

# Producción del bosón de Higgs en asociación con un solo quark de tipo top en colisiones protón-protón con el experimento CMS del CERN

Departamento de Investigación en Física  
Maestría en Ciencias (Física)  
Hiram Ernesto Damián

Universidad de Sonora

11 de marzo de 2019



# Contenido

- 1 Objetivo
  - Objetivo general
- 2 Antecedentes
  - Modelo estándar
  - Descubrimiento del Higgs
- 3 Propuesta
- 4 Justificación
  - Objetivos específicos
- 5 Metodología
- 6 Metas
- 7 Resultados
- 8 Plan de Trabajo
- 9 Avances recientes
- 10 Infraestructura y recursos
- 11 Referencias

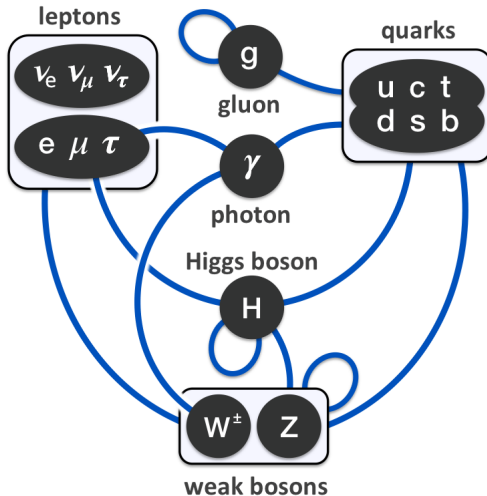


# Objetivo general

- Mediante este proyecto se investigará la producción del bosón de Higgs en asociación con un solo quark de tipo top (tH) en colisiones protón-protón con el experimento CMS del LHC. Este mecanismo de producción del bosón de Higgs no ha sido observado antes por ningún experimento.
- El entender la producción del bosón de Higgs, así como sus decaimientos son una parte importante del programa de física de los experimentos del laboratorio internacional CERN que intenta completar las pruebas para verificar el Modelo Estándar, la teoría de las partículas fundamentales.



# Modelo estándar



# Descubrimiento del Higgs

En 2012, las colaboraciones ATLAS y CMS anunciaron el descubrimiento de un nuevo bosón. Hasta ahora, todas las medidas de sus propiedades son consistentes con las del bosón de Higgs del modelo estándar (SM). Sin embargo, pequeñas desviaciones de las predicciones del SM podrían estar asociadas con física más allá del modelo estándar (BSM).

Las mediciones de alta precisión de las propiedades de este bosón son por tanto cruciales para responder a la pregunta de si la partícula encontrada es realmente consistente con la predicción del SM.



# Detector CMS

## CMS DETECTOR

Total weight : 14,000 tonnes  
Overall diameter : 15.0 m  
Overall length : 28.7 m  
Magnetic field : 3.8 T

STEEL RETURN YOKE  
12,500 tonnes

SILICON TRACKERS  
Pixel ( $100 \times 150 \mu\text{m}$ )  $\sim 16\text{m}^2$   $\sim 66\text{M}$  channels  
Microstrips ( $80 \times 180 \mu\text{m}$ )  $\sim 200\text{m}^2$   $\sim 9.6\text{M}$  channels

