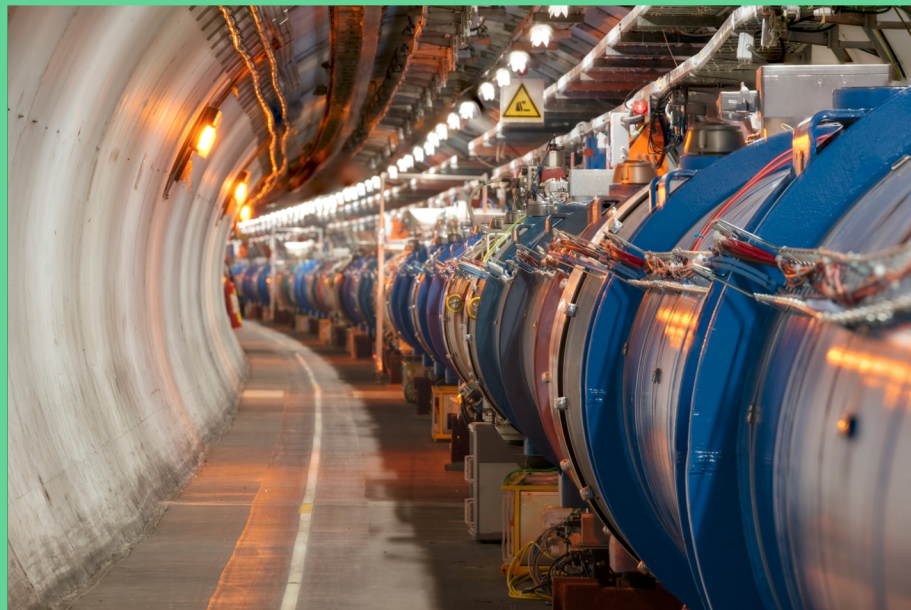
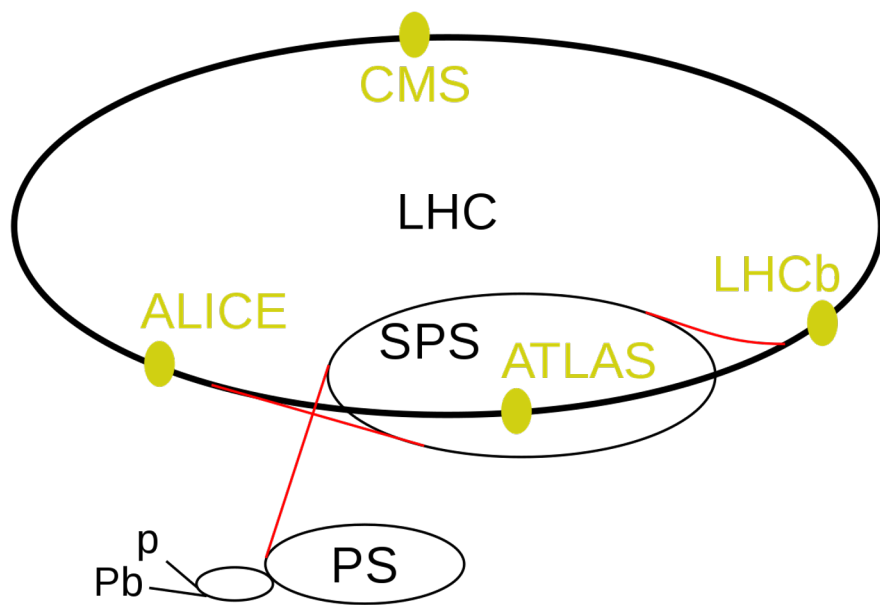


CMS

Compact Muon Solenoid

LHC





El Gran Colisionador de Hadrones, LHC por sus siglas en inglés, es un **colisionador P-P** en el cual se llevan a cabo múltiples experimentos a fin de estudiar más a fondo las partículas fundamentales así como sus interacciones.

