

DÍA 2:

SIMULACIÓN MONTE CARLO (MADGRAPH) DE LA SEÑAL Y
EL RUIDO DE FONDO (BACKGROUND) PARA CREAR BASES
DE DATOS Y REALIZAR ANÁLISIS CINEMÁTICOS

Dr. Tomás Antonio Valencia Pérez

12 de noviembre de 2025

1 ¿QUÉ ES MADGRAPH?

2 PRIMEROS PASOS

3 ACTIVIDAD

4 IDEAS FINALES

¿QUÉ ES MADGRAPH?

Características

- MadGraph es un generador de eventos Monte Carlo para estudios de colisionadores que, de forma automática, calcula secciones eficaces y anchos de decaimiento (a nivel árbol y también a NLO en QCD).
- *Automatic generation of tree level helicity amplitudes.* Publicado por primera vez en 1994 por T. Stelzer y W.F. Long.
[https://doi.org/10.1016/0010-4655\(94\)90084-1](https://doi.org/10.1016/0010-4655(94)90084-1)
- Antes de la era del LHC, esta herramienta se utilizaba para obtener predicciones futuras en modelos de nueva física.
- Actualmente, también se pueden volver a analizar los resultados de las búsquedas publicadas por las colaboraciones del LHC e interpretar estos análisis en modelos específicos.

Notas

■ Autores:

■ The MadTeam, formado por Johan Alwall, Pierre Artoisenet, Celine Degrande, Rikkert Frederix, Stefano Frixione, Benjamin Fuks, Valentin Hirschi, Fabio Maltoni, Olivier Mattelaer, Davide Pagani, Hua-Sheng Shao, Tim Stelzer, Paolo Torrielli y Marco Zaro.

■ Lenguaje de programación:

- Python
- Fortran
- C++

■ Sitio web:

- <http://madgraph.phys.ucl.ac.be/>

Configuración e instalación de herramientas adicionales

Primero, veamos cómo ajustar opciones básicas en MadGraph.

- En el directorio de MadGraph
`/home/usuario/HEPtools/MG5_aMC_v2_9_26/input` se encuentra el archivo `mg5_configuration.txt`.
- Este archivo define la configuración de MadGraph: editor por defecto, navegador web y tiempo de espera para preguntas interactivas.
- Por defecto: Vi, Firefox y 60 s.

Configuración e instalación de herramientas adicionales

- Como este es un primer acercamiento a MadGraph, aplicaremos algunos ajustes básicos para facilitar su uso.
- Ajustaremos:
 - **Editor predeterminado:** vi → nano
 - **Tiempo de espera interactivo:** 60 s → 6000 s
 - **Navegador (opcional):** Firefox → Vivaldi

Configuración e instalación de herramientas adicionales

- Abramos `mg5_configuration.txt` y apliquemos estos cambios:
 - 1 Descomente la línea 45 y cambie `text_editor = None` → `text_editor = nano`.
 - 2 Descomente la línea 57 y cambie `timeout = 60` → `timeout = 6000`
 - 3 Descomente la línea 49 y cambie `web_browser = None` → `web_browser = Vivaldi` (Opcional).
 - 4 ¡No olvides guardar los cambios!
- Con estos ajustes, ya estamos listos para iniciar con MadGraph.

PRIMEROS PASOS

Lanzar MadGraph: ruta y comando

- 1 Abra una terminal y navegue a la carpeta de instalación de MadGraph.

```
$ cd /home/usuario/HEPtools/MG5_aMC_v2_9_25
```

- 2 En la terminal ejecute la instrucción:

```
$ mg5
```

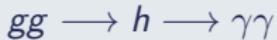
Verá el prompt de trabajo:

MG5_aMC>

Con esta instrucción, MadGraph se inicia con el Modelo Estándar (SM) cargado por defecto.

Producción del bosón de Higgs por fusión de gluones

- 3 Generaremos la producción del bosón de Higgs por fusión de gluones y su decaimiento a dos fotones:



En MadGraph: g = gluón, h = Higgs, a = fotón.

