

Bienvenidos



al



Acelerando Ciencia e Innovación

CERN

El laboratorio europeo de física de partículas

La física de partículas, también conocida como física de altas energías y como física subnuclear, intenta conocer el origen de la materia, su estructura mas profunda y los lazos que la mantienen unida.

Nacimiento del CERN:

La primera propuesta (De Broglie, 1949)

“ ...un laboratorio o institución donde sería posible llevar a cabo trabajos científicos pero, de alguna forma, mas allá del marco de las diferentes naciones participantes.

...esta entidad podría esta dotada con mas recursos que los laboratorios nacionales y podría, por tanto, emprender tareas...mas allá de su ámbito...”

**La colaboración podría ser mas fácil debido a la
“naturaleza verdadera de la ciencia”**

Este tipo de cooperación serviría también otras disciplinas

Introducción al CERN

1. Misiones
2. Servicios
3. Estructura y números
4. La física de partículas
5. Facilidades experimentales (aceleradores)
6. Los experimentos (detectores)
7. I+D (aceleradores, detectores, computación)
8. Educación y entrenamiento
9. ES y LA en el CERN

1) Las Misiones del CERN



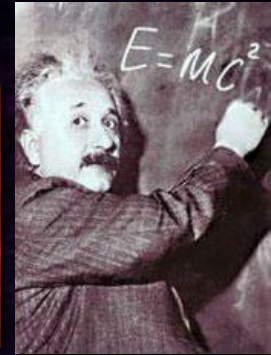


Las Misiones del CERN

Investigación

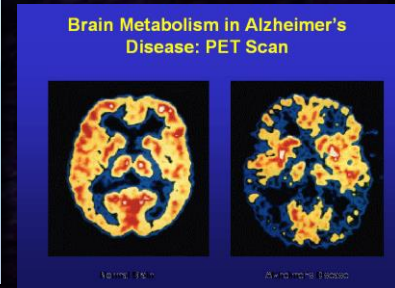
- **Empujar** las fronteras del conocimiento

Ej.: los secretos del Big Bang ...¿como era la materia durante los primeros momentos de existencia del Universo?



- **Desarrollar** nuevas tecnologías en aceleradores y detectores

Tecnología de la Información - la Web y la GRID
Medicina - diagnosis y terapia



- **Entrenar** los científicos e ingenieros del mañana



- **Unir** gentes de países y culturas diferentes



2) Servicios

CERN, el Laboratorio Europeo de Física de Partículas, está situado en la región fronteriza entre Francia y Suiza.

Dos sitios principales:

Sitio de Preveessin

Servicios:
Restaurante
Banco
Oficina de correos



Sitio de Meyrin

Servicios:
3 hoteles
2 restaurantes
2 bancos
Quiosco
Oficina de correos
Servicio medico
Servicio de bomberos
Servicio de movilidad



Francia

Suiza



3) Estructura y números

Órganos políticos

- Consejo del CERN
- Comité de Política Científica
- Comité de Finanzas

Comités científicos

- SPSC
- INTC
- LHCC
- Comisión de Investigación (RB)



El CERN se fundó en 1954: 12 Naciones Europeas

“Ciencia para la Paz”

Actualmente: 21 Naciones son miembros

~ 2300 titulares

~ 1300 otro personal pagado

~ 11500 utilizadores

Presupuesto (2015) ~1000 MCHF

21 Estados Miembros: Alemania, Austria, Bélgica, Bulgaria, Dinamarca, Eslovaquia, España, Finlandia, Francia, Grecia, Holanda, Hungría, Israel, Italia, Noruega, Polonia, Portugal, Republica Checa, Suecia, Suiza y el Reino Unido.

Estados Asociados: Turquía

Estados en proceso de devenir Miembros: Rumania, Serbia

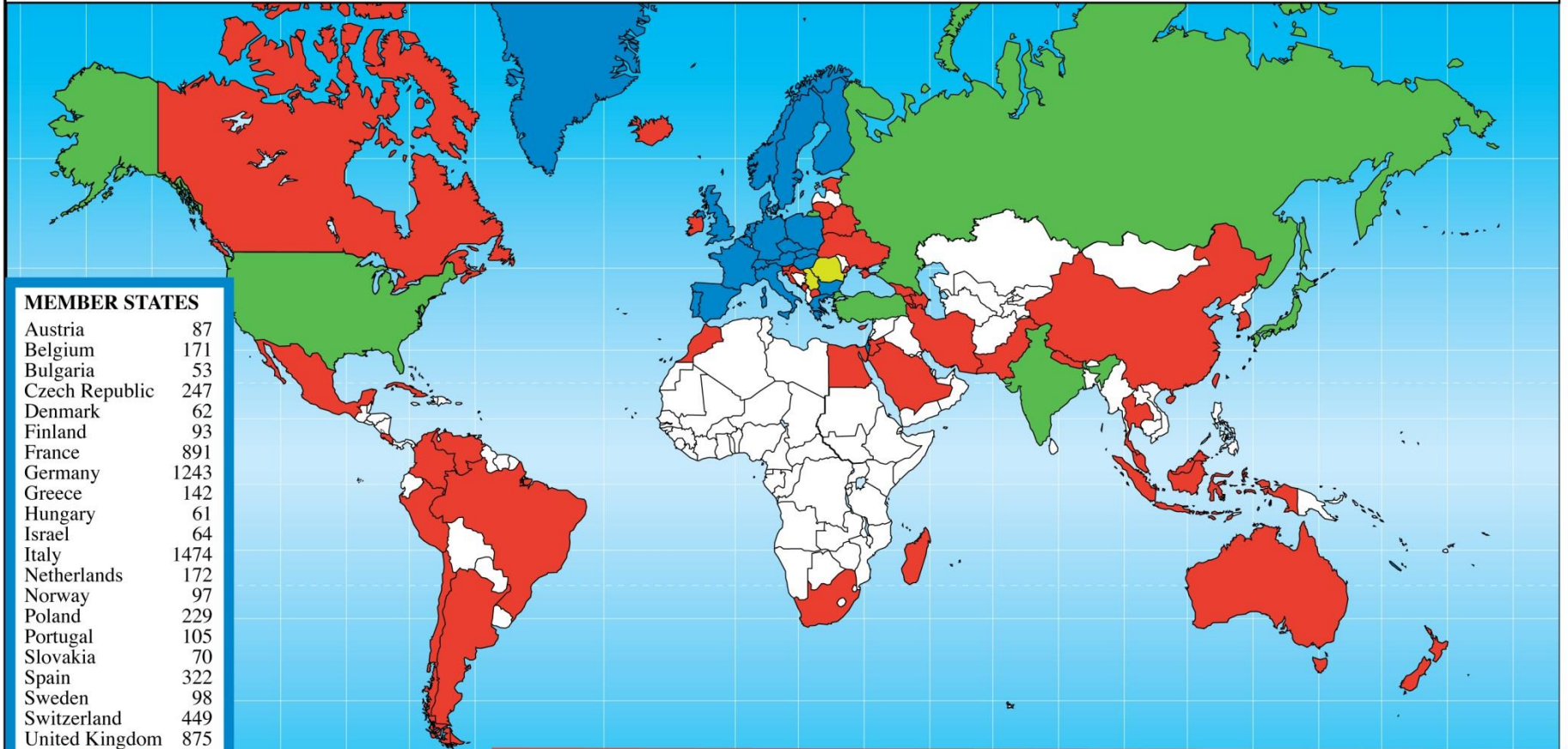
Estados solicitando ser Miembro o Estado Asociado: Brasil, Croacia, Chipre, Eslovenia, Paquistán, Rusia, Ucrania

Observadores en el Consejo: India, Japón, Rusia, los Estados Unidos de América; la Unión Europea, JINR y UNESCO



La ciencia se hace cada vez mas global

Distribution of All CERN Users by Location of Institute on 13 January 2015



MEMBER STATES

Austria	87
Belgium	171
Bulgaria	53
Czech Republic	247
Denmark	62
Finland	93
France	891
Germany	1243
Greece	142
Hungary	61
Israel	64
Italy	1474
Netherlands	172
Norway	97
Poland	229
Portugal	105
Slovakia	70
Spain	322
Sweden	98
Switzerland	449
United Kingdom	875

7005

OBSERVERS

India	182
Japan	261
Russia	917
Turkey	127
USA	1731

3218

STATES IN ACCESSION TO MEMBERSHIP

Romania	97
Serbia	35

132

OTHERS

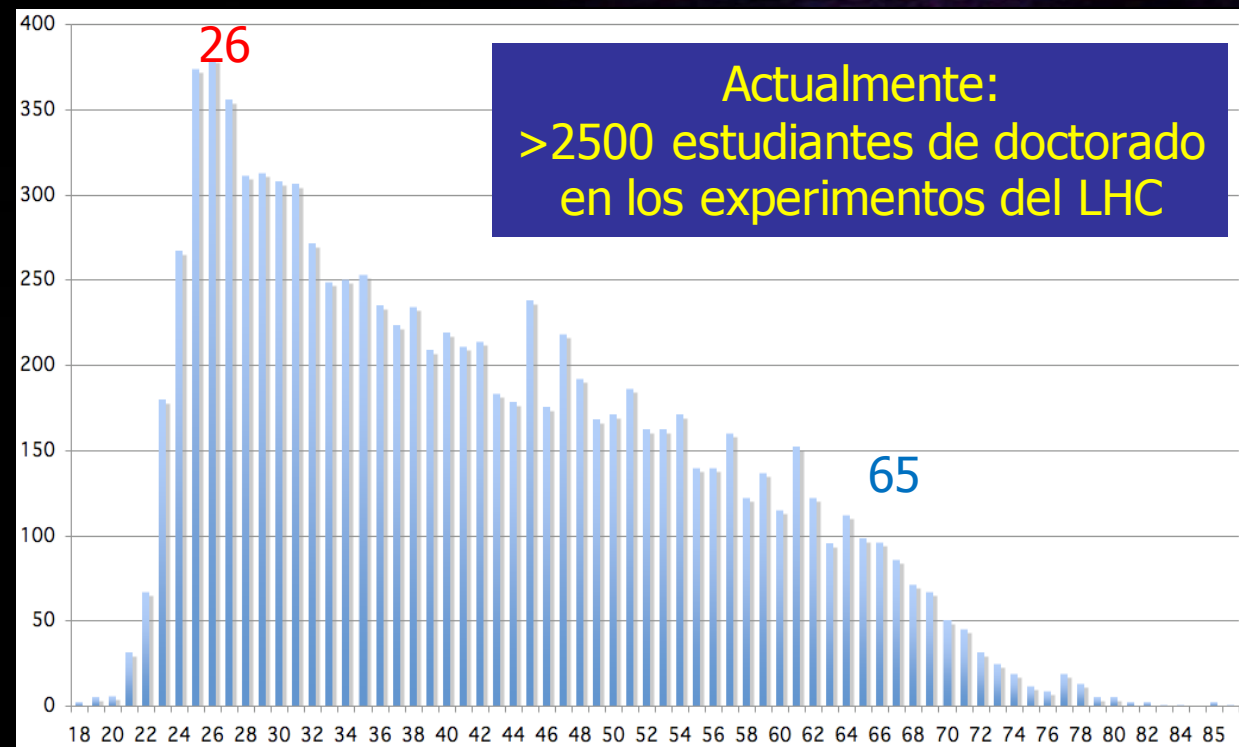
Argentina	22	China	150	Iceland	3	Montenegro	1	Taiwan	77
Armenia	17	Colombia	15	Indonesia	8	Morocco	8	Thailand	13
Australia	37	Costa Rica	1	Iran	29	Nepal	1	TFYROM	2
Azerbaijan	3	Croatia	22	Ireland	7	New Zealand	7	Ukraine	29
Belarus	26	Cuba	3	Jordan	2	Pakistan	26	Venezuela	1
Belgium	171	Cyprus	12	Korea	130	Peru	3		
Belgium	171	Egypt	22	Lithuania	12	Saudi Arabia	1		
Canada	165	Estonia	17	Madagascar	3	Singapore	1		
Chile	11	Georgia	14	Malaysia	8	Slovenia	21		
		Hong Kong	11	Mexico	56	South Africa	42		

