

# BOSÓN Y CAMPO DE HIGGS, ACERCAMIENTO DIDÁCTICO

Joaquín González Álvarez

El 4 de Julio de 2012, desde el complejo de investigaciones nucleares CERN, se dió la más importante noticia científica de los últimos tiempos al anunciarse la confirmación del hallazgo del tan esperado bosón de Higgs así llamado en honor a Peter Higgs, quien la previó teóricamente, fundamental partícula elemental conocida en los medios como la Partícula de Dios, así bautizada por Leon Lederman, Premio Nóbel de Física.



**Peter Higgs**  
(Imagen de Wikipedia)

La trascendencia del evento Higgs reside en que ese bosón contribuye a completar los datos del listado de partículas elementales previsto por el llamado Modelo Estándar, el cual hasta ahora ha servido de eficaz hipótesis de trabajo para las investigaciones en este importante capítulo de la física. La característica cuántica de los bosones es que su espín es un número entero, lo cual los diferencia de los fermiones cuyo número de espín es fraccionario.

El trascendental acontecimiento del hallazgo del bosón de Higgs, además de un rotundo éxito de la técnica lo es en igual o tal vez en mayor magnitud, del talento del insigne físico teórico Peter Higgs que lo previó y lo fundamentó en todos sus detalles. Los grandes logros de la técnica han estado primero sobre la mesa de trabajo de un científico teórico.



Instalaciones complejo de investigaciones nucleares CERN

Para poder explicar en forma asequible y didáctica todo lo relacionado con el Bosón de Higgs y su campo, es necesario tener presente previamente una serie de conceptos que pasamos a exponer.

### **Campo**

A todo cuerpo que eventual o permanentemente posea ciertas condiciones especiales como pudieran ser estar cargado eléctricamente o magnetizado, le es inherente la propiedad de alterar el espacio a su alrededor (teóricamente todo el espacio, pero claro está, sólo es detectable la alteración a corta distancia), en una forma que viene determinada por las referidas condiciones especiales. A esa alteración en el espacio que sólo se manifiesta en presencia del cuerpo motivante, se le denomina campo. El concepto de campo, como los de materia y energía, es uno de los mas importantes de la física.

Los campos pueden deberse también a procesos como el paso de electrones por un medio, o por otro campo oscilante.

Los campos mas conocidos son el electromagnético y el gravitatorio. Mas adelante trataremos de otros importantes campos como el anunciado de Higgs. Los cuerpos y los procesos a los cuales se deben las alteraciones del espacio por los campos, los llamaremos *creadores de campo*. Por ejemplo, el campo magnético se crea por cuerpos magnetizados como un imán. Para cada tipo de campo existen sustancias o procesos que son influenciadas de cierta manera por el campo y que no lo son en igual forma por otro tipo de campo. Ejemplo muy conocido es el de la atracción de un imán a clavos y virutas de hierro. Cuerpos que no contengan hierro no serán atraídos en un campo magnético.

El campo magnético también puede ser creado por el movimiento ordenado de electrones en una corriente eléctrica, o por un campo eléctrico oscilante.

### **Partículas portadoras o trasmisoras de campo**

El concepto de partícula portadora o trasmisora de campo es de capital importancia en el tema que tratamos, baste decir que el Bosón de Higgs es la partícula portadora del campo de Higgs.

Las portadoras de campo son partículas elementales que transmiten la acción del campo desde el cuerpo o proceso creador, hasta los cuerpos o procesos sometidos a los efectos del campo. Ejemplos de portadoras son el fotón o cuanto de luz para el campo electromagnético, los bosones W y Z para la fuerza débil, el aún sin encontrar gravitón para la gravedad, el gluón para la atracción fuerte y el Bosón de Higgs para el campo de Higgs.

### **Simetría**

Simetría es la invarianza de un sistema geométrico o físico ante ciertas transformaciones o ante ciertos movimientos. Así por ejemplo imaginemos una lamina de hierro virgen, al no estar imantada sus dipolos están desordenados orientados en todas las direcciones posibles; si hacemos rotar esa lamina con eje de rotación en su centro, no se notará ningún cambio en el "aspecto" de la disposición de los dipolos, lo que nos dice que la lámina virgen debido al desorden de sus dipolos, posee simetría, en este caso axial o sea respecto a un eje. Hay otros tipos de simetría como la especular o reflexiva cuando es respecto a un plano, y la esférica respecto a un punto.

Si la lámina de hierro virgen del ejemplo se somete a la acción de un campo magnético inductor, los dipolos se ordenarán orientándose todos en una misma dirección y ya no habrá invarianza al rotar la lámina respecto a un eje, en cada giro ya no se mantendrá el mismo aspecto, ya no habrá simetría, habrá *ruptura de simetría*. La ruptura de simetría desempeñará un rol fundamental cuando tratemos del Campo de Higgs.