- 4 Para generar dicho proceso, introduzca lo siguiente en el área de trabajo de Madgraph:

Producción del bosón de Higgs por fusión de gluones

- 5 **import model heft** → Carga el modelo heft (Higgs effective field theory); habilita el decaimiento $h \rightarrow \gamma\gamma$.
- 6 **add model hgg_plugin** → Añade el plugin que activa la producción del Higgs vía fusión de gluones.
- 7 **generate g g > h , (h > a a)** →
 - generate: instruye a MG5 a construir las amplitudes del proceso.
 - g g: estado inicial con dos gluones.
 - > : “produce”.
 - h: partícula intermedia, el bosón de Higgs.
 - , : activa la sintaxis de decaimientos encadenados.
 - (h > a a): el Higgs decae en dos fotones ($h \rightarrow \gamma\gamma$).

Producción del bosón de Higgs por fusión de gluones

8 `output gg-h-gamma_gamma_SM` →

- Exporta el proceso actual a un directorio llamado `gg-h-gamma_gamma_SM`.
- Crea estructura estándar: `Cards/` (configuración), `SubProcesses/` (códigos), `bin/` (scripts), `Events/` (salidas).
- Desde esa carpeta se configuran los parámetros del estudio (energía en el centro de masa \sqrt{s} , funciones de distribución partónicas -PDFs-, parámetros del modelo, número de eventos); luego se lanza la simulación.
- Si el directorio ya existe, MadGraph preguntará si desea sobrescribir.

Producción del bosón de Higgs por fusión de gluones

- 9 **launch gg-h-gamma_gamma_SM** → Al ejecutar esta instrucción, MadGraph inicia los cálculos del proceso.
 - Entra al directorio exportado gg-h-gamma_gamma_SM.
 - Carga las *cards* (*run_card.dat*, *param_card.dat*, etc.).
 - Inicia una sesión interactiva para ajustar \sqrt{s} (*ebeam1,2*), PDFs, cortes, *nevents*, y otras opciones.
 - Ejecuta la integración (VEGAS) y determina parámetros internos.
 - Genera los eventos y, si se configuró, corre parton shower (por ejemplo Pythia8) y/o MadSpin.
 - Guarda los resultados en *Events/run_XX/* (LHE, logs, reportes).

Producción del bosón de Higgs por fusión de gluones

- 10 Se mostrarán las siguientes opciones en la terminal:

```
The following switches determine which programs are run:
/===== Description ======|===== values ======|===== other options =====\
| 1. Choose the shower/hadronization program | shower = OFF | Pythia8 | | |
| 2. Choose the detector simulation program | detector = OFF | Delphes |
| 3. Choose an analysis package (plot/convert) | analysis = Not Avail. | Please install module |
| 4. Decay onshell particles | madspin = OFF | ON|onshell|full |
| 5. Add weights to events for new hypp. | reweight = OFF | ON |
\=====
```

- 11 Seleccione primero la opción (1) y luego la (2).

- (1) **Shower/Hadronización (Pythia8):** convierte los *eventos partónicos* (LHE) en *partículas hadrónicas* añadiendo radiación y hadronización.
- (2) **Simulación de detector (Delphes):** convierte esas partículas en *objetos reconstruidos* del detector (jets, fotones, muones) listos para análisis.

Producción del bosón de Higgs por fusión de gluones

12 Despues esas elecciones, nos deberá aparecer algo así:

```
The following switches determine which programs are run:  
===== Description ======|===== values ======|===== other options ======|  
| 1. Choose the shower/hadronization program | shower = Pythia8 | OFF | | |
| 2. Choose the detector simulation program | detector = Delphes | OFF |  
| 3. Choose an analysis package (plot/convert) | analysis = Not Avail. | Please install module |  
| 4. Decay onshell particles | madspin = OFF | ON|onshell|full |  
| 5. Add weights to events for new hyp. | reweight = OFF | ON |  
=====|
```

