

Altas Energías en el CERN y el proyecto ATLAS

C. IGLESIAS, B. SALVACHÚA
GRUPO TILECAL- Dpto. Física Atómica y Molecular
Instituto de Física Corpuscular, IFIC (Valencia)
CSIC- Univ. Valencia

1. FÍSICA DE ALTAS ENERGÍAS

¿Cuál es el origen y composición de la materia?

Para saberlo debemos tratar de reproducir el BigBang, es decir, los instantes posteriores a la gran explosión que dio lugar a la formación del Universo, cuando existían partículas muy masivas que después dieron origen a las actuales.

¿Cómo conseguir partículas tan pesadas?

A partir de partículas muy energéticas, alcanzando energías muy altas en los aceleradores, ya que mediante de la famosa fórmula de Einstein:

$$E = mc^2$$

la energía (E) y la masa (m) se pueden convertir la una en otra. Esta es la razón por la cual la física de la partículas se llama Física de altas energías

Las nuevas partículas producidas son a menudo inestables. Decaen en un tiempo muy corto en otras partículas más ligeras, tan rápido que lo que vemos en el detector es el producto del decaimiento.

2. EL CERN

El CERN, Laboratorio Europeo de Investigación Nuclear, es el centro de Física de Partículas más grande del mundo, situado cerca de Ginebra, entre la frontera suiza y francesa. Aquí los físicos estudian de que esta compuesta la materia y cuales son las fuerzas que la mantienen unida.



El CERN emplea unas 3000 personas entre físicos, ingenieros, técnicos, secretarías... Además, unos 6500 científicos, que constituyen más de la mitad de los físicos de partículas del mundo, viene al CERN para realizar sus investigaciones, representando a 500 universidades y alrededor de 80 nacionalidades.

2.1 Historia del CERN

En este año se cumple el 50 aniversario de la fundación del CERN (1954-2004), por lo que es un buen momento para volver la vista atrás y recapitular sobre los principales momentos que componen la historia del CERN:

- **1949:** Para reparar el equilibrio y restaurar a la ciencia europea a su prestigio anterior, en la conferencia cultural europea en Lausanne, el físico francés y premio Nóbel Louis de Broglie propone la creación de un laboratorio europeo de la ciencia.

- **1950:** En la 5ª conferencia general de la UNESCO en Florencia, el físico y premio Nobel americano Isidore Rabi propone una resolución, adoptada unánimemente, autorizando a la UNESCO "a asistir y a animar a la formación y a la organización de centros y de laboratorios regionales para aumentar y hacer más fructuoso la colaboración internacional de científicos...".

- **1952:** Después de dos conferencias de la UNESCO, 11 gobiernos europeos llegan al acuerdo de fundar un "Conseil provisional Européen de la Recherche Nucléaire" (CERN). En una reunión del nuevo consejo del CERN en Ámsterdam, un lugar cercano a Ginebra se selecciona para el laboratorio previsto.

- **1954:** Después de la ratificación inicial de la convención por sus Estados miembros, la organización europea para la investigación nuclear se establece formalmente el 29 de septiembre. Aunque se disuelve el CERN "provisional", se conservan las siglas prácticas.

Los doce estados miembros fundadores son: República federal de Alemania, Bélgica, Dinamarca, Francia, Grecia, Italia, Noruega, Países Bajos, Reino Unido, Suecia, Suiza y Yugoslavia. Austria y España se unirán en 1959 y 1961 respectivamente. España se separó en 1969 pero posteriormente volvió a unirse en 1983. Portugal se unirá en 1985, Finlandia y Polonia en 1991, Hungría en 1992, las repúblicas checas y eslovacas en 1993 y Bulgaria en 1999, formando el número 20 de los Estados miembros.



- **1957:** El primer acelerador del CERN, un SC (Synchro-Cyclotron) del protón del 600 MeV comienza su funcionamiento. Uno de los primeros logros experimentales es la observación esperada desde hace mucho tiempo del decaimiento de un pión en un electrón y un neutrino. Después de 33 años de servicio el SC fue cerrado en 1990.

- **1959:** El **PS (Proton Synchrotron)** aceleró los protones por 1ª vez a una energía de 28 GeV, para aquel tiempo el acelerador de la energía más alta del mundo. En el curso de su historia el PS ha acelerado muchas otras clases de partículas.

- **1963:** Primeros resultados de la **cámara de burbuja** de interacciones del neutrino. La física del neutrino se beneficia en gran medida de la eyección rápida de protones del sincrotrón.

- **1968:** La invención de las **cámaras proporcionales de multihilos** y de las **cámaras de deriva** revoluciona el dominio de los detectores electrónicos de partículas. Georges Charpak gana el premio Nobel de física en 1992 por este trabajo.

- **1973:** Los primeros descubrimientos importantes de los experimentos en el ISR demuestran que los protones crecen de tamaño mientras aumenta su energía; y las partículas que emergen a amplios ángulos revelan la dispersión entre las partículas constitutivas de los protones. El compartimiento de burbuja de Gargamelle en un haz de neutrinos en el PS proporciona uno de los descubrimientos más grandes de la física de CERN: los neutrinos pueden obrar recíprocamente con otra partícula y permanecer como neutrinos. Esta "interacción de la **corriente neutra**" da un fuerte soporte a una teoría que pretende unificar nuestra comprensión de la fuerza débil - gobernando los fenómenos tales como radiactividad - con la conocida fuerza electromagnética.