1177



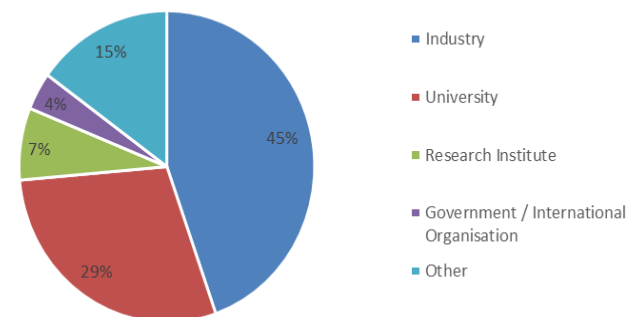
Distribución de los científicos por edad

- y donde van después

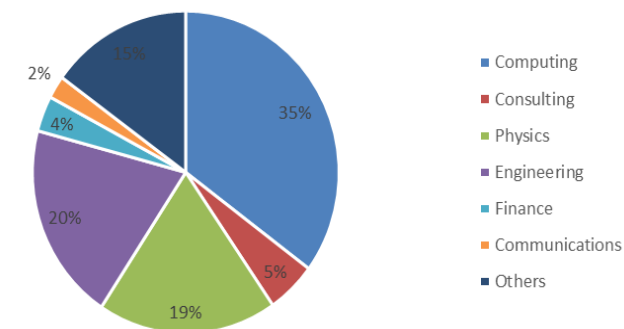


No todos se quedan: donde van?

In which type of organization do you work at the moment?



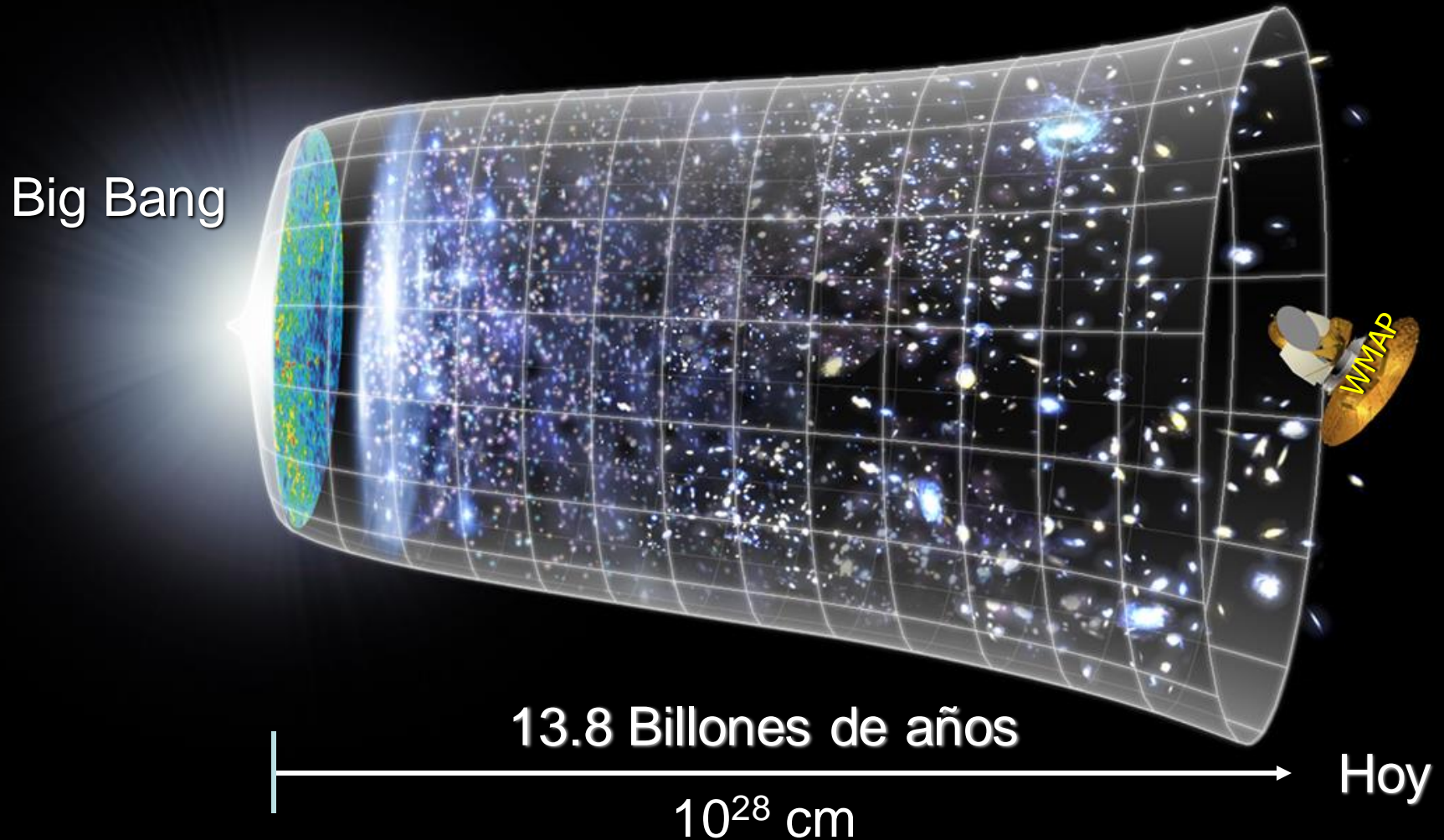
Which domain do you work in?

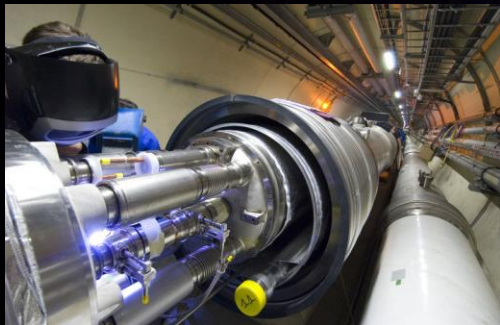
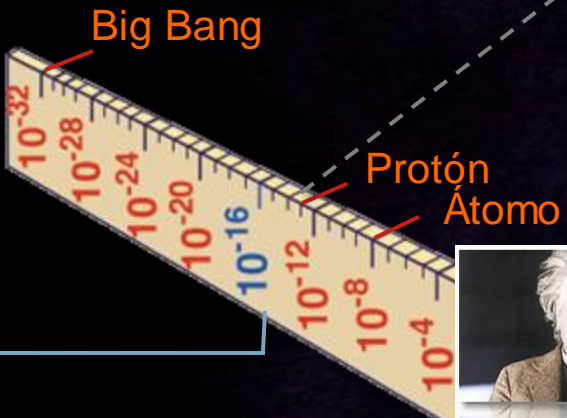


4) La física de partículas

El desafío científico actual:

comprender los primeros instantes de nuestro universo después del Big Bang



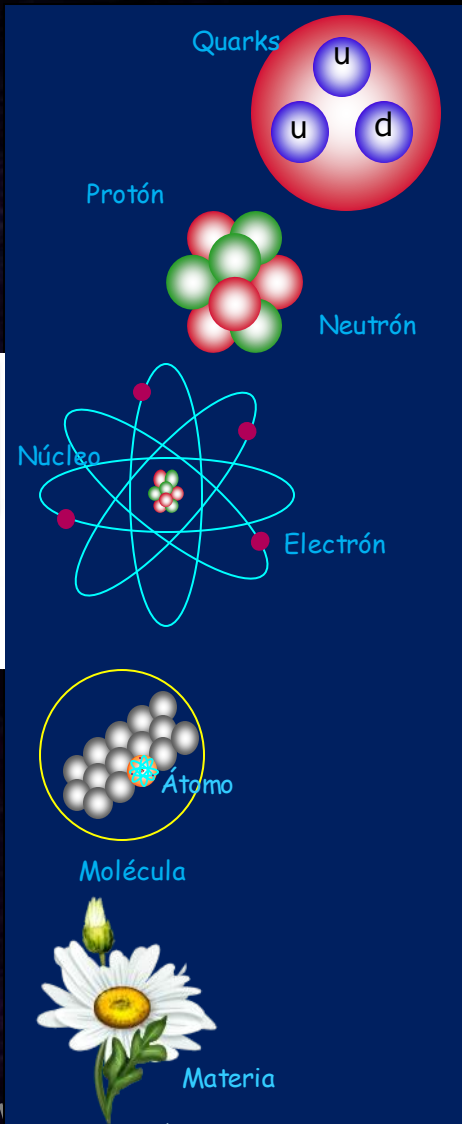


LHC

Súper-Microscopio



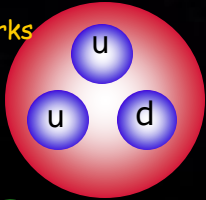
Estudiar las leyes físicas de los primeros momentos después del Big Bang incrementando la Simbiosis entre Física de Partículas, Astrofísica y Cosmología



