

Comienzan las obras en el LHC para incrementar su luminosidad

El CERN, el Laboratorio Europeo de Física de Partículas, ha iniciado esta semana los trabajos de ingeniería civil del LHC de alta luminosidad, una gran mejora del mayor acelerador de partículas del mundo que permitirá obtener más colisiones y datos a partir de 2026. Varios centros y grupos de investigación españoles participan en este gran proyecto.

SINC

15/6/2018 13:15 CEST



Las obras sobre los detectores ATLAS y CMS permitirán construir nuevas estructuras subterráneas destinadas al LHC de alta luminosidad. / Julien Ordan/CERN

El Gran Colisionador de Hadrones (LHC) entra oficialmente en una nueva fase. Este viernes se ha celebrado una ceremonia en el laboratorio europeo de física de partículas (CERN) que marca el inicio de la obra civil para el LHC de Alta Luminosidad (HL-LHC, por sus siglas en inglés), un nuevo hito en la historia del CERN. Al incrementar el número de colisiones en los grandes experimentos, esta gran actualización mejorará el rendimiento del LHC a partir de 2026, aumentando la probabilidad de descubrir nuevos fenómenos de la física.

El LHC comenzó sus colisiones entre partículas en 2010. Dentro de los 27 kilómetros del anillo del LHC, paquetes de protones viajan casi a la velocidad de la luz y chocan en cuatro puntos. Estas colisiones generan nuevas partículas que se miden en los detectores situados en los puntos de interacción. Analizando estas colisiones, físicos de todo el mundo profundizan en el conocimiento de las leyes de la naturaleza.

Con el HL-LHC se conocerá mejor el bosón de Higgs y se investigarán teorías más allá del modelo estándar, como la supersimetría y las dimensiones extra

Mientras que el LHC es capaz de producir hasta 1.000 millones de colisiones entre protones cada segundo, el HL-LHC incrementará este número, conocido como 'luminosidad', en un factor 5 o 7, permitiendo acumular 10 veces más datos de 2026 a 2036. Esto supone poder investigar fenómenos físicos muy infrecuentes y obtener medidas mucho más precisas de los conocidos. Por ejemplo, el LHC permitió descubrir el bosón de Higgs en 2012 y probar cómo adquieren sus masas las partículas. Esta mejora del HL-LHC permitirá definir con mayor precisión las propiedades del bosón de Higgs. Además, se investigarán teorías más allá del modelo estándar (la teoría que describe las partículas elementales y sus interacciones), incluyendo la supersimetría, la existencia de dimensiones extra o si los quarks (los ladrillos que componen la materia visible) están compuestos por algo más elemental aún.

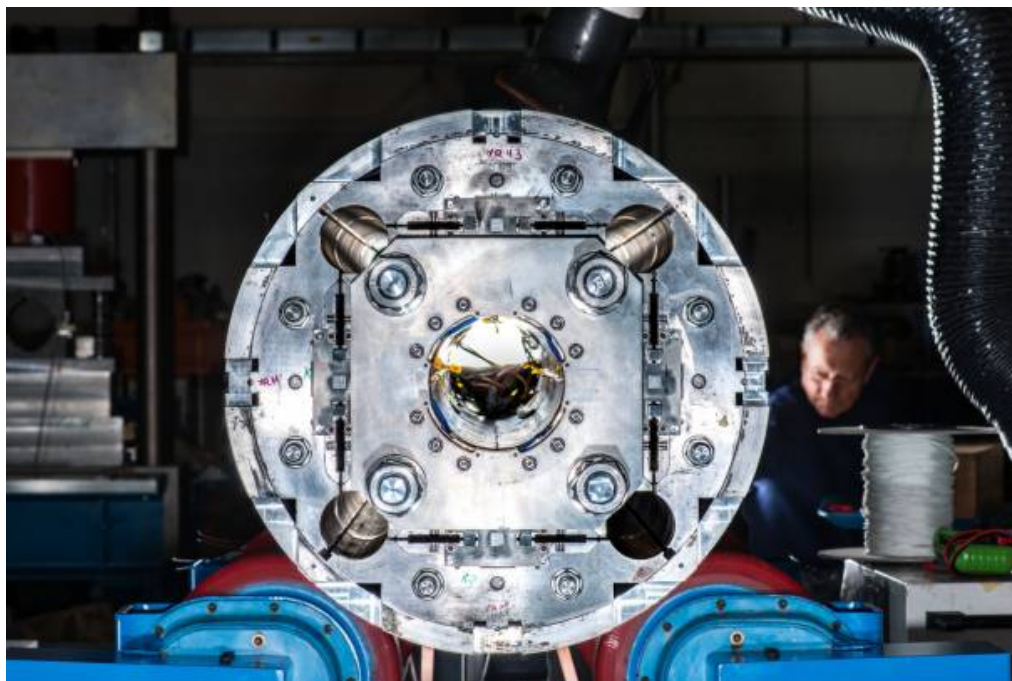
“El LHC de Alta Luminosidad extenderá el alcance del LHC más allá de su objetivo inicial, aportando nuevas oportunidades para lograr nuevos descubrimientos, medir las propiedades de partículas como el bosón de Higgs con mayor precisión y explorar los constituyentes fundamentales de la naturaleza de forma aún más profunda”, declara la Directora General del CERN Fabiola Gianotti.