- **1976:** Comienzo del funcionamiento del **sincrotrón del protón (SPS)**. Como con el ISR, la construcción de la máquina se termina antes de tiempo y dentro del presupuesto autorizado. El funcionamiento del acelerador mejora rápidamente para exceder la intensidad del diseño y a finales de 1978, la energía máxima será 500 GeV.

- **1981:** Con el SPS adaptado como colisionador del protón-antiprotón y con dos experimentos, UA1 y UA2, para estudiar las colisiones, las primeras colisiones del protón-antiprotón, a una energía de 270 GeV por haz, son vistas en julio de 1981.

- **1983: Descubrimiento histórico de los bosones W** (enero) y **Z** (mayo) - los intermediarios de largo alcance de la fuerza nuclear débil – así se confirma la teoría electrodébil que unifica fuerzas débiles y electromagnéticas.

- **1989:** En agosto, el anillo grande del **colisionador de Electrón-Positrón de LEP** con 27 kilómetros de circunferencia y 4.5 km de radio, el instrumento científico más grande jamás construido, para una energía de funcionamiento inicial de 50 GeV por haz, empieza a funcionar, junto con sus cuatro detectores situados en los puntos de interacción: **ALEPH, L3, DELPHI y OPAL**.

En octubre, solamente dos meses después de las primeras colisiones en el LEP, las medidas extremadamente exactas de la partícula de Z demuestran que los bloques fundamentales que componen la materia consisten en tres, y solamente tres, familias de partículas.

- **1990:** Tim Berners-Lee, trabajando con Roberto Cailliau en el CERN, proponen un sistema de información distribuido, basado en el 'hipertexto', una manera de ligar los pedazos de información relacionados almacenados en las computadoras. Por direcciones de red que ocultan detrás de artículos destacados en la pantalla, la información se puede ligar entre varias computadoras. Se elige el conocido nombre de "**World-Wide Web**".



- **1994:** Los años a partir del 1989 están marcados por el éxito de los experimentos del LEP. El resultado excepcional es la medida con precisión de los parámetros de la resonancia de Z: a partir la 1989 hasta 1993 los 4 detectores del LEP reconstruyeron más de 10 millones de eventos de decaimientos del bosón Z: etapa LEP1.



- **1995:** En septiembre de 1995, un equipo internacional conducido por Walter Oelert obtiene éxito en la sintetización de los átomos de antimateria de sus antipartículas

constitutivas. La creación de átomos de antimateria en el CERN ha abierto la puerta en la exploración sistemática del anti-mundo.

- **1996:** La energía del LEP se aumenta para permitir la producción de pares de partículas de W: etapa LEP2

- **2000:** Los experimentos en el CERN presentan numerosas evidencias de la existencia de un nuevo estado de materia 20 veces más denso que la actual materia nuclear, en la cual los quarks, en vez de ser agrupados en partículas más complejas tales como protones y neutrones, pueden vagar libremente. Tal estado, el llamado "plasma del quark-gluon", debe haber existido apenas algunos microsegundos después del Big-Bang, antes de la formación de partículas de la materia.

- **2000:** El acelerador LEP se cierra en Noviembre del 2000. Durante 11 años de funcionamiento, las precisas medidas llevadas a cabo por los 4 experimentos de LEP han permitido confirmar el Modelo Estándar hasta un extraordinario grado de precisión.

2.2 EL CERN y el Medio Ambiente

Los responsables del CERN están concienciados de tratar de minimizar el impacto medioambiental que pueda acarrear el funcionamiento del Laboratorio y las actividades relacionadas con él, en diversos aspectos como pueden ser: contaminación acústica, tratamiento de aguas, cuidado de la flora y fauna de la región, impacto visual de las instalaciones... Así como de las áreas que se explican a continuación:

- **Escombros de la tierra**

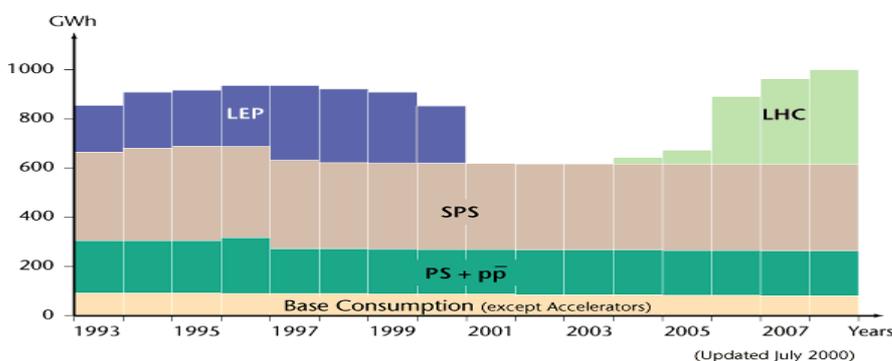
Durante las obras de construcción de las cavernas de los diferentes detectores de LHC, se producirán cerca de 600 000 m³ de escombros.

- 500 000 m³ serán descargados en la vecindad inmediata a la extracción, para limitar tráfico de camiones entre las localidades próximas

- 100 000 m³ serán transportados al lugar de descarga sin atravesar ninguna aldea

- **Electricidad**

El consumo de energía del CERN, inevitablemente va ligado a la actividad del colisionador. En la figura puede verse el consumo de energía del CERN desde 1993 con el pronóstico de la consumición prevista hasta 2008.