Se encuentra en la frontera Franco Suiza cerca de Ginebra, posee una circunferencia de **27 km** en la cual se aceleran mediante campos electromagnéticos a temperaturas de **-271.25°C**.

¿Qué es el CMS?



El CMS se encuentra en uno de estos cuatro puntos de colisión del LHC. Es un **detector de uso general**; es decir, está diseñado para observar cualquier fenómeno físico nuevo que el LHC pueda revelar.

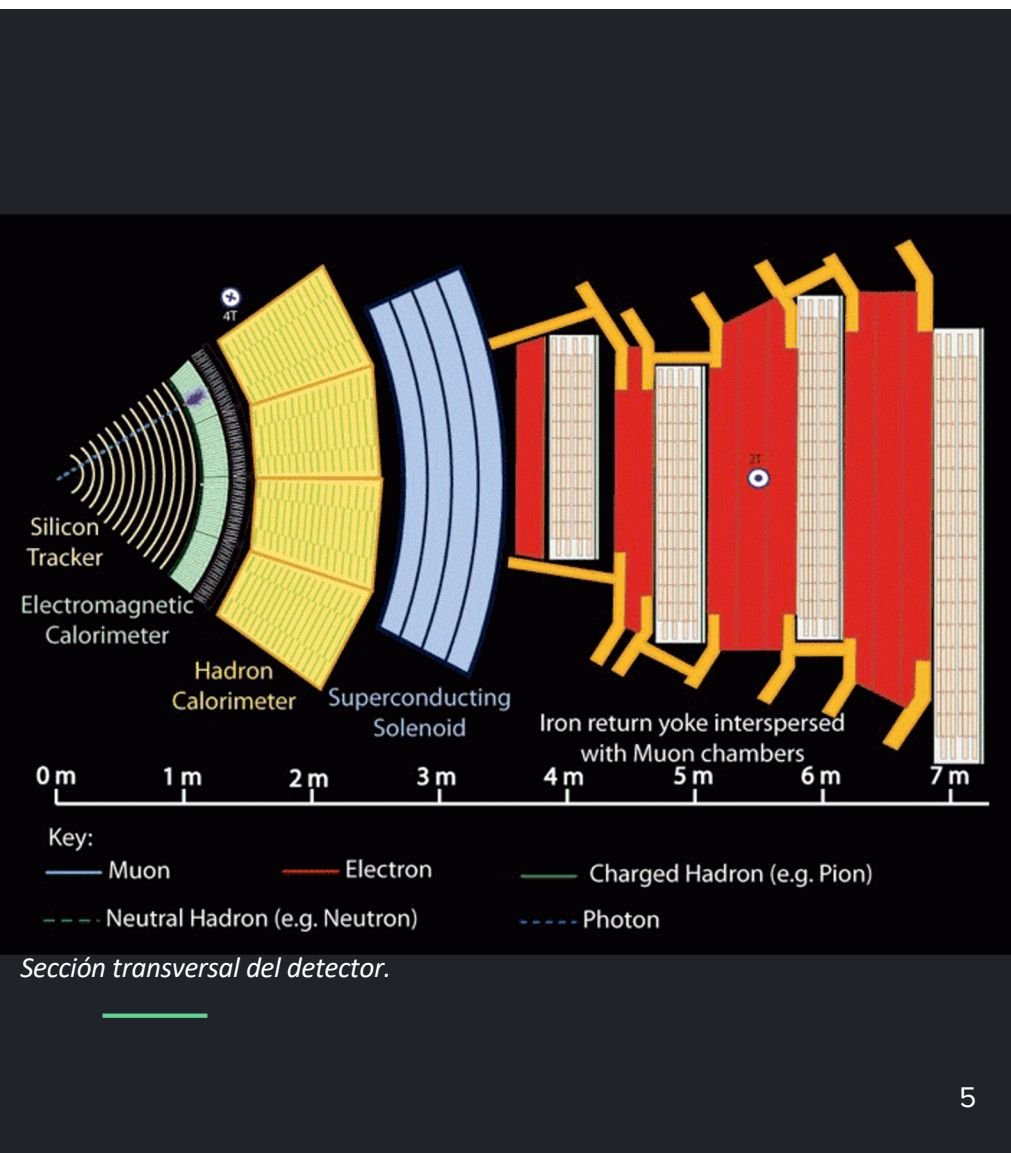
Su nombre se debe a que es realmente compacto para todo el material detector que contiene; **está diseñado para detectar partículas conocidas como muones con mucha precisión; y tiene el imán solenoide más potente jamás creado.**

