

# Primer análisis de física del quark top utilizando el ATLAS OPEN DATA a $\sqrt{s} = 13 \text{ TeV}$ y $L_{\text{int}} = 3,2 \text{ fb}^{-1}$ (2015)

IFIC's Severo Ochoa Summer Student School: 9-20 July 2018

Álvaro Ruiz García <sup>1</sup>  
Carles Falcó i Gandia<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Valencia

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Barcelona

Tutor: Susana Cabrera, en coordinación con el grupo ATLAS-OUTREACH (Meirin Oan Evans y Arturos Sánchez Pineda)

19 de julio de 2018

# Contenido

- 1 Estudio de la producción de un sólo top (single-top) en el canal t
  - Estudio a nivel de generador
  - Estudio de reconstrucción de la masa
  - Estudio de selección de señal single-top canal t y rechazo de fondos.
- 2 Estudio de la producción de un par top-antitop ( $t\bar{t}$ )
  - Estudio de reconstrucción de la masa y selección de señal
- 3 Conclusiones

# Estudio a nivel de generador

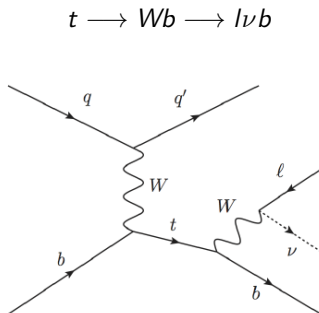
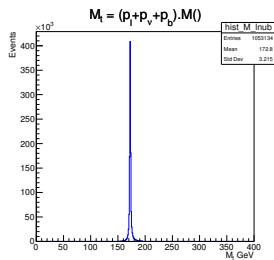
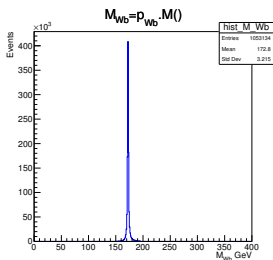
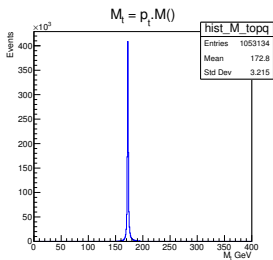
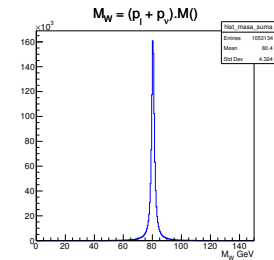
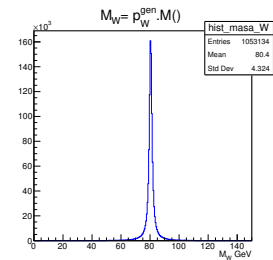


Figura 1: Diagrama de Feynman proceso  $t$ -channel

$$p^W = p^l + p^\nu \quad p^t = p^W + p^b = p^l + p^\nu + p^b$$



# Estudio de reconstrucción de la masa.

## Determinación del momento longitudinal del neutrino

The ATLAS collaboration, Aaboud, M., Aad, G. et al. J. High Energ. Phys. (2017) 2017: 17

$$(p^W)^2 = (p^l + p^\nu)^2$$

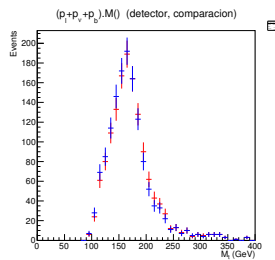
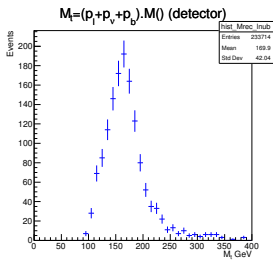
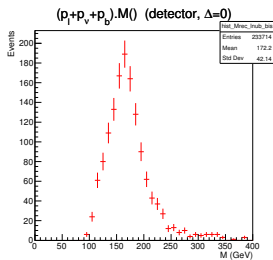
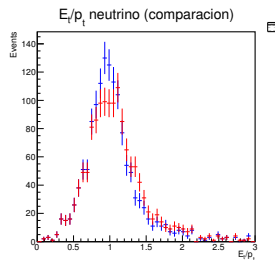
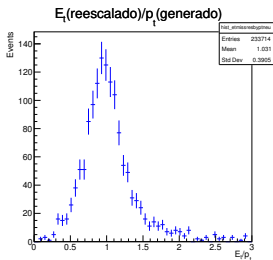
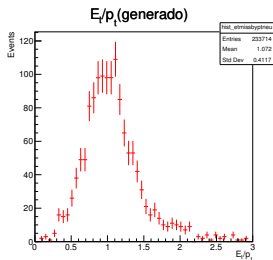
$$(E_T^{\text{miss}})^2 = (p_T^\nu)^2 + (p_z^\nu)^2 \quad E^\nu = \sqrt{(E_T^{\text{miss}})^2 + (p_z^\nu)^2}$$