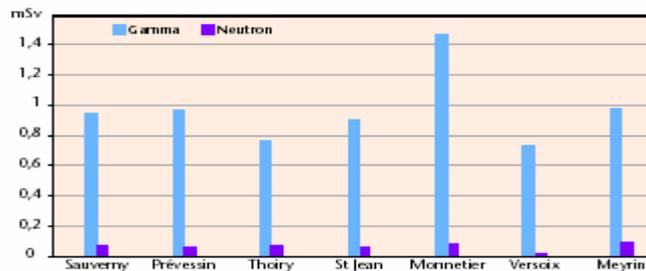
En 2000, LEP es desmontado para hacer sitio a la instalación del LHC y los detectores, por lo que hay una reducción en consumo en 2001 (solo se observa la consumición baja del laboratorio, aceleradores del SPS y áreas experimentales). En 2002-04 pruebas en los aceleradores. Estaba programado empezar con LHC en 2005, y la consumición anual alcanzará su valor nominal al 4º año, en 2008.

Por otro lado, gracias al uso de superconductividad, LHC no exigirá un aumento substancial en el consumo. Y de igual modo los compensadores reducen las fluctuaciones inducidas por el hecho de que los aceleradores sean máquinas pulsadas, es decir, consumen la energía para sólo una fracción de segundo.

- **Radioactividad**

Las partículas aceleradas dentro del LEP-LHC producen reacciones nucleares con la materia con la cual colisionan. A altas energías, estas reacciones producen cascadas hadrónicas compuestas por toda clase de partículas absorbidas en el material de blindaje. Estas partículas secundarias inducen radioactividad. Fuera de este material sólo quedan partículas de interacción débil que no producen radioactividad pero sin embargo son una fuente de radiación

La radioactividad y la radiación por ionización que podría alcanzar las partes no aisladas de los lugares de acceso son de hecho significativamente menores que las fluctuaciones locales de la radiación y radioactividad natural. La dosis efectiva integrada durante el año 1995 en diversos sitios alrededor de LEP:

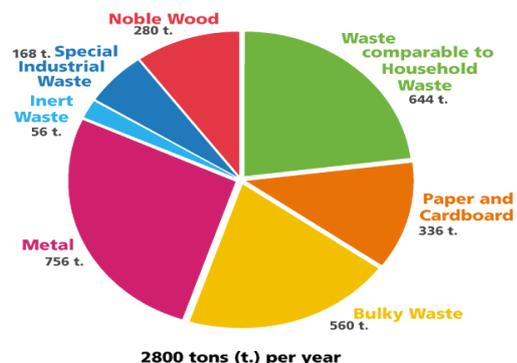


Donde el mSv significa el milliSievert, siendo el Sievert la unidad de dosis efectiva que es una medida de los efectos biológicos de la radiación de ionización.

Una pérdida del haz induciría radiactividad en los componentes del acelerador (cientos metros de subterráneo!). Es interés de los operadores del CERN, sus usuarios y del grupo de protección radiológica evitar cualquier pérdida. Esto será aún más verdad para el LHC: una pérdida del haz dañaría los imanes y daría lugar a una parada larga de la máquina. Según ICRP, la dosis anual máxima para la población es 1 mSv por año... Pero CERN utiliza un límite más terminante de 0.3 mSv/year. De hecho, el impacto máximo de CERN en el ambiente permanece por debajo de las variaciones naturales

- **Reciclaje**

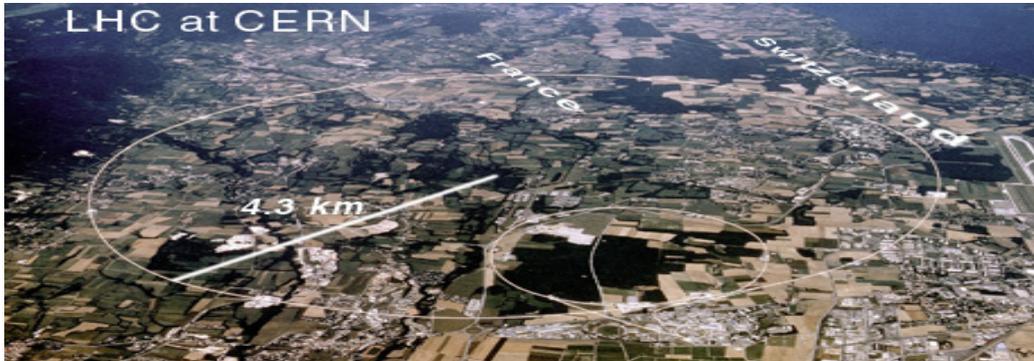
Debido a su situación geográfica en la frontera franco-suiza, la gestión de desechos en la CERN está conforme a procedimientos especiales y genera mayores costes. El almacén de mercancías reciclables maneja unas 2800 toneladas (unos 400 camiones) cada año. Sus empleados trabajan en la colaboración con el grupo técnico de la inspección y de seguridad (TIS).



No todo que entra en el almacén de reciclaje se puede usar de nuevo en el CERN. Después de la radiación y de la investigación del peligro del producto químico de TIS, el material entrante es clasificado por categorías: cables, metal de hoja, baterías y hardware, por ej. Lo que ya no es necesario en el CERN se envía a las plantas de nuevo tratamiento en Francia o Suiza

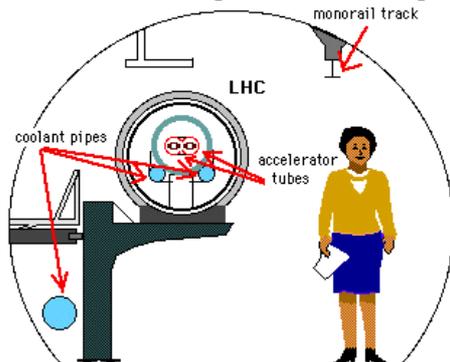
3. EL LHC

El futuro del CERN se centra fundamentalmente en el colisionador de protón-protón LHC (Large Hadron Collider) que se está construyendo actualmente en el mismo túnel que LEP. Su anillo tiene una circunferencia de 27 km de longitud y 4.5 de radio, y una profundidad media de unos 100m.