DETECTANDO PARTÍCULAS

El trabajo de CMS es recopilar información sobre cada fragmento que emerge de una colisión con el LHC para que los físicos puedan volver a armar las piezas y ver la imagen completa de lo que sucedió en el corazón de la colisión.

CMS consta de capas de materiales detectores que explotan las diferentes propiedades de las partículas para captar y medir la energía o momento de cada una.

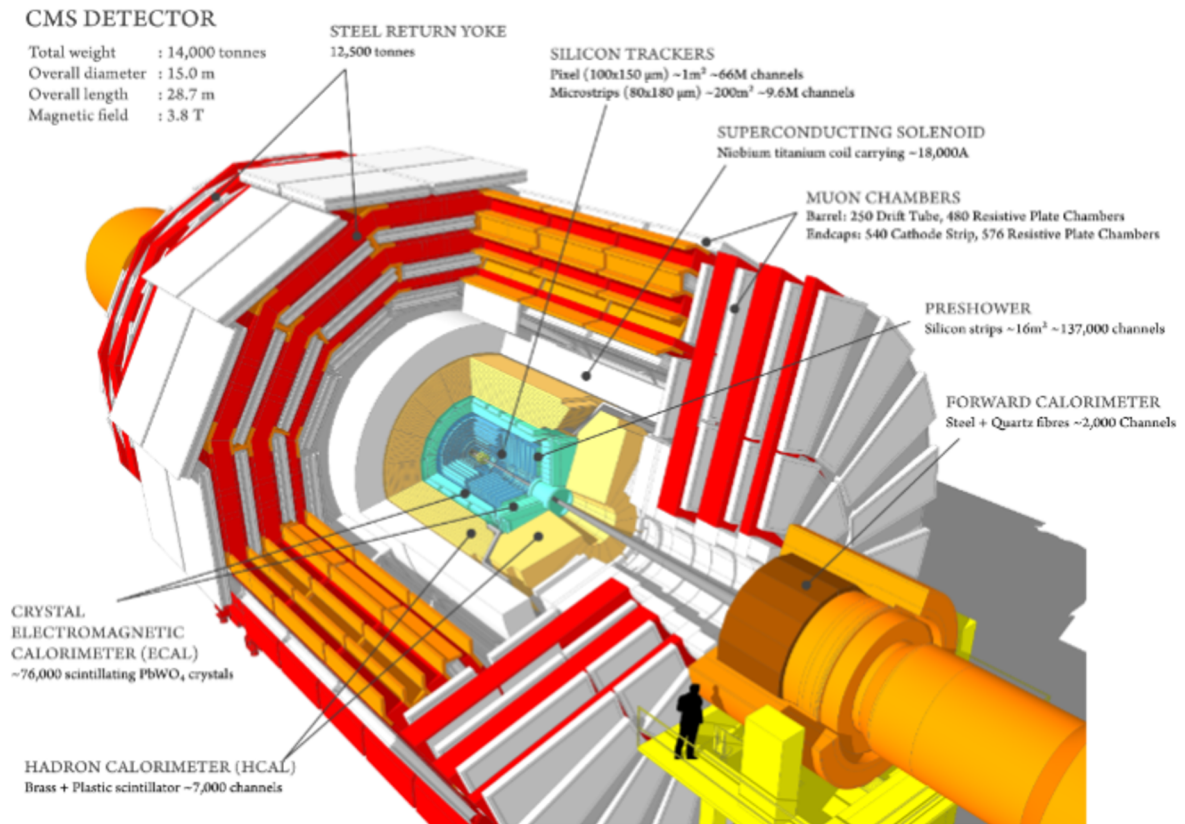
Las nuevas partículas descubiertas en CMS serán típicamente inestables y se transformarán rápidamente en una cascada de partículas más ligeras, estables y mejor entendidas.



