Reto 7: Tributo al Bosón de Higgs en su X Aniversario

Objetivos:

Facilitar el acceso del público principiante a la visualización y manipulación de los datos reales que se trataron en la detección del bosón de Higgs mediante la transcripción de estos a formatos populares y de fácil obtención.

Posibilitar a nuestro público objetivo el entendimiento y aprendizaje de los procesos que se llevaron a cabo en la extracción de estos datos por el detector CMS y el proceso del análisis oficial de datos que publicó el Cern. Además de ayudar en la interpretación del producto final del análisis de datos.

Introducción:

La ciencia siempre ha buscado responder interrogantes de todo estilo, de las cuales hay una que reluce: ¿De qué se compone el mundo en que vivimos?.

Una de las respuestas propuestas es que somos dominados por 4 interacciones fundamentales; Estas interacciones o **campos** componen el escenario donde el Universo entero tiene lugar y permite interactuar entre sí a toda la materia que existe, pero ¿cómo puede darse esta interacción? Por la existencia de partículas mediadoras que transmiten las interacciones respectivas de sus campos y causan un efecto en la materia, que también son conocidas como **bosones**

Juntos estos bosones son según esta propuesta los bloques que permiten crear el Universo y dar lugar al medio por el cual todos los fenómenos que permiten a la materia tal como la conocemos ser, coexistir y relacionarse entre sí exista.

Aquí empiezan las definiciones algo técnicas.. Pero será sencillo de entender, lo prometo

Las 4 interacciones mencionadas que rigen la naturaleza y sus partículas mediadoras son:

| **Interacciones fundamentales:** | **Partículas mediadoras (Bosones):** | **Campo correspondiente:** |
| --- | --- | --- |
| Electromagnética | Fotones | Campo eletromagnético |
| Nuclear Fuerte | Gluones | Campo Fuerte |
| Nuclear débil | Bosones W y Z | Campo débil |
| Gravitacional | Gravitones (Solo teorizados) | Campo gravitacional |

Se ha comprobado la existencia de 2 tipos de bosones:

Los bosones de Gauge que comprenden a los cuatro bosones relacionados a las interacciones fundamentales

y uno que retomaremos más adelante de tipo Escalar…

Pero se crea una paradoja en los conocimientos previos respecto a la Fuerza Electrodébil, que como se puede intuir por el nombre es la unificación del electromagnetismo y la fuerza nuclear débil. Donde la simetría que existe entre sus bosones se rompe, puesto que uno no tiene masa (los fotones) y los otros sí la tienen (los bosones W y Z) creando así una problemática: No tiene sentido que dos bosones tan relacionados entre sí sean tan distintos y tampoco existía manera de explicar la masa que existe solo en unos bosones y otros no.

¿Por qué la simetría que existe entre las partículas con masa se rompe con los bosones que también poseen masa?  
¿Qué mecanismo es el que dota de masa a las partículas que la poseen?

Marco Teórico:

Bosón de Higgs. -

La respuesta más aceptada llegaría en 1964, año en el que el mecanismo de Higgs es planteado de manera teórica explicando cómo se puede dar la ruptura espontánea de simetría que se da en los bosones W y Z por efecto de su interacción con el campo de higgs que está presente en todo el cosmos.

Campo que debería estar compuesto de una partícula mediadora: el bosón de Higgs, partícula cuya existencia se comprobaría en el año de 2012 con sus ya teorizadas formas de ser detectado. Esto daría una prueba directa sobre la forma de agrupar las partículas fundamentales conocida como “Módelo Estándar” es una teoría consistente ya que lo predicho por su teoría se comprobó,consolidándose como la teoría más acertada que tenemos para describir las partículas fundamentales, sin mencionar que si existiese otro modelo el bosón de higgs es una pieza clave para entender el Universo en sí.

Detección De Higgs.-

El bosón de Higgs es una partícula difícil de detectar por su inestabilidad, se desintegra tan rápido que la única manera de probar su existencia es con aquellas partículas procedentes de su desintegración.

Estos canales de desintegración son 8, de los cuales cada uno presenta una contrariedad para su correcta detección ya sea por:

* su relación señal/ruido (qué significa qué tan claro es para el detector especificar el origen de una desintegración) es de mala calidad.
* Porque las partículas de alta masa se desintegran en quarks y gluones que llegan a convertirse en ruido para la data del experimento.

A excepción de dos casos que se dan un 0,01% y 0,2% de las veces que se desintegra el bosón de Higgs, hablaremos del primer caso que es el más improbable pero uno de los más eficaces por sus productos de 4 leptones (electrones y muones) que precisamente son las partículas que los detectores del colisionador de hadrones son más sensibles permitiendo tener una representación clara de que el bosón de Higgs se desintegra y no solo permite saber esto, permite saber su masa que hoy en día sabemos que es de 125 GeV,

[Dato de interés: esta unidad (Gigaelectronvoltios) es de energía, pero con una conversión usando la fórmula procedente de la relatividad especial de Einstein E=m\*c^2 se puede concluir que la energía es igual a la masa y así conocer la masa de esta partícula.]