3.1 El imán

Este acelerador circular se prevee que trabaje a una energía centro de masa de $\sqrt{s} = 14$ TeV, el máximo valor de la energía alcanzable con los dipolos magnéticos de 8,33 Teslas que se van a utilizar para acelerar los haces de protones. Estos dipolos son uno de los retos más importantes a los que se enfrenta el proyecto LHC.



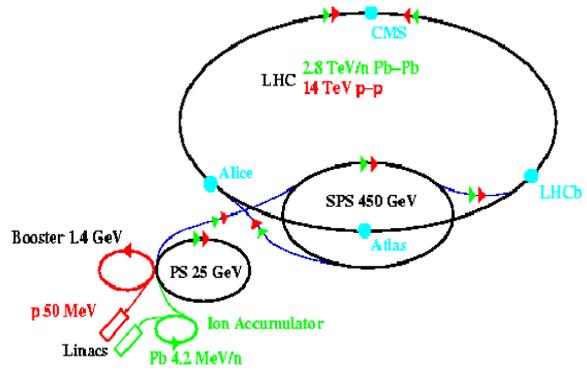
Para hacer circular los haces de protones dentro del túnel se ha desarrollado un nuevo tipo de imán que contiene dos cavidades, permitiendo el paso de dos haces de manera simultánea y aprovechando el mismo imán para la aceleración de ambos. El imán diseñado cuenta con dos bobinas en un criostato común.

El motivo por el que se acelerarán protones en LHC se debe a que se quiere conseguir aumentar la energía en centro de masa de las colisiones. Con los haces de electrón-positrón se había llegado a un límite dado por los dipolos existentes, y en mayor medida, por la pérdida de energía por radiación sincrotrón (10^3 mayor para electrones que para protones) y además los haces protón-protón permiten alcanzar una mayor luminosidad ya que es más fácil conseguir haces intensos de partículas que de antipartículas. Por el cual además la alternativa de utilizar protones y antiprotones no era viable.

3.2 Los aceleradores

Los protones no se inyectarán directamente en el LHC, será preciso inducirles previamente una energía que se conseguirá utilizando el complejo de aceleradores del CERN:

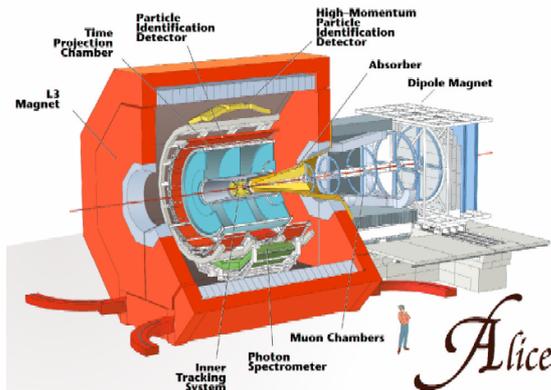
- el **LINAC** (Acelerador Lineal de Protones) acelerará los protones hasta 50 MeV,
- después el **Proton Synchrotron Booster (PSB)** hasta alrededor de 1,4 GeV,
- el **Proton Síncrotrón (PS)** hasta 26 GeV
- y finalmente el **Super Proton Síncrotrón (SPS)** hasta 450 GeV,



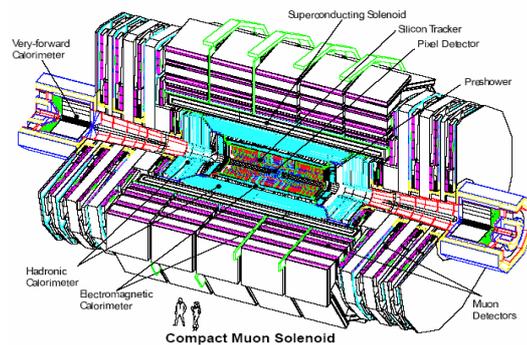
siendo posteriormente inyectados en el LHC, donde alcanzarán la energía de haz deseada de 7 TeV.

3.3 Los detectores de LHC

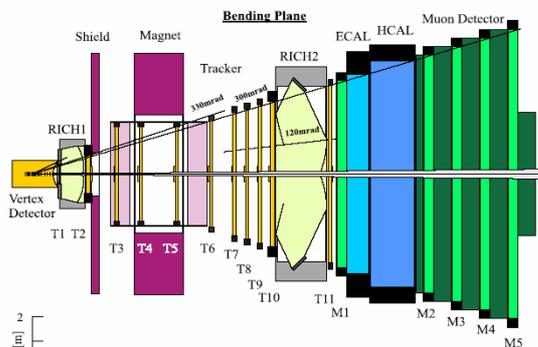
Dentro de LHC, situados en los puntos de interacción protón-protón, hay 4 experimentos con finalidades muy diferentes. Por un lado, **ATLAS** (A Toroidal LHC Apparatus) y **CMS** (Compact Muon Solenoid) son detectores de carácter general cuyo propósito es el estudio de la física protón-protón, encontrar evidencias experimentales de la existencia del bosón de Higgs y estudiar la física mas allá del Modelo Estándar. Mientras que por otra parte, **ALICE** (A Large Ion Collider Experiment) se dedicará a los iones pesados y **LHC-b** realizará estudios sobre el quark b.