13 A continuación será desplegado las siguientes opciones:

```
Do you want to edit a card (press enter to bypass editing)?  
-----|  
| 1. param : param_card.dat |  
| 2. run : run_card.dat |  
| 3. pythia8 : pythia8_card.dat |  
| 4. delphes : delphes_card.dat |  
-----|
```

14 En este caso solo modificaremos run_card.dat. Elija la opción (2).

Producción del bosón de Higgs por fusión de gluones

- 15 Cambiaremos en la línea 26 el número de eventos de 10000 a 5000:

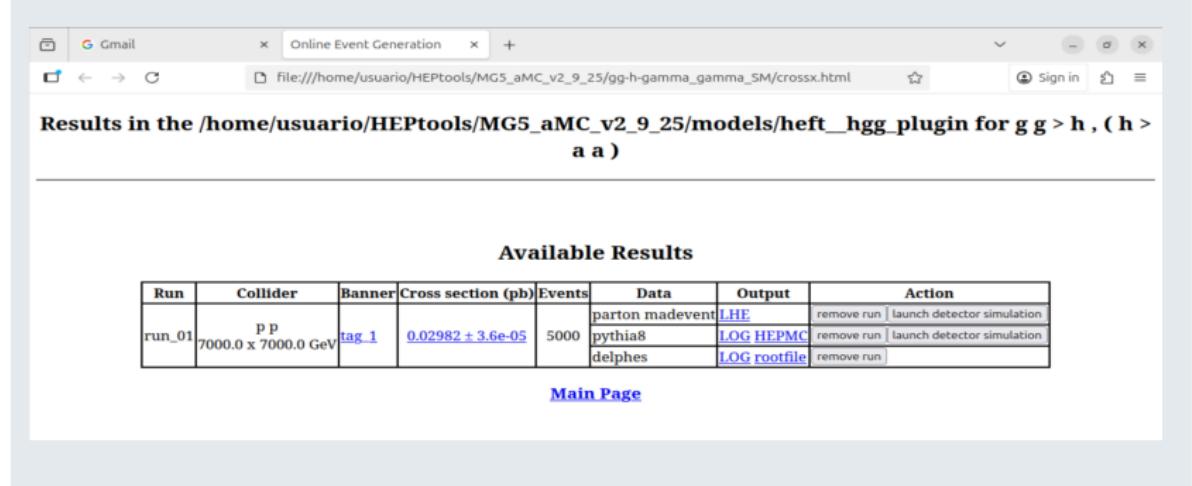
```
*****  
# Number of events and rnd seed *  
# Warning: Do not generate more than 1M events in a single run *  
*****  
5000 = nevents ! Number of unweighted events requested  
0 = iseed ! rnd seed (0=assigned automatically<default>)  
*****
```

- 16 también las líneas 35 y 36 de 6500 a 7000:

```
*****  
# Collider type and energy *  
# lpp: 0=No PDF, 1=proton, -1=antiproton, 2=photon from proton, *  
# 3=photon from electron, 4=photon from muon *  
*****  
1 = lpp1 ! beam 1 type  
1 = lpp2 ! beam 2 type  
7000.0 = ebeam1 ! beam 1 total energy in GeV  
7000.0 = ebeam2 ! beam 2 total energy in GeV
```

- 17 Al terminar de realizar los cálculos, se abrirá el navegador Firefox que mostrará los resultados obtenidos.

Producción del bosón de Higgs por fusión de gluones



The screenshot shows a web browser window with the title "Producción del bosón de Higgs por fusión de gluones". The address bar shows the URL: "file:///home/usuario/HEPtools/MG5_aMC_v2_9_25/gg-h-gamma_gamma_SM/crossxx.html". The main content of the page is a table titled "Available Results" showing the details of a simulation run.