Los constituyentes de la materia

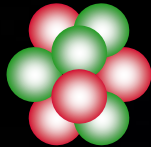
Partículas y Campos elementales Ingredientes del Modelo Estándar

10^{-18} m Quarks



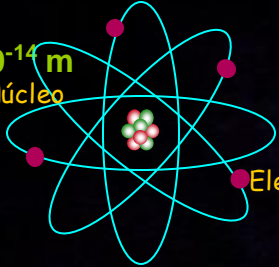
10^{-15} m Protón

PS

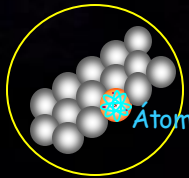


Neutrón

10^{-14} m
Núcleo



Electrón



Átomo 10^{-10} m

Molécula 10^{-9} m



Materia

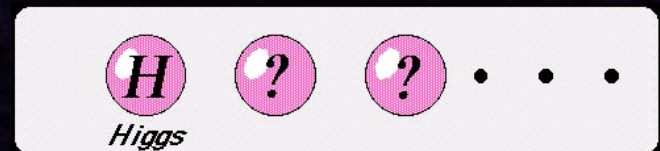
partículas materiales

	1ra gen.	2da gen.	3ra gen.
Q U A R K S	u up	c encanto	t top
	d down	s extraño	b belleza
L E P T O N E S	ν_e neutrino e	ν_μ neutrino μ	ν_τ neutrino τ
	e^- electrón	μ^- muón	τ^- tau

partículas gauge

Fuerza fuerte	g gluón
Fuerza electromagnética	γ fotón
Fuerza débil	W^+ W^- Z bosones W bosón Z

Partícula(s) escalar(es)



¿¿ De que esta hecho nuestro universo ??

el oscuro misterio de la materia permanece...

- Partículas elementales

- Materiales (leptones y quarks)
- Gauge (γ , Z, W, gluones)

0.1%

Mecanismo higgs del SM

- Partículas Compuestas (hadrones)

- Bariones (protones, neutrones, ...)
- Mesones (piones, kaones, ...)

4%

Ruptura de la simetría chiral QCD

- Materia oscura

- partículas desconocidas

23%

No sabemos el "como" ni el "porque" del $\sim 5\%$ del SM

- Energía oscura

- energía del vacío

→ origen desconocido

73%

Ni tan siquiera sabemos el "que" del otro 95%

No sabemos todo!

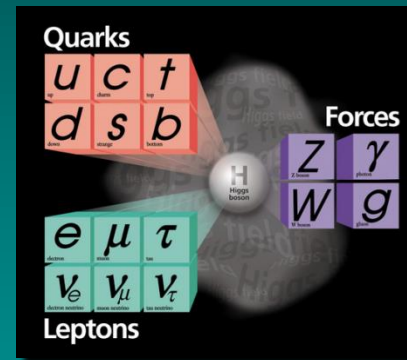
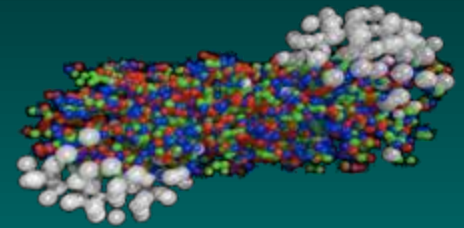
El estudio de los datos del LHC nos permitirá responder alguna de las preguntas fundamentales ...

¿Entenderemos el **estado primordial de la materia** después del Big Bang y antes de que protones y neutrones se formasen?

Hemos encontrado la **partícula Higgs** responsable de **dar masa** a todas las partículas

¿Encontraremos la razón por la cual **antimateria y materia no se destruyeron completamente una con otra**?

¿Encontraremos la(s) **partícula(s)** que forman la **misteriosa 'materia oscura'** de nuestro Universo?



5) Facilidades experimentales (aceleradores)

Elementos de un colisionador circular

- Producción de las partículas del haz
- Sistema de inyección y cámaras de vacío
- Definición/Mantenimiento de las orbitas
- Óptica del haz
- Sistema de aceleración y compensación
- Puntos de interacción y detectores

Las herramientas de la física de partículas

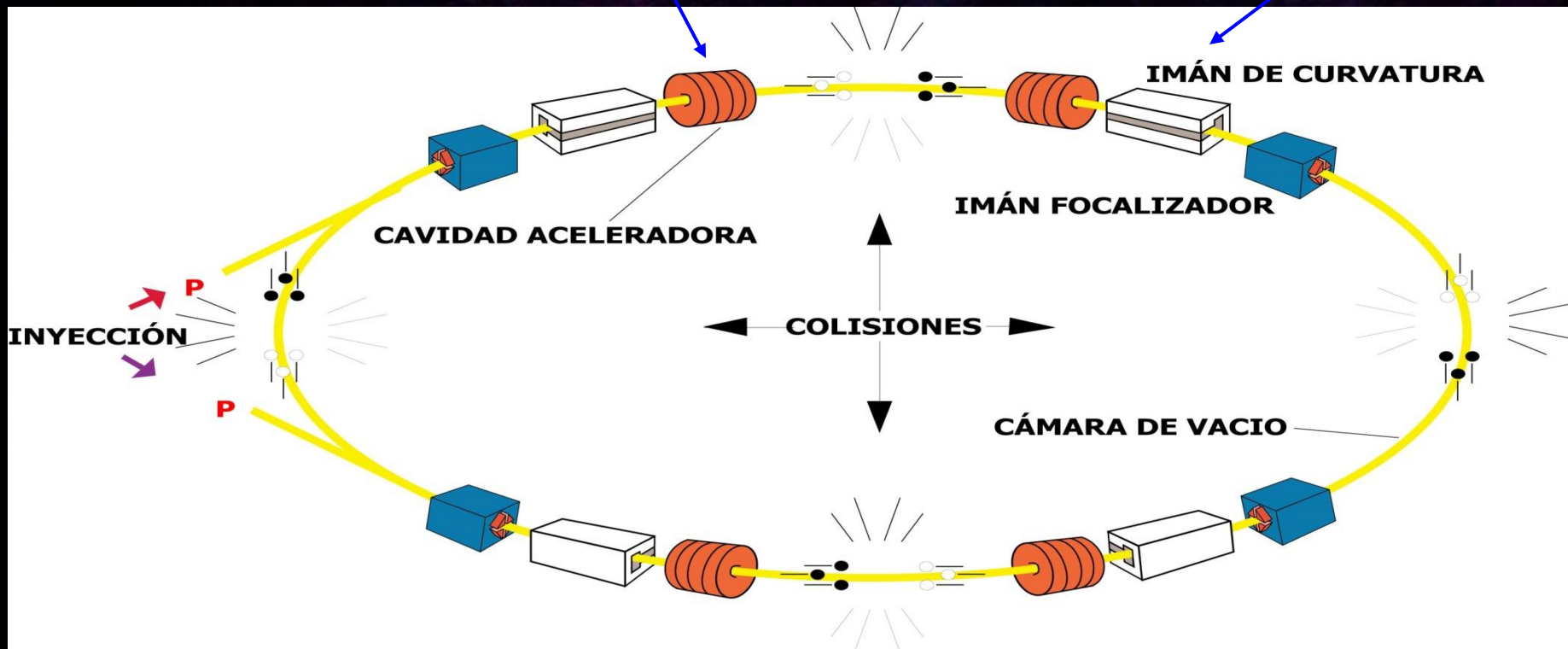


Cavidades Superconductoras



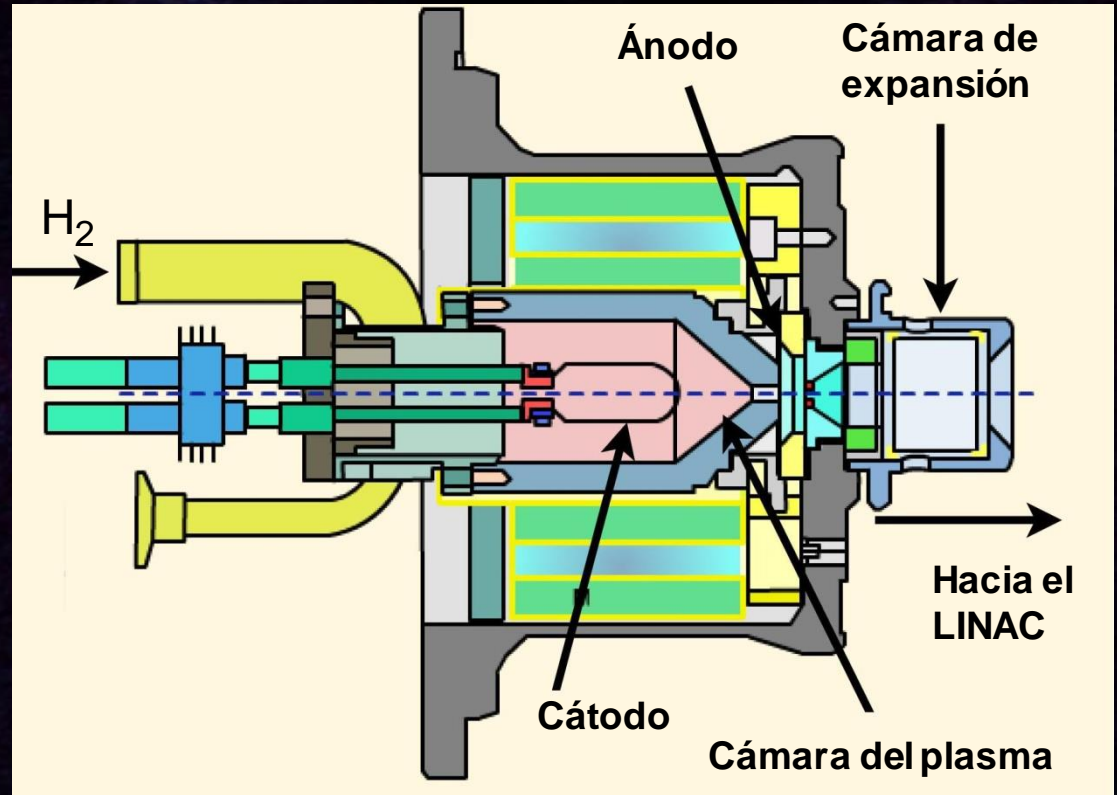
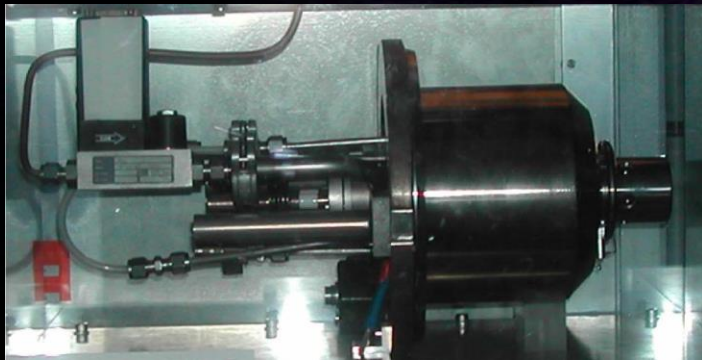
1232 criodipolos de 15 m.