¿Cómo funciona?

Se trata de un detector de **14,000 toneladas**, **15 metros** de alto y **21 metros** de largo.

El CMS toma "fotografías" en 3D de los productos de las colisiones, hasta 40 millones de veces por segundo. Al identificar las partículas estables producidas en cada colisión, medir sus momentos y energías, y luego juntar la información de todas estas partículas, el detector puede recrear una "imagen" de la colisión para su posterior análisis.



Detector comparado con el tamaño de una persona.



Imán del CMS durante su construcción

Solenoides

El imán del CMS es el centro alrededor del cual se construye el experimento, con un campo magnético de **4 Tesla** que es 100.000 veces más fuerte que el de la Tierra. Su trabajo es doblar los caminos de las partículas que emergen de las colisiones de alta energía en el LHC.

El imán CMS es un "**solenoides**", un imán hecho de bobinas de alambre que producen un campo magnético uniforme cuando la electricidad fluye a través de ellas.

Doblar las trayectorias de las partículas tiene dos propósitos:

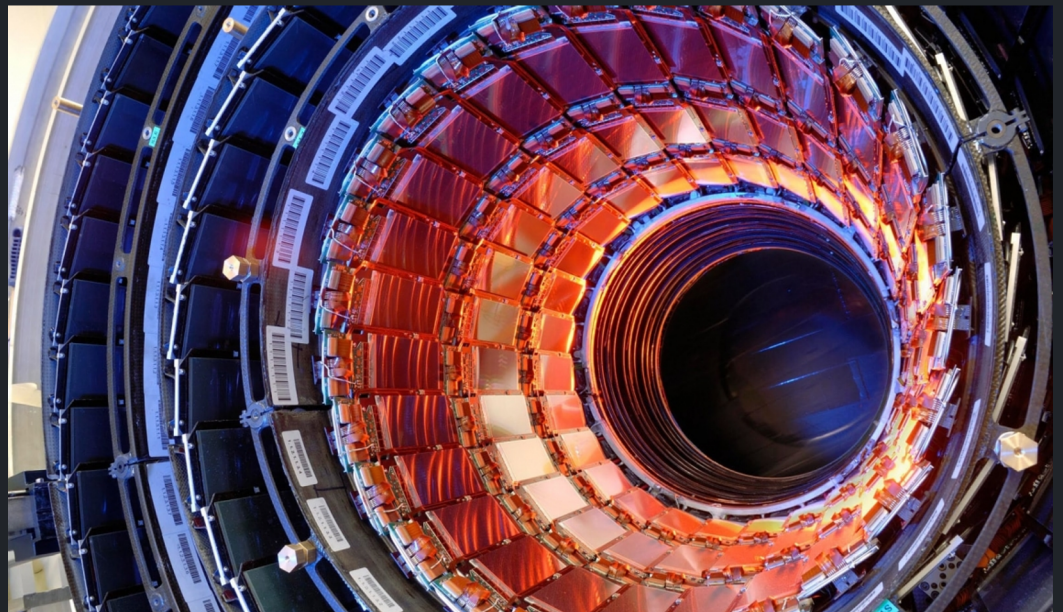
- Ayuda a **identificar la carga de la partícula**: las partículas cargadas positiva y negativamente se doblan en direcciones opuestas en el mismo campo magnético.
- Nos permite **medir el impulso de la partícula**: en un campo magnético idéntico, las partículas de alto impulso se doblan menos en comparación con las de bajo impulso.

