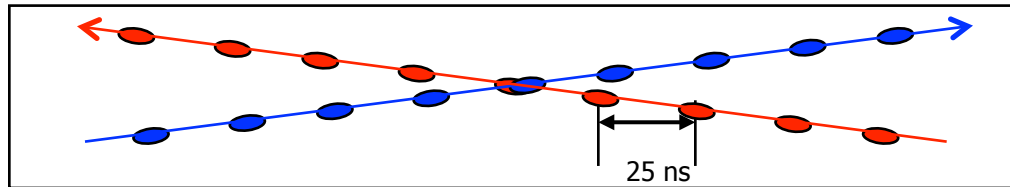
Relative beam sizes around IP1 (Atlas) in collision



La dimensión del haz es del orden de 1,6 mm → los paquetes de partículas se comprimen a 16µm en el punto de colisión

La energía del LHC: 7TeV + 7TeV

1 TeV = energía cinética de un mosquito volando lentamente



2802 paquetes * 115.000.000.000 prot.

El LHC almacenará una energía en sus haces de **360 MJ/haz**

Lo importante no es sólo la cantidad de energía almacenada en los imanes sino cómo se libera

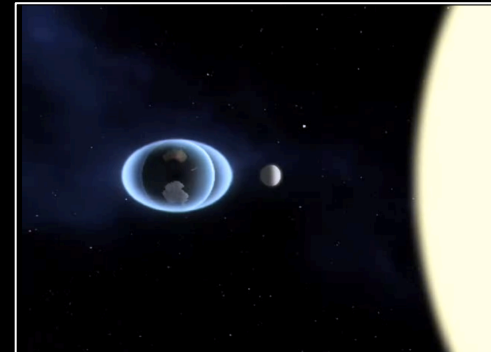
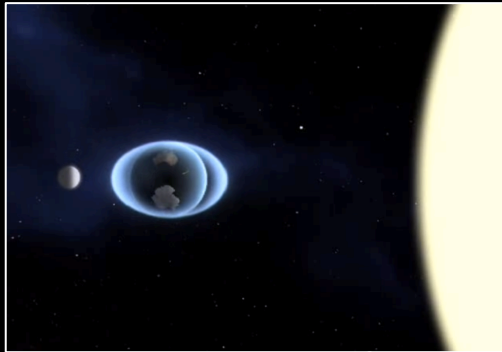


7 MJ almacenados en un imán liberados en un punto

Instalación de los imanes



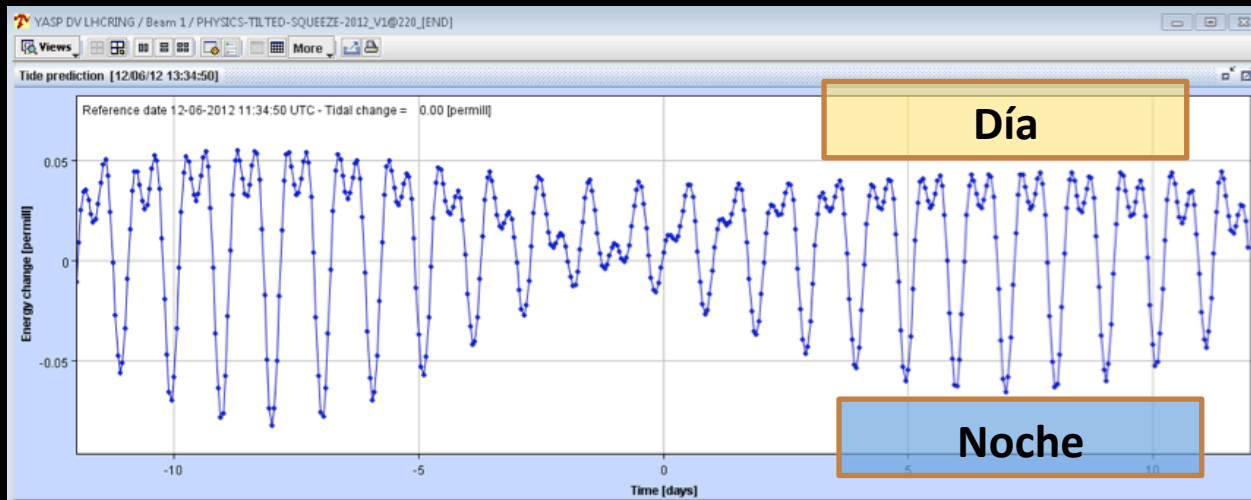
LHC: calendario y reloj lunar



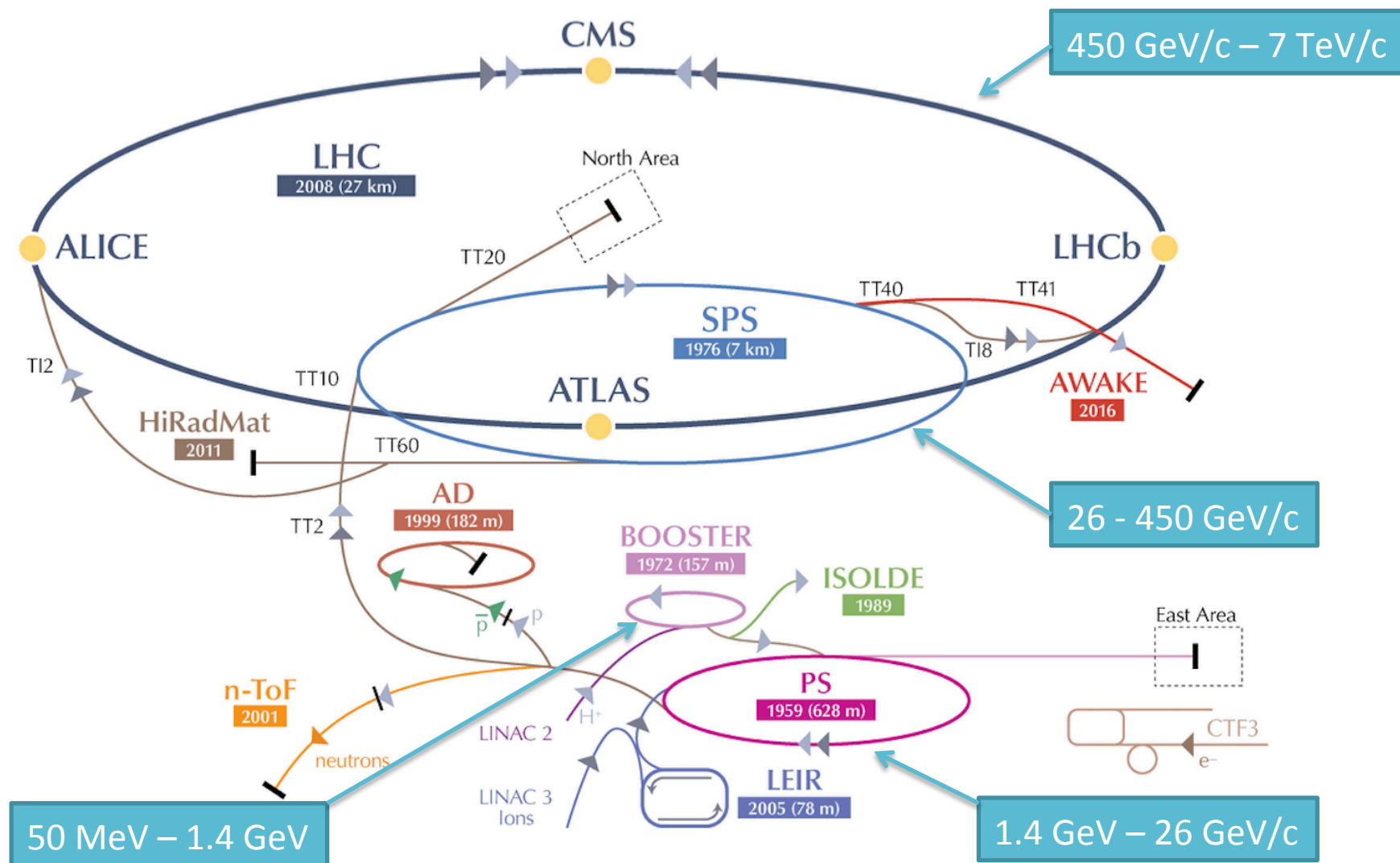
**Luna
Llena**



**Luna
nueva**

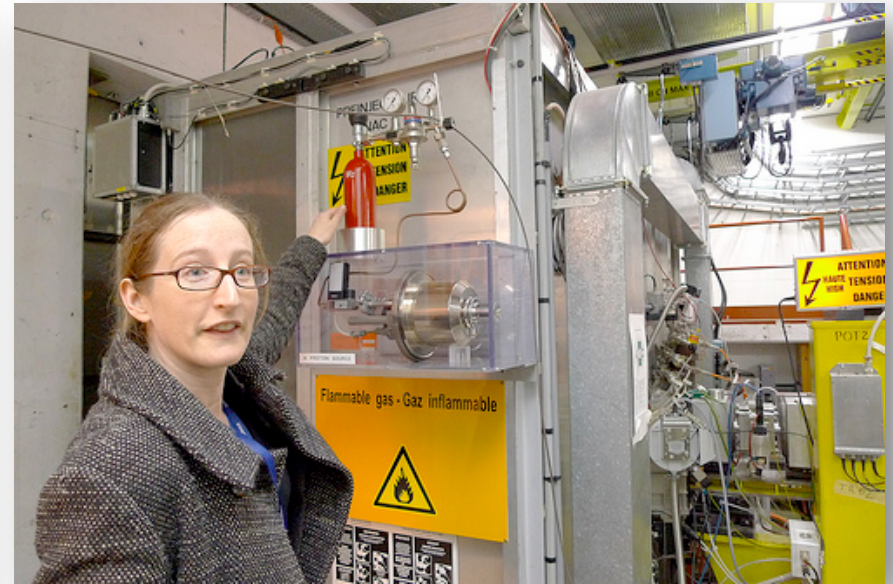


CERN's Accelerator Complex

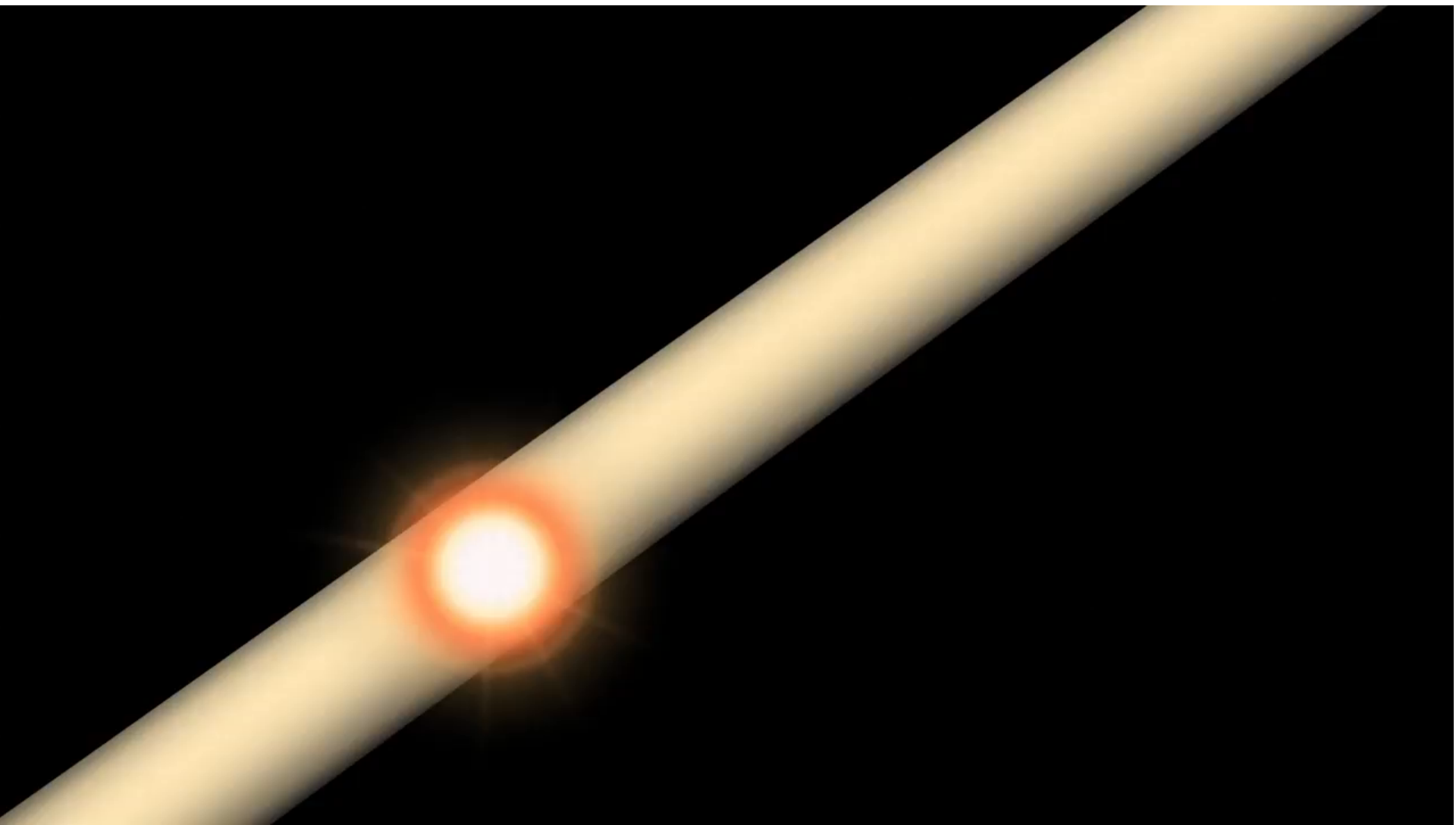


▶ p (proton) ▶ ion ▶ neutrons ▶ \bar{p} (antiproton) ▶ electron ▶ \leftrightarrow proton/antiproton conversion

Todo comienza con 2Kg de H₂

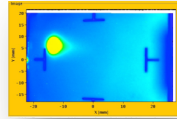


Suficiente para 2
años de funcionamiento





Agosto-2008
Primeros tests de inyección



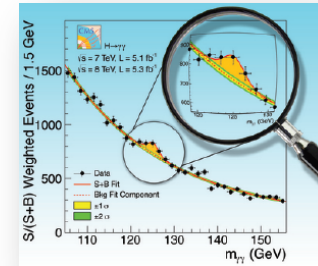
10-Septiembre-2008
Circulan los primeros haces



20-Noviembre-2009
Vuelven los haces



4-Julio-2012
Anuncio
descubrimiento
Higgs



2008

2009

2010

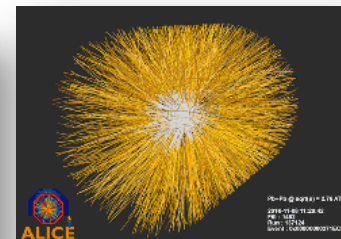
2012

2013

19-Septiembre-2008
Incidente



Diciembre-2009
Primera colisión de iones



Fin RUN-1

Marzo-2009
Primera colisión en ATLAS

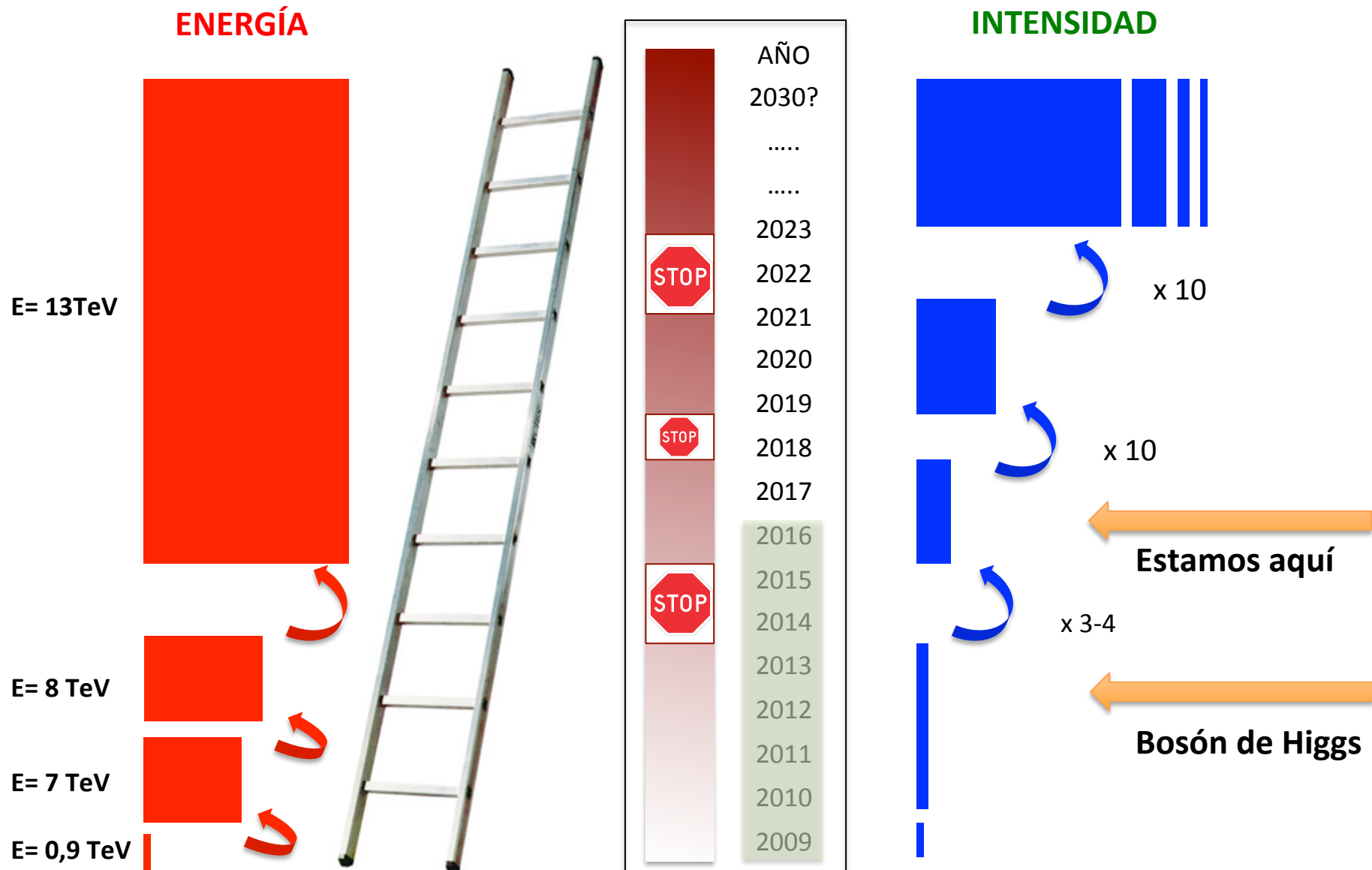
Comments (21-Feb-2013 09:05:25)

Phone:77600

*** END OF RUN 1 ***

No beam for a while. Access required
time estimate: ~2 years

Los próximos años del LHC



Introducción a los detectores de partículas en 5 transparencias

DETECCIÓN DE PARTÍCULAS

Las partículas pueden “**VERSE**” como resultado de su interacción con la materia (**DETECTORES**)

Estas interacciones con la materia también pueden dificultar su detección.