Results in the /home/usuario/HEPtools/MG5_aMC_v2_9_25/models/heft_hgg_plugin for g g > h , (h > a a)

Available Results

Run	Collider	Banner	Cross section (pb)	Events	Data	Output	Action
run_01	p p 7000.0 x 7000.0 GeV	tag_1	0.02982 ± 3.6e-05	5000	parton madevent LHE	LOG HEPMC	remove run launch detector simulation
					pythia8	LOG rootfile	remove run launch detector simulation
					delphes	LOG rootfile	remove run

[Main Page](#)

ACTIVIDAD

Actividad

Ahora les toca a los **asistentes** generar en MadGraph el proceso $p + p \rightarrow a + / + h$ siguiendo los pasos vistos.

- El modificador $/ + h$ excluye la contribución del bosón de Higgs. Guarde el directorio como `pp-gamma_gamma_SM`.

¿Qué es *Signal* y qué es *Background* (BGD)?

- **Signal:** el proceso físico que queremos estudiar o descubrir.
 - En nuestro caso: $gg \rightarrow h \rightarrow \gamma\gamma$ (generate g g > h , (h > a a)).
- **BGD:** procesos distintos a la señal que producen firmas experimentales iguales o muy parecidas.
 - **Irreducible:** mismo estado final que la señal. Ej.: $pp \rightarrow \gamma\gamma$ sin Higgs (p p > a a / h).
 - **Reducible:** imitan la firma por mala identificación u otros efectos. Ej.: $\gamma j, jj$ con jets mal identificados como fotones.

Actividad

- Cuando hayan terminado de generar ambos procesos, diríjanse al directorio **Delphes**.

`/home/usuario/HEPtools/MG5_aMC_v2_9_26/Delphes`

- Abra una terminal en ese directorio y escriba:

```
$ ./DelphesHepMC cards/delphes_card_ATLAS.tcl SIGNAL.root  
/home/usuario/HEPtools/MG5_aMC_v2_9_25/gg-h-gamma_gamma_SM/Events/run_01/tag_1_pythia8_events.hepmc  
$ ./root2lhco SIGNAL.root SIGNAL.lhco
```

DelphesHepMC = simula el detector y genera el ROOT de Delphes.

root2lhco = convierte ese ROOT a LHCO; no simula nada, solo cambia el formato.

Nota: Descomprima primero el archivo tag_1_pythia8_events.hepmc.gz

- Ahora repita los pasos para BGD.

Finalidad

- Las instrucciones anteriores crearán los archivos SIGNAL.root y BGD.root. Éstos nos servirán para hacer la simulación a nivel detector (cards/delphes_card_ATLAS.tcl) partiendo de los eventos generados en Madgraph.
- Con los archivos .root y .lhco el siguiente paso es analizar Signal vs BGD.

IDEAS FINALES

Estrategias para trabajar de forma eficiente con MadGraph

■ Uso de scripts:

```
% Signal_gg-h-gamma_gamma_SM.txt
import model heft
add model hgg_plugin
generate g g > h , ( h > a a )
output gg-h-gamma_gamma_SM_script
launch gg-h-gamma_gamma_SM_script
shower = Pythia8
detector = delphes
set nevents 5000
set ebeam1 7000
set ebeam2 7000
done
$ mg5 Signal_gg-h-gamma_gamma_SM.txt >
Signal_gg-h-gamma_gamma_SM.log 2>&1
```

Tarea

- Realizar el script para el BGD.
- Pueden enviarlo a tvalencia@fisica.unam.mx

Referencias

- T. Stelzer, W.F. Long, Automatic generation of tree level helicity amplitudes, Computer Physics Communications, Volume 81, Issue 3, 1994, Pages 357-371, ISSN 0010-4655,
[https://doi.org/10.1016/0010-4655\(94\)90084-1](https://doi.org/10.1016/0010-4655(94)90084-1).
- <http://madgraph.phys.ucl.ac.be>
- J. Alwall (Taiwan, Natl. Taiwan U.), R. Frederix (CERN), S. Frixione (CERN), V. Hirschi (SLAC), F. Maltoni (Louvain U., CP3) et al, The automated computation of tree-level and next-to-leading order differential cross sections, and their matching to parton shower simulations, JHEP 07 (2014), 079, DOI: 10.1007/JHEP07(2014)079.

GRACIAS