Rastreador

CMS debe identificar los caminos seguidos por estas partículas cargadas dobladas con una precisión muy alta. Esto lo hace un rastreador de silicio compuesto por alrededor de **75 millones de sensores electrónicos** individuales dispuestos en capas concéntricas. Cuando una partícula cargada vuela a través de la capa del rastreador, interactúan electromagnéticamente con el silicio y produce un impacto; estos impactos individuales se pueden unir para **identificar la trayectoria de la partícula** que atraviesa.

El rastreador puede reconstruir las trayectorias de los **muones, electrones y hadrones de alta energía** (partículas formadas por quarks), así como ver pistas provenientes de la desintegración de partículas de vida muy corta como beauty o "**quarks b**" que se utilizarán para estudiar las diferencias entre materia y antimateria.

Cada medida tiene una precisión de $10\text{ }\mu\text{m}$, una fracción del ancho de un cabello humano. También es la capa más interna del detector y, por lo tanto, recibe el mayor volumen de partículas.



Detectores de tiras de silicio.

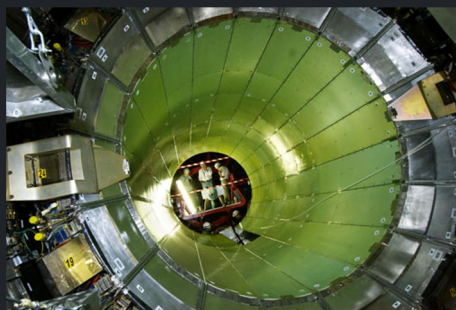
Calorímetros

La **información sobre las energías** de las diversas partículas producidas en cada colisión es crucial para comprender qué ocurrió en el punto de colisión. Esta información se recopila de dos tipos de "**calorímetros**" en CMS.

ECAL

Son de particular interés los **electrones y fotones**, debido a su uso para encontrar el bosón de Higgs y otras nuevas físicas.

Estas partículas se miden utilizando un calorímetro electromagnético (ECAL). Para encontrarlas son necesarias condiciones muy estrictas del LHC - un campo magnético alto, altos niveles de radiación y solo **25 nanosegundos** entre colisiones.



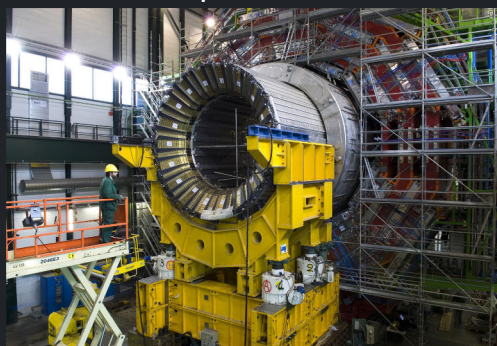
ECAL

Se trata de cristales de alta densidad que "centellean" cuando los electrones y fotones los atraviesan

HCAL

Mide la energía de los "**hadrones**", partículas formadas por quarks y gluones (por ejemplo, protones, neutrones, piones y kaones). Además, proporciona una medición indirecta de la presencia de partículas no cargadas que no interactúan, como los **neutrinos**.

El HCAL es un calorímetro de muestreo, encuentra la posición, la energía y el tiempo de llegada de una partícula utilizando capas alternas de **materiales "absorbentes" y**



