

# El bosón de Higgs y el LHC

Centro Cultural Bancaja, Valencia, 25 julio 2012

## ¿Qué es el bosón de Higgs?

Es un tipo de partícula elemental que se cree tiene un papel fundamental en el mecanismo por el que se origina la masa en el Universo. La confirmación o refutación de su existencia es uno de los objetivos del Gran Colisionador de Hadrones (LHC), el mayor y más potente acelerador de partículas del mundo que opera el Laboratorio Europeo de Física de Partículas (CERN) en la frontera franco-suiza, cerca de Ginebra.

## ¿Por qué es tan importante?

Porque es la única partícula predicha por el Modelo Estándar de Física de Partículas que aún no ha sido descubierta. El Modelo Estándar describe perfectamente las partículas elementales y sus interacciones, pero queda una parte importante por confirmar, precisamente la que da respuesta al origen de la masa. Sin masa, el Universo sería un lugar muy diferente. Si el electrón no tuviera masa no habría átomos, con lo cual no existiría la materia como la conocemos, por lo que tampoco habría química, ni biología ni existiríamos nosotros mismos. Para explicar esto, varios físicos, entre ellos el británico Peter Higgs, postularon en los años 60 del siglo XX un mecanismo que se conoce como el “campo de Higgs”. Al igual que el fotón es el componente fundamental del campo electromagnético y de la luz, el campo de Higgs requiere la existencia de una partícula que lo componga, que los físicos llaman “bosón de Higgs”.

## ¿Cómo funciona el mecanismo de Higgs?

El campo de Higgs sería una especie de continuo que se extiende por todo el espacio, formado por un incontable número de bosones de Higgs. La masa de las partículas estaría causada por una “fricción” con el campo de Higgs, por lo que las partículas que tienen una fricción mayor con este campo tienen una masa mayor.

## ¿Qué es un ‘bosón’?

Las partículas subatómicas se dividen en dos tipos: fermiones y bosones. Los fermiones son partículas que componen la materia (electrones, protones y neutrones), y los bosones portan las fuerzas o interacciones (fotón, gluón y bosones W y Z, responsables respectivamente de las fuerzas electromagnética, nuclear fuerte y nuclear débil).

## ¿Cómo se puede detectar?

El bosón de Higgs no se puede detectar directamente, ya que una vez que se produce se desintegra casi instantáneamente dando lugar a otras partículas. Lo que se pueden ver son sus “huellas”, esas otras partículas que pueden ser detectadas en el LHC. En el interior del anillo del acelerador colisionan protones entre sí a una velocidad cercana a la de la luz. Cuando se producen las colisiones en puntos estratégicos donde están situados grandes detectores, la energía del movimiento se libera generando otras partículas. Cuanto mayor sea la energía de las partículas que chocan más masa podrán tener los resultantes, según la famosa ecuación de Einstein  $E=mc^2$ . Debido a que la teoría no establece la masa del bosón de Higgs, sino un amplio rango de valores posibles, se requieren aceleradores muy potentes para explorar este nuevo territorio de la Física. El LHC es la culminación de una “escalada energética” dirigida a descubrir el bosón de Higgs.

## ¿Cuándo se sabrá si se ha encontrado?

En Física de Partículas, el concepto de observación de un nuevo fenómeno o partícula se define por su significación estadística medida en desviaciones estándar o ‘sigmas’, que indican la probabilidad de que un resultado experimental se deba a la casualidad en vez de ser un efecto real. Para conseguir una mayor significación estadística, y por tanto aumentar las probabilidades de observación, los experimentos necesitan analizar muchos datos. El LHC genera unos 300 millones de colisiones por segundo, por lo que la cantidad de datos es ingente.

Si una medida tiene 5 sigmas se habla de “observación” o “descubrimiento”. Para alcanzar 5 sigmas tendríamos que sacar cara más de 20 veces seguidas, una probabilidad menor de 0,00006%. Sin embargo, para estar seguros de que la nueva partícula observada en el LHC corresponde a un bosón de Higgs del Modelo Estándar y no a otra partícula diferente será necesario estudiar en detalle y con más datos sus propiedades.

## ¿Qué sabemos hasta el momento?

Búsquedas directas realizadas en anteriores aceleradores de partículas establecieron que la masa del bosón de Higgs debe ser superior a los 114 GeV (gigaelectronvoltios; 1 gigaelectronvoltio equivale aproximadamente a la masa de un protón). En 2011 se presentaron resultados de la búsqueda del bosón de Higgs en el LHC, donde sus dos grandes experimentos, ATLAS y CMS, vieron indicios de su presencia entre los 124 y los 126 GeV. Sin embargo, estos resultados no tenían la suficiente significación estadística para ser considerados un descubrimiento.