Criodipolos



Producción de partículas (protones): fuente duoplasmatron

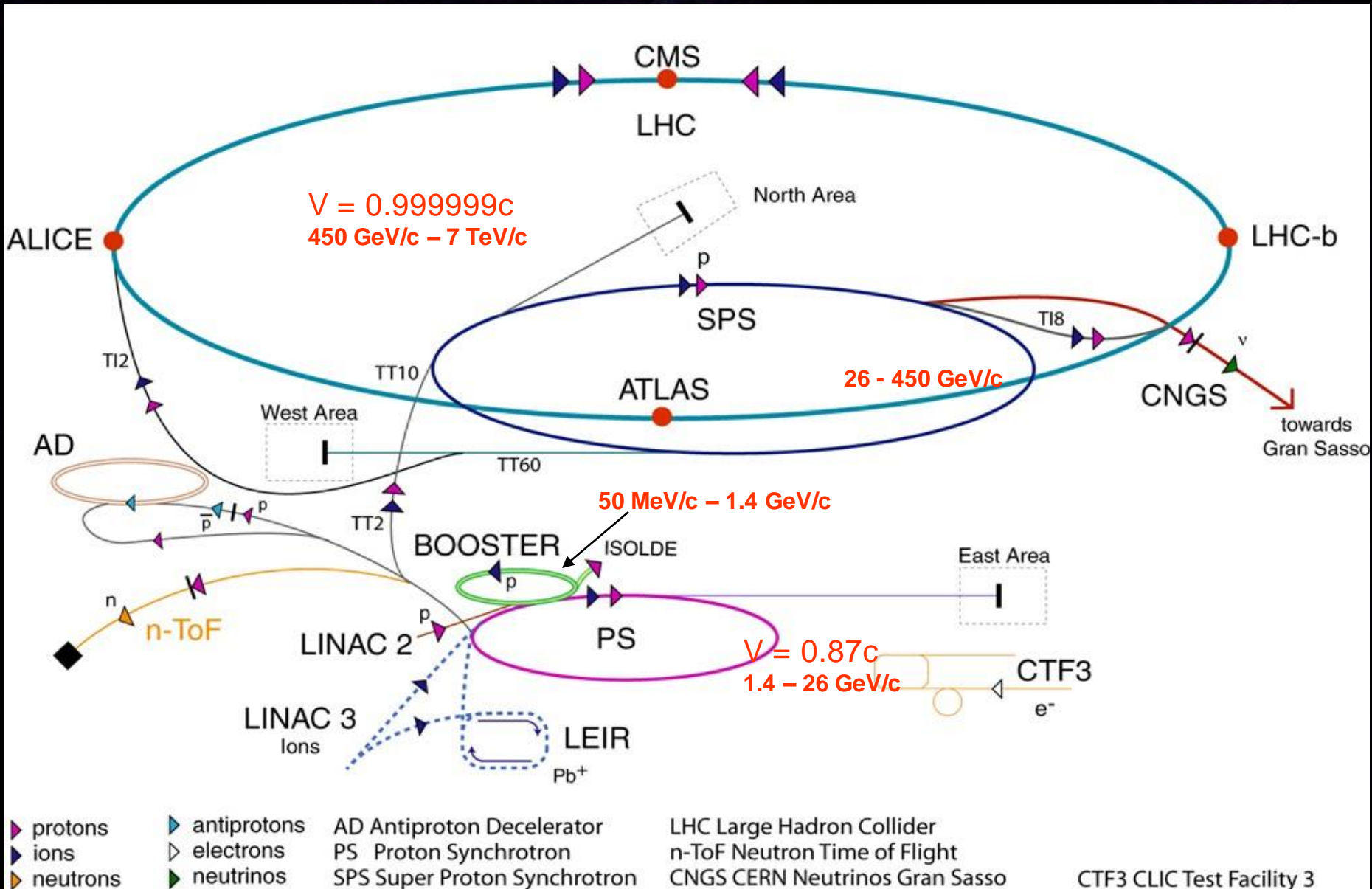
Los protones se producen por la ionización del plasma de H_2 potenciada con un haz de electrones.



Los protones salientes por la apertura de $\sim 1 \text{ mm}^2$ de la fuente tienen una velocidad del 1,4% de la velocidad de la luz, i.e., $\sim 4000 \text{ km/s}$

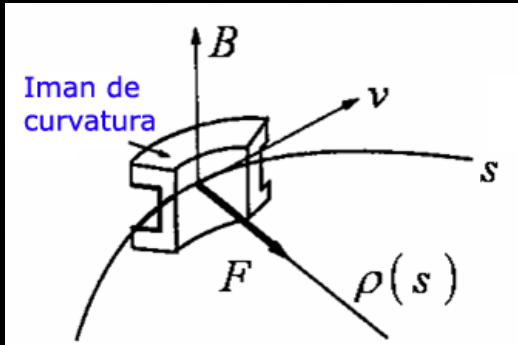
El SPACE SHUTTLE viaja a una velocidad de solo 8 km/s

Esquema de los sistemas de inyección y aceleración



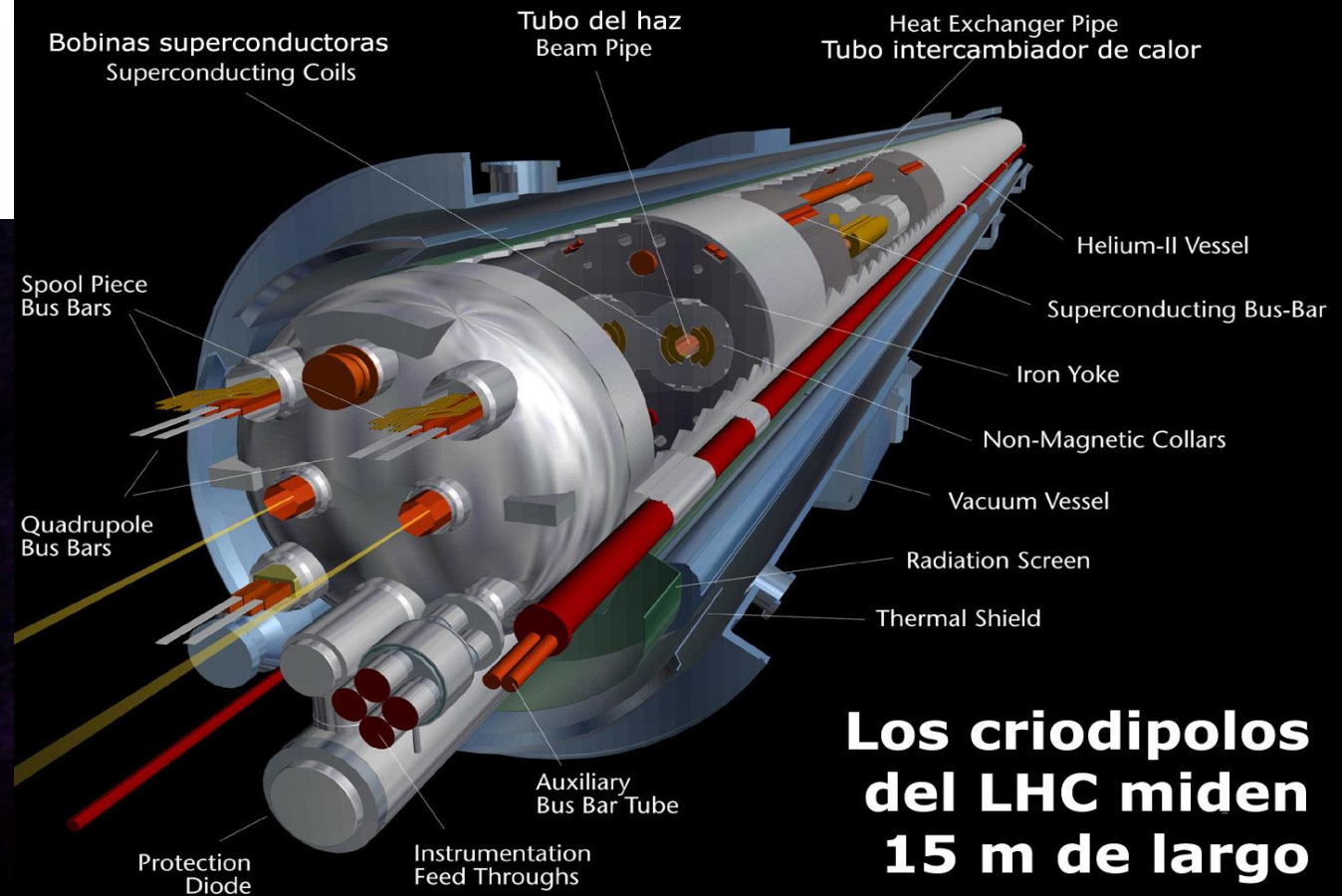
Definición y mantenimiento de orbitas

Diseño y mantenimiento de las órbitas - Imanes dipolares



$$\rho = 1/r = eB/p$$

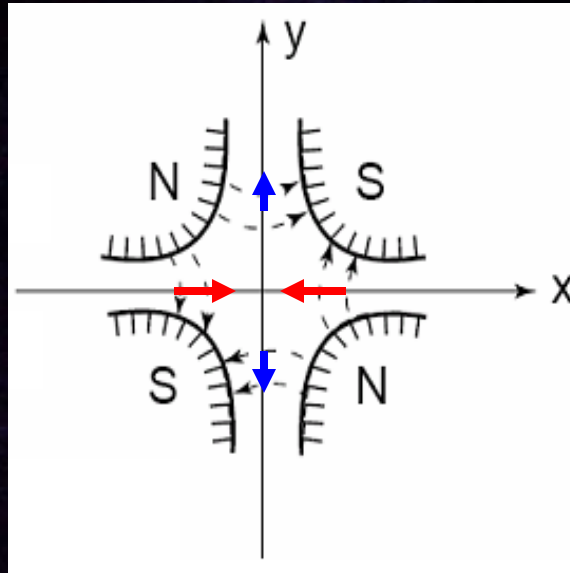
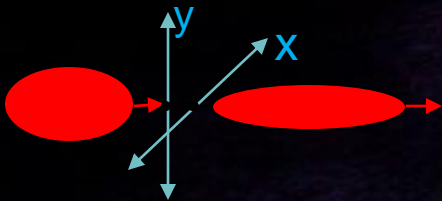
1232 Criodipolos