Los resultados de este descubrimiento se encuentran actualmente en internet, pero pueden ser inaccesibles para el público en general. A continuación, se explicará por qué:

Root. -

Root es un marco de trabajo para el análisis y procesamiento de datos, creado en CERN, y usado en investigaciones científicas en todo el mundo. Algunas de sus capacidades son:

* Guardar datos como un archivo binario comprimido en formato .root. La forma en la que está estructurado permite el acceso rápido a grandes cantidades de datos.
* Publicar resultados con histogramas, gráficas de dispersión, etc., en formato PDF.
* Ser utilizable con lenguajes de programación como R o Python.
* Entre otros más.

Sin embargo, existe una curva de dificultad para el uso de Root que impide a estudiantes o entusiastas novatos de la ciencia acceder a los datos libres que brinda CERN. De igual manera, Root tiene un conjunto de usuarios objetivo muy específico, mientras que lenguajes como Python son mucho más flexibles y se utilizan en distintos contextos, por lo que incluso siendo alguien bien versado en la programación, puede significar una inversión temporal y energética considerable. Esta es una de las principales razones por las que se llevó a cabo este reto.

Pandas. -

Librería de Python encargada de analizar, ordenar, organizar y presentar datos de manera eficiente, fue creada por AQR Capital Management en 2008, y está constituida por DataFrames, con indexado y manejo de datos inexistentes integrado. Esta librería es de utilidad para todo tipo de giros, desde finanzas, pasando por academia, industria, etc.

Uno de los principales enfoques de Pandas, desde su concepción, fue la accesibilidad, por lo que está planeada para ser una herramienta intuitiva independientemente de a lo que se dedique el usuario. Esto lo hace la herramienta idónea para cumplir con uno de los objetivos del reto.

Uproot. -

Dada la integración de Root con Python, se han creado varios recursos en este lenguaje de programación que permiten la manipulación de archivos .root. Uno de ellos es uproot, que fue utilizado para resolver parte del reto.

Presentación de Solución:

Conversión de archivo Root a JSON. -

Se utilizaron las librerías uproot y JSON (esta última integrada a Python).

En primer lugar, se creó una clase de Python con un método que permita obtener las claves presentes en los documentos .root, y con otro que permita guardar un subconjunto de mediciones o filas (por default 10) del cuadro de datos extraído del documento, en formato JSON. Debido a que en Root se lleva a cabo un proceso de compresión de los datos, este archivo JSON podría ocupar un mayor espacio en disco y mayor potencial computacional si se quieren guardar todos los registros. Por tanto se usaron las herramientas de cómputo brindadas por los servicios de CEDIA.

Skimming. -

Para cumplir el segundo objetivo, se tuvo que llevar a cabo un proceso conocido como *Skimming.* Este proceso consiste en filtrar las columnas y filas para obtener los datos relevantes al fenómeno a estudiar. Para este reto, el script usado para hacer el *skimming* que permitirá obtener el histograma ya existe, pero en un lenguaje de programación distinto al usado, por lo que se tuvo que “traducir” para poder ser utilizable con los tipos de archivos manejados. Esto se logró usando la librería Pandas.

Creación de Histograma. -

Para el Histograma, se utilizó la librería Pandas para presentar los datos de masa de los cuatro leptones en un histograma.

Fuentes:

### [Moreira, M. A. (2009). El modelo estándar de la física de partículas. Revista Brasileña de Enseñanza de Física, 31(1), 1-16.](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/50638396/modeloestandar-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1651990434&Signature=UsMZXHC~TaaMIGXm4gQ6MHrjWr7eqr7xhhL~~PMFBQ~ko2h3~14g8Mk9dgKCKz-Y4jAcpDYXjx0Vrm9BxoQIl~MJdEHd3B9fwAf5Hku8wxyTsyPf-qFbnbCd1z6u9-D~L2IF9q0~dQyYzY1BucMysyTWl9nPybWtH-g8pwrjDGOSsEu8W4mNL983Dnq3Q1DERH1wPRq2k~oNejbEId~AJxl75VsRYYBNMAo6LNxnQa9Wrpc1zpYlQ3F47xSE2PQsdTHyOr7K6tnBbL7ztxh0lVs7x0Xk~tUEEUlLXm2wj0L6S5BlEOY~p2YuF7S2X5Ze~xG4Ch4Ky1xvlJ00e291kQ__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)

[Weinberg, S. (1967, 20 noviembre). A Model of Leptons. Physical Review Letters. https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.19.1264](https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.19.1264)

<https://root.cern/about/>

<https://pandas.pydata.org/about/index.html>