Finalmente todo se convierte en :

- **IMÁGENES**
- **SEÑALES ELECTRÍCAS**
(voltajes/corrientes)

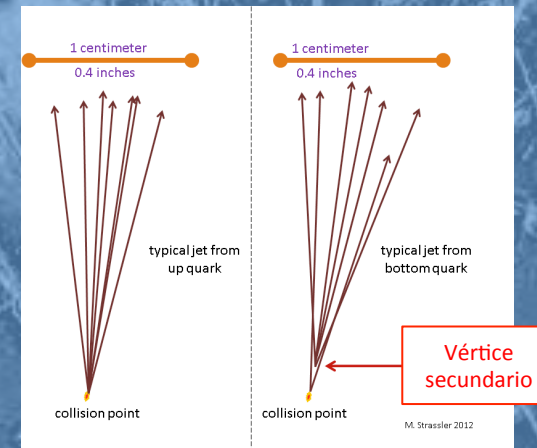
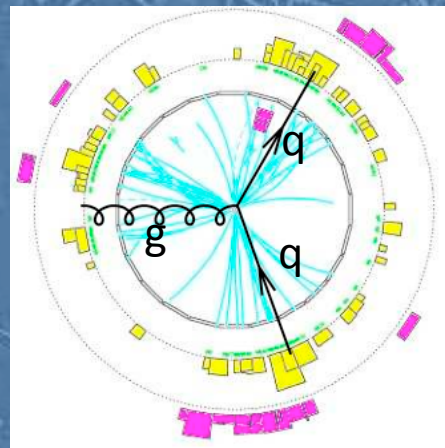
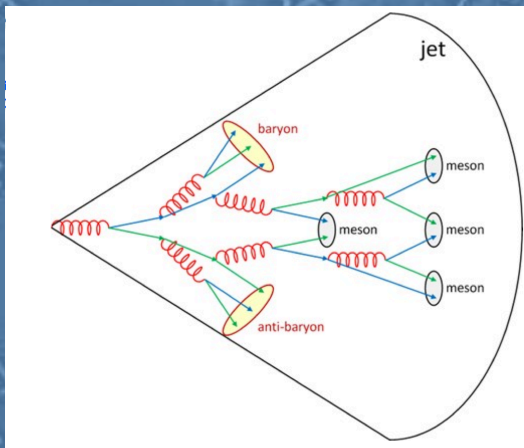
¿Qué podemos detectar?

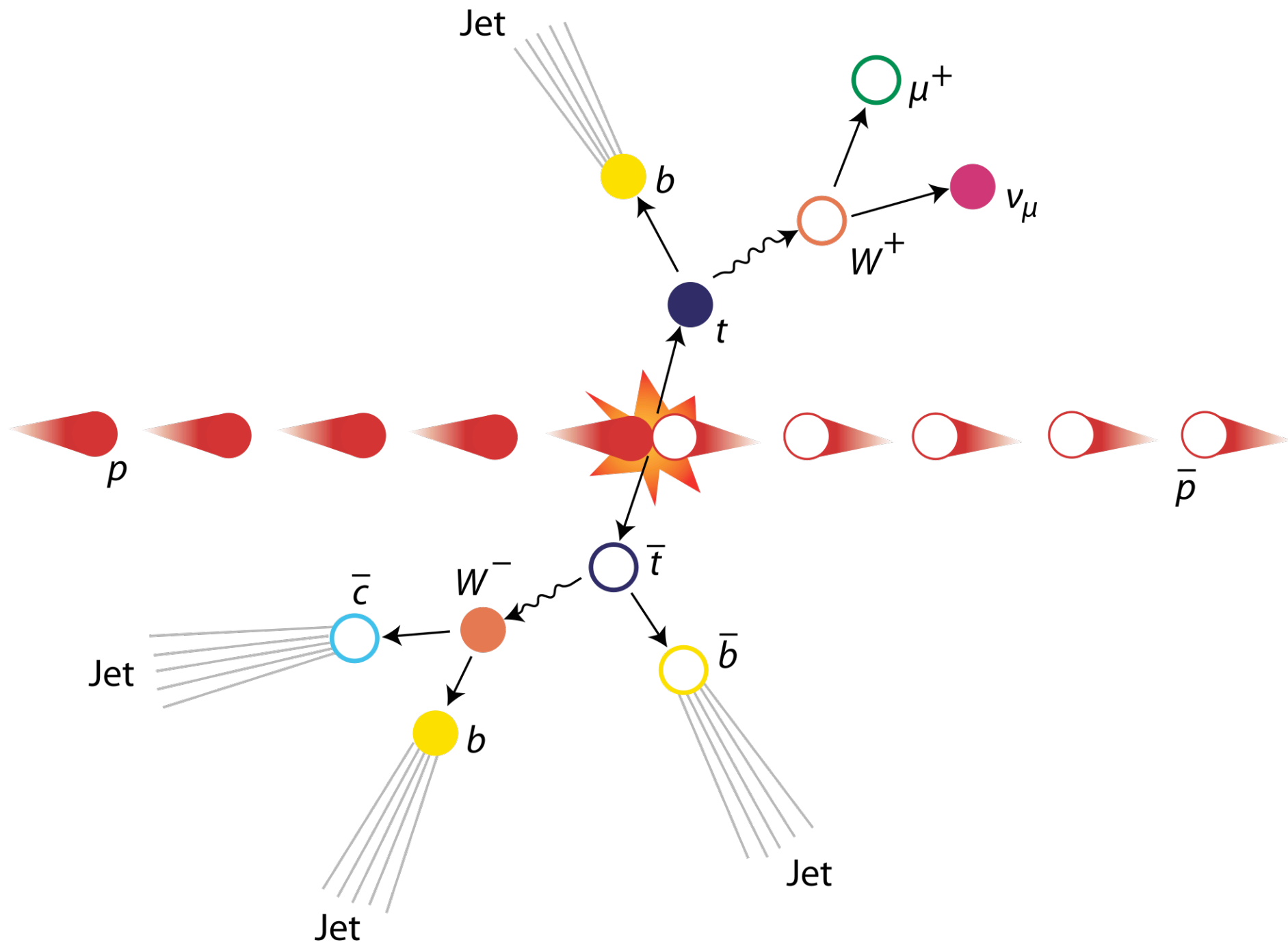
Si queremos observar directamente las partículas, necesitamos:

- Que interaccionen con la materia (interacción fuerte o electromagnética).
- Que su vida sea suficientemente larga para atravesar el detector.

¿Qué podemos observar directamente?:

- Electrones, muones, fotones.
- Hadrones neutros y cargados: piones, protones, kaones, neutrones.....
- Analizar chorros de trazas procedente de la hadronización de los quarks y gluones (no pueden existir aislados).
- Vértices desplazados dentro de los chorros de partículas para identificar el quark b.



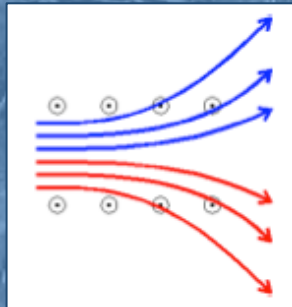


Sólo podemos “**ver**” los productos de la reacción, no la reacción en sí, para “**reconstruir**” el proceso →
MÁXIMA INFORMACIÓN

Propiedades de las partículas:

- **Energía** (CALORIMETROS).
- **Momento** (DETECTORES DE TRAZAS + IMANES).
- **Carga** (DETECTORES DE TRAZAS + IMANES).
- **Vidas Medias** (DETECTORES DE TRAZAS)
- **Masa**.

$$\vec{p} = \left(\begin{matrix} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \end{matrix} \right) \left. \vphantom{\begin{matrix} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \end{matrix}} \right\} \left(\begin{matrix} E \\ \vec{p} \end{matrix} \right)$$



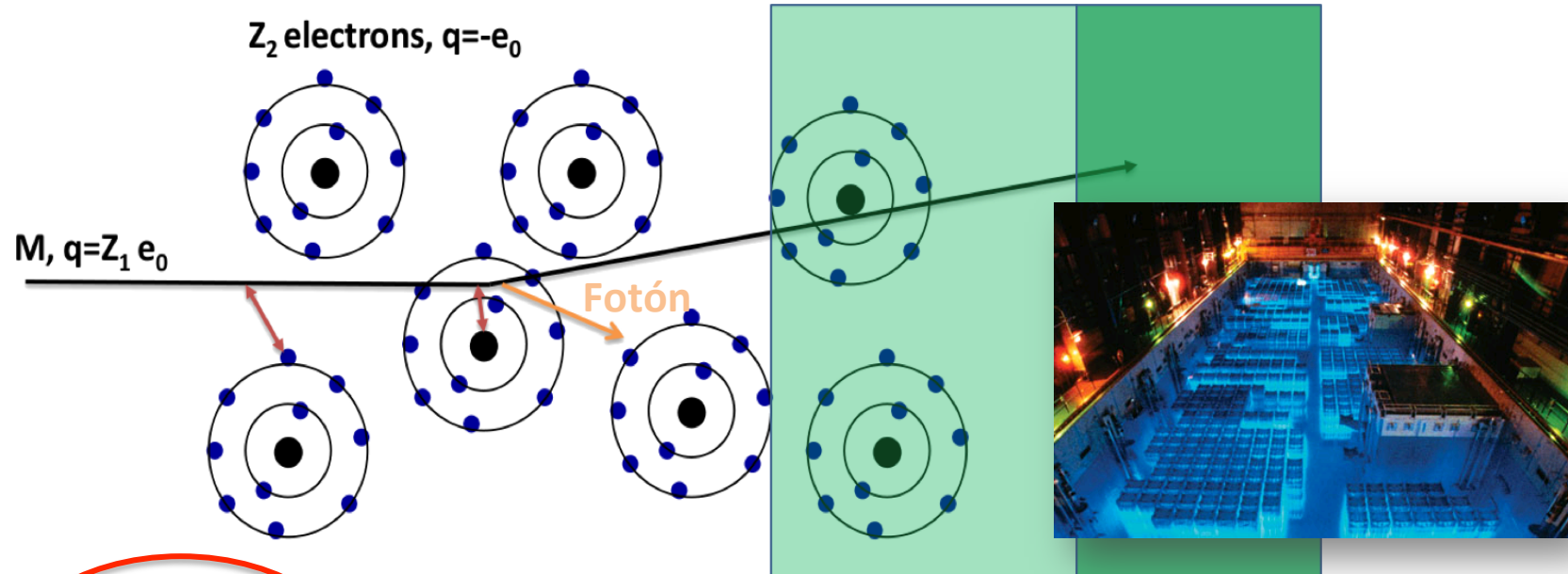
$$F = q \cdot v \cdot B = m \cdot \frac{v^2}{R}$$

$$\Rightarrow q \cdot B \cdot R = m \cdot v = |\vec{p}|$$

$$E^2 = m^2 \cdot c^4 + \vec{p}^2 c^2 \Rightarrow m = \frac{\sqrt{E^2 - \vec{p}^2 c^2}}{c^2}$$

Interacción de las partículas con la materia:

Partículas cargadas



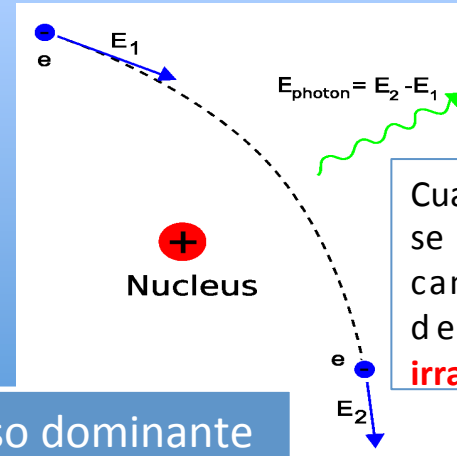
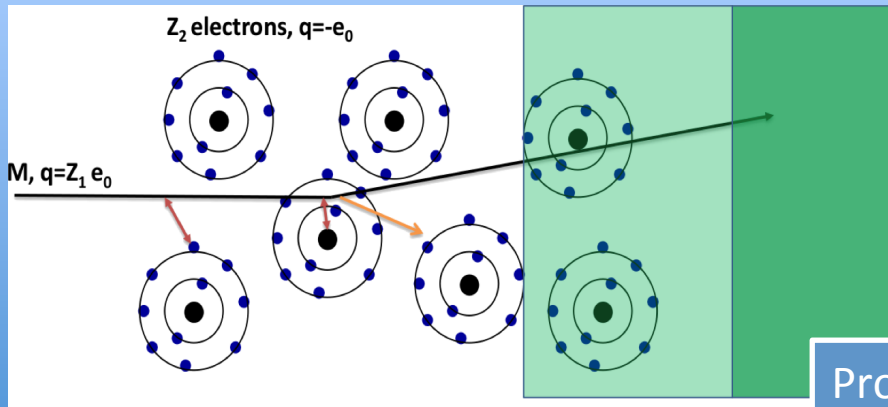
Interacciones con los electrones de los átomos: la partícula incidente pierde **energía por ionización** y los átomos se ionizan o excitan.

Interacciones con los núcleos de los átomos: la partícula incidente es desviada. Se pueden emitir fotones.
(**Bremstrahlung**)

Si la velocidad de la partícula supera la velocidad de la luz en el **medio**, se produce un cono de radiación (**radiación de Čerenkov**). Cuando la partícula cruza la región entre dos medios produce rayos X (**Radiación de transición**).

Interacción de las partículas con la materia: electrones, positrones y fotones

Electrones y positrones



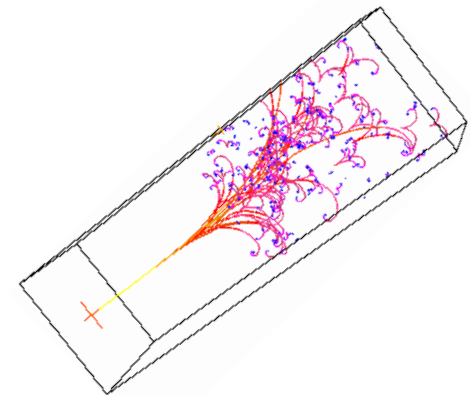
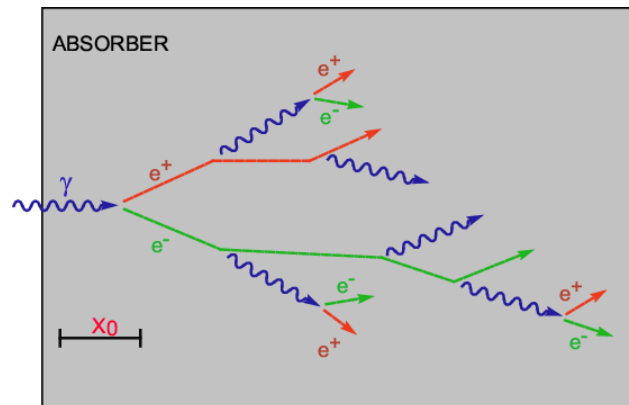
Cuando el electrón se desvía por el campo eléctrico del núcleo → **irradia fotones**

Proceso dominante

Fotones

Los fotones interactúan de forma muy diferente:

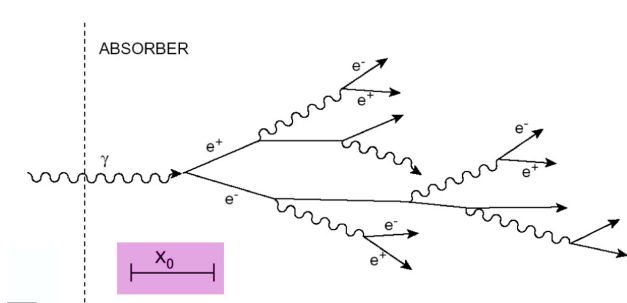
A diferencia de las partículas cargadas que depositan energía de forma continua, los fotones generalmente realizan una única interacción.



Medida de la energía

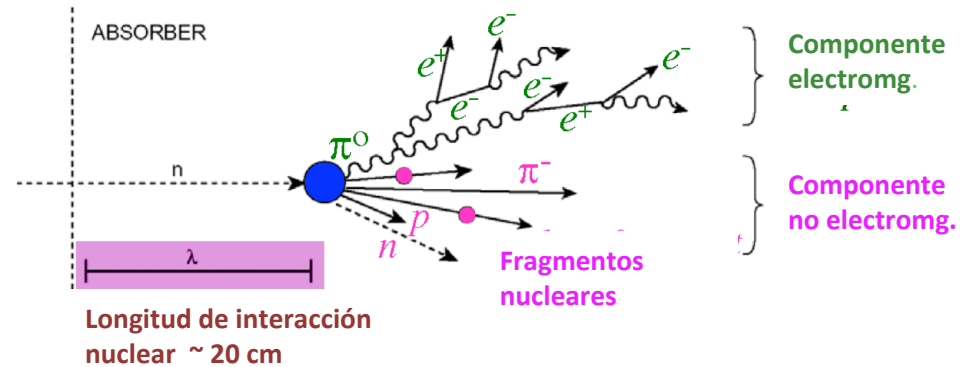
Medimos la energía por absorción total de las partículas.

Cascada Electromagnéticas

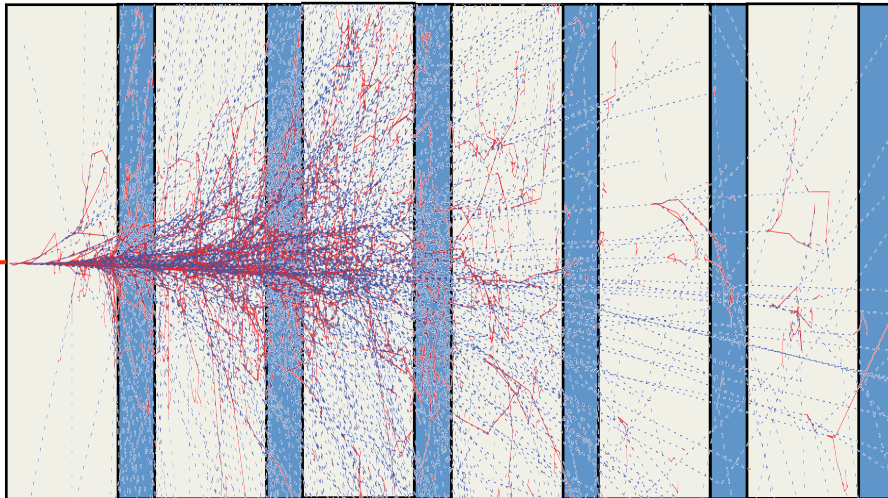


Longitud de radiación

Cascadas Hadrónicas



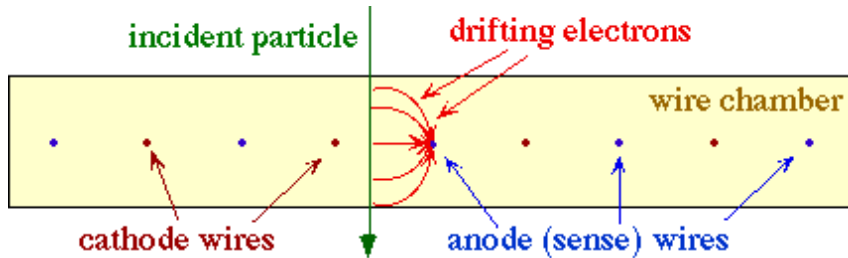
Longitud de interacción nuclear ~ 20 cm



- El número total de partículas es proporcional a la energía de la partícula incidente.
- La señal en el material sensible es proporcional al número de partículas que lo atraviesan.