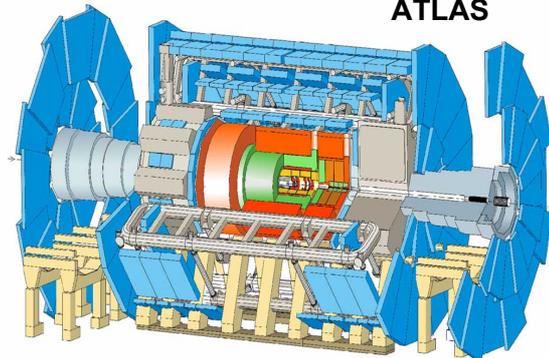
CMS Detector:



LHCb Detector:



ATLAS



4. ATLAS

ATLAS es uno de los detectores más grandes jamás construidos con unas dimensiones de 44m de ancho y 22 metros de diámetro, es decir, con la altura equivalente a un edificio de 7 plantas, y un peso de unas 700 toneladas. Este detector está siendo construido por la colaboración ATLAS de carácter mundial, en la que participan más de

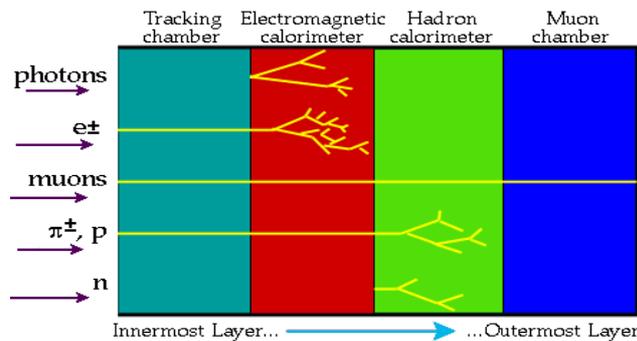
2000 físicos procedentes de 150 universidades y de 34 países. De los 155 institutos de investigación que comprenden dicha colaboración, el grupo de TileCal del IFIC (Instituto de Física Corpuscular) de Valencia ha participado en el pasado con el test de 1750 fotomultiplicadores, que componen el 17.5 % del total de PMT's del detector, y en la construcción del 50% de los módulos del Extended Barrel del Calorímetro Hadrónico. Actualmente el grupo colabora con ATLAS desarrollando el sistema ROD (Read Out Drivers electronic boards) para el Calorímetro Hadrónico, y el software offline-online.

El Detector ATLAS está formado a su vez por varios subdetectores, desde el centro hasta el exterior se pueden indentificar, un detector interno, un solenoide supraconductor, un calorímetro electromagnético (EM) (enteramente de Argón líquido), un toroide donde en su interior hay aire y al final un espectrómetro de muones.

4.1 Detección de Partículas

El hecho de que ATLAS esté formado por distintas capas a modo de cebolla se explica directamente entendiendo la forma en que se detectan las partículas.

Los fotones y electrones depositan casi toda su energía en el Calorímetro EM, mientras que los hadrones al ser más masivos depositan su energía en el Calorímetro HAD. Por otro lado, los muones son partículas que se caracterizan por tener muy poca interacción con la materia, de manera que atraviesan los calorímetros sin ser paradas y llegan hasta el espectrómetro. Así mismo, podemos saber el momento de las partículas cargadas a partir de la medida de la curvatura de la trayectoria en el detector de trazas además del signo de su carga eléctrica.



De esta manera, cada capa del detector identifica y mide la energía y el momento no definida en la capa previa y además comprendemos que un solo subdetector no sería capaz de medir la energía y el momento de todas las partículas.

4.2 Campo Magnético

El campo magnético aplicado en el interior del detector permite curvar la trayectoria de las partículas para conocer su momento a través de la medida de la curvatura, además de la carga eléctrica de las partículas por la dirección de las mismas.

- Solenóide Central: Se trata de una bobina de cable superconductor localizado en frente del Calorímetro de Argón líquido, rodeando la cavidad del detector interno, dentro de una cámara de vacío. Tiene unas dimensiones de 5,3x2,4 metros y pesa unas 5,7 toneladas. Esta diseñado para generar hasta 2,6 Teslas.

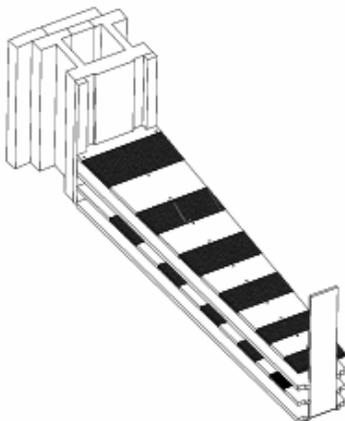
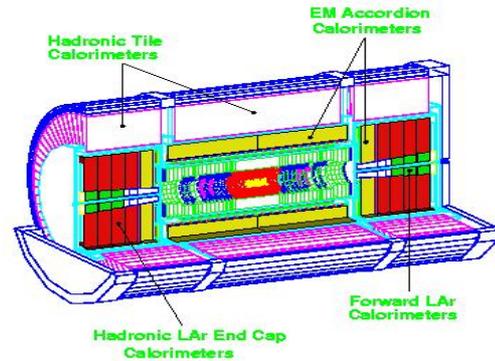
- Dos Toroides externos: Constituidos por bobinas independientes, situados con una simetría en 8 pliegues dentro de un sistema de criogenia que se encuentra rodeando el espectrómetro de muones.

Este concepto permite rebajar los requisitos de la calorimetría y del detector interno, a la vez que proporcionan una alta resolución, una gran aceptación y una estructura robusta al espectrómetro de muones.