El proyecto del LHC de Alta Luminosidad es un esfuerzo internacional que implica a [29 instituciones de 13 países](#), incluida España con el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT).

Comenzó en 2011 y fue incluido dos años después entre las prioridades de la Estrategia Europea de Física de Partículas, la hoja de ruta de la disciplina. Tras el éxito de la fase de pruebas, se construirán e instalarán muchos elementos nuevos en el LHC en los próximos años. Algo más de un kilómetro del actual acelerador se reemplazará completamente con nuevos componentes como imanes, colimadores y cavidades de radiofrecuencia.

Componentes que mejoran el LHC

El secreto para incrementar las colisiones es reducir el tamaño del haz de partículas en los puntos de interacción para incrementar las probabilidades de que los protones choquen entre sí. Para conseguir esto, el LHC necesita unos 130 imanes nuevos. En particular, 24 nuevos imanes superconductores cuadrupolos (que mantienen concentrado el haz) y 4 nuevos imanes superconductores dipolos (que se encargan de curvar la trayectoria de los haces). Ambos alcanzan un campo de más de 11,5 tesla, comparado con los 8,3 de los actuales imanes dipolo del LHC. Además, se instalarán 16 nuevas cavidades electromagnéticas (*crab cavities*) para incrementar la superposición de los paquetes de protones en los puntos de colisión.



Prototipo de imán cuadrupolar para el LHC de alta luminosidad. / Robert Hradil, Monika Majer / ProStudio22.ch

Otro ingrediente clave para incrementar la luminosidad del LHC es aumentar la disponibilidad y eficiencia del acelerador. Para ello, el proyecto HL-LHC desplazará algunos equipamientos que serán más accesibles para su mantenimiento. Los transformadores de energía de los imanes se llevarán a galerías separadas del anillo del acelerador, conectándolos con nuevos cables superconductores capaces de transmitir una carga eléctrica de hasta 100.000 amperios sin apenas disipar energía.

Tras completar esta gran mejora, se espera que el LHC comience a producir datos en modo alta luminosidad a partir de 2026

Para ello se realizarán grandes obras de ingeniería principalmente en dos localizaciones del LHC en Suiza y Francia, que incluyen la construcción de nuevos edificios, cavernas y galerías subterráneas. Los túneles y salas bajo tierra albergarán nuevo equipamiento criogénico, el suministro de energía eléctrica y varias plantas de electricidad, refrigeración y ventilación.

El LHC continuará funcionando durante estos trabajos con periodos de largas paradas técnicas que, además de realizar las actividades de mantenimiento habituales, servirán para preparar el acelerador y sus experimentos para la alta luminosidad. Tras completar esta gran mejora, se espera que el LHC comience a producir datos en modo alta luminosidad a partir de 2026. Así, alcanzar las fronteras de la tecnología de aceleradores y detectores también facilitará el camino para futuros aceleradores de mayor energía.

Participación española en el LHC de Alta Luminosidad

El Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas ([CIEMAT](#)) desarrolla desde 2014 un prototipo de imán superconductor para el proyecto del LHC de Alta Luminosidad. Es un imán combinado, capaz de corregir la trayectoria de los haces de partículas que circulan por el anillo del LHC tanto en el plano vertical como horizontal de forma simultánea, algo muy complejo.

El espacio en el interior del imán para el tubo de vacío por donde circulan las partículas es el doble que el de los imanes actuales del LHC (150 milímetros de diámetro). Además, este imán es mucho más resistente a la radiación, que será mayor en el HL-LHC, lo que implica la utilización de materiales avanzados y nuevas soluciones mecánicas en su montaje.

Las técnicas de fabricación de las bobinas y de la estructura de soporte de las fuerzas electromagnéticas son nuevas, y han sido necesarias numerosas pruebas y ensayos para su validación. El CIEMAT se encuentra en la fase final de producción del primer prototipo, cuyo ensayo está previsto para otoño de este año. La fabricación en serie comenzará a principios de 2019 y se extenderá hasta finales de 2021.

Varios centros y grupos de investigación españoles participan en la mejora de los principales experimentos del LHC

Además, varios centros y grupos de investigación españoles participan en la mejora de los principales experimentos del LHC, que tienen que adaptarse a las nuevas condiciones de la fase de Alta Luminosidad. El incremento de las colisiones provocará el aumento del número de señales a procesar, de los sucesos a almacenar, fenómenos como el '*pileup*' (acumulación de colisiones de partículas en un mismo evento)... Además, el potencial envejecimiento de los materiales debido a una mayor radiación requiere un intenso trabajo de I+D para mitigar sus efectos.