Medida de la posición

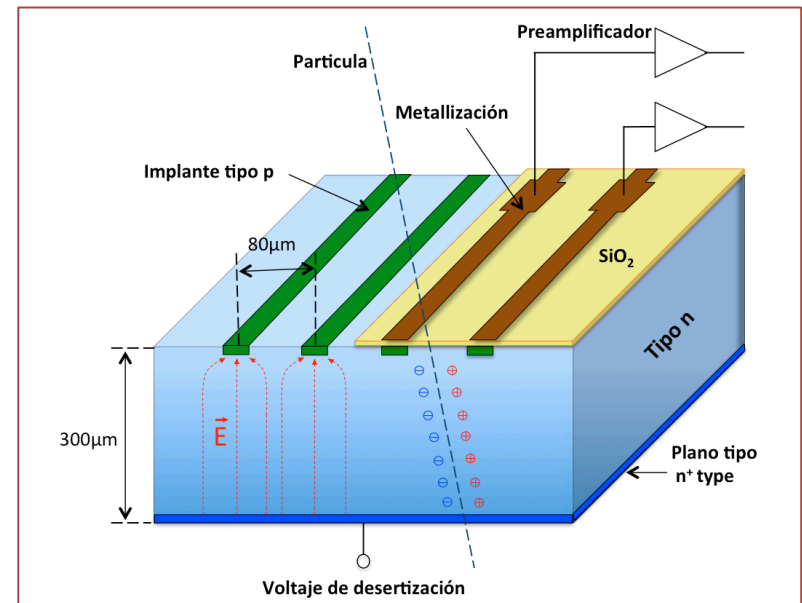
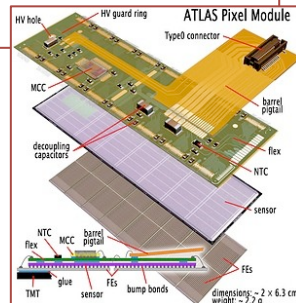
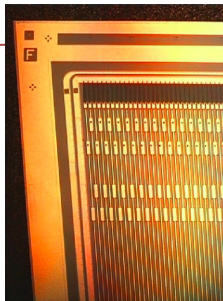
Cámaras de deriva



Se mide el tiempo de deriva, es decir el tiempo entre el paso de la partícula y el tiempo de llegada de la ionización al hilo del ánodo. Haciendo de éste un **dispositivo de alta precisión**

Detectores de silicio

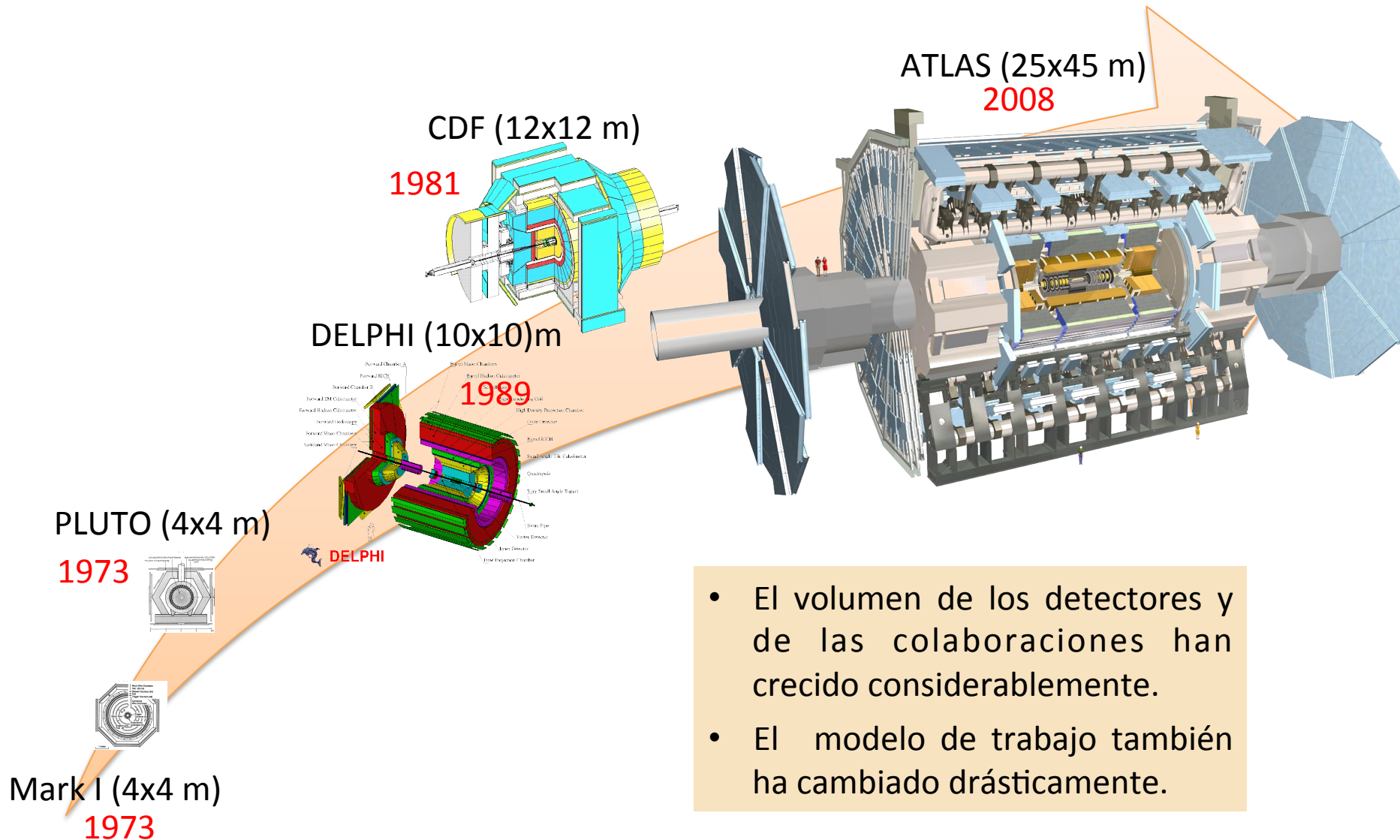
Tenemos un volumen en el que la ionización produce portadores de carga que se desplazan bajo el efecto de un campo eléctrico. Mientras se mueven inducen corrientes eléctricas que podemos medir.



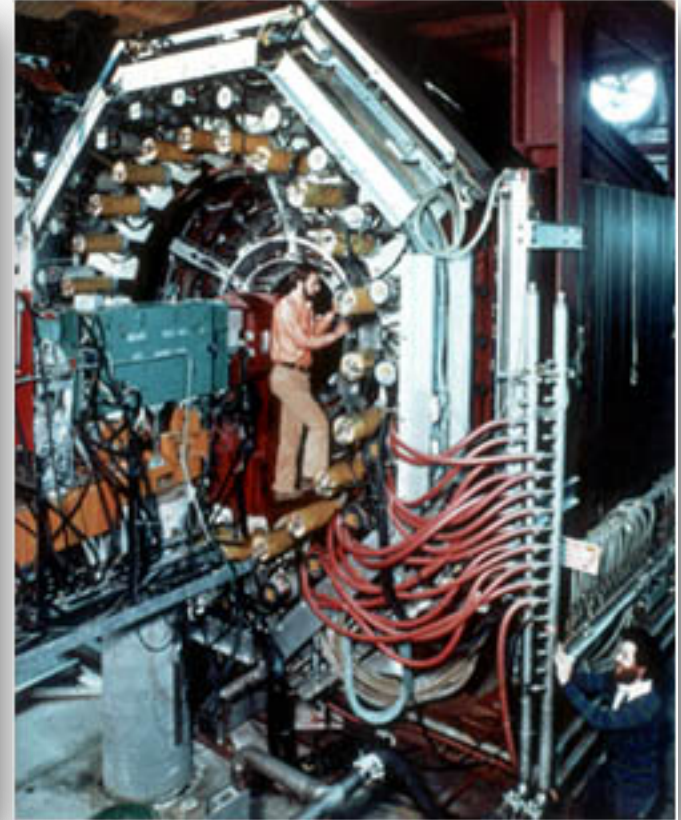
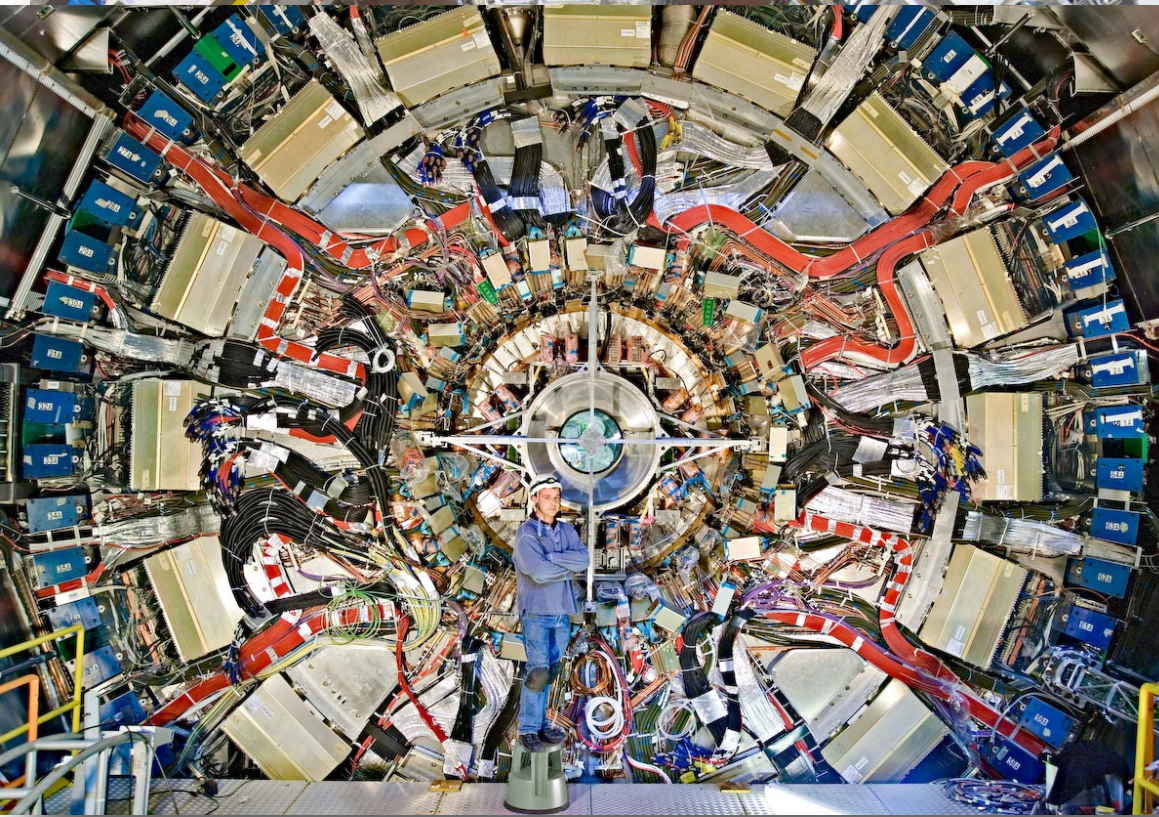