4.6 Calorímetro Hadrónico

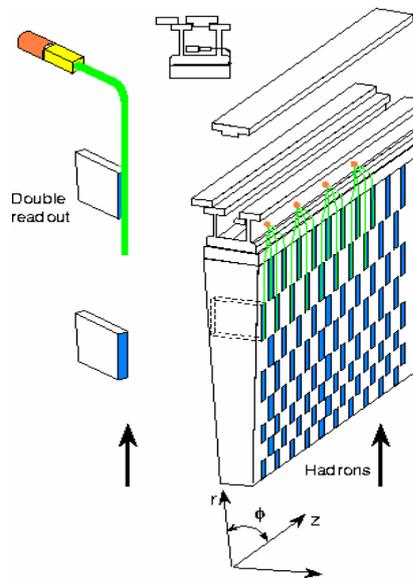
Estos calorímetros miden la energía de hadrones, es decir partículas formadas por quarks, tales como protones, piones, neutrones, kaones ... cuando interactúan con el núcleo atómico.

El calorímetro hadrónico de ATLAS es un calorímetro de centelleo que utiliza hierro como material absorbente y placas centelleadoras (tejas) como medio activo. La construcción de los módulos se hace por apilamiento repetitivo de placas de hierro. El calorímetro es un barril de radio interno 2,28 m y de radio externo 4,32m. Se subdivide en un barril central de 5,64m y dos extensiones de 2,65 m cada uno. Cada uno de los barriles representa 64 módulos (sectores) en azimutal (ángulo ϕ).



La innovación principal de esta tecnología es la orientación de las tejas centelleadoras que se colocan perpendicularmente a los haces de partículas en colisión. Esta orientación guiada por las simulaciones de Monte Carlo permite una construcción mecánica muy simple así como una lectura fácil de las tejas y suministra una buena homogeneidad de los datos cuando se coloque el calorímetro electromagnético delante del hadrónico con el fin de tener dos longitudes de interacción de los materiales activos.

Un conjunto de 11 tejas, extendidas en el plano η - ϕ y en un rango entre 220 y 360 mm en la dirección azimutal y entre 97 y 187 de anchura radial, componen el medio activo de TileCal y forman la segmentación longitudinal del detector que posibilita conocer la posición de las partículas. Un par de fibras WLS (wavelength shifting) en posición radial recogen la luz depositada en el medio centelleador y la propagan por ambos lados de los bordes de las tejas. La lectura de las celdas se define mediante la agrupación de un conjunto de fibras en un tubo fotomultiplicador (PMT). La segmentación en η - ϕ viene dada por la geometría del módulo del calorímetro y las celdas centelleadoras y toma el valor 0.1×0.1 , donde η es la pseudorapidity (relacionada con el ángulo polar θ) y ϕ es el ángulo azimutal en radianes. En la última zona en dirección radial, donde solo se miden las colas de las cascadas hadrónicas, la segmentación es mayor 0.2×0.1 . Radialmente el calorímetro está segmentado en 3 zonas, con una densidad de 1.5, 4.2 y 1.9 longitudes de radiación aproximadamente.

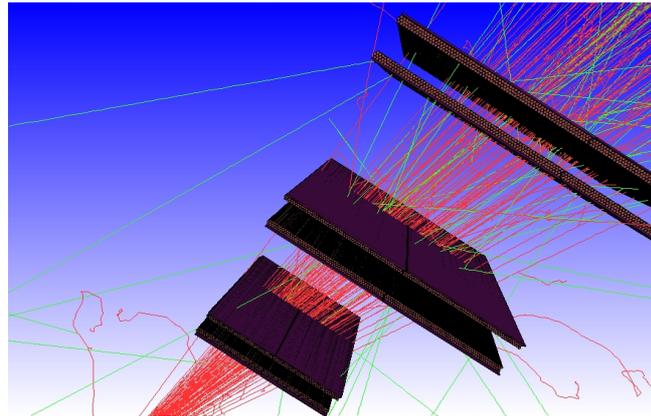
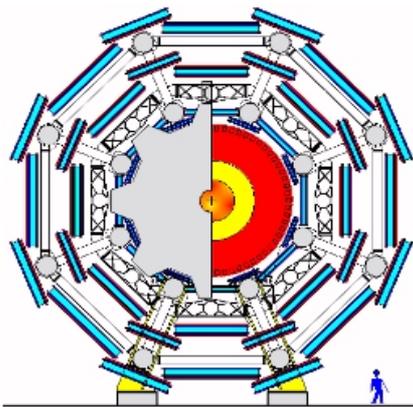


Las partículas ionizantes que cruzan las tejas inducen la producción de luz en la base del material. La luz producida tiene una longitud de onda en el rango UV, por lo que en

consecuencia esta debe convertirse en luz visible mediante los tintes centelleadores presentes en las tejas. Esta luz centelleadora se propaga hasta los bordes de las tejas, donde es absorbida por las fibras WLS y desviada a una longitud de onda mayor (escogida para que corresponda con la región de sensibilidad del fotocátodo del PMT).

4.7 Espectrómetro de muones

Los muones son partículas parecidas a los electrones, pero con una masa 200 veces mayor. Los muones se caracterizan por interactuar muy poco con la materia, de manera que pueden atravesar todo el material del detector y alcanzar las capas más externas del mismo, donde se encuentra el espectrómetro.