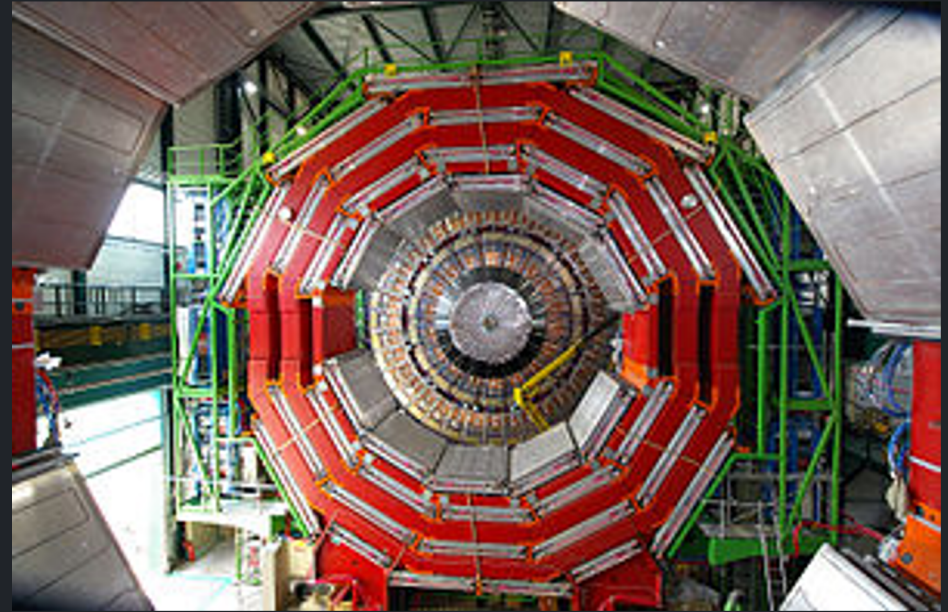
HCAL

"centelleadores" fluorescentes que producen un pulso de luz rápido cuando la partícula pasa.

Detector de muones

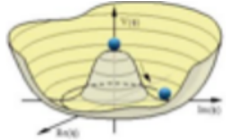
La partícula final que CMS observa directamente es el **muón**. Los muones pertenecen a la misma familia de partículas que el electrón, aunque son unas 200 veces más pesadas.

Debido a que los muones pueden penetrar varios metros de hierro sin interactuar, a diferencia de la mayoría de las partículas, ninguno de los calorímetros de CMS los detiene. Por lo tanto, las cámaras para detectar muones se colocan en el mismo borde del experimento, donde son las únicas partículas que probablemente registren una señal.



Capas del detector

Una partícula se mide ajustando una curva a los impactos entre las cuatro estaciones de muones, que se encuentran fuera de la bobina magnética y están intercaladas con placas de hierro, al rastrear su posición a través de las múltiples capas de cada estación, combinado con las mediciones del rastreador, los detectores trazan con precisión la trayectoria. Esto da una medida del impulso porque sabemos que las partículas que viajan con más impulso se doblan menos en un campo magnético.



Promedio de vida
del bosón de
Higgs
 1.6×10^{-22} s



Promedio de
vida del muón
 2.19×10^{-6} s



Un latido de
corazón cada
segundo



Lapso de vida
típico de una
persona
 2.4×10^9 s



la extinción de los
dinosaurios fue hace
 2×10^{15} s

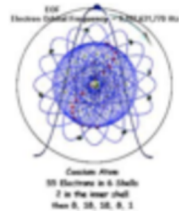
10^{-20}

10^{-10}

1

10^{10}

10^{20}

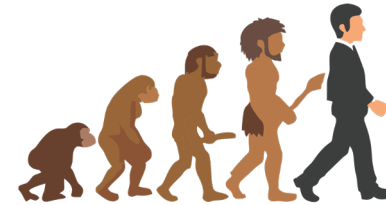


$T = 1/f$ de un reloj
atómico
 10^{-10} s

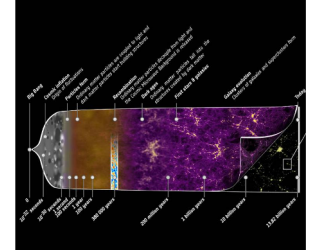


$T = 1/f$ de una cuerda
de piano
 4×10^{-3} s

Esta charla
 10^3 s



Primer homo sapiens hace
 2×10^{12} s



El nacimiento del universo
tiene
 4×10^{17} s

ESCALA DE TIEMPO

Referencias

- <https://cms.cern/detector>
- <https://cms.cern/interact-with-cms/cms-physics-masterclass>
- <https://cms.physicsmasterclasses.org/cms.html>
- <https://www.quantumdiaries.org/2011/06/01/anatomy-of-a-jet-in-cms/>