ATLAS

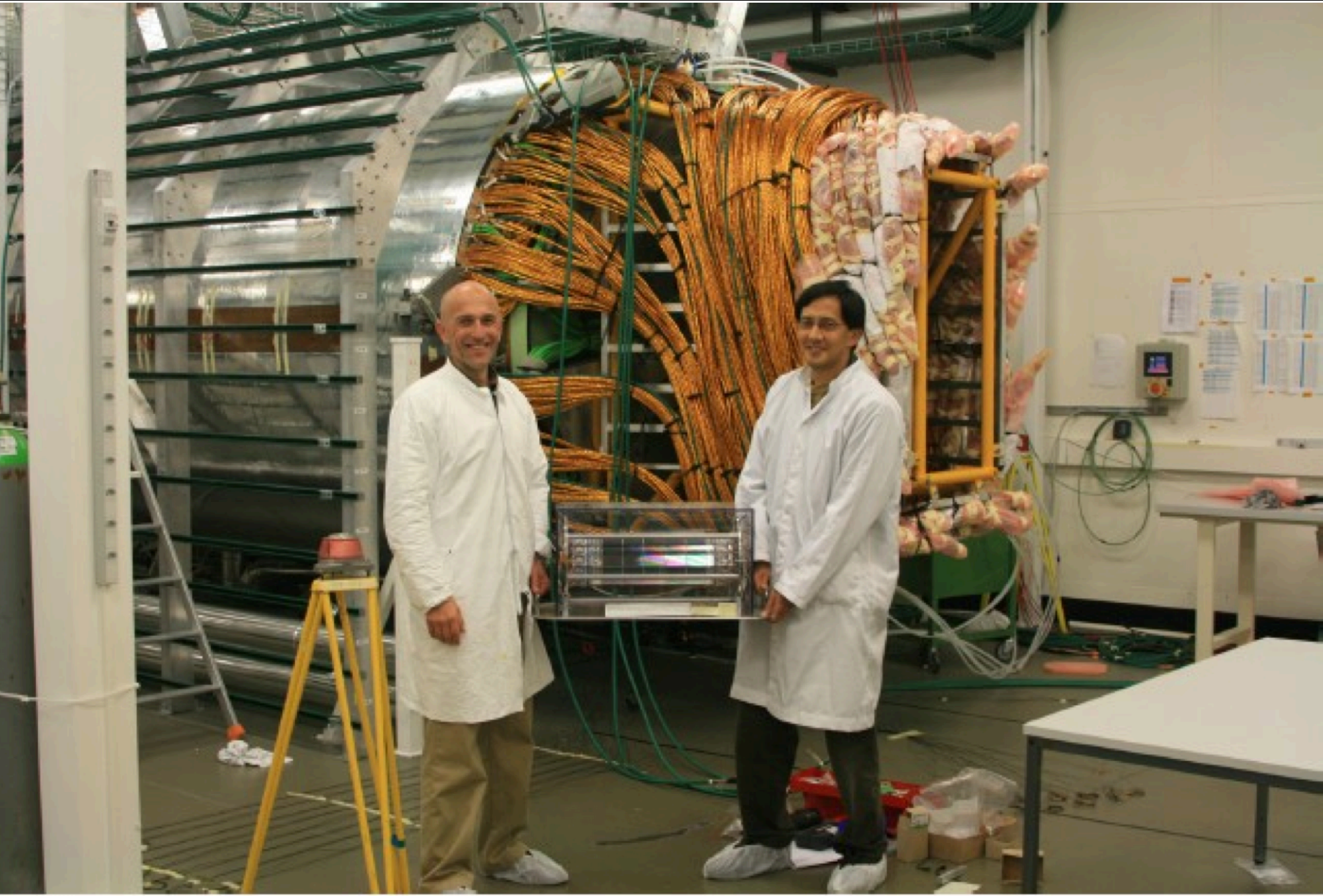
DETECTORES PARA COLISIONADORES



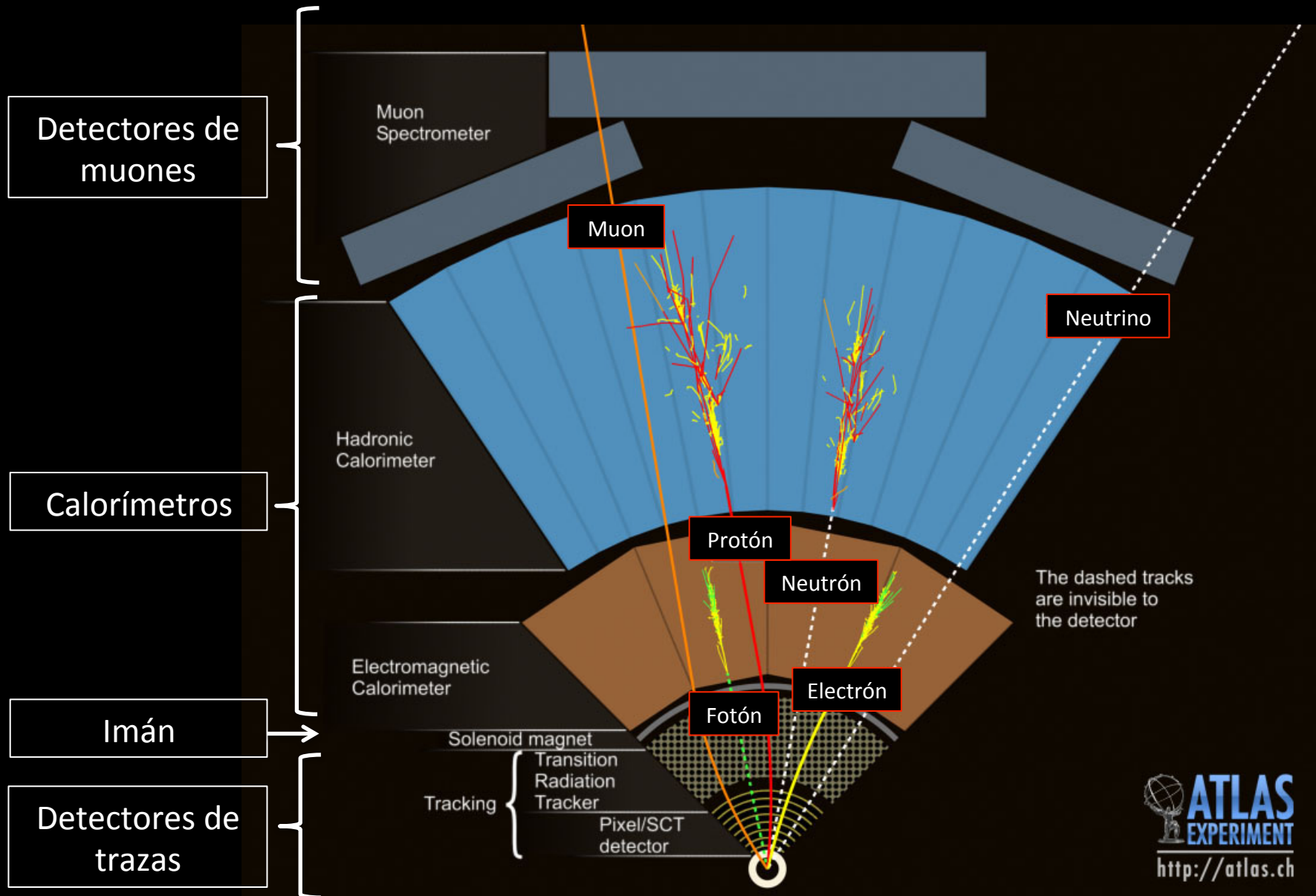
ATLAS vs. MARK I



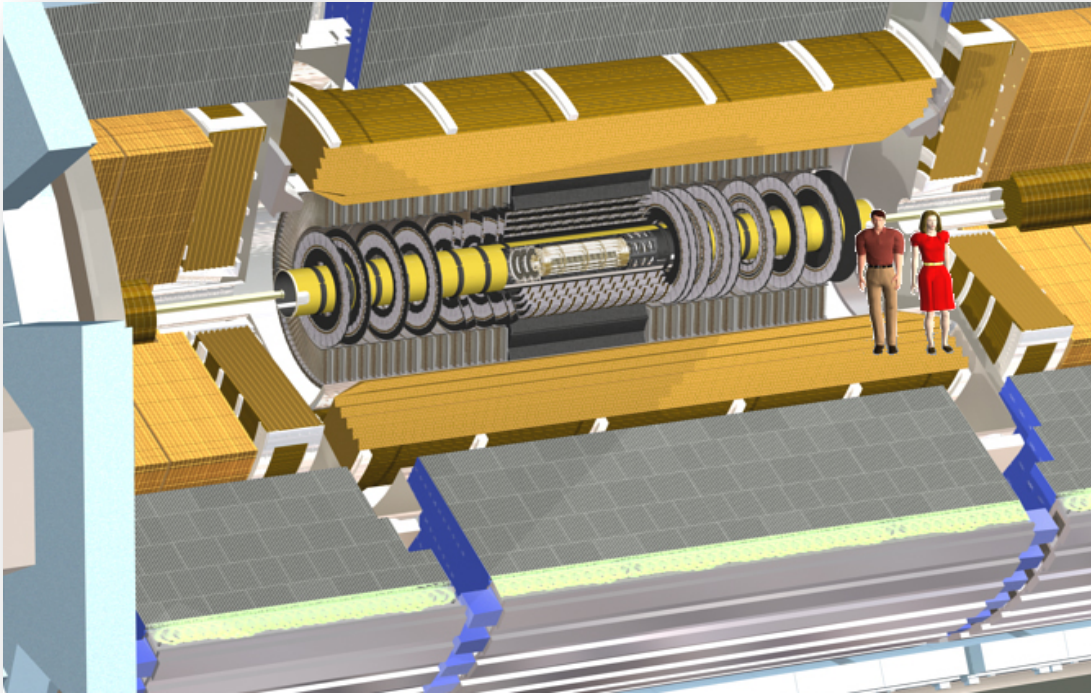
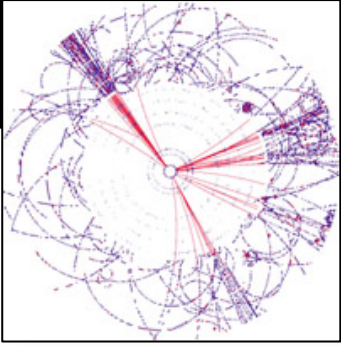
Detector de trazas de CMS-microvértice de DELPHI



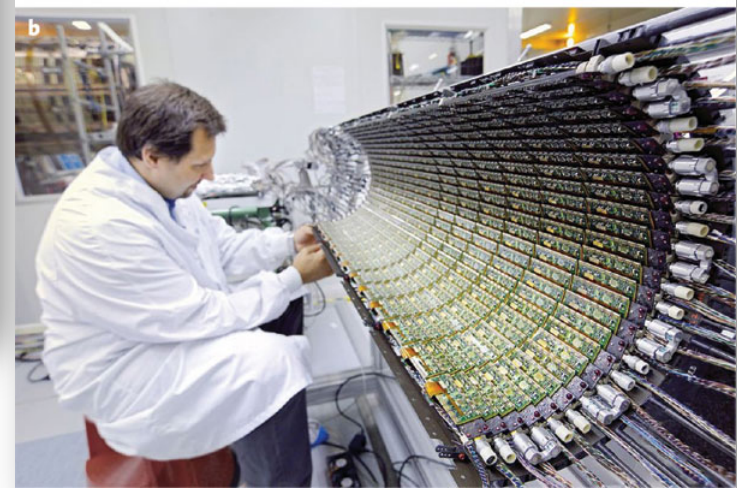
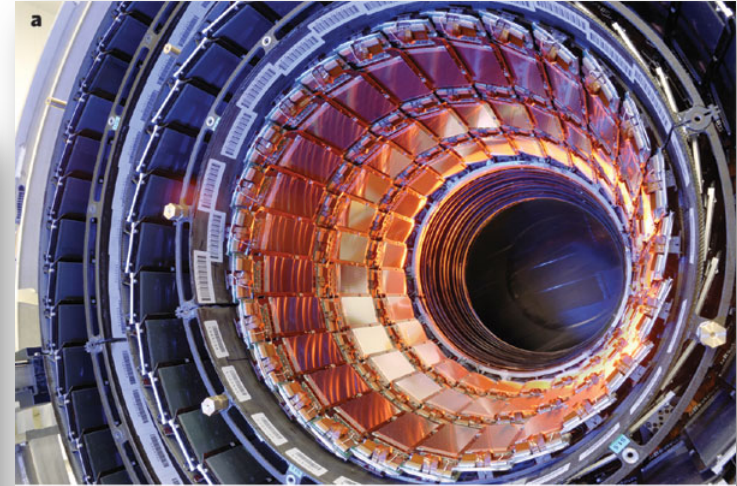
ATLAS en un vistazo



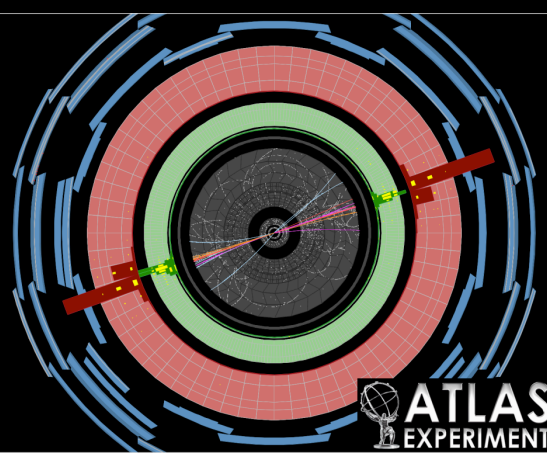
Detector de trazas



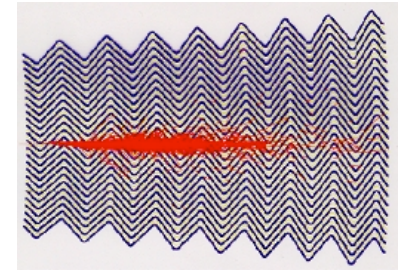
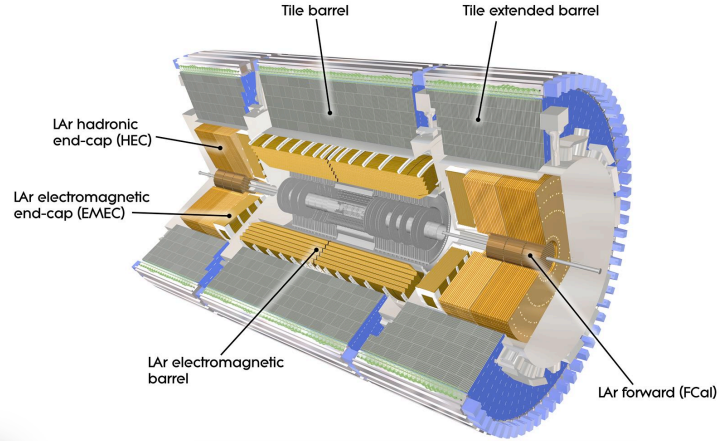
Cilindro de 6 m de largo y 2,1 m de diámetro que mide la trayectoria de las partículas con precisión de $\sim \mu\text{m}$, utilizando principalmente silicio.



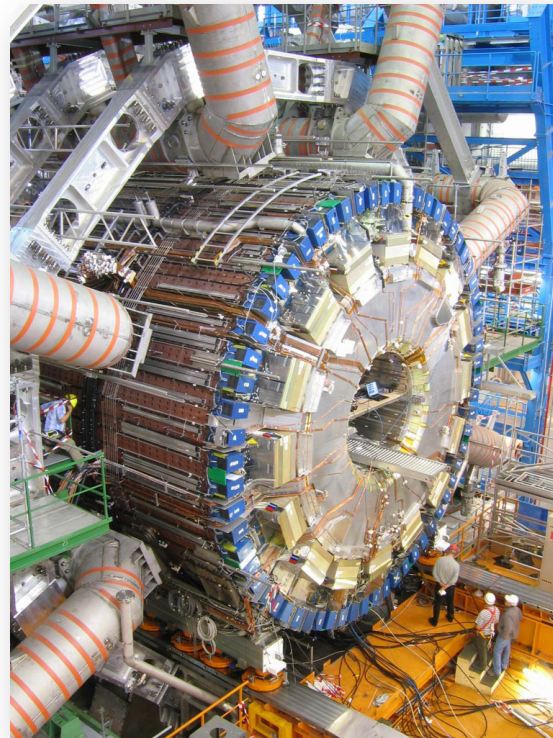
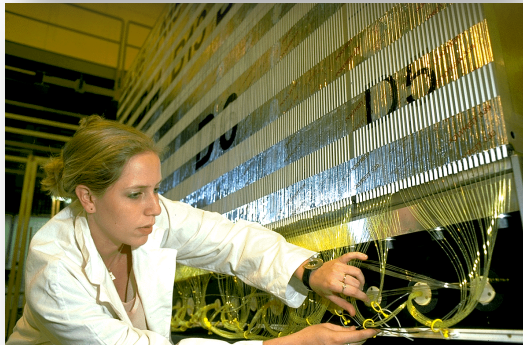
Calorímetro



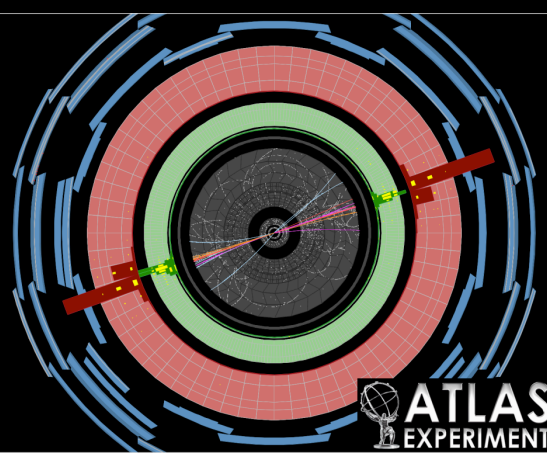
Hadrónico



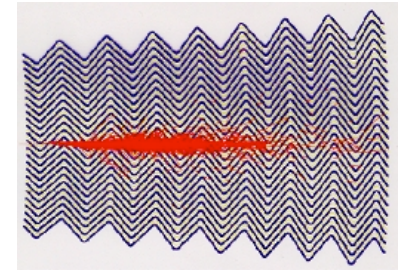
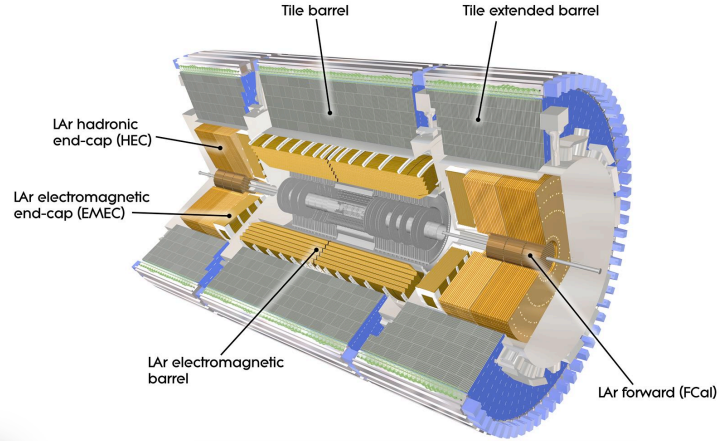
Electromagnético



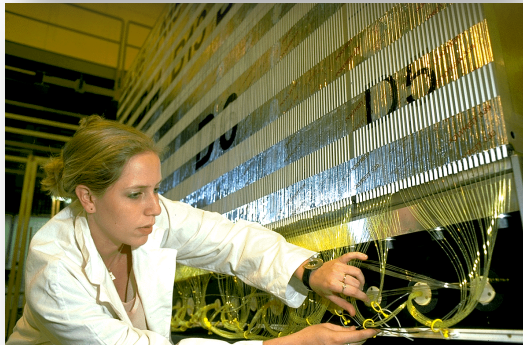
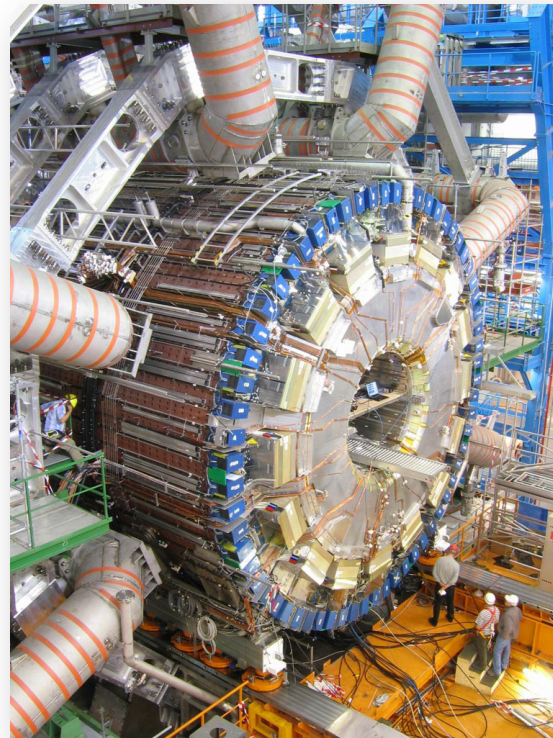
Calorímetro

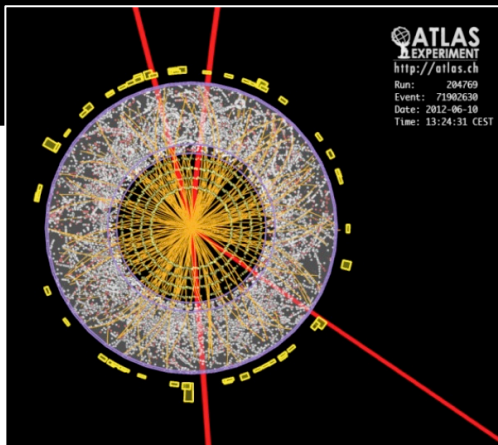


Hadrónico

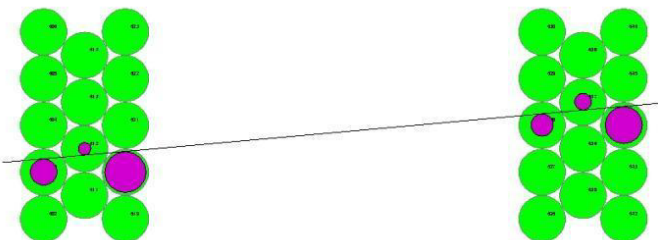
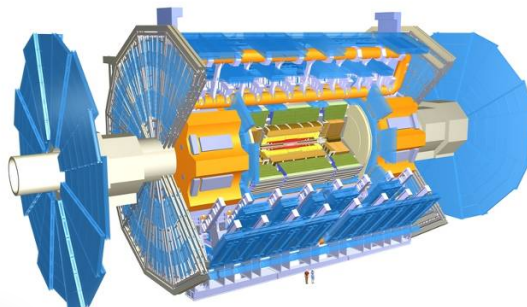