$$a(p_z^\nu)^2 + bp_z^\nu + c = 0 \rightarrow \begin{cases} a = (E^l)^2 - (p_z^l)^2 \\ b = p_z^l (-m_W^2 + m_l^2 - 2(p_x^l p_x^\nu + p_y^l p_y^\nu)) \\ c = (E^l)^2 (E_T^{\text{miss}})^2 - \frac{1}{4} (m_W^2 - m_l^2 + 2(p_x^l p_x^\nu + p_y^l p_y^\nu))^2 \end{cases}$$

$$\Delta = (E_l)^2 \left[ (m_W^2 - m_l^2 + 2(p_x^l p_x^\nu + p_y^l p_y^\nu))^2 + 4(E_T^{\text{miss}})^2 (-(E^l)^2 + (p_z^l)^2) \right]$$

•  $\Delta > 0$  ( $\approx 70\%$ )  $\rightarrow$  Solución con menor  $p_z$

•  $\Delta < 0$  ( $\approx 30\%$ )  $\rightarrow$   $\begin{cases} \circ \Delta = 0 \\ \circ \text{ Se calcula } E_T^{\text{miss}} \text{ tal que } \Delta = 0. \\ E_T^{\text{miss}} = E_T^{\text{miss}'} + \delta \text{ tal que } \Delta > 0 \end{cases}$



# Estudio de selección de señal single-top canal t y rechazo de fondos

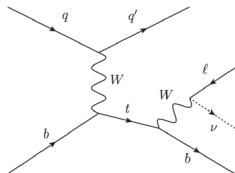
## Cortes previos (preselección):

- Trigger de leptones y criterios de calidad del evento
- 1 leptón cargado ( $e$  o  $\mu$ ) y aislado
- $E_T^{\text{miss}} > 30$  GeV y  $M_T^W > 50$  GeV (reducir QCD)
- 2 jets y 1 b-jet ( $m_{2c10} > 0.7892$ )

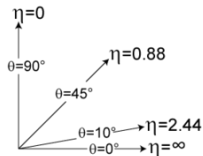
## Cortes de selección:

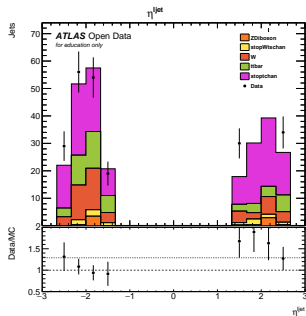
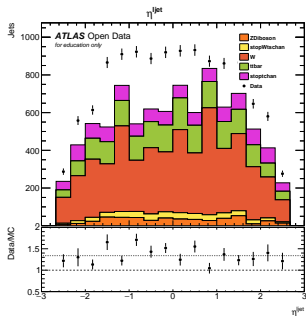
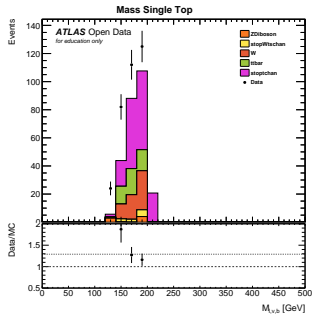
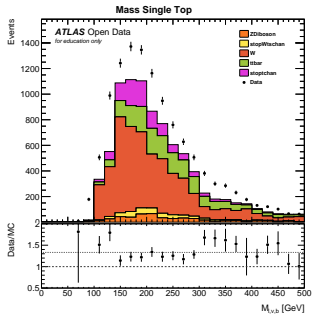
The ATLAS collaboration, Aaboud, M., Aad, G. et al. J. High Energ. Phys. (2017) 2017: 124