Los criodipolos del LHC miden 15 m de largo

Óptica del haz

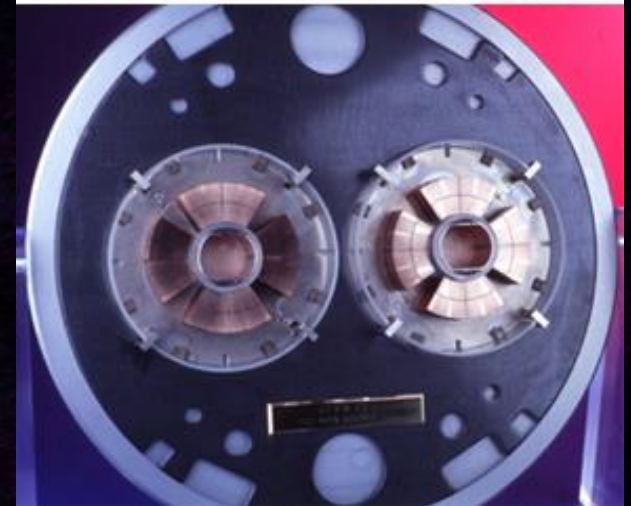
Imanes cuadrupolares (lentes magnéticas)



Los cuadrupolos focalizan en una coordenada (x) y desfocalizan en la otra (y)

Normalmente están organizados por parejas donde los elementos están girados 90 grados entre ellos

Los paquetes de partículas que pasan a través de ellos reducen sus dimensiones transversales pero aumentan su dimensión longitudinal.



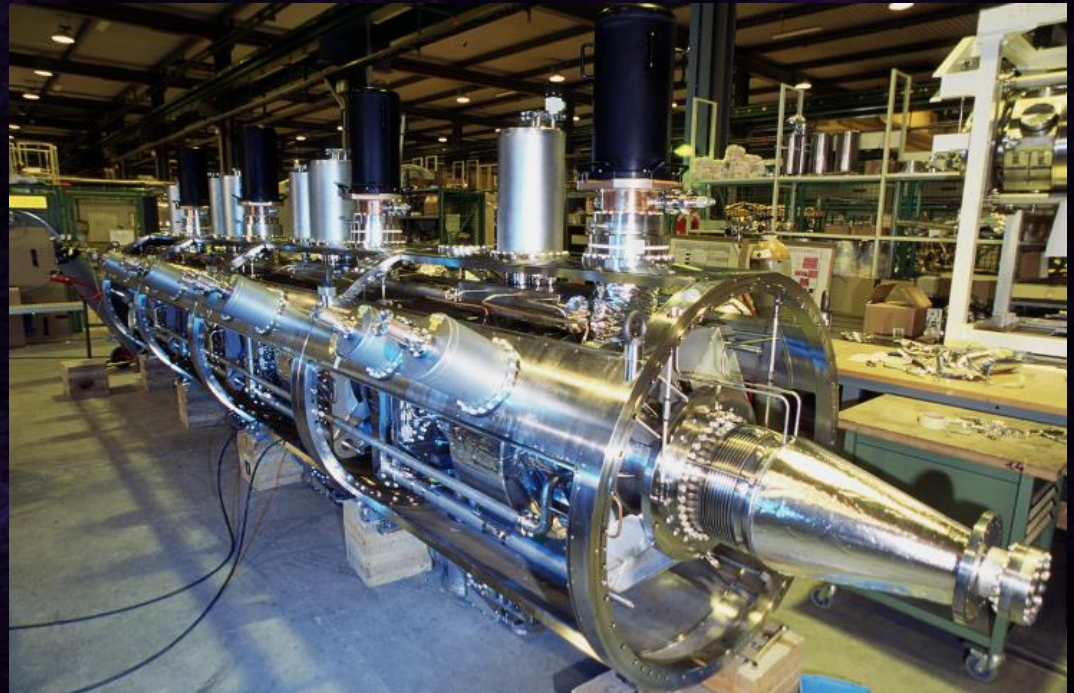
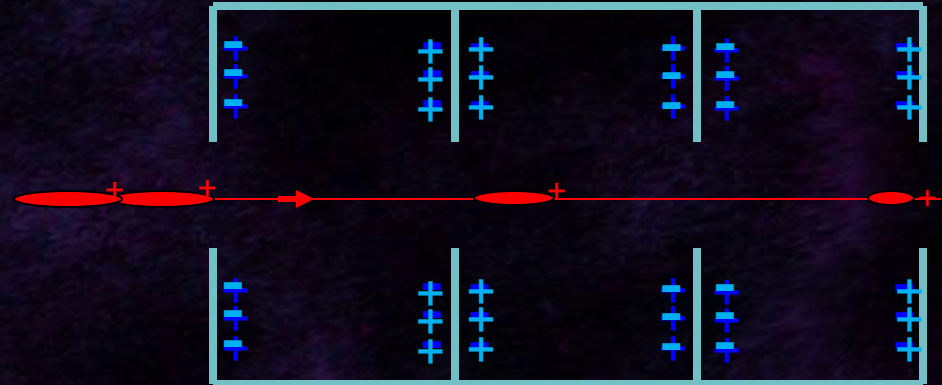
Sistema de aceleración y compensación

Cavidades aceleradoras

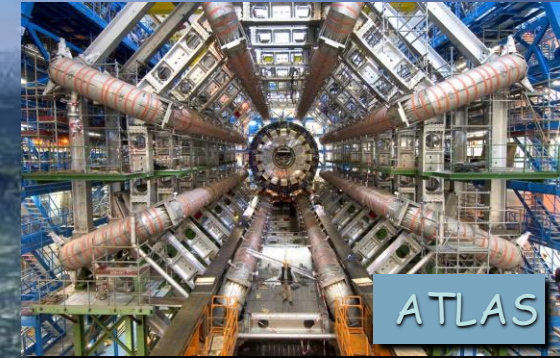
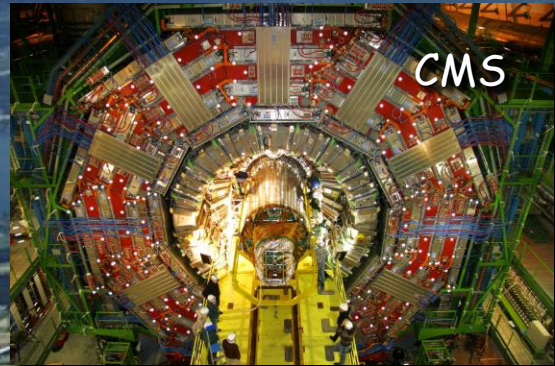
Las partículas adquieren energía en las cavidades aceleradoras en cada ciclo de la radiofrecuencia que las alimenta.

Los paquetes de partículas se hacen más compactos: las partículas del paquete retrasadas se aceleran más mientras que las adelantadas se aceleran menos.

Las pérdidas energéticas por radiación sincrotrón se compensan en las cavidades de aceleración.



6) Los experimentos (detectores)



Los experimentos del LHC exploran una nueva frontera de energías en colisiones p-p y Pb-Pb



Los experimentos del LHC

- Detectores complejos y de altas prestaciones
- Periodos de I+D y de construcción grandes (mas de 20 años)
- Instalación compleja y delicada.
- Grandes Colaboraciones. CMS: involucra ~ 3000 científicos e ingenieros de 183 instituciones de 38 países. Se requieren estructuras complejas de gestión (Portavoz, Coordinadores, GLIMOS, Comité de gestión de la colaboración, ...)
- Gastos de mantenimiento y de operación relativamente elevados.

B40, ATLAS y CMS

ATLAS

ATLAS:
Diámetro 25m
Largo del toroide 26m
Largo total 46m
Peso 7000 toneladas
 10^8 Canales electrónicos



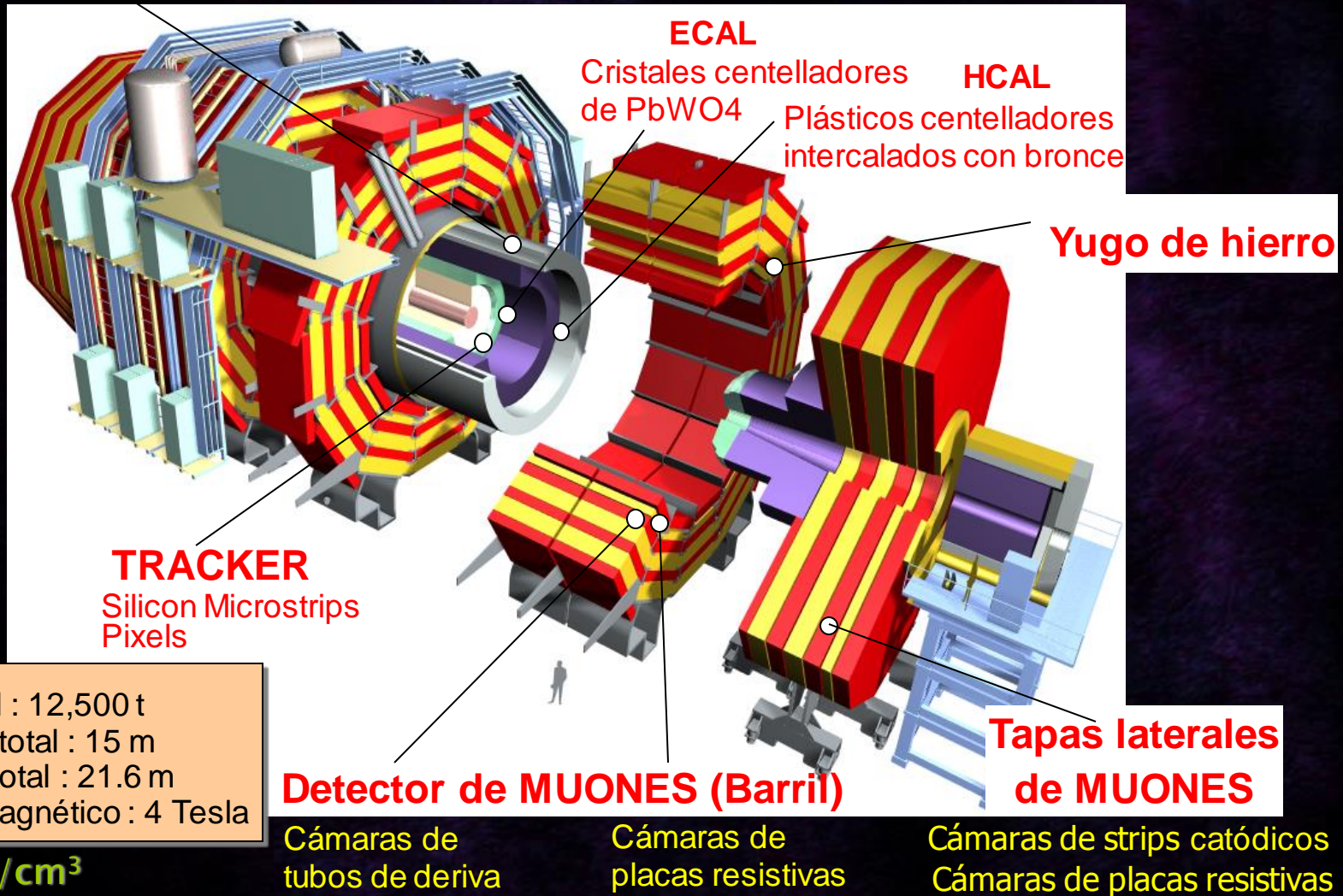
CMS

CMS:
Diámetro total 15m
Largo total 21.6m
Peso 12 500 toneladas
Campo magnético 4 Tesla