Electromagnético

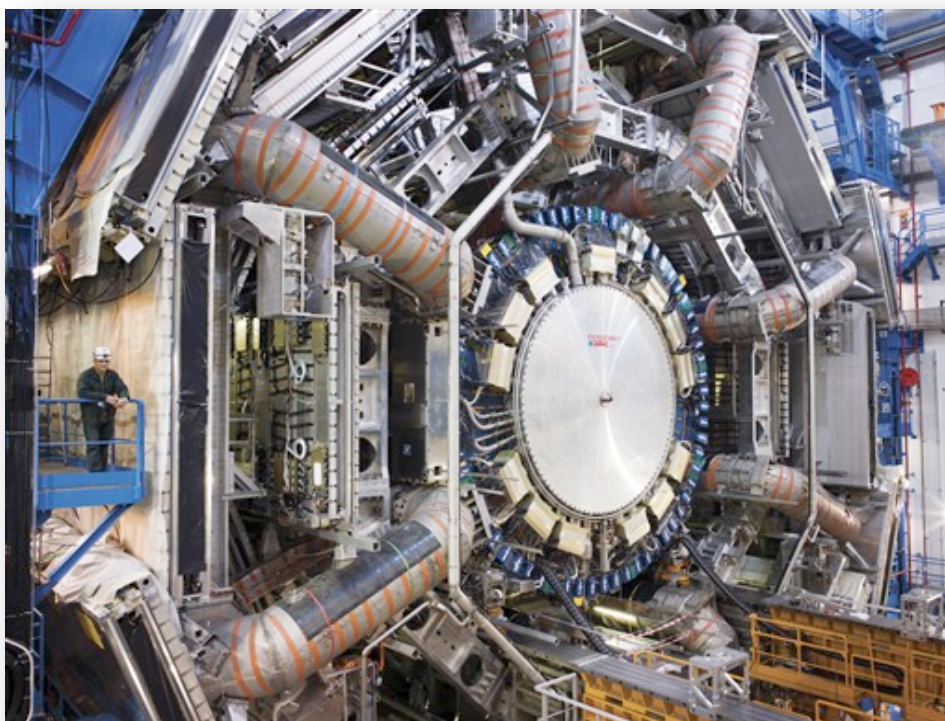




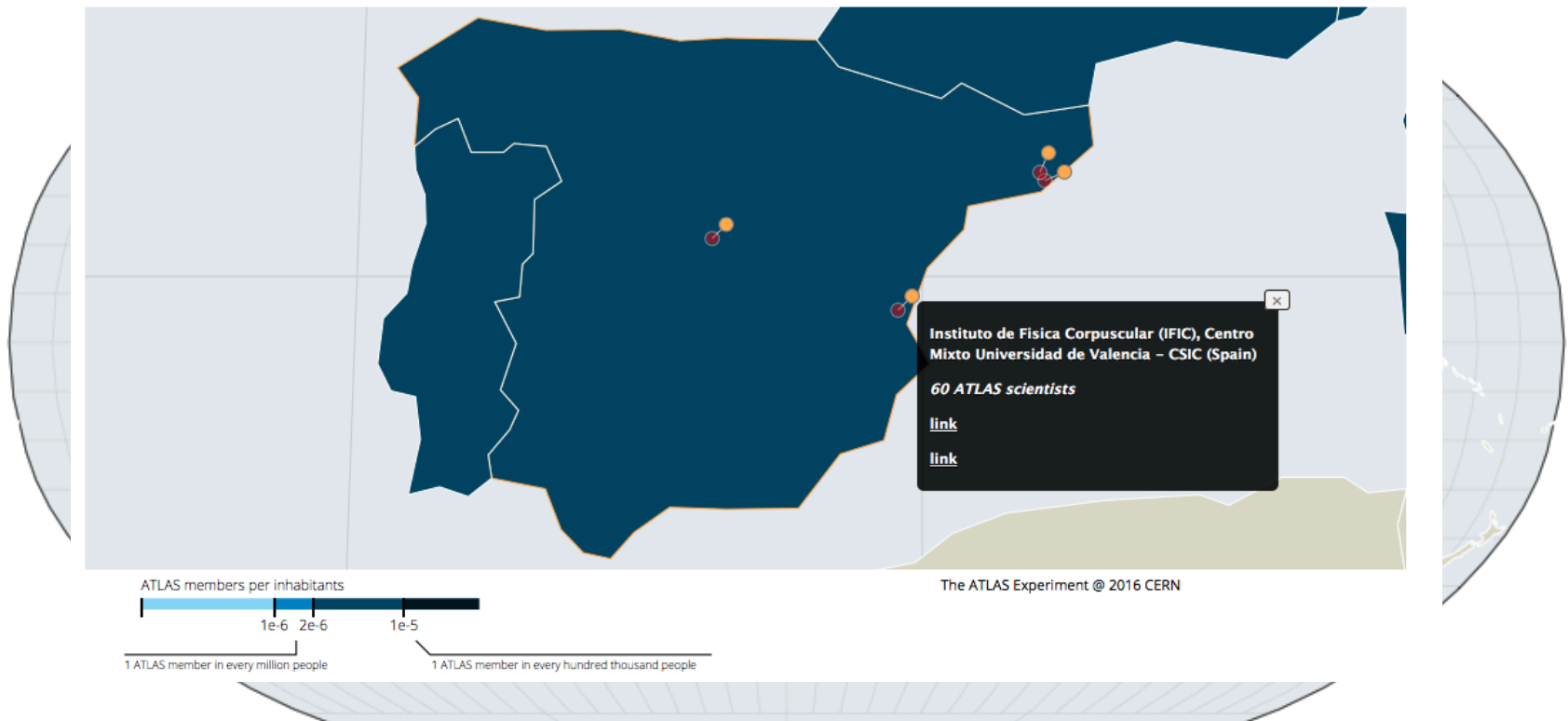
Las cámaras de muones



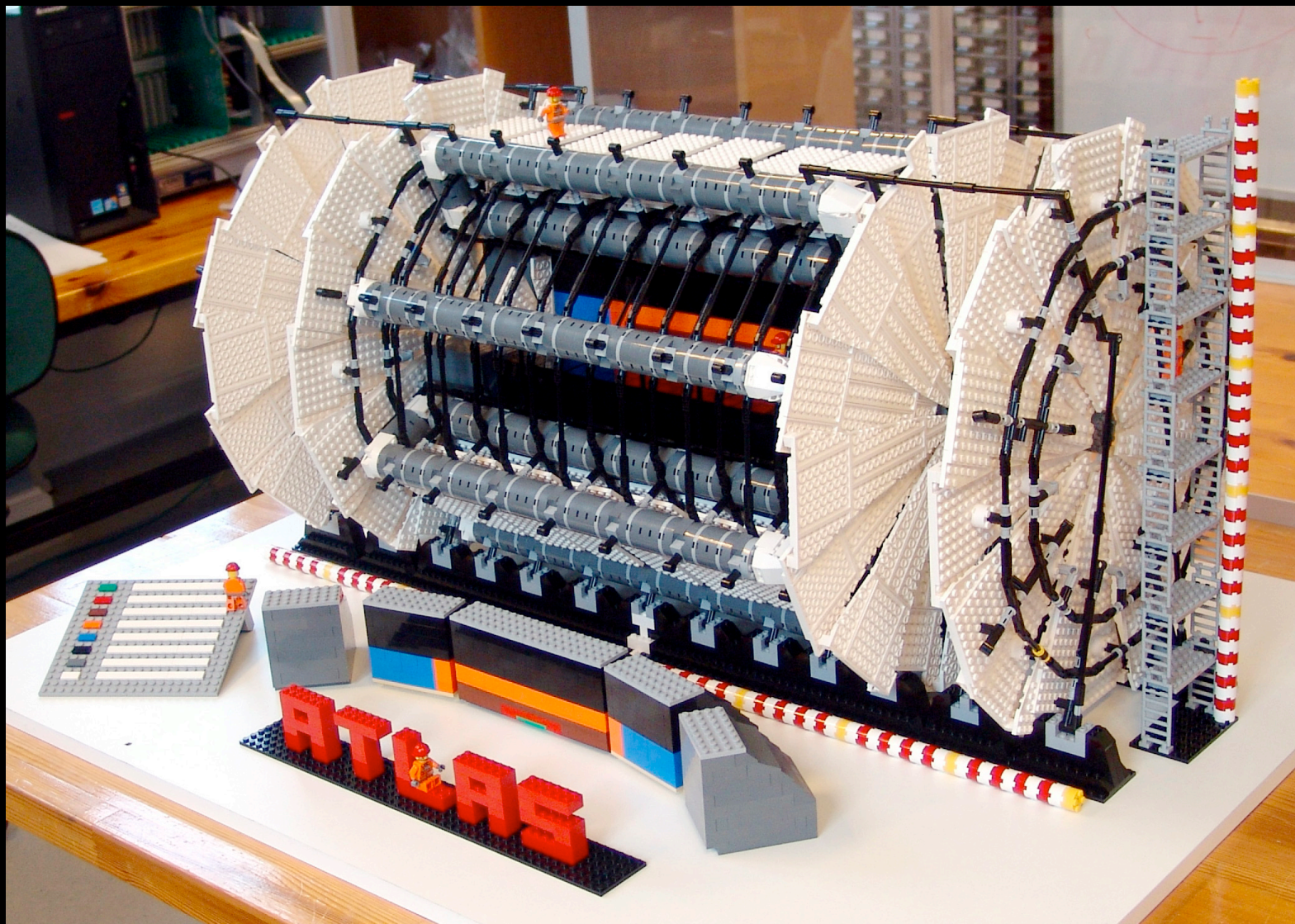
ATLAS MDTs, 80 μ m por tubos



La colaboración ATLAS



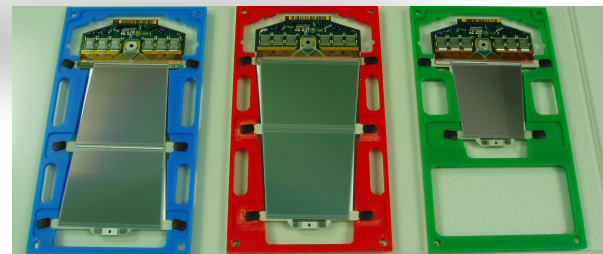
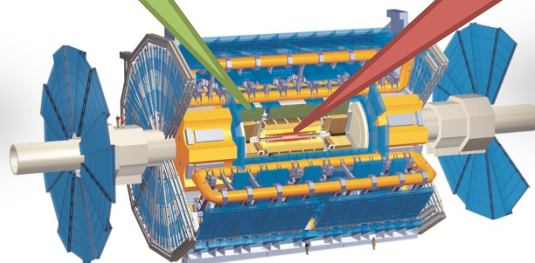
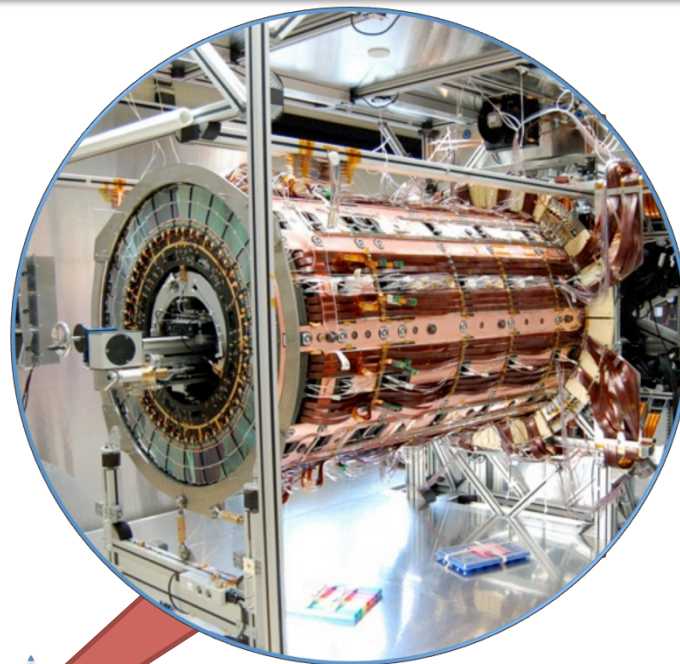
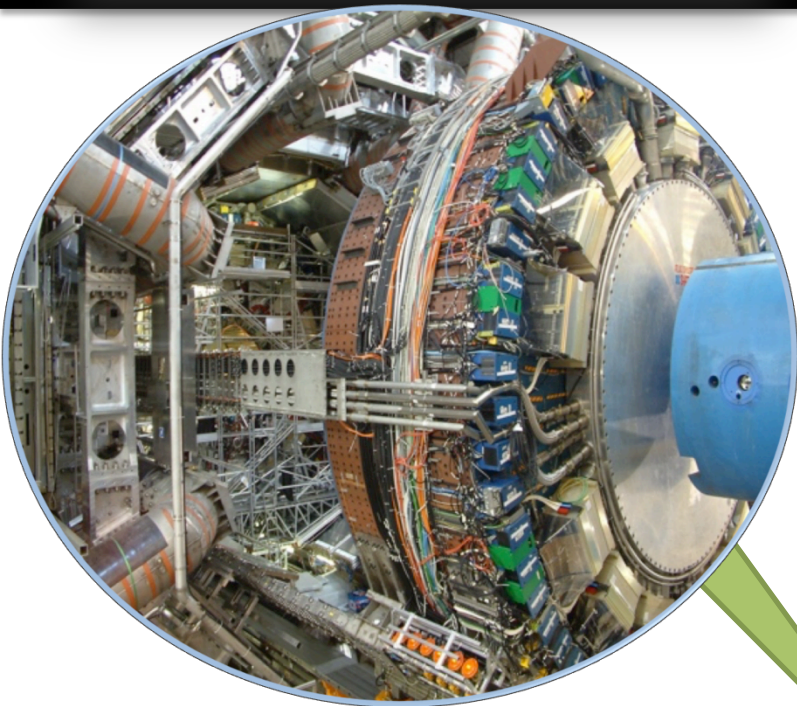
- ATLAS está formado por mas de **3000 científicos** de **180 instituciones** en **38 países** alrededor del mundo. Es una de los mayores esfuerzos científicos jamás realizados.
- Alrededor de **1200 son estudiantes de doctorado** participando en el desarrollo de detectores, la toma de datos y análisis de los mismos.
- La colaboración depende de los esfuerzos de un sinnúmero de **ingenieros, técnicos y personal administrativo**.



5 años resumidos en 1 minuto



ATLAS EN EL IFIC



La sala de control de ATLAS



Los DATOS

Interactions of constituents of the colliding protons, the so called partons (quarks, gluons)

proton 1

proton 2




\vec{p}_{P1} ... momentum proton 1

\vec{p}_{P2} ... momentum proton 2

\vec{p}_{Parton1} ... momentum parton 1

\vec{p}_{Parton2} ... momentum parton 2

- interaction vertex

- 
- ATLAS
- Se producen **600 millones colisiones** de protones en el centro del detector cada segundo.
 - Cada colisión produce grandes cantidades de datos, suficientes para llenar **100.000 CDs por segundo**

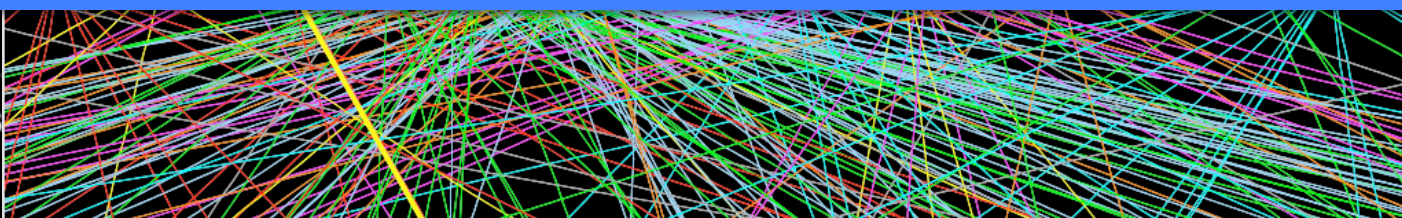
!!!! NO TODOS LOS SUCESOS SON
INTERESANTES !!!!

Sólo 1 de cada 500.000 sucesos se guarda

Run Number: 169206

Date: 2010-11-

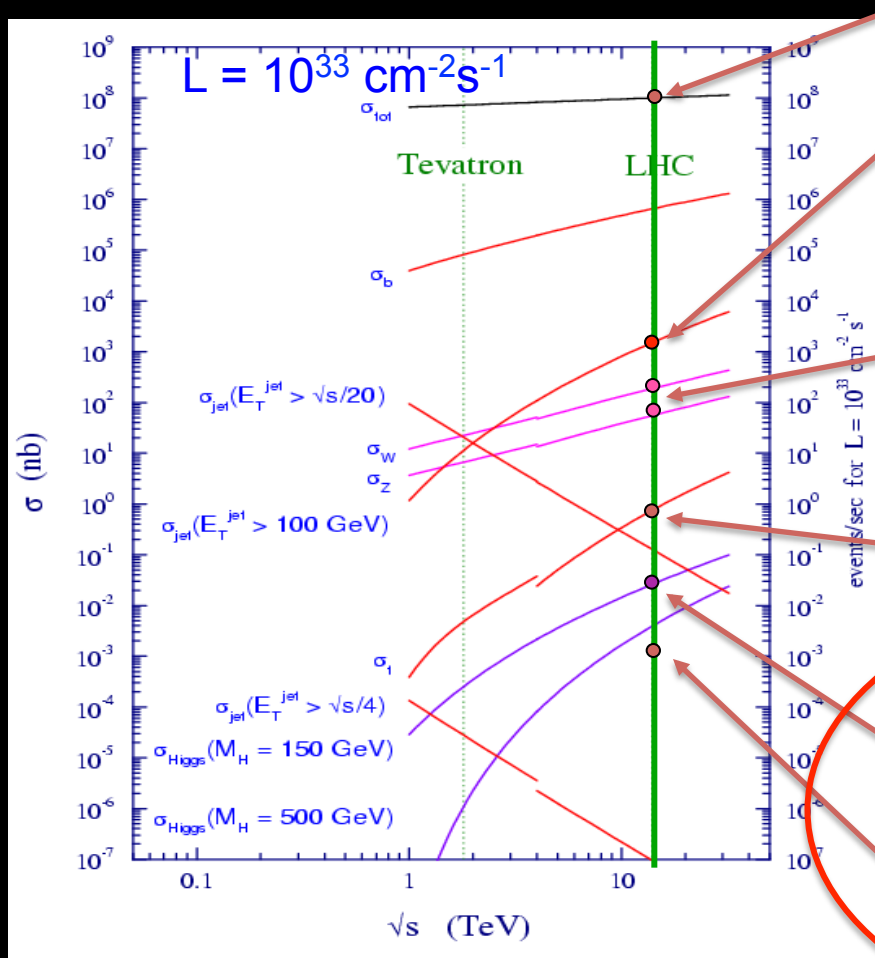
<http://atlas>



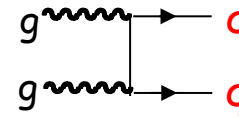
Número de sucesos esperados

Interacciones inelásticas "soft"

100.000.000 por segundo
(20-30 / cruce de haz)

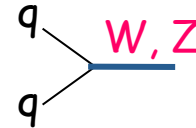


Jets de
Alto p_T



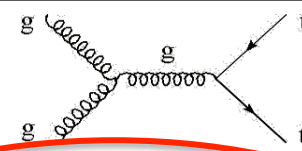
Miles por
segundo

W, Z



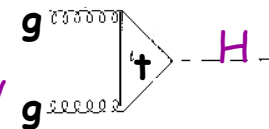
Cientos por
segundo

top



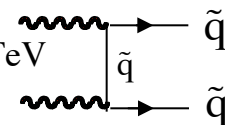
~ 1 /segundo

Higgs
 $m_H = 150 \text{ GeV}$



~ 2 /minuto

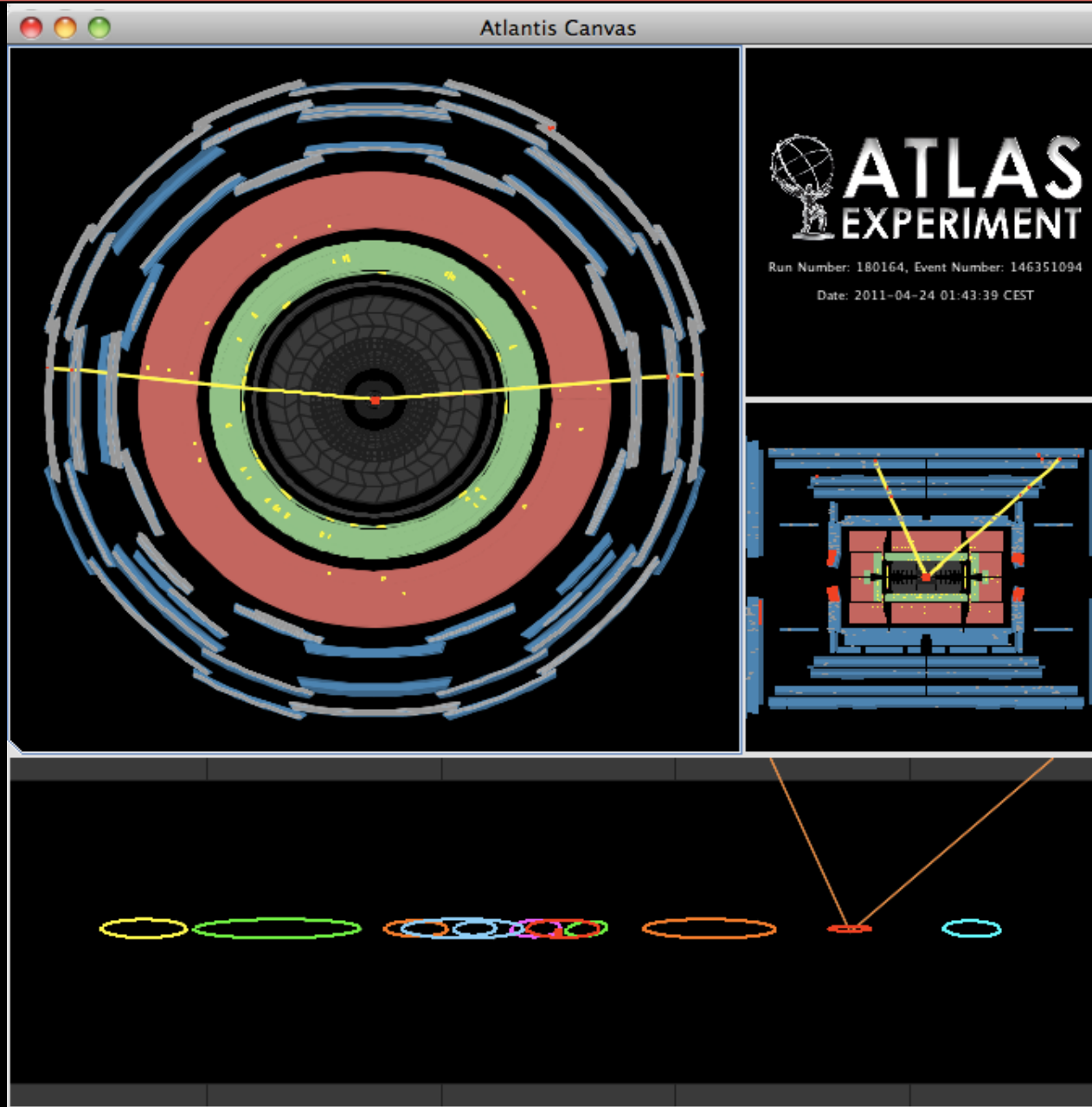
\tilde{q}, \tilde{g} pairs, $m \sim 1 \text{ TeV}$



~ 5 /hora

El trigger

$$Z \rightarrow \mu\mu$$



¿cómo podemos
analizar tantas colisiones
superpuestas?