El sistema muónico está formado por un imán toroidal de 8 bobinas en la parte central, que tendrá 26m longitud y 19 m de diámetro exterior, y dos tapones toroidales, igualmente de 8 bobinas de 5.6m de longitud y 1,26m de diámetro interno. El espectrómetro rodea los calorímetros y mide las trayectorias del muon para determinar con alta precisión su momento mediante 3 capas de cámaras fijadas sobre el toroide central y en el exterior de los tapones. Las cámaras de derivas están formadas por tubos de deriva en aluminio encerrado en gas a alta presión y las cámaras proporcionales por bandas catódicas de multihilos resistentes a la radiación.

4.8 Trigger y Adquisición de Datos

El *trigger* (“disparo” en inglés), es la selección de los datos adquiridos por los diferentes detectores del LHC y como su nombre indica, debe ser rápida como un disparo. Está organizado en tres niveles (LVL1, LVL2 y LVL3 o *Event Filter*), cada nivel es más complicado que el anterior y más lento. En la figura puede verse en cada nivel la frecuencia a la que es necesario analizar los sucesos y el tiempo máximo de espera entre dos sucesos.

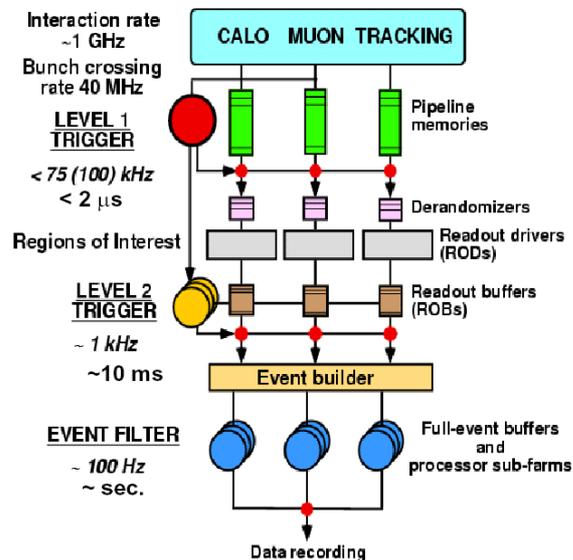
El LVL1 acepta los datos completos del LHC a una frecuencia de 40MHZ, lee las informaciones de los calorímetros y del espectrómetro de muones. Los tiempos de trato, normalmente llamados “tiempos de tránsito”, no pueden pasar de 2.5 μ s; se utiliza procedimiento locales y los datos de todas las partes del detector son almacenados dentro de las memorias “Pipe-line” durante la transición. El LVL1 permite definir regiones de interés (ROI) que se analizarán en el LVL2. La tasa máxima de salida se ha limitado en 100kHz debido a las posibilidades del sistema de lectura de los subdetectores y las características del LVL2.

El **LVL2** basa su estructura en utilizar las zonas de interés definidas por el LVL1 para identificar las regiones con cluster electromagnéticos de alto pT (electrones o fotones), jets y muones. Utiliza la máxima precisión del detector de trazas, de los calorímetros y del espectrómetro de muones para encontrar las trazas y medir el momento transverso.

Reduce la frecuencia de las señales hasta 1kHz. Su tiempo de espera entre el almacenamiento de un dato y el siguiente es de alrededor de 10ms.

En el **LVL3** es posible la reconstrucción completa del suceso, mediante software en granjas de ordenadores, con un tiempo de transito de 1s. Debe alcanzar una velocidad de almacenamiento de datos de 10-100MB/s, bien sea reduciendo la frecuencia de sucesos o el tamaño de los mismos.

Por último, se puede destacar que en cada nivel, las condiciones de selección serán programables para poder adaptarse a las diferentes luminosidades previstas en LHC y a los diversos canales físicos.



Software Offline

Athena es el entorno de software offline creado para el detector ATLAS. Dentro de este entorno hay diversos paquetes tanto de generación de eventos teniendo en cuenta las propiedades físicas: PYTHIA, HERWING... como de simulación de colisiones de partículas y efectos del detector y paquetes de reconstrucción de los eventos físicos,

- de forma rápida utilizando menos recursos de CPU, mediante el paquete ATLAFAST
- con Full Simulation a través de diversos paquetes de Simulación y Reconstrucción (JetRec, ETmiss, RecEflow...) aplicables tanto al conjunto total del detector ATLAS como a los distintos subdetectores.

5. El GRID

La comunidad de Físicos de Partículas del LHC que analizarán los datos que se obtengan de los 4 experimentos se enfrenta a un problema técnico de envergadura: la inmensa cantidad de datos que se van a recolectar, 1 Petabyte/año (1Peta=106Giga), que ya saben que no se va a poder procesar con el sistema informático y de cálculo que hemos utilizado hasta ahora. Las iniciativas que se están tomando para la solución de este problema se centran en formar una *mall*a de nodos (GRID) comunicados a través de una serie de protocolos *software*.



De manera que los recursos necesarios para procesamiento y análisis, estarán distribuidos por todo el mundo en forma jerárquica: centros de nivel 0, 1, 2, 3... (un centro de nivel 1 proporciona datos a los de nivel 2...) . En concreto, en España, el IFAE (Barcelona) participa en el testbed nacional distribuido en Barcelona, Santander (IFCA), **Valencia (IFIC)** y Madrid (Ciemat+UAM).