Un experimento típico (CMS)

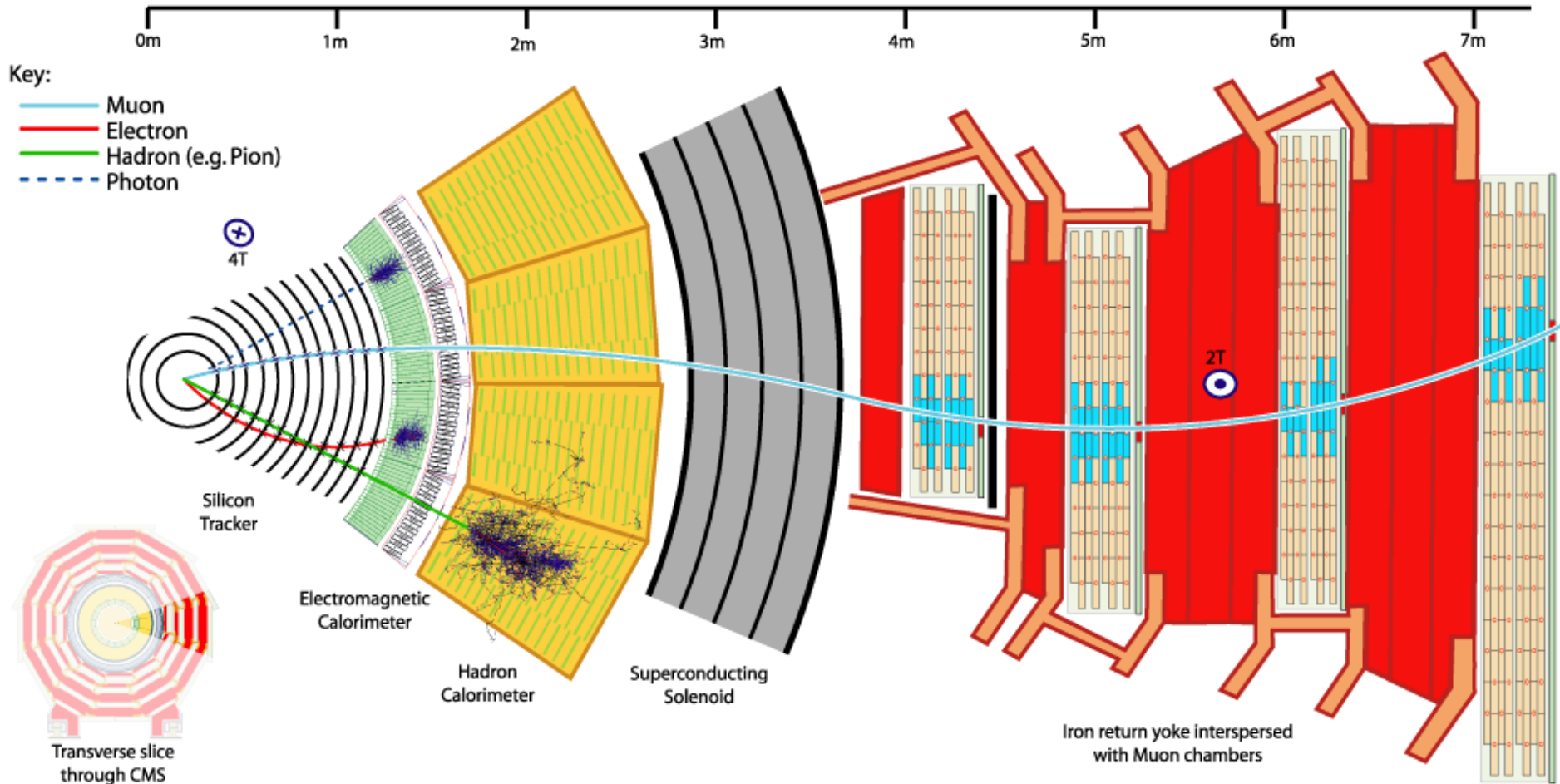
IMAN SUPERCONDUCTOR

CALORIMETROS



Anatomía de un Detector

(Detección de partículas - Medida de trayectorias y energía)



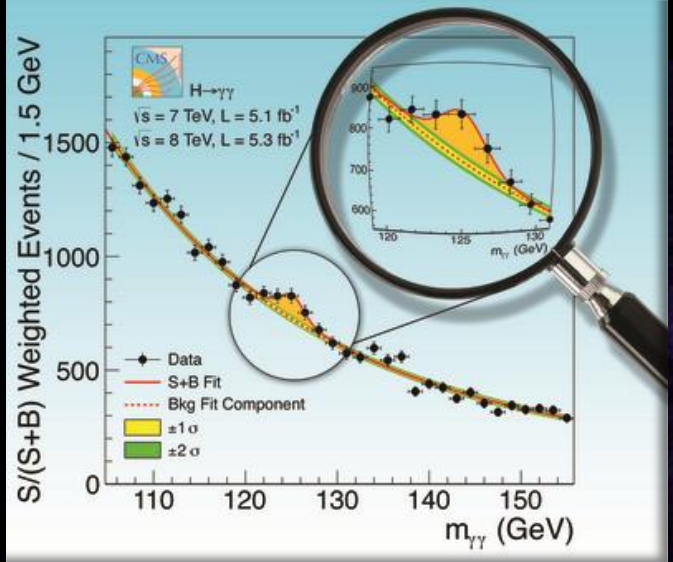
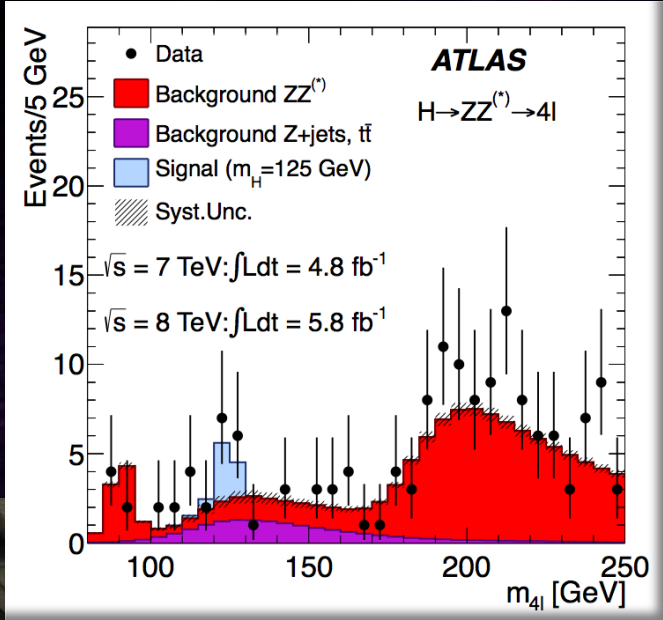
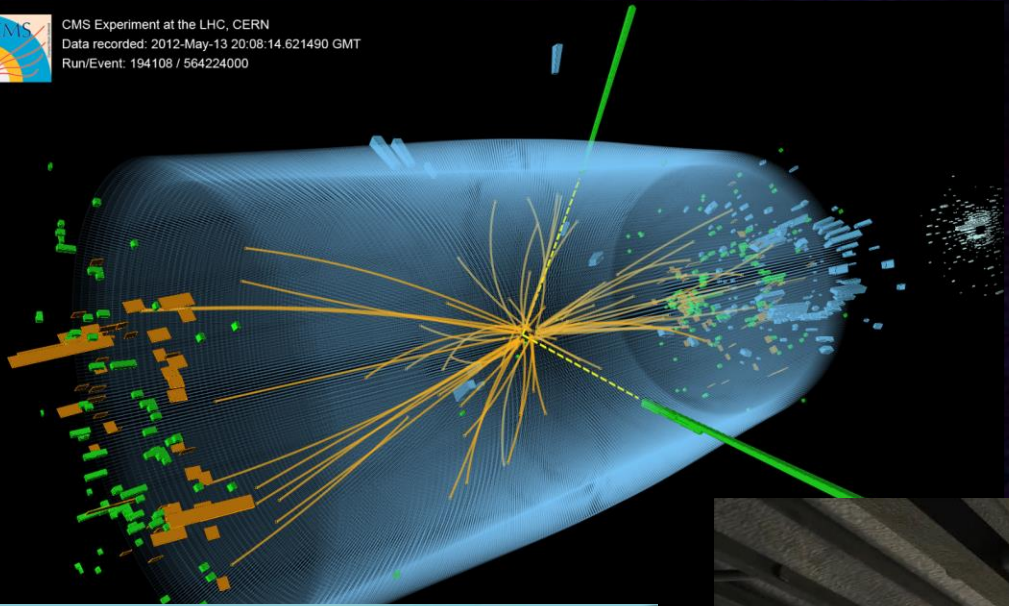
Curvatura $\sim BL^2/p \rightarrow$ se necesitan grandes imanes y B alto (SC); medida de la posición de gran precisión ($10 - 100\mu$) para p grande; también medidas de posición y energía a través de la absorción total (fotón, electrón, hadrón)



4 Julio 2012: "Experimentos del CERN observan una partícula consistente con el deseado bosón de Higgs"



CMS Experiment at the LHC, CERN
 Data recorded: 2012-May-13 20:08:14.621490 GMT
 Run/Event: 194108 / 564224000



Premio Nobel de Física 2013



El Premio Nobel de Física 2013 fué dado conjuntamente a François Englert y Peter W. Higgs *"por el descubrimiento teórico de un mecanismo que contribuye a nuestra comprensión del origen de la masa de las partículas subatómicas, y que recientemente fue confirmado a través del descubrimiento de la partícula fundamental prevista, por los experimentos ATLAS y CMS en el gran colisionador de hadrones del CERN"*.