11 colisiones
Superpuestas

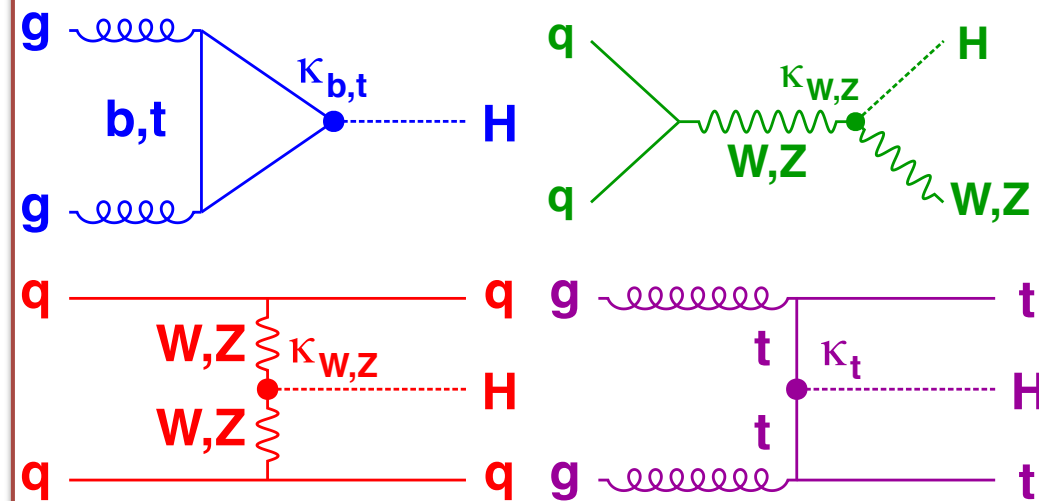
Consideramos
trazas con más
de 0,5 MeV de
momento

Consideramos
trazas con más
de 10 GeV de
momento
transverso

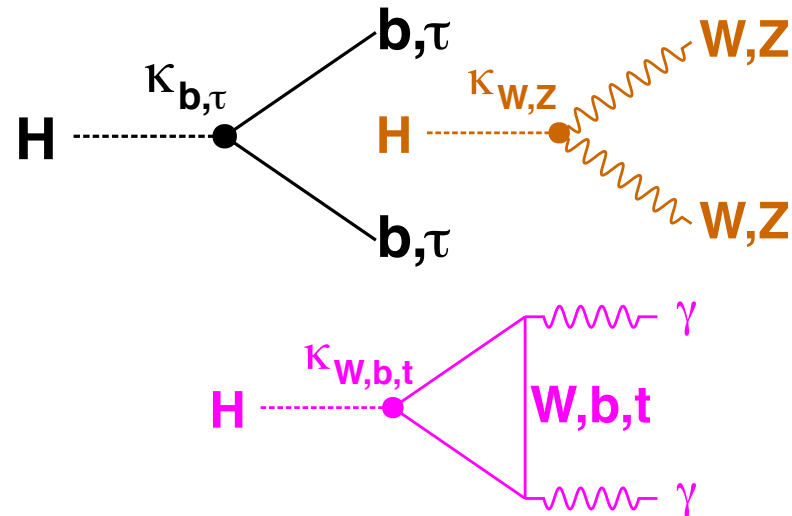
¿Cómo diseñar una búsqueda?: El bosón de Higgs

No conocíamos su masa y las técnicas para detectarlo dependen de su masa

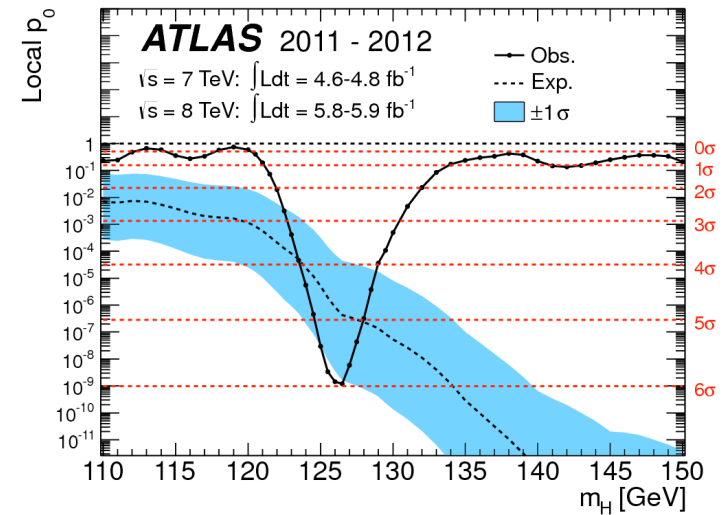
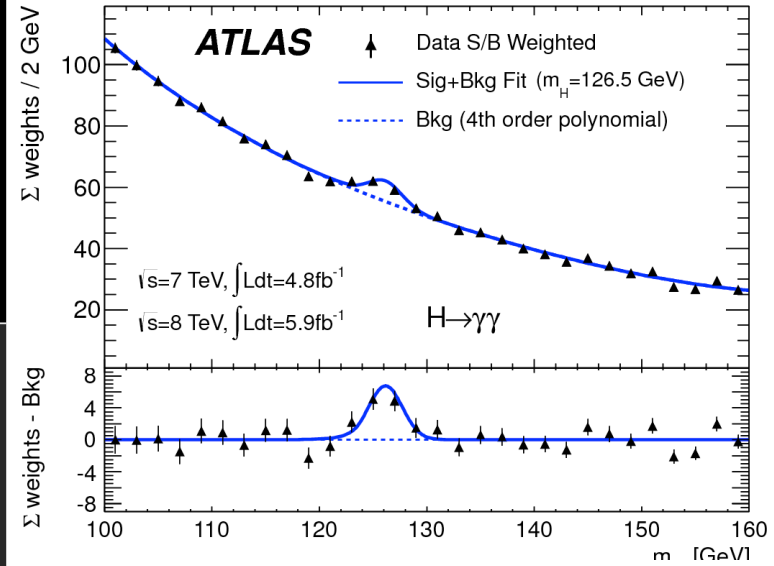
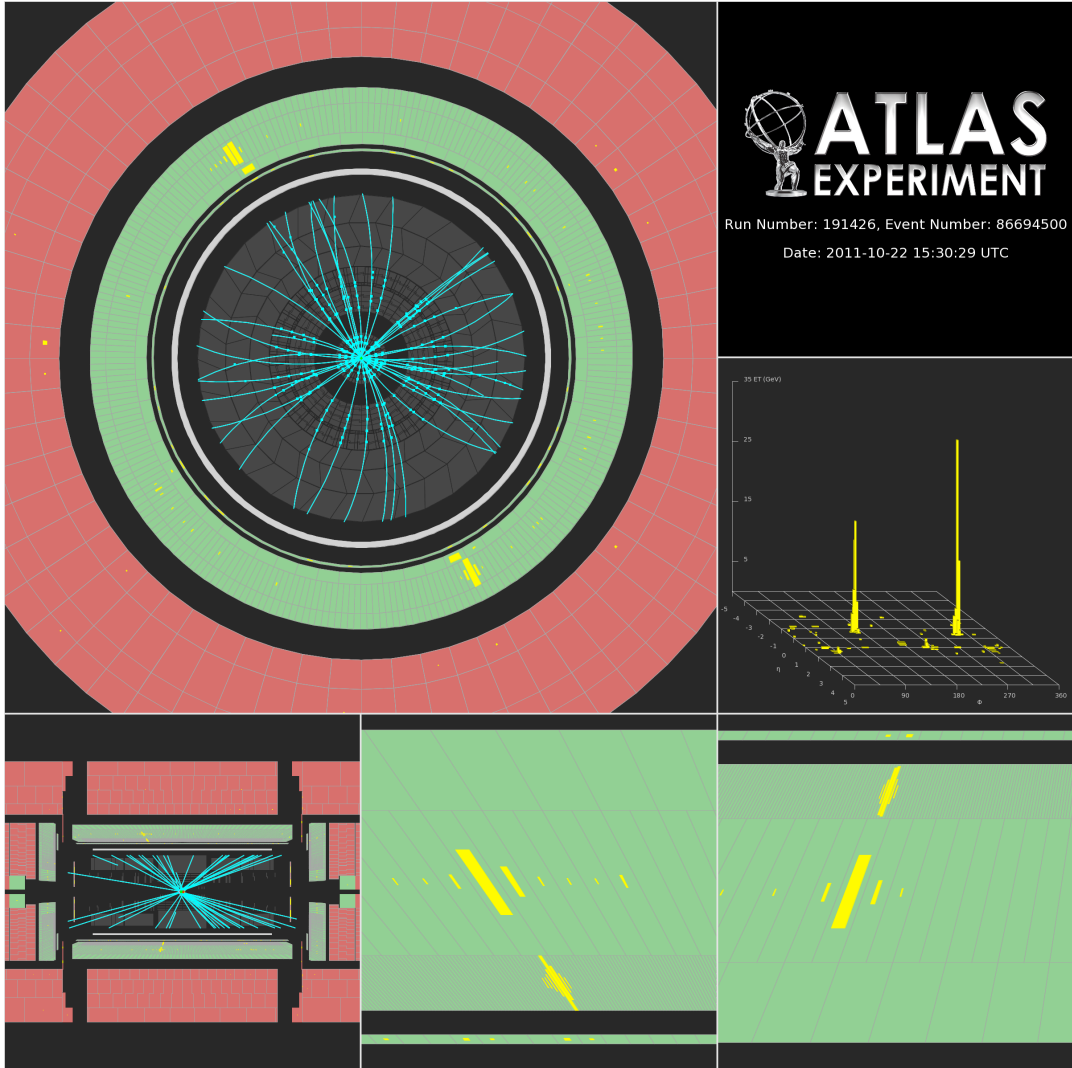
PRODUCCIÓN



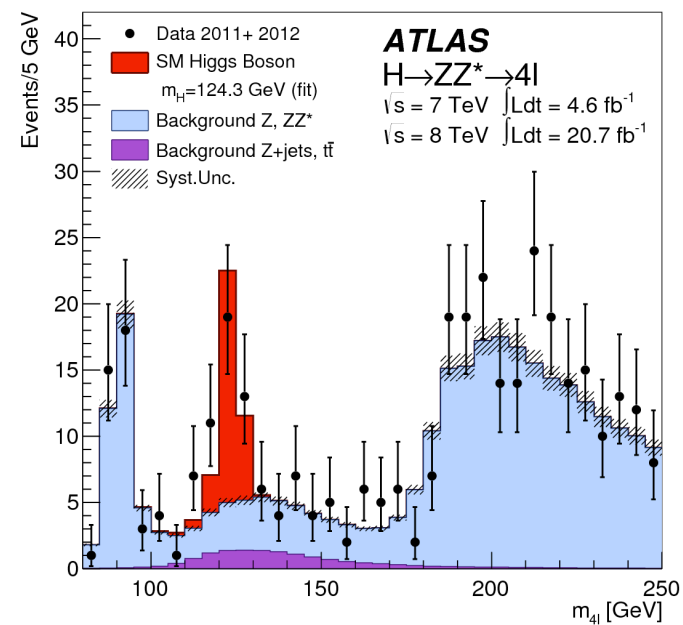
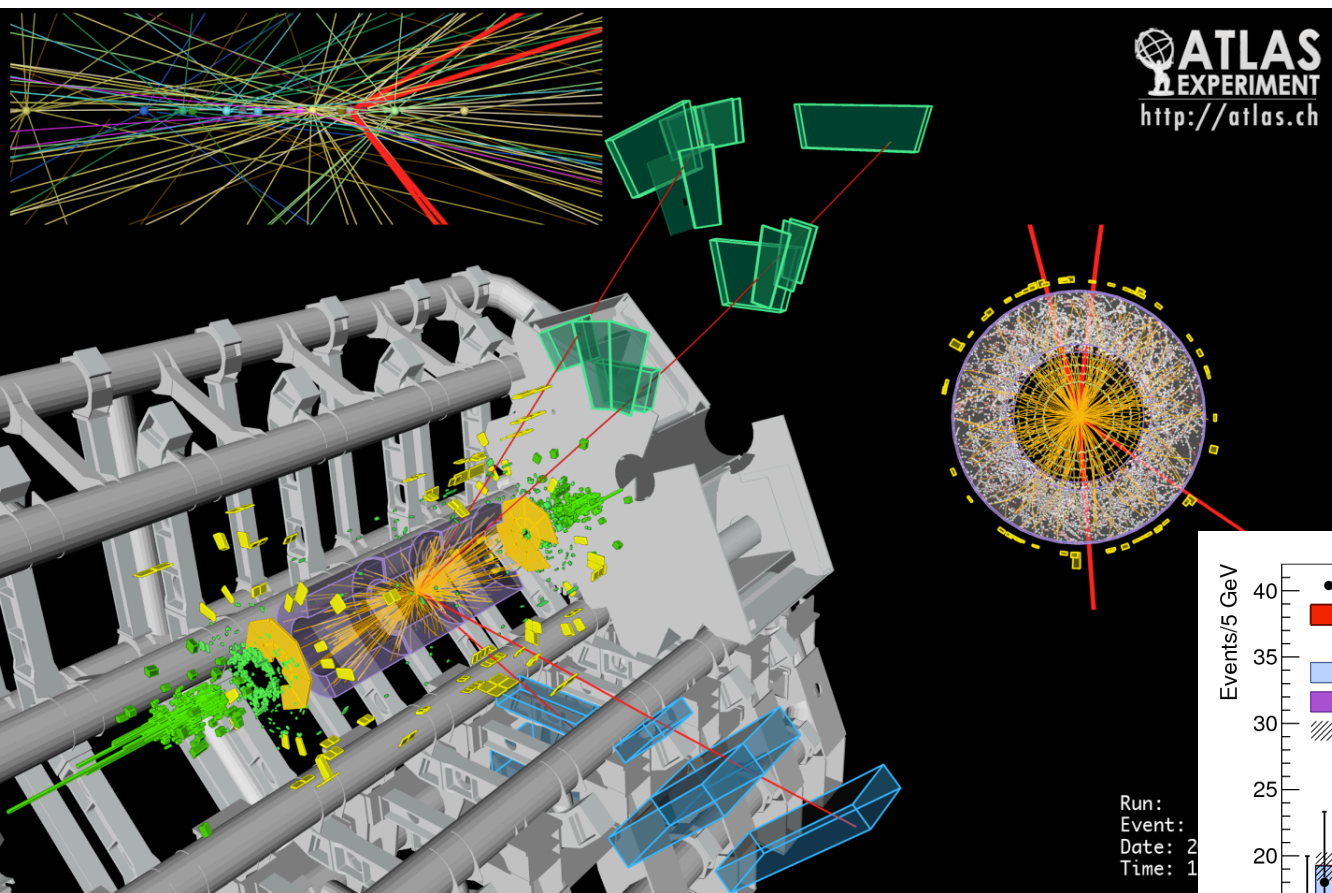
DESINTEGRACIÓN