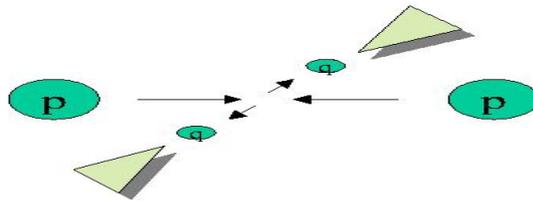
Para satisfacer estas necesidades de cálculo, el CERN y la Unión Europea están desarrollando en estos años varios proyectos de I+D atacando los diversos aspectos del problema. El IFIC está participando en diferentes proyectos de este tipo, con la intención de desarrollar un modelo de *Computing* distribuido en España y en Europa. Así mismo, este tipo de desarrollos es también interesante para la industria local y tiene una aplicación inmediata en otros campos de investigación donde se necesite de informática distribuida y comunicación.

¿Que proporciona el GRID? Una forma transparente de ejecutar el trabajo que desea:

- Encuentra los recursos (*máquinas*) disponibles
- Asegura un acceso optimizado a los datos (incluyendo copias locales/cache...)
- Comprueba la autorización del usuario
- Monitoriza la ejecución
- Además, si es posible, paraleliza el trabajo

6. Definición de JET

Un *jet* (del inglés “chorro”), se puede definir como un grupo de partículas emitidas espacialmente colimadas, es decir, cercanas entre si en ángulo. Los jets son manifestaciones de los '**partones**' (**quarks y gluones**) emitidos en la colisión inicial protón-protón, de esta manera los **algoritmos** de reconstrucción de jets nos permiten saber más acerca de los partones iniciales que forman los protones a partir de los jets.



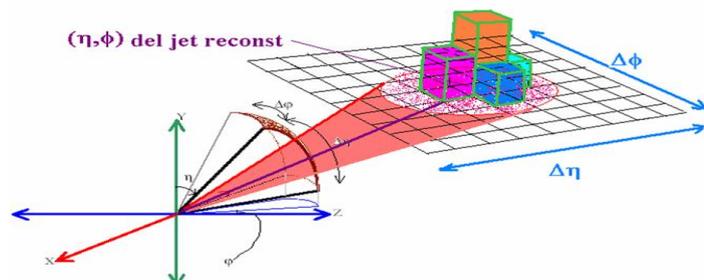
Un jet contiene **principalmente hadrones**: decenas de **piones** cargados y neutros, una cantidad menor de **kaones** y unos pocos **bariones** ligeros (protones y neutrones)

6.1 Características de los JETS

Cada jet se caracteriza por tener:

- Una componente hadrónica cargada: piones y kaones
- una electromagnética neutra : fotones
- una hadrónica neutra: K1 y neutrones

El calorímetro hadrónico está segmentado en ϕ (ángulo azimutal) y η (pseudo-rapidity), formando una especie de rejilla o cuadrícula compuesta por celdas.



Los jets son observados dentro del calorímetro como **clusters** (o agrupaciones) con energía localizada en **torres** (o celdas) adyacentes de un tamaño 0.1×0.1 en el plano η - ϕ y suelen reconstruirse mediante un **cono** centrado en la torre de mayor E_t depositada y un radio definido a partir de las coordenadas η - ϕ $R = \sqrt{\Delta\eta^2 + \Delta\phi^2}$ del que se suele tomar los valores 0.4 o 0.7.

7. El concepto de Energy Flow

El algoritmo Energy Flow combina la información procedente de los calorímetros, del detector trazas y la identificación de partículas para tratar de mejorar la resolución en la energía de los jets.

A bajo momento transversal ($p_T = \sqrt{p_x^2 + p_y^2}$) de las partículas cargadas, el **error en la traza** es mucho menor que el **error en la energía de los calorímetros**. Teniendo en cuenta esto, se puede obtener una mejora en la resolución de la energía de los jets sustituyendo las fluctuaciones de energía en el calorímetro por medidas mejores del momento de las partículas. Para ello, primero se debe localizar la energía depositada por los hadrones cargados para suprimirla y sustituirla por la medida del momento. Se hace necesario realizar una clasificación de las CELDAS del calorímetro en función de las partículas que caen en ellas

- CELDAS CARGADAS : caen hadrones cargados
- CELDAS NEUTRAS : caen fotones
- CELDAS MIXTAS : caen a la vez hadrones cargados y fotones

En el análisis que estoy haciendo para mi tema de tesis, aplico Energy Flow a los hadrones cargados, PERO no a todos: Solo a los hadrones cargados que cayeron en CELDAS CARGADAS

BIBLIOGRAFIA

- ATLAS Collaboration, ATLAS Detector and Physics Performance Technical Design Report CERN/LHCC/99-14, ATLAS TDR, 14 (1999).
- ATLAS Calorimeter Performance, CERN/LHCC/96-40, ATLAS TDR 1, (1996).
- "LHC- Etude d'impact sur l'environnement", estudio realizado por diferentes grupos del CERN, Marzo 1997.
- C. Iglesias. Reconstrucción de Jets mediante el algoritmo Energy Flow en ATLAS, conferencia de las VII Jornadas de Física de Altas Energías. XXIX Reunión Bienal, Madrid, (2003).

PRINCIPALES WEBS DE INTERÉS

- Web oficial del CERN: www.cern.ch
- Web del CERN con videos: <http://cernenvironment.cern.ch/>
- Web pública de ATLAS: <http://atlasexperiment.org/>
- Web de ATLAS con videos: <http://atlasexperiment.org/movie/index.html>
- Web para usuarios de ATLAS: <http://atlas.web.cern.ch/Atlas/internal/Welcome.html>
- Web del CERN y el Medio Ambiente: <http://cernenviro.web.cern.ch/CERNenviro/>
- Web personal de Carmen Iglesias: <http://ific.uv.es/~iglesias/>
- Web personal de Belén Salvachúa: http://ific.uv.es/~belen/WWW_tilecal/index.html