7) I+D (aceleradores, detectores, computación)

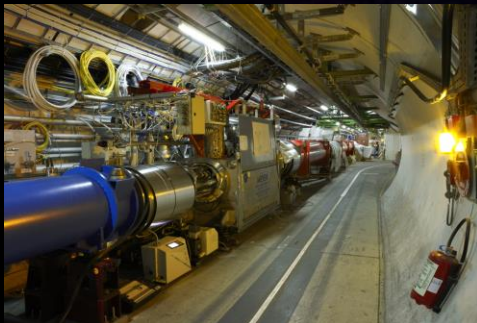


CERN: Física de partículas e innovación

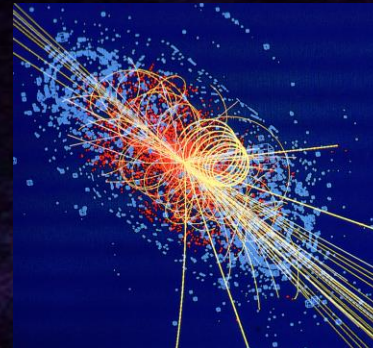
Interface entre ciencia fundamental y desarrollos tecnológicos clave



Tecnologías del CERN e Innovación



Aceleración de haces de partículas



Detección de partículas

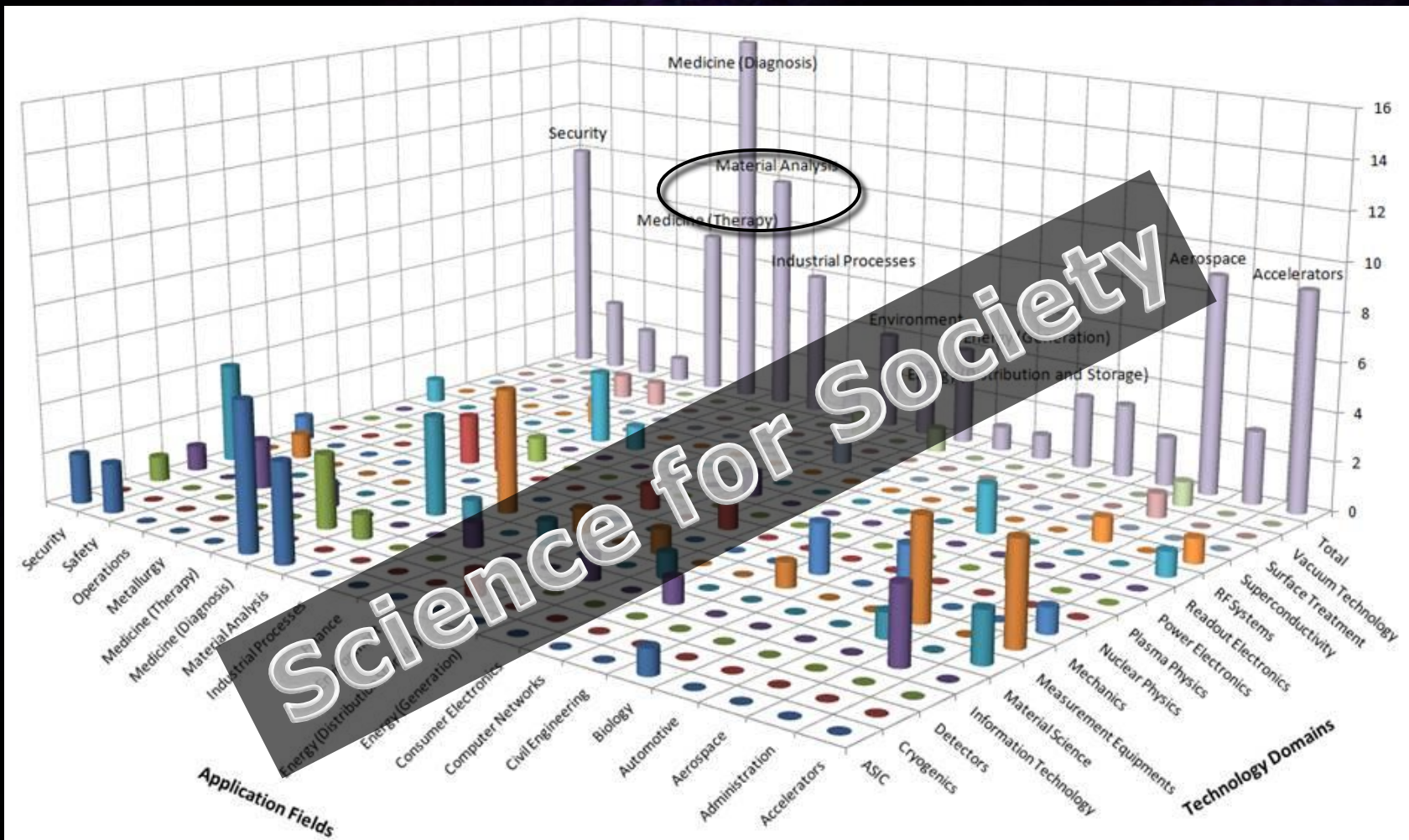


Computación a Gran Escala (GRID)



Tecnologías e Innovación del CERN

La infraestructura puntera en investigación juega un papel clave en una sociedad liderada por el conocimiento



El conocimiento es – y será cada vez mas – el recurso mas precioso para un desarrollo sostenible



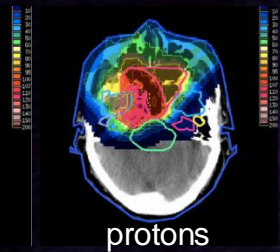
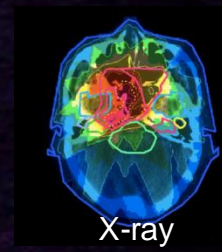
Tecnologías del CERN e Innovación

Ejemplo: Aplicaciones Medicas

Combinando Física, ICT, Biología y Medicina para combatir el cáncer



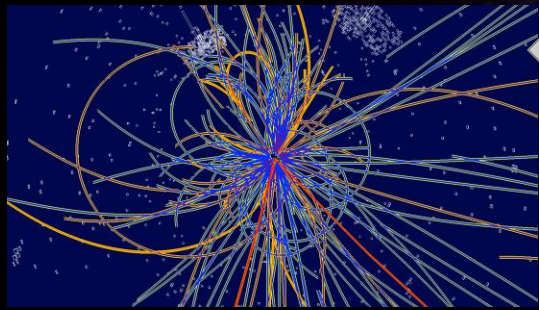
Terapia de hadrones



Europa y Japón lideran la terapia con haces de iones.

Aceleración de haces de partículas
~30'000 aceleradores en el mundo
~17'000 se usan en medicina

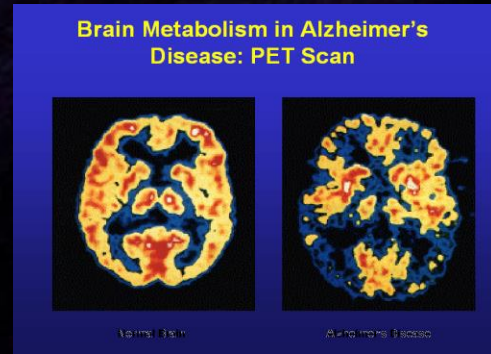
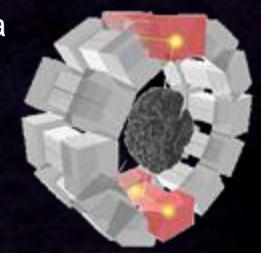
>100'000 pacientes tratados en el mundo (45 instalaciones)
>50'000 pacientes tratados en Europa (14 instalaciones)



Imágenes

Escáner PET

Ensayo clínico en Portugal, Francia y Italia del nuevo sistema de imágenes (ClearPEM)



Detección de partículas

Tecnología e innovación

Los detectores - desarrollados en los laboratorios de física se utilizan en imaginería médica



Tomografía por emisión de positrones

Hospital cantonal de Ginebra

PET (Positron Emission Tomography) es una técnica muy importante para localizar y **estudiar** ciertos tipos de cáncer utilizando el isótopo Fluor-18 producido en aceleradores de partículas.

El PET utiliza antimateria (positrones, la antipartícula del electrón).

El GRID: una solución para satisfacer las necesidades de computación del CERN



La GRID de computación para el LHC (WLCG) fue un proyecto financiado por la Unión Europea. El objetivo era construir la próxima generación de infraestructura de computación que fuese capaz de proveer análisis y cálculos intensivos de los datos provenientes de los experimentos LHC.