H \rightarrow 2 γ



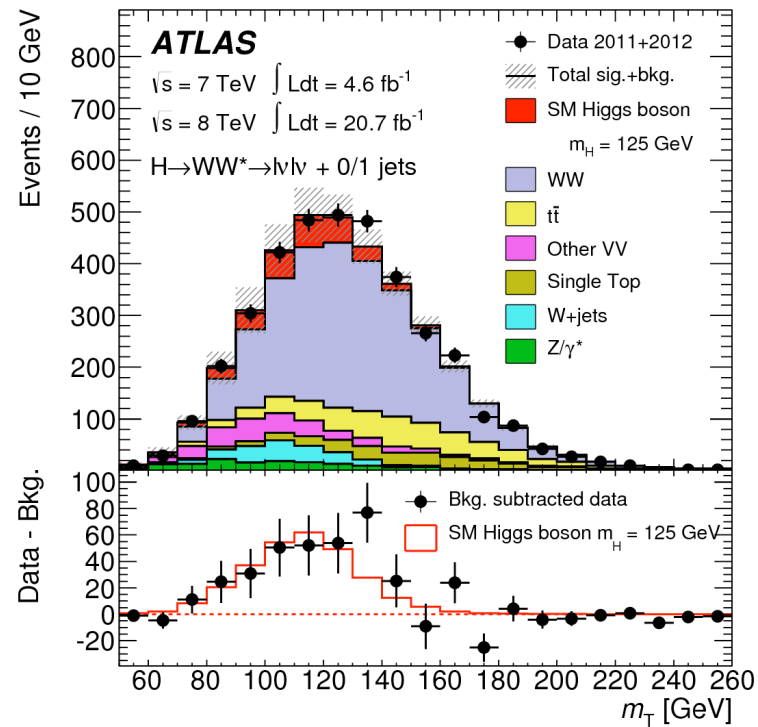
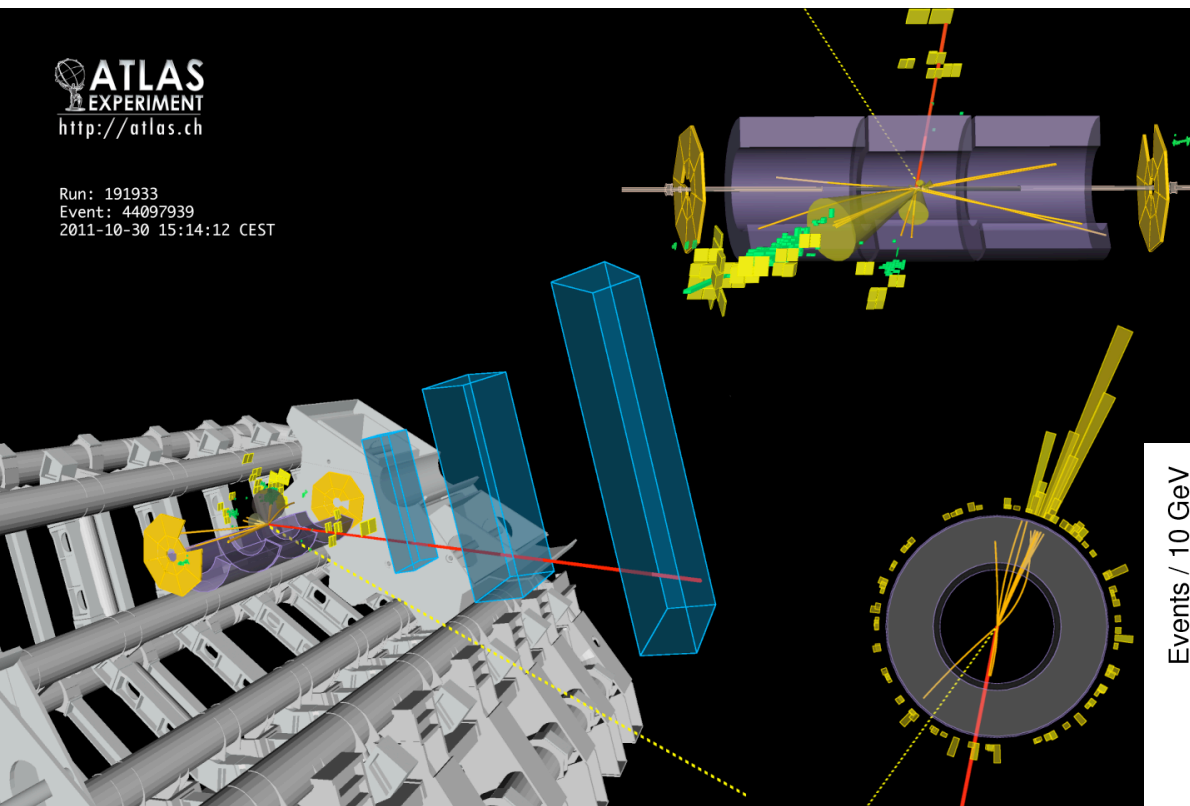
$$H \rightarrow 4\mu$$



H \rightarrow WW

ATLAS
EXPERIMENT
<http://atlas.ch>

Run: 191933
Event: 44097939
2011-10-30 15:14:12 CEST



Materia Oscura: un nuevo tipo de materia

Necesitamos **NUEVA FÍSICA** más allá del Modelo Estándar de Partículas elementales para explicar la naturaleza de la materia oscura.

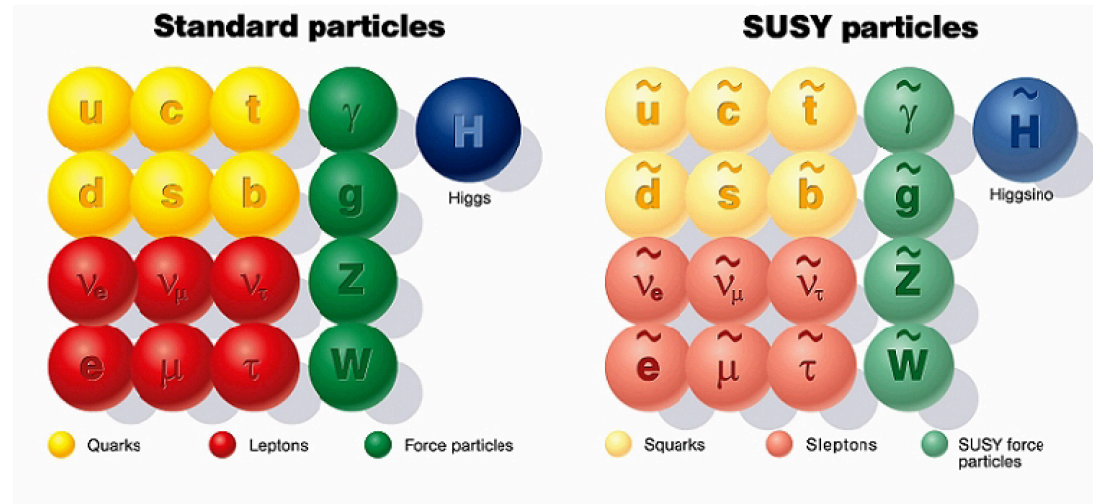
Muchas posibilidades teóricas: **Axiones, Dimensiones Extra, Supersimetría, etc**
(Algunas de estas teorías podrían estudiarse con aceleradores de partículas como el LHC (Large Hadron Collider))



Supersimetría:

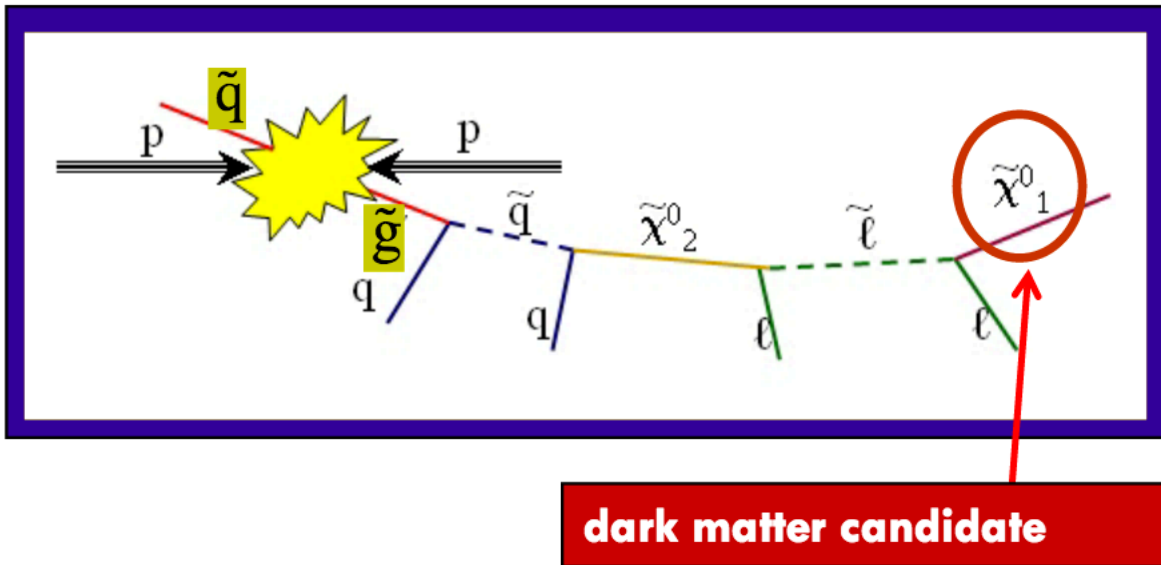
Una nueva simetría que asigna a cada fermión (bosón) un bosón (fermión)

Postula la existencia de nuevas partículas más masivas

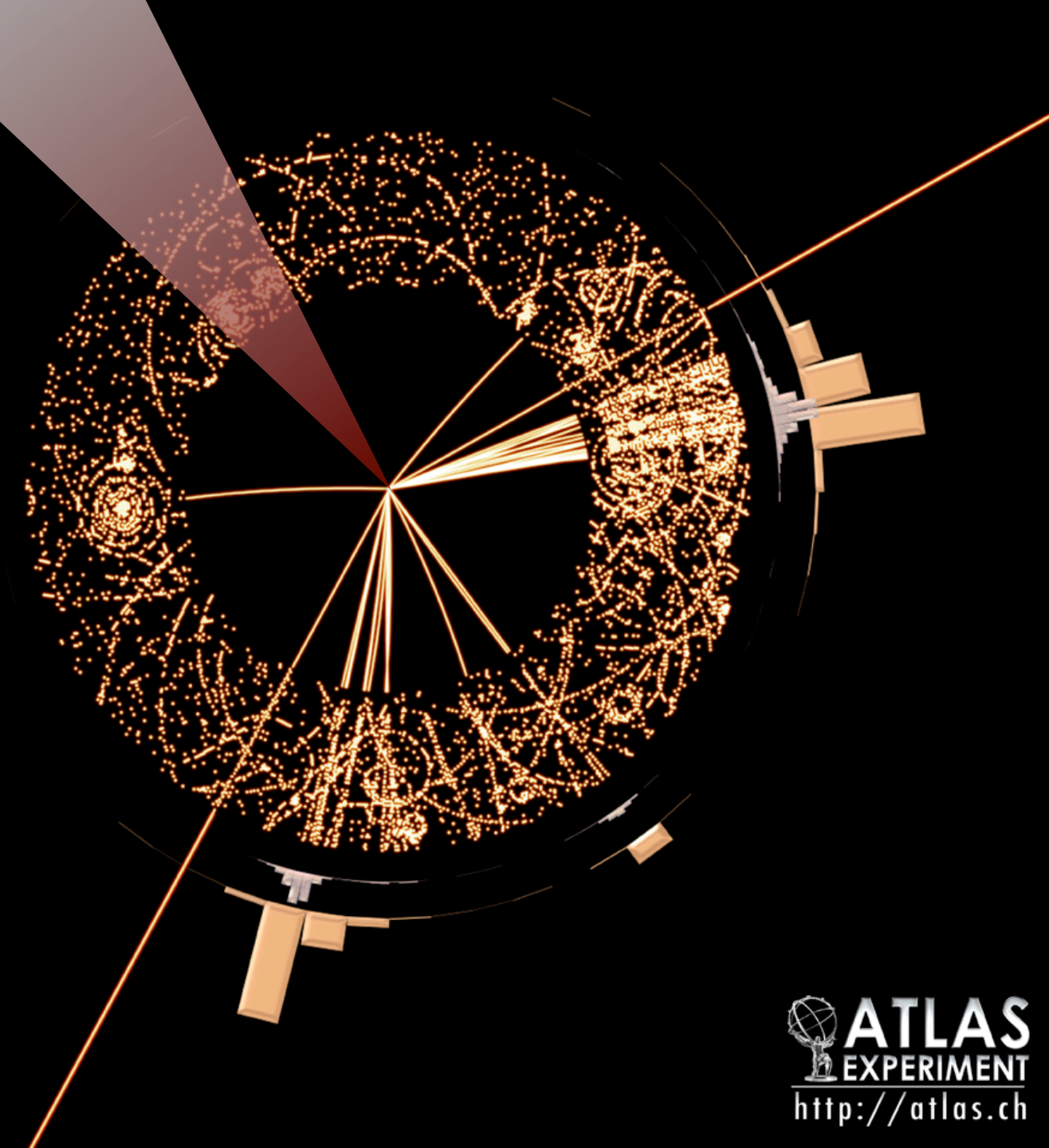


La partícula supersimétrica más ligera puede ser estable y candidato a materia oscura

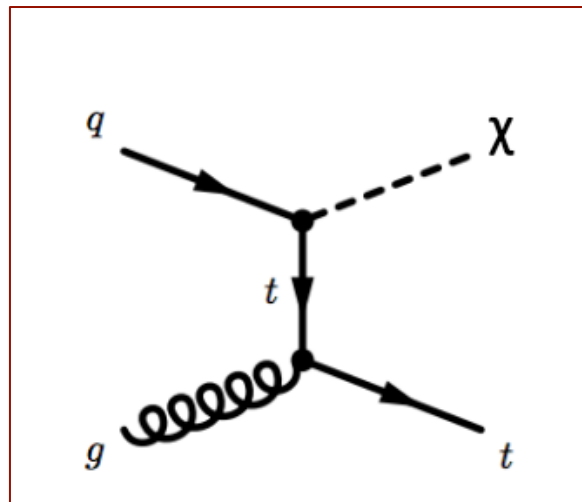
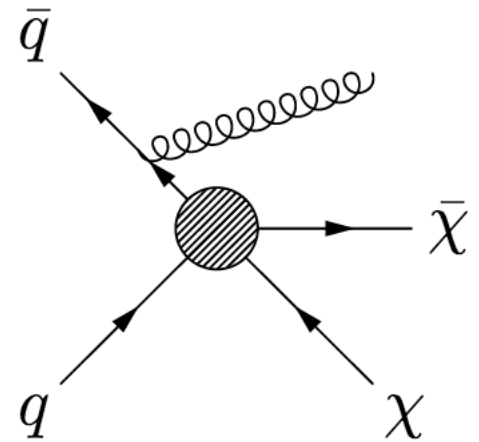
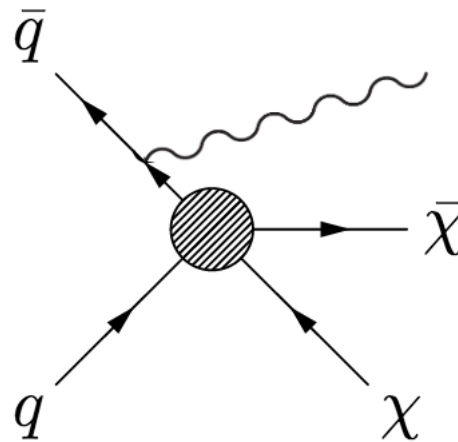
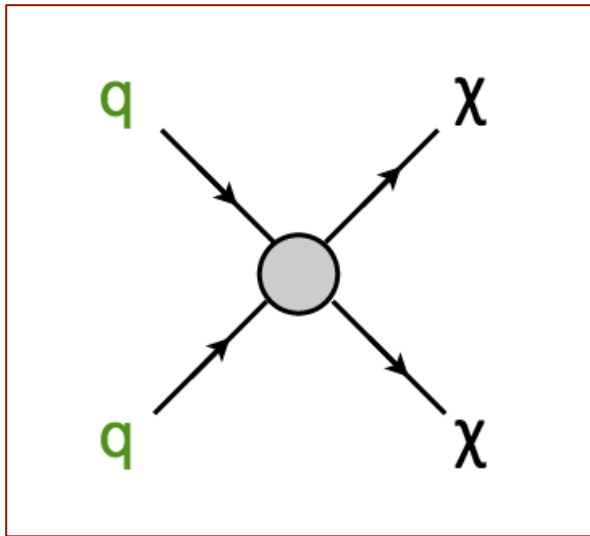
Puede ser aun más complicado con Supersimetría

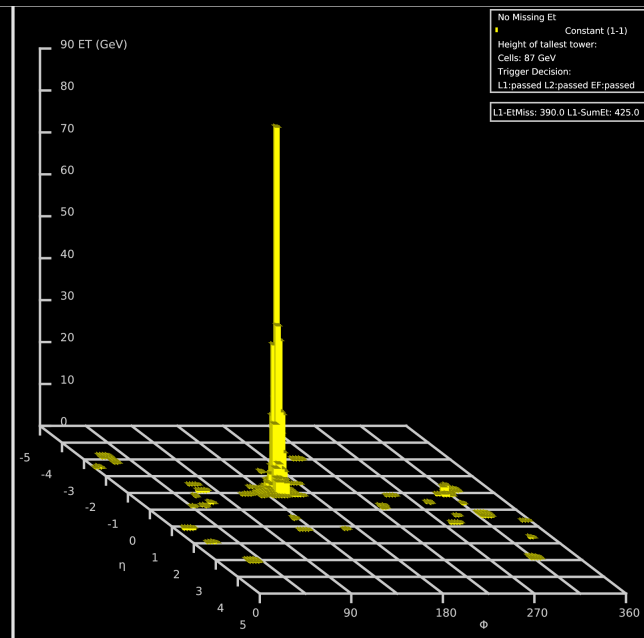
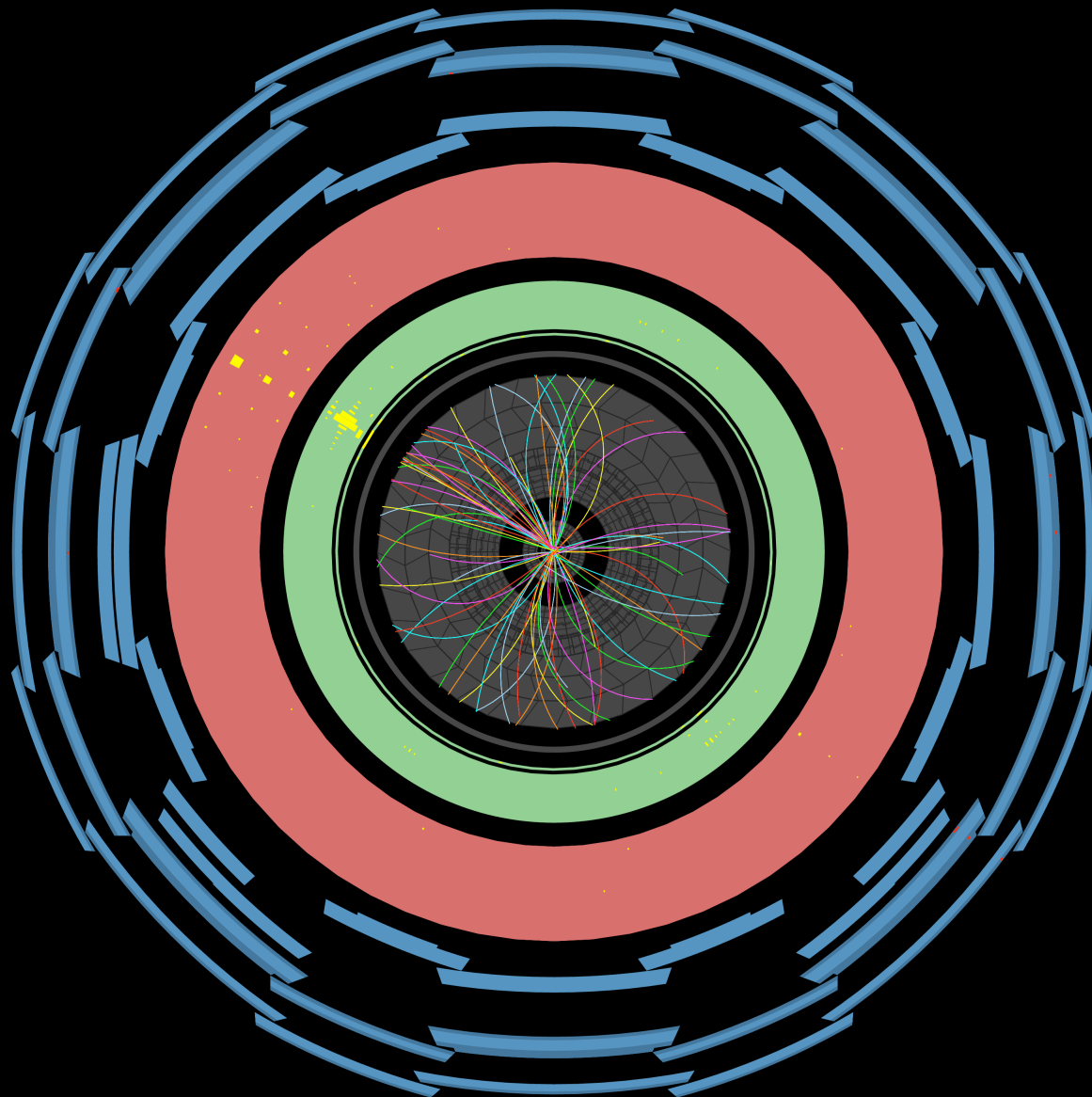


- Los sucesos pueden ser muy complicados:
 - largas cadenas de desintegración y
 - gran variedad de señales.
- La partícula más ligera no se puede detectar.
- La señal característica se basa en la falta de energía en el suceso.