Este momento tan esperado llegó el 4 de julio de 2012, cuando se presentaron nuevos resultados con los datos de 2011 y 2012. En un seminario celebrado en la sede del CERN, ante una sala abarrotada y la expectación de la comunidad científica internacional, los portavoces de ambos experimentos mostraron por separado resultados que muestran la observación de una nueva partícula en el rango de masas entre 125 y 126 GeV (gigaelectronvoltios), unas 134 veces la masa de un protón.

Esta nueva partícula sería un bosón, el más pesado observado hasta la fecha. Sin embargo, aún no se puede afirmar con rotundidad que estamos ante el bosón de Higgs descrito por el Modelo Estándar o una versión distinta, que abriría la puerta a la comprensión de otras preguntas fundamentales de la Física como la naturaleza de la materia y energías oscuras, que juntas componen el 96% del Universo. La identificación de las características de la nueva partícula requerirá más tiempo y datos, pero cualquiera que sea la forma que tome la partícula de Higgs, nuestro conocimiento de la estructura fundamental de la materia está a punto de dar un gran paso adelante.

## ¿Qué pasa si se descubre el Higgs del Modelo Estándar?

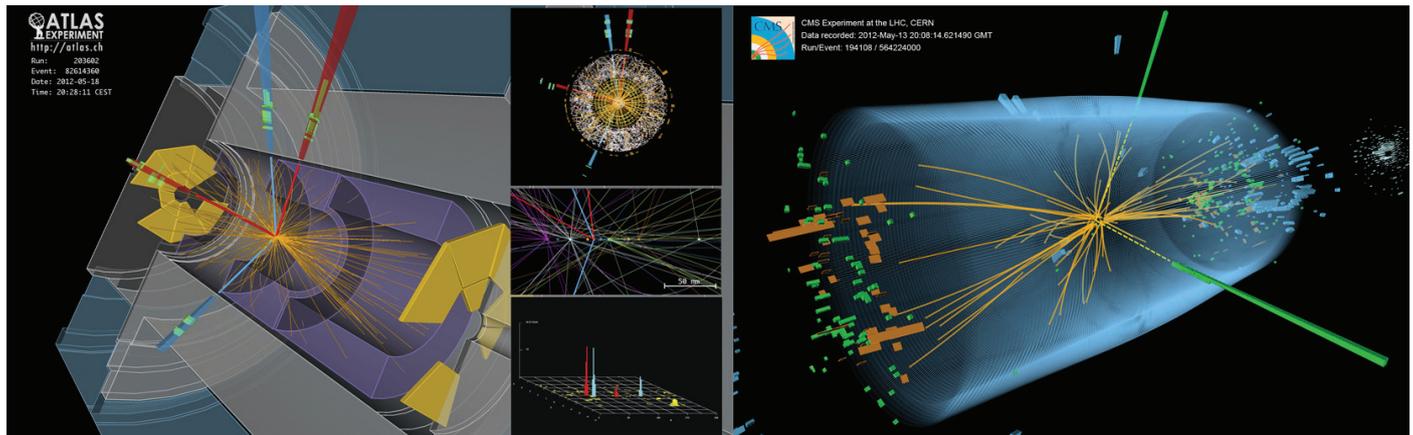
Sería el comienzo de una nueva fase en la Física de Partículas. Marcaría el camino en la investigación de otros muchos fenómenos físicos como la naturaleza de la materia oscura, cuyas propiedades son completamente desconocidas pero que compone aproximadamente el 25% del Universo, de la energía oscura o la existencia de partículas supersimétricas. Estos son otros retos para la disciplina y experimentos como el LHC.

## ¿Qué pasa si no es el Higgs del Modelo Estándar?

No descubrir el bosón de Higgs en los parámetros establecidos en el Modelo Estándar obligará a formular otra teoría para explicar cómo las partículas obtienen su masa, lo que requerirá nuevos experimentos que confirmen o desmientan esta nueva teoría. Así es como funciona la ciencia.

## Beneficios de la investigación básica en Física de Partículas

La tecnología desarrollada en los aceleradores de partículas tiene beneficios indirectos para la Medicina, la Informática, la industria o el medio ambiente. Los imanes superconductores que se usan para acelerar las partículas han sido fundamentales para desarrollar técnicas de diagnóstico por imagen como la resonancia magnética. Los detectores usados para identificar las partículas son la base de los PET, la tomografía por emisión de positrones (antipartícula del electrón). Y muchos hospitales utilizan haces de partículas como terapia contra el cáncer.