Estrategia:

Integrar miles de ordenadores situados en los muchos institutos que participan a nivel mundial en los recursos globales de computación

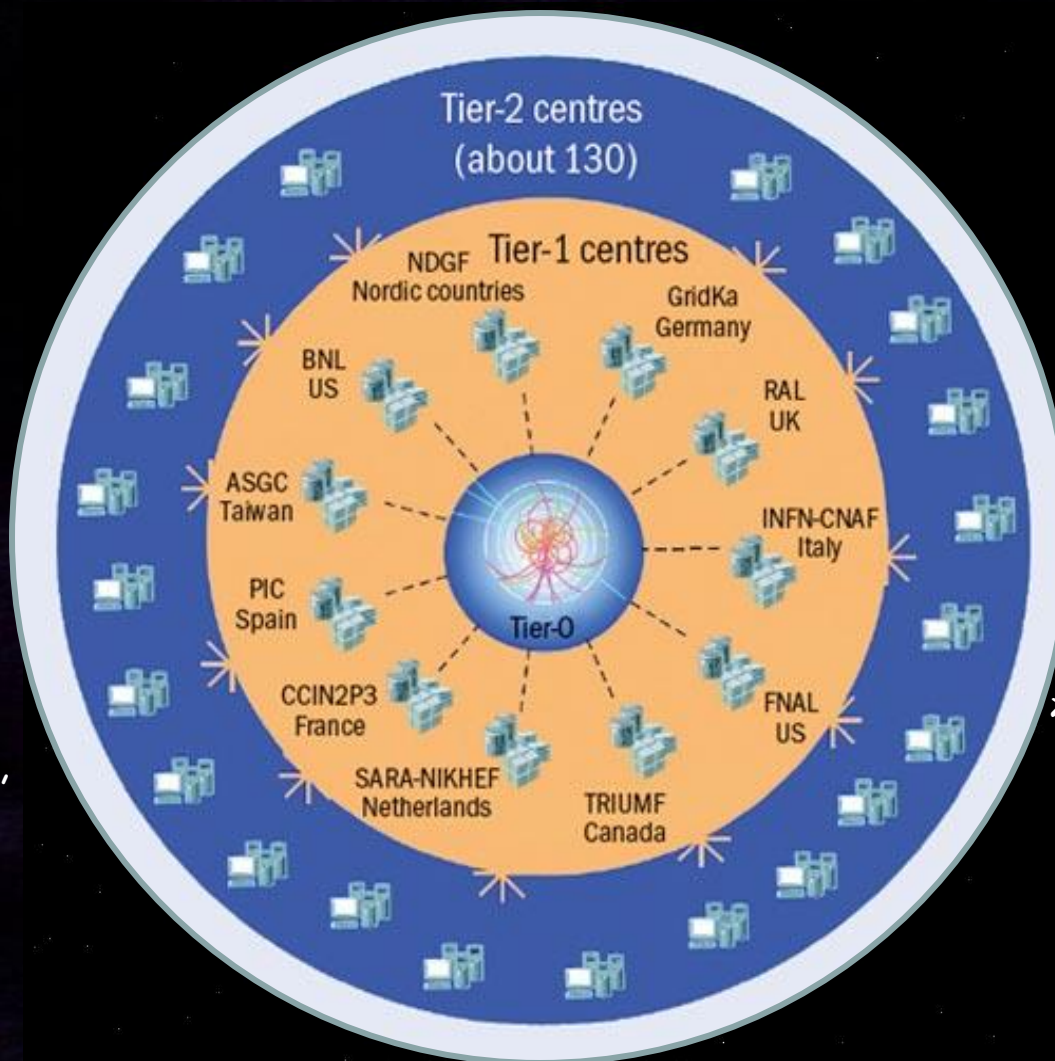
- Basarse en el software desarrollado o siendo desarrollado en proyectos avanzados de tecnología grid en Europa y en USA

La red mundial de calculo para el LHC

Tier-0:
(CERN & Hungría):
registro de datos,
reconstrucción y
distribución

Tier-1:
almacenamiento
permanente, re-
procesado,
análisis

Tier-2: Simulación,
análisis del
utilizador final



Aproximadamente
160 sitios, en
35 países

~250'000 cores

173 PB de
almacenamiento

> 2 millones Jobs/día

10 Gb links

WLCG:

Una colaboración Internacional para distribuir y analizar los datos del LHC

Integra centros de calculo en todo el mundo que suministran recursos de almacenamiento y de calculo en una infraestructura simple accesible a todos los físicos del LHC

Educación y entrenamiento

de los científicos e ingenieros del mañana...



Desde talleres mini-Einstein para edades de cinco a seis años hasta escuelas profesionales de física, aceleradores e informática, el CERN tiene un papel importante en la creación de entusiasmo por la ciencia y en la provisión de entrenamiento formal...

Actividades educativas del CERN

Científicos en el CERN

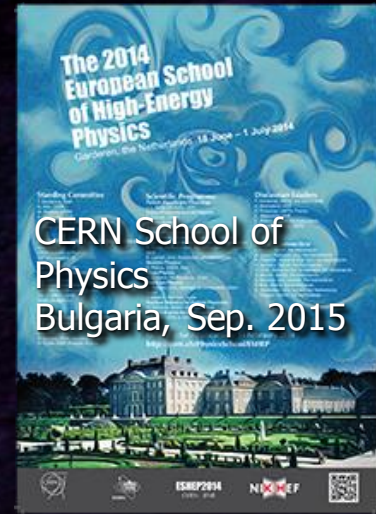
Programa de enseñanza académica



Escuela Latín Americana
Natal, Brasil, 2011
Arequipa, Perú, 2013
Ibarra, Ecuador, 2015

Jóvenes investigadores

Escuelas de física de altas energías
Escuela de computación
Escuela de aceleradores



Estudiantes de física

Programa de estudiantes de verano



Escuelas para profesores EM

Programas internacionales y nacionales

Estudiantes de verano



Summer Students 2014



MEMBER STATES 149

Austria	3
Belgium	4
Bulgaria	2
Czech Republic	6
Denmark	6
Finland	2
France	15
Germany	21
Greece	9
Hungary	2
Israel	3
Italy	11
Netherlands	10
Norway	5
Poland	5
Portugal	4
Slovakia	3
Spain	11
Sweden	6
Switzerland	4
United Kingdom	17

OBSERVERS 45

India	10
Japan	5
Russia	10
Turkey	7
USA	13

CANDIDATE FOR ACCESSION 4

Romania	2
Serbia	2

OTHERS

Albania	1	Cameroun	1	Estonia	5	Lithuania	4	Senegal	1	U.A.E.	2
Algeria	3	Canada	3	Georgia	1	Malaysia	4	Singapore	1	Venezuela	1
Argentina	1	China	8	Ghana	1	Malta	3	Slovenia	1		
Australia	1	Colombia	1	Indonesia	2	Mexico	1	South Africa	2		
Bangladesh	1	Costa Rica	2	Iran	3	Nepal	1	Swaziland	1		
Belarus	1	Croatia	1	Ireland	1	Pakistan	3	Syria	1		
Bolivia	1	Cyprus	2	Korea, South	1	Palestine	1	Thailand	4		
Bosnia	1	Ecuador	3	Latvia	1	Philippines	1	T.F.Y.R.O.M.	2		
Brazil	1	Egypt	5	Lebanon	2	Puerto Rico	1	Ukraine	4		



Educación y entrenamiento

Estudiantes de verano (Summ)

- Ingeniería, IT y física aplicada
- Clases especializadas, trabajos prácticos y visitas
- 8-13 semanas durante el verano
- 300 Summ ($\frac{1}{2}$ MS, $\frac{1}{2}$ NMS), ES: ~12

Estudiantes técnicos (Tech)

- Ingeniería, IT y física aplicada
- Proyecto fin de carrera, periodo obligatorio de practicas
- 5 - 12 meses
- 188 Tech, ES: 16

Estudiantes de doctorado (Doct)

- Ingeniería, IT y física aplicada
- Clases especializadas & tesis doctorales
- 12 - 36 meses
- 187 Doct, ES: 13

Programa de entrenamiento para diplomados en ingeniería

- Ingeniería, IT & disciplinas relacionadas
- Diplomados recientes con el nivel de licenciado o ingeniero
- 2-3 años
- Financiados por los países bajo acuerdo de cooperación

Becarios (FELL)

- **Becas Senior** : candidatos con doctorado
- **Becas Junior** : Bsc / Msc
- **Becas Marie-Curie**: Proyectos o áreas de investigación
- Investigación en física experimental o teórica
- Ciencias aplicadas, computación e ingeniería
- 2-3 años
- 635 becarios, ES: 91

Mas detalles en : <http://cern.ch/jobs>

Estadística actual (16/6/2015): números en rojo

España en el CERN



Asturias (UO)
Galicia (USC)
Cantabria (UC)
Aragón (UZ)
Cataluña (CNM, UAB, UB)
Madrid (CIEMAT, UAM)
Extremadura
Valencia (UV, UPV, IFV)
Andalucía (UG, US)

ALICE (CIEMAT, USC)

ATLAS (UAB, CNM, UV, UAM)

CMS (UAM, CIEMAT, UO, UC)

LHCb (UB, USC)

Staff	157	Fellows	91
PJAS	51	TECH	16
DOCT	13	Users	349

Latín América — Colaboración con el CERN



Participación en el programa LHC:

Argentina (ICA '92)	ATLAS
Brasil (ICA '90)	ATLAS, CMS, LHCb, ALICE
Chile (ICA '91)	ATLAS, ALICE
Colombia (ICA '93)	ATLAS, CMS
Cuba	ALICE
México (ICA '98)	ALICE, CMS
Perú (ICA '93)	ALICE

Discutiéndose el interés en:

Bolivia (ICA '07)	ALICE
Costa Rica (ICA '14)	
Ecuador (ICA '99)	CMS
Venezuela	ATLAS

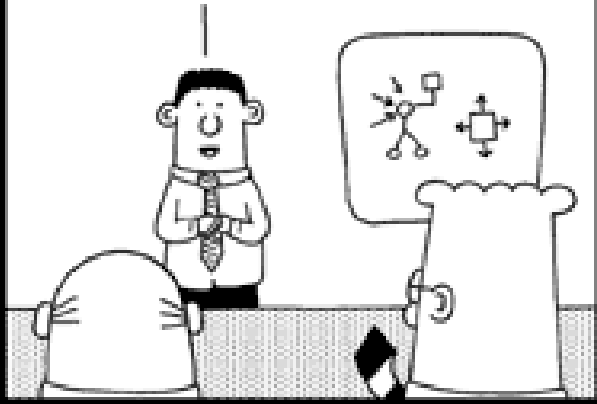
ICA: International Co-operation Agreement
(Acuerdo Internacional de Cooperación)

EL CERN, ...

- basado en su misión principal: encontrar respuestas a las preguntas fundamentales sobre el universo,
- nos lleva a desarrollar tecnologías mas allá de los límites actuales en los campos de aceleradores y de detectores,
- crea un entorno adecuado para la formación de los científicos e ingenieros del mañana mediante el trabajo cotidiano y a través de nuestros programas de educación
- y une las naciones a través de la ciencia.

Promovemos HEP y ayudamos a los países interesados en esta rama de la física.

THAT CONCLUDES MY
TWO-HOUR PRESENTA-
TION. ANY QUESTIONS?



www.dilbert.com
ecottadams@aol.com

DID YOU INTEND THE
PRESENTATION TO BE
INCOMPREHENSIBLE,
OR DO YOU HAVE SOME
SORT OF RARE "POWER-
POINT" DISABILITY?



8/11/03 © 2003 United Feature Syndicate, Inc.

ARE THERE
ANY QUESTIONS
ABOUT THE
CONTENT?



THERE WAS
CONTENT?

© 2003 United Feature Syndicate, Inc.

Gracias