El Instituto de Física de Altas Energías ([IFAE](#)) y el Instituto de Física Corpuscular ([IFIC](#), CSIC-Universitat de València), participan en la mejora de los sistemas de lectura de información y selección de eventos (trigger) del calorímetro del experimento ATLAS, uno de los subdetectores que mide la energía de las partículas producidas. Ambos institutos participan también en la mejora del componente más cercano a las colisiones, el llamado 'detector de trazas', instrumento que registra la trayectoria de las partículas cargadas producidas y que se reemplazará en su totalidad para el LHC de Alta Luminosidad. Parte de los nuevos sensores que se instalarán en el detector de trazas de ATLAS se fabricará en el Centro Nacional de Microelectrónica

de Barcelona ([IMB-CNM](#), CSIC).

La [Unidad de Física de Partículas del CIEMAT](#), la Universidad de Oviedo ([UO](#)) y la Universidad Autónoma de Madrid ([UAM](#)) contribuyen a la actualización del sistema de muones de CMS, fundamentalmente en la renovación de los sistemas electrónicos de este subdetector, tanto de lectura como de trigger, que comenzarán a probar en la próxima parada del LHC (2019-2020) y se instalarán durante la tercera parada técnica del LHC (2024-2025) previa al inicio del LHC de Alta Luminosidad. El Instituto de Física de Cantabria ([IFCA](#), CSIC-Universidad de Cantabria) participa junto al IMB-CNM en el desarrollo de nuevos sensores para el detector de vértices de CMS, muy próximo a las colisiones, y en un nuevo sistema temporal del experimento para paliar el fenómeno del *pileup*.

El Instituto Gallego de Física de Altas Energías ([IGFAE](#), Universidade de Santiago de Compostela-Xunta de Galicia) participa en la construcción del nuevo detector de vértice del experimento LHCb (*Vertex Locator*, VELO), cuya actualización se realiza antes que ATLAS y CMS, así como en la mejora del sistema para seleccionar las colisiones a registrar (*High Level Trigger*).

Por su parte, el IFIC contribuye, junto al Instituto de Ciencias del Cosmos de la Universidad de Barcelona ([ICCUB](#)), al nuevo sistema de reconstrucción de trazas del detector LHCb mejorado (llamado *SciFi*), en particular diseño y producción de la electrónica de lectura de datos, así como al desarrollo de algoritmos de reconstrucción y trigger orientados a partículas de larga vida media. El ICCUB trabaja también en el calorímetro electromagnético de LHCb, en particular en un sistema electrónico ultrarrápido de lectura de datos de uno de sus componentes.

Datos básicos del LHC de Alta Luminosidad

- 'Luminosidad' es la medida del número de colisiones potenciales por unidad de superficie y tiempo de un acelerador de partículas. Es un indicador básico del funcionamiento de un acelerador. Se mide en femtobarns inversos: 1 femtobarn inverso equivale a 100 billones de colisiones entre protones (10^{12}).

- Desde su inicio en 2010 hasta el final de 2018 el LHC habrá obtenido 150 femtobarns inversos de datos. Se espera que el LHC de Alta Luminosidad produzca 250 femtobarns inversos de datos cada año, hasta los 4.000.

- El LHC de Alta Luminosidad permitirá estudiar al detalle la física conocida y observar nuevos fenómenos. Un ejemplo es el bosón de

Higgs, del que se producirán 15 millones al año por los 3 millones de 2017.

- Los nuevos imanes superconductores cuadrupolos, instalados a ambos lados de los experimentos ATLAS y CMS para concentrar los haces antes de la colisión, utilizan un compuesto superconductor de niobio-estaño usado por primera vez en un acelerador, lo que permite alcanzar mayores campos magnéticos que los actuales imanes del LHC (12 tesla en los nuevos imanes por 8 en los actuales). Este nuevo compuesto se utiliza también en los dos imanes dipolos que se sustituirán para curvar la trayectoria de los haces.

- Para alimentar el acelerador y sus imanes se utilizarán nuevos cables hechos de un material superconductor (boruro de magnesio) capaz de trabajar a mayor temperatura que los imanes y transportar corrientes eléctricas con intensidades récord de 100.000 amperios.

- Los trabajos de ingeniería para preparar el LHC de Alta Luminosidad comienzan este año en dos puntos del anillo el LHC situados en Suiza (Meyrin, experimento ATLAS) y Francia (Cessy, experimento CMS) con la excavación de fosas de 80 metros en cada sitio, cavernas subterráneas y túneles de servicio de 300 metros. La instalación de los primeros componentes del LHC de Alta Luminosidad, los imanes dipolos de 11 tesla, colimadores y diversa instrumentación para los haces de partículas) comenzará durante la segunda parada larga del LHC (Long Shutdown 2, LS2, 2019-2020). Pero la mayor parte de los trabajos de mejora se realizarán durante la tercera parada técnica, entre 2024 y 2026).

- El coste material de la mejora del LHC está fijado en 950 millones de francos suizos entre 2015 y 2026, considerando un presupuesto constante del CERN.

Derechos: **Creative Commons**

TAGS

CERN | LHC | LUMINOSIDAD |

Creative Commons 4.0

Puedes copiar, difundir y transformar los contenidos de SINC. [Lee las condiciones de nuestra licencia](#)