La World Wide Web (WWW), el 'lenguaje' en el que se basa Internet, fue creado en el CERN para compartir información entre científicos ubicados alrededor del mundo, y las grandes cantidades de datos que se producen motivan el desarrollo de una red de computación global distribuida llamada GRID. Los haces de partículas producidos en aceleradores tipo sincrotrón o las fuentes de espalación de neutrones, instrumentos creados para comprobar la naturaleza de la materia, tienen aplicaciones industriales en la determinación de las propiedades de nuevos materiales, así como para caracterizar estructuras biológicas o nuevos fármacos. Otras aplicaciones de la Física de Partículas son la fabricación de paneles solares, esterilización de recipientes para alimentos o reutilización de residuos nucleares, entre otros muchos campos.

## Participación española en el LHC

España es miembro del CERN desde 1983. La aportación española es proporcional a su PIB y se sitúa detrás de Alemania, Reino Unido, Francia e Italia. Además de esta contribución fija, se aportan fondos para financiar la actividad de los grupos de investigación españoles que participan en sus cuatro experimentos principales: ATLAS, CMS, LHCb y ALICE. En total, 900 científicos e ingenieros españoles participan en el CERN. La participación española en el LHC cuenta con el apoyo del Ministerio de Economía y Competitividad a través del Programa Nacional de Física de Partículas, y del Centro Nacional de Física de Partículas, Astropartículas y Nuclear (CPAN), proyecto Consolider-Ingenio 2010. Además de haber diseñado y construido varios subdetectores clave en la búsqueda de nuevas partículas en el LHC, los grupos españoles participan en su operación y mantenimiento, así como en la recogida, procesado y análisis de los datos que pueden conducir a la observación del bosón de Higgs.

En el experimento ATLAS, uno de los dos grandes experimentos del LHC junto a CMS destinado a la búsqueda del Higgs, participan más de 3.000 científicos de 174 instituciones y 38 países, incluyendo la participación de investigadores del Instituto de Física Corpuscular (IFIC), centro mixto del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y la Universitat de València; el Institut de Física d'Altes Energies (IFAE), consorcio entre la Generalitat de Catalunya y la Universitat Autònoma de Barcelona; el Instituto de Microelectrónica de Barcelona (CNM-IMB-CSIC); y la Universidad Autónoma de Madrid (UAM).

En CMS, donde participan 3.275 científicos de 179 institutos en 41 países, participa el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT); Instituto de Física de Cantabria (IFCA), centro mixto CSIC-Universidad de Cantabria, la Universidad de Oviedo (UO) y la UAM.

La Universidad de Santiago de Compostela (USC), la Universitat de Barcelona (UB) y la Universitat Ramon Llull (URL) han participado en la construcción del experimento LHCb, destinado al estudio de la asimetría entre materia y antimateria, además de ocupar responsabilidades en su operación y análisis de datos. Por su parte, el Instituto Galego de Física de Altas Enerxias (IGFAE) de la USC se encarga de la fenomenología de la física del experimento ALICE, diseñado para estudiar los primeros estados de la materia tras el Big Bang, mientras que el CIEMAT participa en tareas de computación asociadas.

Para llevar a cabo los objetivos del LHC es necesario procesar una cantidad de datos sin precedentes. Para ello se ha desarrollado el mayor sistema jamás construido, el GRID. Los datos tomados por el LHC son procesados inicialmente en el CERN y distribuidos posteriormente a otros 11 centros (Tier-1). Finalmente, son transferidos a otros 100 centros (Tier-2), distribuidos por todo el mundo donde los científicos realizan el análisis final. España contribuye con un centro Tier-1, el Port de Informació Científica (IFAE, UAB y CIEMAT) y 7 Tier-2.

## Empresas españolas en el LHC

La participación de España en el CERN y en el LHC ha representado una oportunidad única de adquisición de tecnología para las empresas españolas en diversas áreas: criogenia, técnicas de vacío ultra-alto, superconductividad, control industrial, electrónica, e-infraestructuras, etc. España se sitúa como el 5º país con mejor retorno industrial de los participantes, alcanzando las adjudicaciones a empresas españolas el 6,3% del total.

**MÁS INFORMACIÓN:** [www.i-cpan.es](http://www.i-cpan.es)