- Pseudorapidity del light jet  $|\eta| > 1,5$
- $|\eta_l - \eta_b| > 1,5$
- $H_t = p_t' + p_t^{\text{light jet}} + p_t^{\text{b-jet}} + E_T^{\text{miss}} > 195$  GeV
- $150 \text{ GeV} < M_{\text{top}} < 220$  GeV

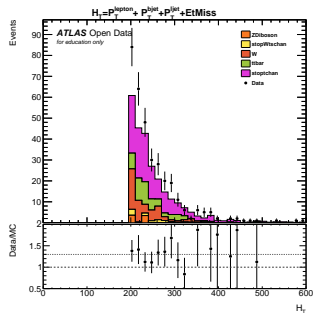
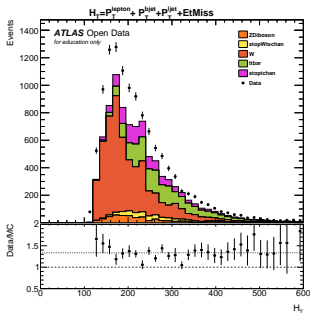
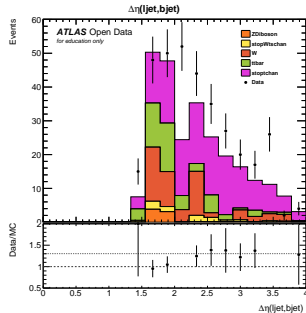
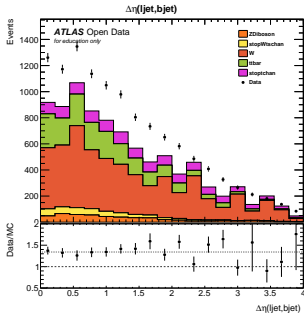


$$\eta = -\ln \left[ \tan \left( \frac{\theta}{2} \right) \right]$$

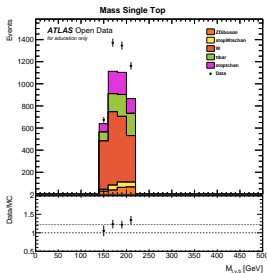




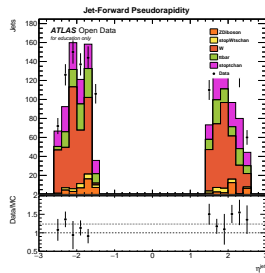




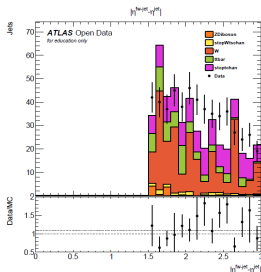
$N_{\text{evt}} (\sqrt{s} = 13 \text{ TeV}, L_{\text{int}} = 3,2 \text{ fb}^{-1})$		
Proceso	Preselección	Después de los cortes
t-channel ( $S$ )	$1147 \pm 13$	$153 \pm 5$
$t\bar{t}$	$1853 \pm 41$	$64 \pm 7$
$W$ + jets	$5034 \pm 230$	$80 \pm 16$
ZDiboson ( $Z$ +jets, $ZZ$ , $ZW$ , $WW$ )	$478 \pm 34$	$4 \pm 4$
stopWtchan ( $Wt$ ,s-channel)	$395 \pm 5$	$13 \pm 1$
Fondo total ( $B$ )	7760	160
Datos reales	11928	396
$\sigma = \frac{S}{\sqrt{S+B}}$	12.16	8.66
$S/B$	0.15	0.96