SUPERCONDUCTING SOLENOID  
Niobium titanium coil carrying  $\sim 18,000\text{A}$

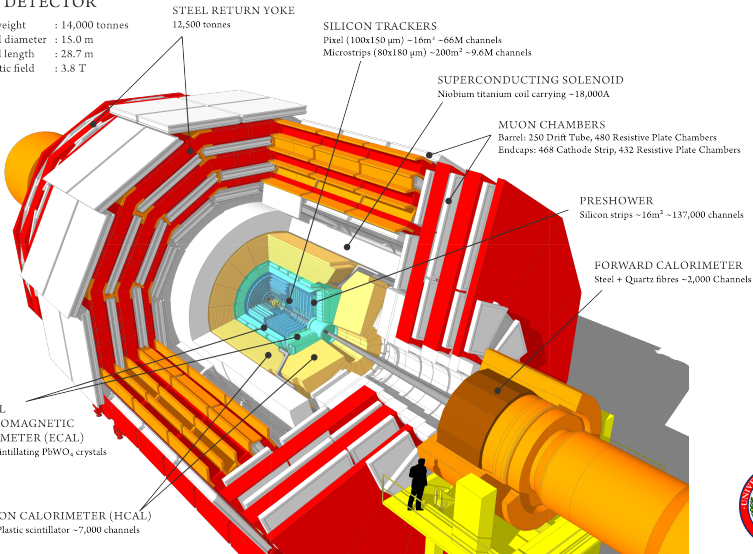
MUON CHAMBERS  
Barrel: 250 Drift Tube, 480 Resistive Plate Chambers  
Endcaps: 468 Cathode Strip, 432 Resistive Plate Chambers

PRESHOWER  
Silicon strips  $\sim 16\text{m}^2$   $\sim 137,000$  channels

FORWARD CALORIMETER  
Steel + Quartz fibres  $\sim 2,000$  Channels

CRYSTAL  
ELECTROMAGNETIC  
CALORIMETER (ECAL)  
 $\sim 76,000$  scintillating  $\text{PbWO}_4$  crystals

HADRON CALORIMETER (HCAL)  
Brass + Plastic scintillator  $\sim 7,000$  channels



# Mecanismo de producción

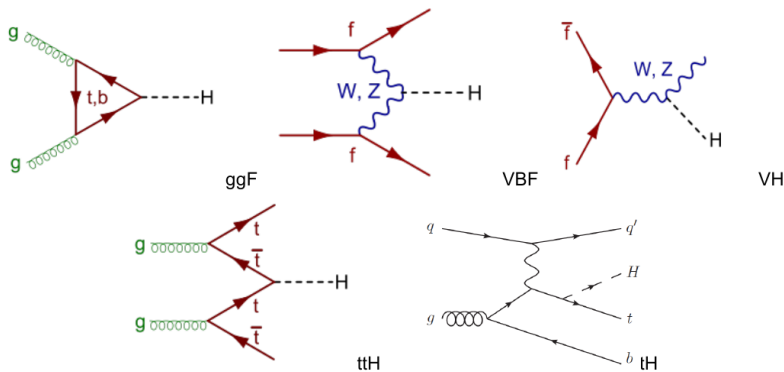


Figura: canales de producción del bosón de Higgs



# Mecanismo de producción

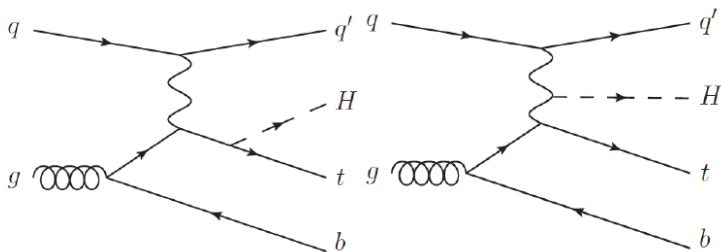
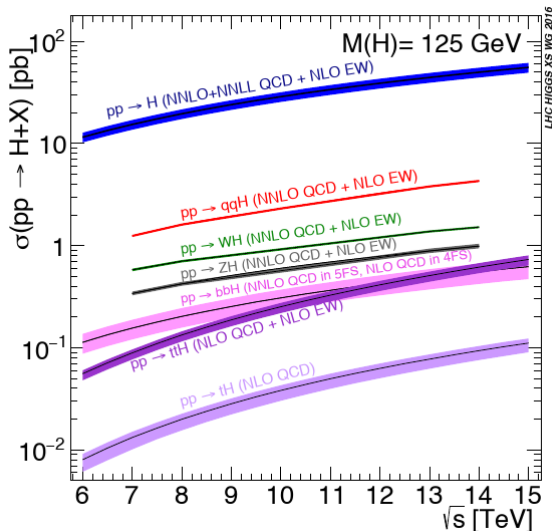


Figura: canales de producción  $\tau H$



# Canales de producción de Higgs



# Propuesta

En este proyecto se propone estudiar el bosón de Higgs en el proceso de producción de  $t\bar{t}H$  con el experimento CMS del CERN. Para estos estudios se usarán los datos de la segunda etapa de toma de datos 2 (2015-2018) del LHC y se espera también publicar proyecciones para la fase de alta luminosidad del LHC (HL-LHC) que empezara en el 2026.