Materia Oscura: mono- χ





ATLAS EXPERIMENT

Run Number: 180309, Event Number: 36060682

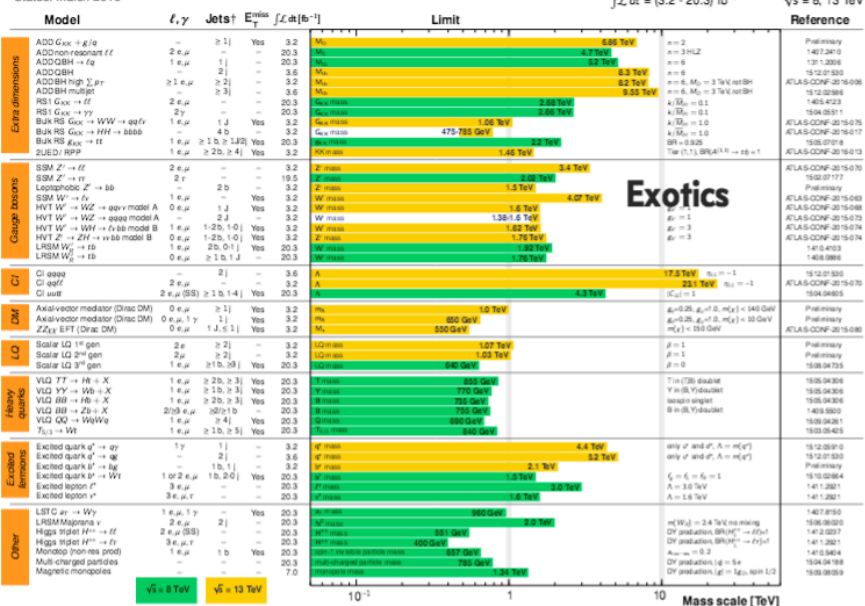
Date: 2011-04-27 02:33:15 CEST

Searches for New Physics at ATLAS

<https://twiki.cern.ch/twiki/bin/view/AtlasPublic>

ATLAS Exotics Searches* - 95% CL Exclusion

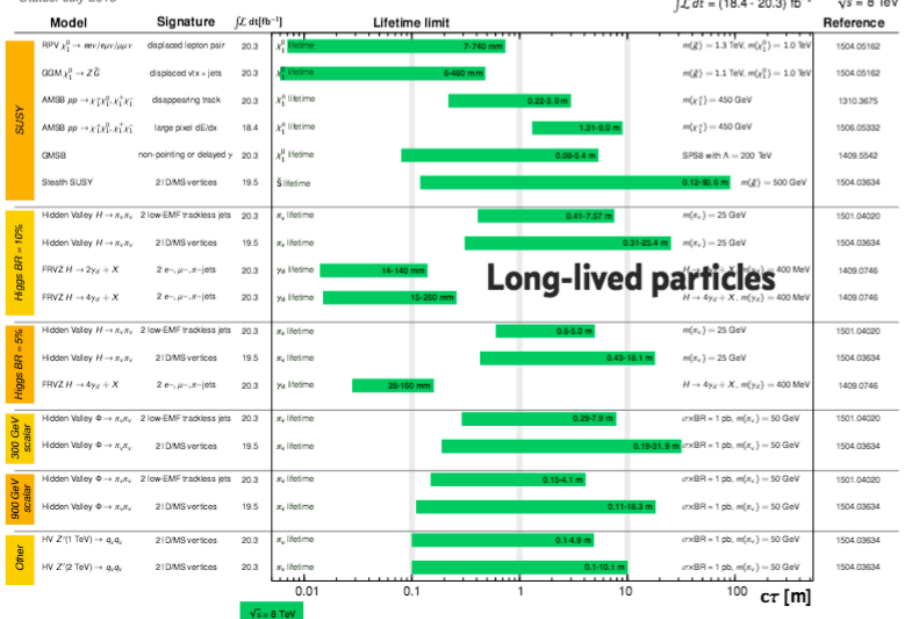
Status: March 2016



*Only a selection of the available mass limits on new states or phenomena is shown. Lower bounds are specified only when explicitly not excluded.

ATLAS Long-lived Particle Searches* - 95% CL Exclusion

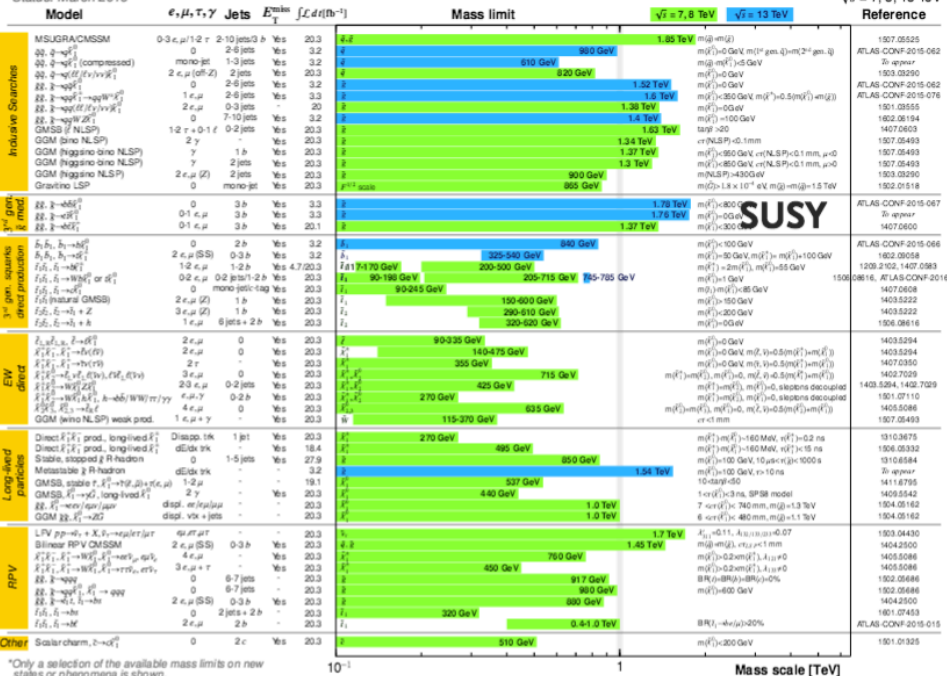
Status: July 2015



*Only a selection of the available mass limits on new states or phenomena is shown. Lower bounds are specified only when explicitly not excluded.

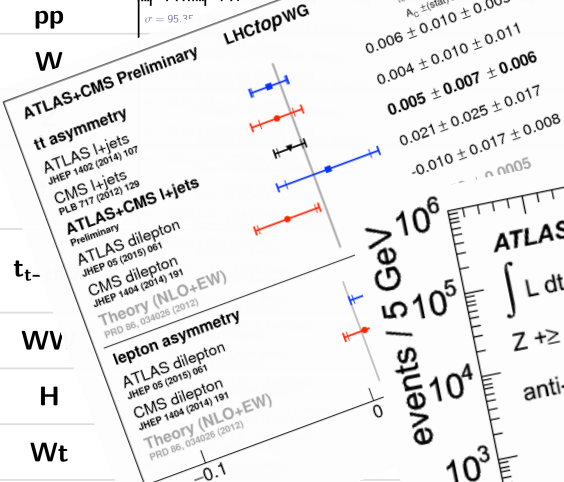
ATLAS SUSY Searches* - 95% CL Lower Limits

Status: March 2016

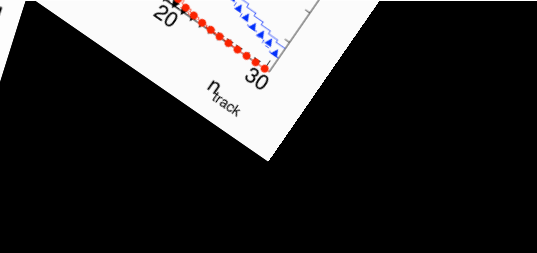
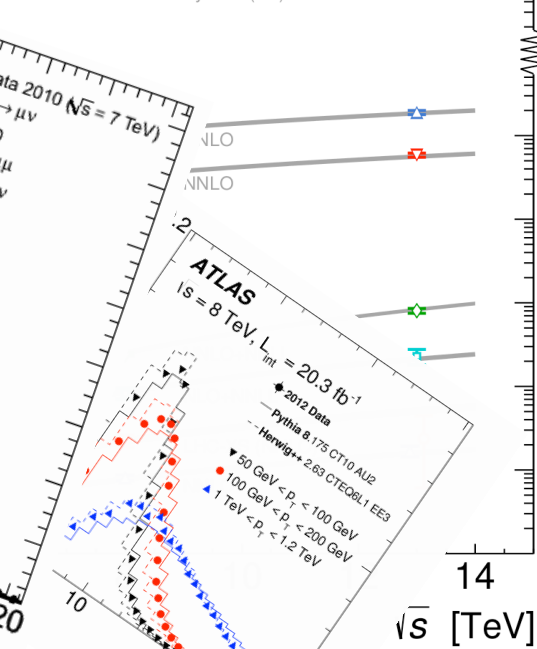
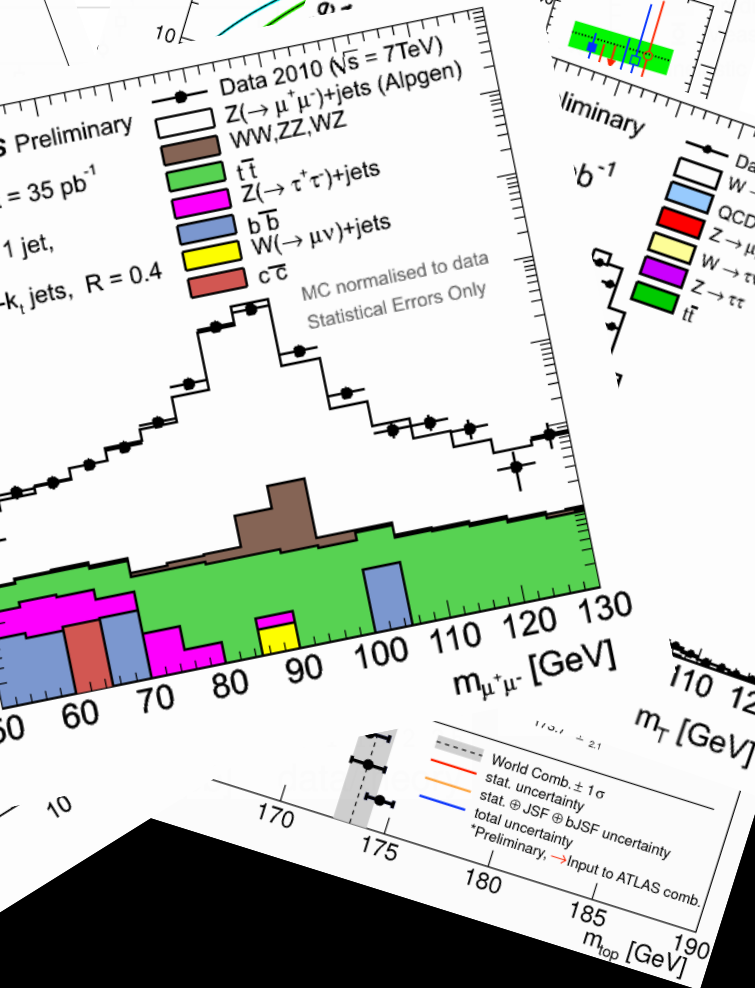
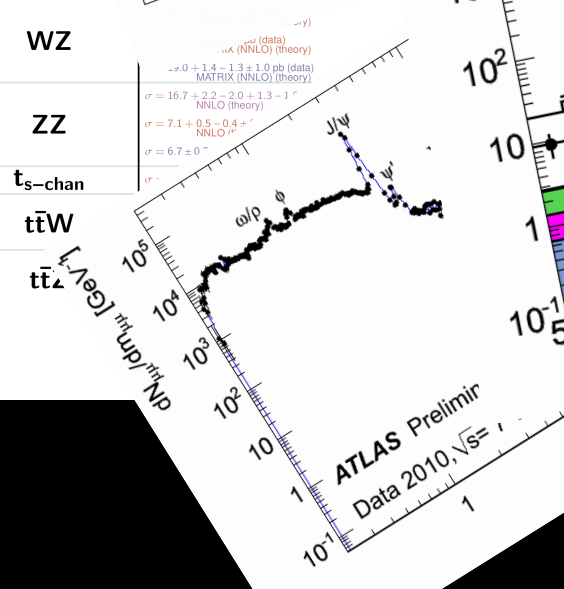
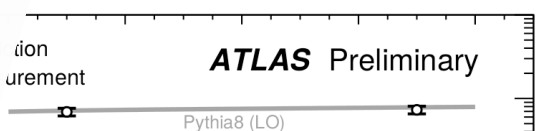


Verificar el Modelo Estándar

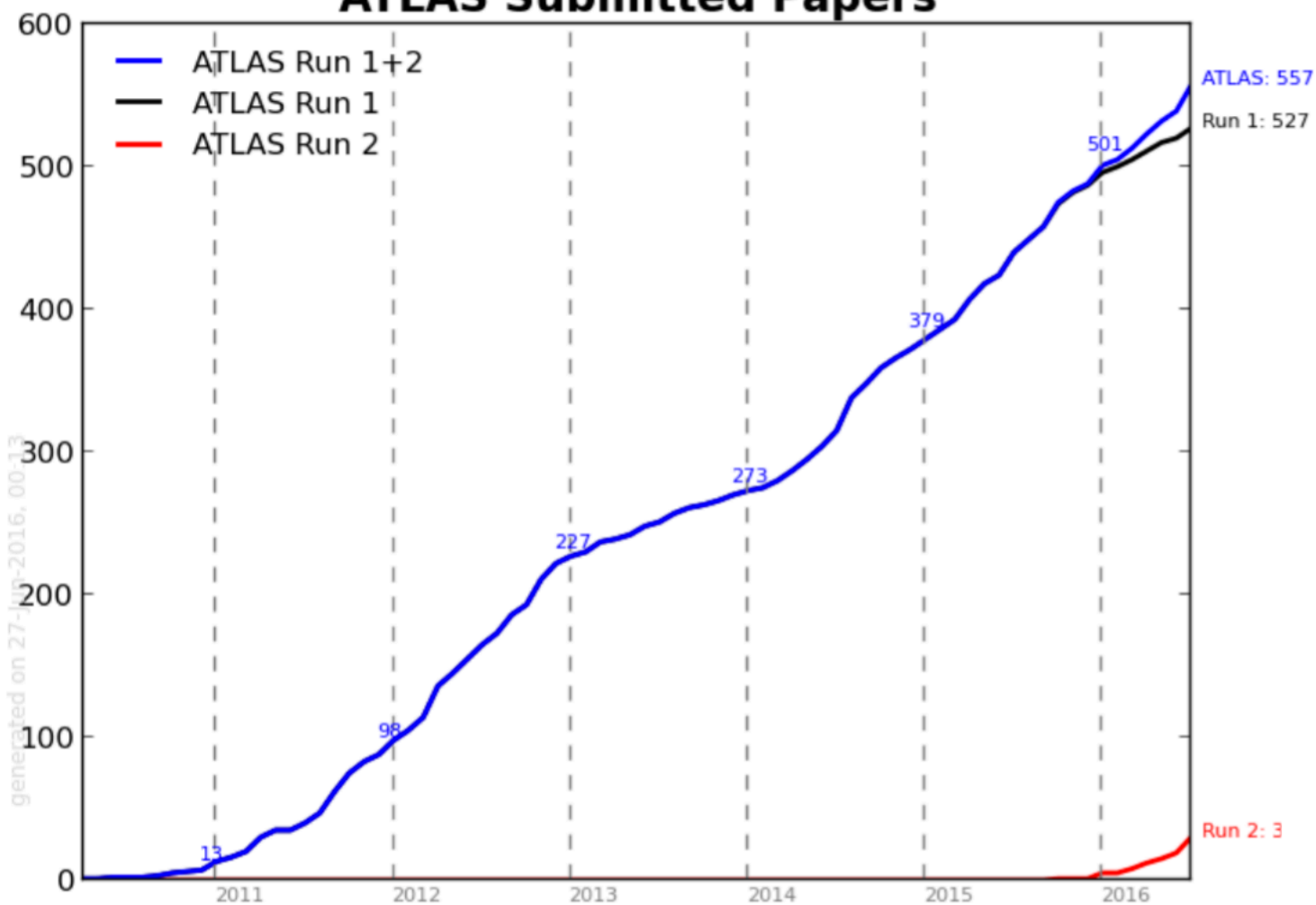
Standard Model Total



Section



ATLAS Submitted Papers



GRACIAS POR VUESTRA ATENCIÓN