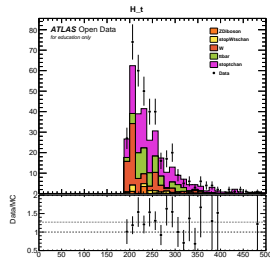
$$S/B = 0,20 \quad \sigma = 10$$



$$S/B = 0,31 \quad \sigma = 8$$



$$S/B = 0,55 \quad \sigma = 8$$

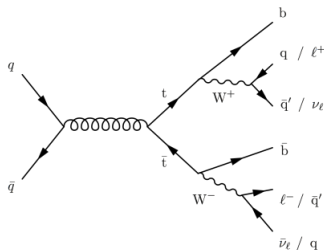


$$S/B = 0,96 \quad \sigma = 8,66$$

# Estudio de reconstrucción de la masa y selección de señal

## Cortes previos (preselección):

- Procesos con al menos 4 jets: 2 procedentes de uno de los  $W$  y 2 b-jets
- Un leptón cargado ( $e$  o  $\mu$ ) y aislado. Procedente del  $W$
- $E_T^{\text{miss}} > 30$  GeV vinculada a los neutrinos

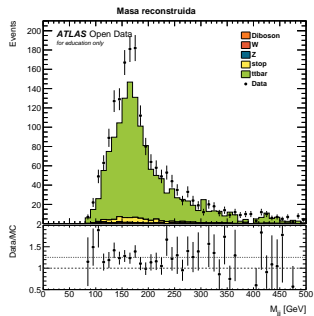
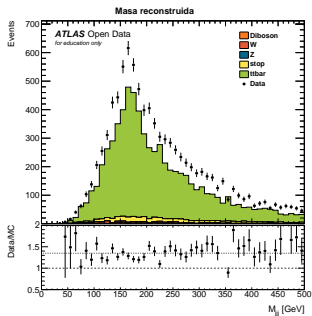
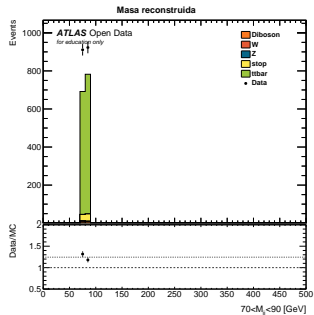
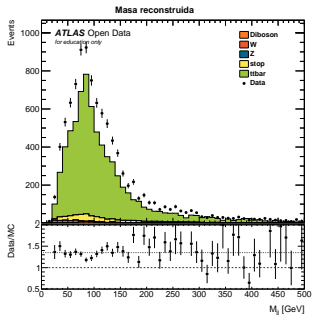


Buscamos 3 jets que maximicen  $(\sum_{i=1}^3 p_i) \cdot Pt() \rightarrow M_{\text{top}}$

Entre los anteriores se buscan 2 jets que maximicen  $(\sum_{i=1}^2 p_i) \cdot Pt() \rightarrow M_W$

## Corte de selección:

- $70 \text{ GeV} < M_{\text{rec}}^W < 90 \text{ GeV}$



# Conclusiones

- Se ha contribuido a la validación y puesta a punto del nuevo ATLAS Open Data a  $\sqrt{s} = 13$  TeV con análisis de física del top.
- Producción de un solo top en el canal t:
  - Análisis de generador.
  - Ejercicio de reconstrucción de la masa y determinación del  $p_z$  del neutrino.
  - Selección de una muestra enriquecida en señal basada en cortes secuenciales (cuantificación del cociente  $S/B$  i de  $\sigma$ ).
- Producción  $t\bar{t}$ :
  - Se ha realizado un análisis de la selección y un estudio de la reconstrucción de la masa.
- Se ha contribuido de las infraestructuras de análisis tanto en C++ como en Python del nuevo ATLAS Open Data.
- Desde el punto de vista de la física del top tanto las muestras simuladas como de datos reales y la infraestructura de análisis parecen adecuadas para estudiantes.

# Agradecimientos

- Agradecemos al IFIC la oportunidad de participar en esta escuela de verano, al grupo ATLAS por su acogida, a todos los tutores y especialmente a Susana Cabrera.
- Agradecemos al grupo de la colaboración ATLAS por permitirnos utilizar las muestras y la infraestructura de análisis del nuevo ATLAS Open Data a  $\sqrt{s} = 13$  TeV.