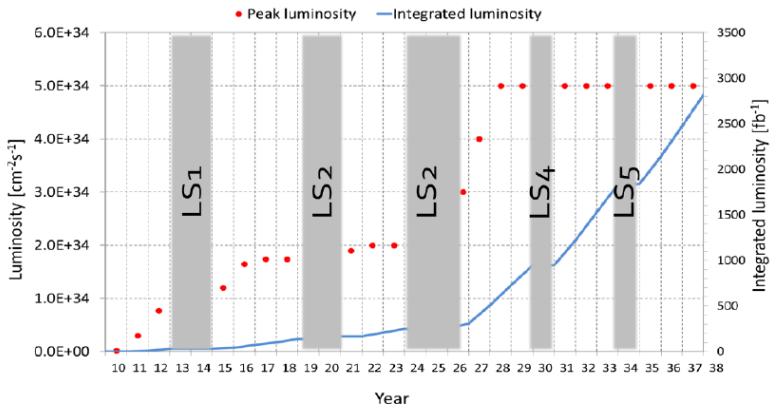


# Justificación

- Observación de proceso  $tH$  no antes visto.
- El acoplamiento  $t-H$  (Yukawa top) se puede medir en el proceso de producción  $ttH$  pero ese proceso no define el signo, observación de  $tH$  define el signo.



# Justificación



**Figura:** Rendimiento proyectado del LHC hasta 2038, que muestra las fechas preliminares para paradas prolongadas (LS) del LHC y luminosidades. Los puntos muestran la luminosidad instantánea mientras que la línea muestra la luminosidad acumulada.



## Objetivos específicos

Algunos de los objetivos en este proyecto incluyen:

- verificar que la simulación de los eventos de señal sea adecuada,
- estudiar cual canal de decaimiento del bosón de Higgs es el mas óptimo, hasta el momento se incluyen los canales ZZ, WW, par de leptones tau, y par de quarks b,
- estudiar aspectos en la reconstrucción que pueden mejorar la eficiencia, por ejemplo, las distribuciones de las partículas en el estado final del quark top,
- estudiar los ajustes para la extracción de la fuerza de la señal y su incertidumbre.



# Metodología

Los aspectos de la simulación de la producción de la señal se estudian a base de generadores como MadGraph y Pythia que simulan las interacciones de los quarks y gluones tomando en cuenta las distribuciones de probabilidad de cada tipo de partícula. Estos son paquetes de software que se controlan con archivos de configuración que definen varios aspectos como son los canales de decaimiento, la energía en el centro de masa y afinamientos en el desarrollo de los jets que se generan por la interacción Fuerte de los quarks.



# Metodología

## Actualización de datos

Incorporar nuevos datos a un análisis requiere de algunos cuidados ya que la calibración de los detectores y la reconstrucción de las partículas suele cambiar para cada periodo. Es necesario entender cualquier cambio en la eficiencia de reconstrucción. Esto generalmente se hace haciendo comparaciones de las diferentes distribuciones cinemáticas con periodos anteriores.



# Metas

- Encontrar los canales de decaimiento del Higgs óptimos para búsqueda de  $t\bar{t}H$ .
- Estudiar mejoras en la reconstrucción de los eventos y mejoras que puedan ayudar a discernir  $t\bar{t}H$  y  $t\bar{t}H$ .
- Incorporar los nuevos datos de CMS del 2017 y 2018 que mejoraran la sensibilidad.
- Mejorar los ajustes a los datos incluyendo nuevos datos y actualizando las incertidumbres sistemáticas.
- Estudiar la evolución de la sensibilidad a la señal de  $t\bar{t}H$  en función de la luminosidad acumulada en las diferentes fases del LHC.