Debemos fijarnos que la simetría está relacionada con el desorden y la ruptura de simetría con el orden, lo cual nos será útil cuando tratemos del Campo de Higgs. Los cambios de estado o fase como el de líquido a sólido, o de fluidez a condensación por enfriamiento, ambos de paso de desorden a orden de moéculas, evidentemente están relacionados con disminución de simetría.

En física existen las simetrías o invarianzas gauge cuando por una variación de un grado de libertad de un sistema, la lagrangiana  $L$  (energía cinética  $T$  menos energía potencial  $V$ ) de éste no varía. Los campos que presentan esta invarianza se denominan campos gauge, ejemplo de los cuales es el campo gravitatorio como mostraremos a continuación.

Como ejemplo comenzaremos por analizar la caída libre en el vacío de un cuerpo de masa  $m$  inicialmente en reposo.

La expresión general de la lagrangiana para este caso es:

$$L = mv^2 / 2 - mgh \quad (1)$$

Para nuestro ejemplo, inicialmente:

$$L_1 = -mgh$$

Cuando en caída libre llegue a una altura  $h'$ :

$$L_2 = mv^2 / 2 - mgh'$$

donde poniendo  $v^2 = 2g(h - h')/2$

$$L_2 = -mgh$$

Con lo que  $L_2 = L_1$  lo cual nos dice que con la variación del grado de libertad  $h$  se ha mantenido invariante el lagrangiano, ha habido una invarianza gauge, el campo gravitatorio es un campo gauge.

En el ejemplo visto de caída libre en el vacío, el sistema presenta simetría de traslación, veamos como se rompe la simetría en el mismo sistema cuando el medio al ir el cuerpo por debajo de la altura  $h'$ , se ha vuelto viscoso por condensación debido por ejemplo, a descenso de temperatura en esa región, como veremos va a ocurrir al formarse el Campo de Higgs que es como un océano viscoso que llena todo el espacio, cuando la temperatura descienda hasta  $10^{15}$  K. Cuando en el ejemplo el medio es viscoso, la caída se hace lenta, se desacelera, pero la fuerza permanece igual cumpliéndose  $m=F/a$  con  $a < g$  por la viscosidad con lo que la masa aumenta su valor por inercia en esa región, viéndose que el campo viscoso le ha dado masa al cuerpo que cae. Y ésto, como veremos, es lo que le hace el Campo de Higgs a los bosones W y Z que intervienen junto con el fotón en la fuerza electrodébil. Con ese valor adquirido por la masa del cuerpo, en el ejemplo, ya  $L_2$  no será igual a  $L_1$ , se ha roto la simetría.

El lector debe haber interiorizado bien los adelantos que hemos presentado del evento Higgs en los epígrafes anteriores, para entender con facilidad el epígrafe siguiente en el que puntualizaremos dicho evento, con lo cual finalizaremos este acercamiento didáctico.

### **El Bosón de Higgs y su campo**

Como ya dijimos, el Bosón de Higgs es la partícula portadora del Campo de Higgs. Inmediatamente después de producirse el Big Bang, la temperatura fue enormemente alta, después comenzó a descender aunque manteniéndose al principio sumamente elevada. Antes de llegar a  $10^{28}K$ , existía la llamada actualmente Gran Unificación de Fuerzas de la Naturaleza (nuclear débil y nuclear fuerte) por no haber diferencia entre sus partículas portadoras, bosones W y Z para la débil (desintegración beta) y gluón para la fuerte (la que mantiene unidos a protones y neutrones). Había simetría. Al descender la temperatura hasta la antes citada de  $10^{28} K$ , disminuye la simetría por disminución de fluidez y ya no hay igualdad entre los portadores de la nuclear débil y el gluón, quedando las dos fuerzas desunidas a la vez que por disminución de la fluidez el gluón dota de masa por Inercia a protones y neutrones. Se presenta la simetría por igualdad de los portadores W, Z y el fotón propiciando la fuerza electrodébil mientras la temperatura se mantenga sobre  $10^{15} K$ . Al descender hasta esa temperatura, aparece el Campo de Higgs que es como un océano viscoso que permea todo el espacio con lo cual se desaceleran las partículas, y ese efecto propicia que el Campo de Higgs y su portador el Bosón de Higgs, por Inercia, **dote de masa** a los bosones W y Z no al fotón ocasionando la ruptura de simetría en la fuerza electrodébil desuniéndose la fuerza nuclear débil y el campo electromagnético, al ya no ser iguales los portadores correspondientes.

La realidad del proceso descrito y por tanto del Campo y Bosón de Higgs, previstos genialmente por Peter Higgs, pasó de ser una ponderosa hipótesis a constituir uno de los mas grandes éxitos científicos y sobre todo de la Física, al confirmarse la existencia del Bosón de Higgs como se anunció al mundo en el que desde ahora pasará a la Historia, 4 de Julio de 2012.

**Joaquín González Álvarez**  
[j.gonzalez.a@hotmail.com](mailto:j.gonzalez.a@hotmail.com)