## Resultados esperados

- Generar los eventos de señal en al menos uno de los canales de decaimiento del Higgs.
- Mejorar la eficiencia de reconstrucción de la señal.
- Calcular los limites en la sección eficaz incorporando los nuevos datos de CMS del 2017 y 2018.
- Calcular proyecciones de la sensibilidad a la señal para las siguientes fases del LHC.



# Habilidades que se desarrollarán

- Aprender la física de las partículas fundamentales.
- Aprender a programar en lenguajes como c++, Python y la paquetería ROOT.
- Técnicas de análisis de datos como encontrar correlaciones.
- Utilizar cómputo de alto rendimiento.
- Hablar en público y en el idioma inglés.



# Calendario de actividades

## Verano 2018

- Estudiar el modelo estándar, especialmente lo relacionado con el bosón de Higgs
- Aprender el lenguaje de programación ROOT que es basado en c++.
- Aprender los conceptos básicos del análisis de datos en ROOT y paquetes de software para generar eventos de señal.



# Calendario de actividades

## Semestre 2018-2

- Tomar curso optativo de análisis de datos.
- Estudiar técnicas de reconstrucción de eventos en CMS.
- Estudiar ajustes a los datos actuales y proyecciones para las diferentes fases del LHC.

## Semestre 2019-1

- Tomar segundo curso optativo de física de partículas
- Terminar ajustes a los datos incluyendo datos del 2017 y 2018
- Escribir tesis
- Participación en congreso

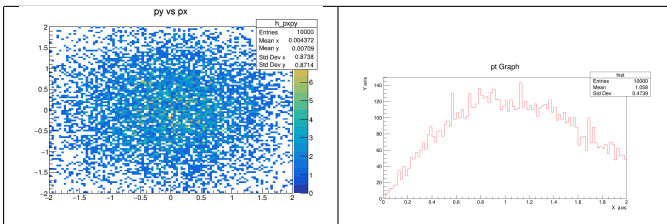


## Avances recientes

En el transcurso del mes, hemos realizado prácticas de programación con ROOT, con el fin de familiarizarme con el ambiente. Se ha trabajado con simulaciones de producción de Higgs y generadores de eventos con pythia.



# Avances recientes







**Figura:** Visualización de eventos simulados con ROOT.  
Gráficas de momentos

## Infraestructura y recursos

- Acceso al clúster de computo ACARUS de la Unison y también remotamente a los centros de computo de los laboratorios Fermilab y CERN.
- El director de este proyecto está actualmente aplicando a convocatorias de CONACYT para conseguir fondos para movilidad.
- Se colabora con grupos de investigación en los laboratorios Fermilab y CERN lo cual permite hacer estancias en estos centros de investigación.
- Posibilidad de presentar un trabajo en congresos nacionales o internacionales.
- Beca CONACYT.



# Referencias

-  Measurements of the Higgs boson production and decay rates and constraints on its couplings from a combined ATLAS and CMS analysis of the LHC pp collision data at  $\sqrt{s} = 7$  and 8 TeV", J. High Energy Phys. 08 (2016) 045.
-  The ATLAS Collaboration, Search for produced in association with top quarks and constraints on the Yukawa coupling between the top quark and the Higgs boson using data taken at 7 TeV and 8 TeV with the ATLAS detector ", Physics Letters B 740 (2015) 222-242
-  The CMS collaboration, Search for production of a Higgs boson and a single top quark in multilepton final states in proton collisions at 13 TeV", CMS-PAS-HIG-17- 005
-  The CMS collaboration, Search for  $H \rightarrow b\bar{b}$  in association with a single top quark as a test of Higgs boson couplings at  $\sqrt{s} = 13$  TeV", CMS-PAS-HIG-16-019





GRACIAS

