

# El detector ATLAS

Fernando Monticelli

21 de abril, 2017

ATLAS MasterClass - UNLP

## 1 El detector ATLAS

- El LHC
- Descripción
- ¿Cómo se ven las partículas en ATLAS?

## 2 Descubriendo partículas en ATLAS

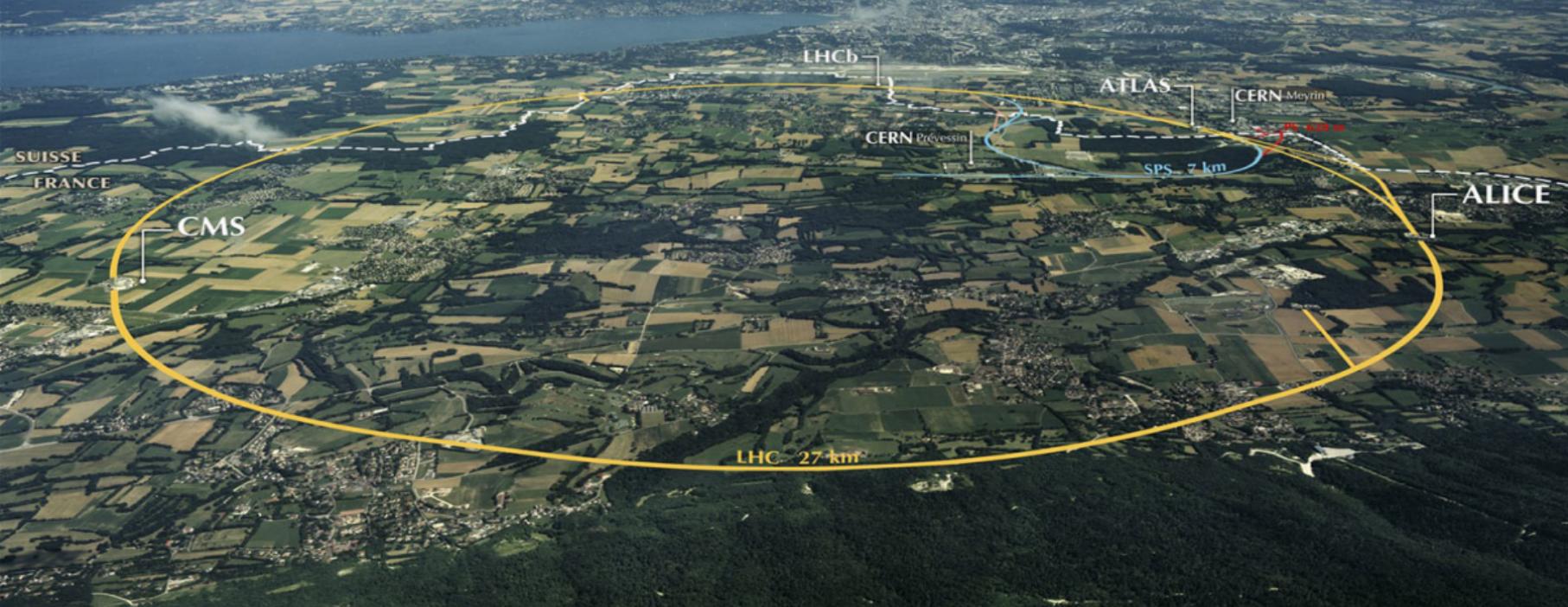
- Identificar la partícula madre
- Análisis

## 3 Tutorial

# Large Hadron Collider

3

- Acelerador de protones
- 27 km de circunferencia 100m bajo tierra

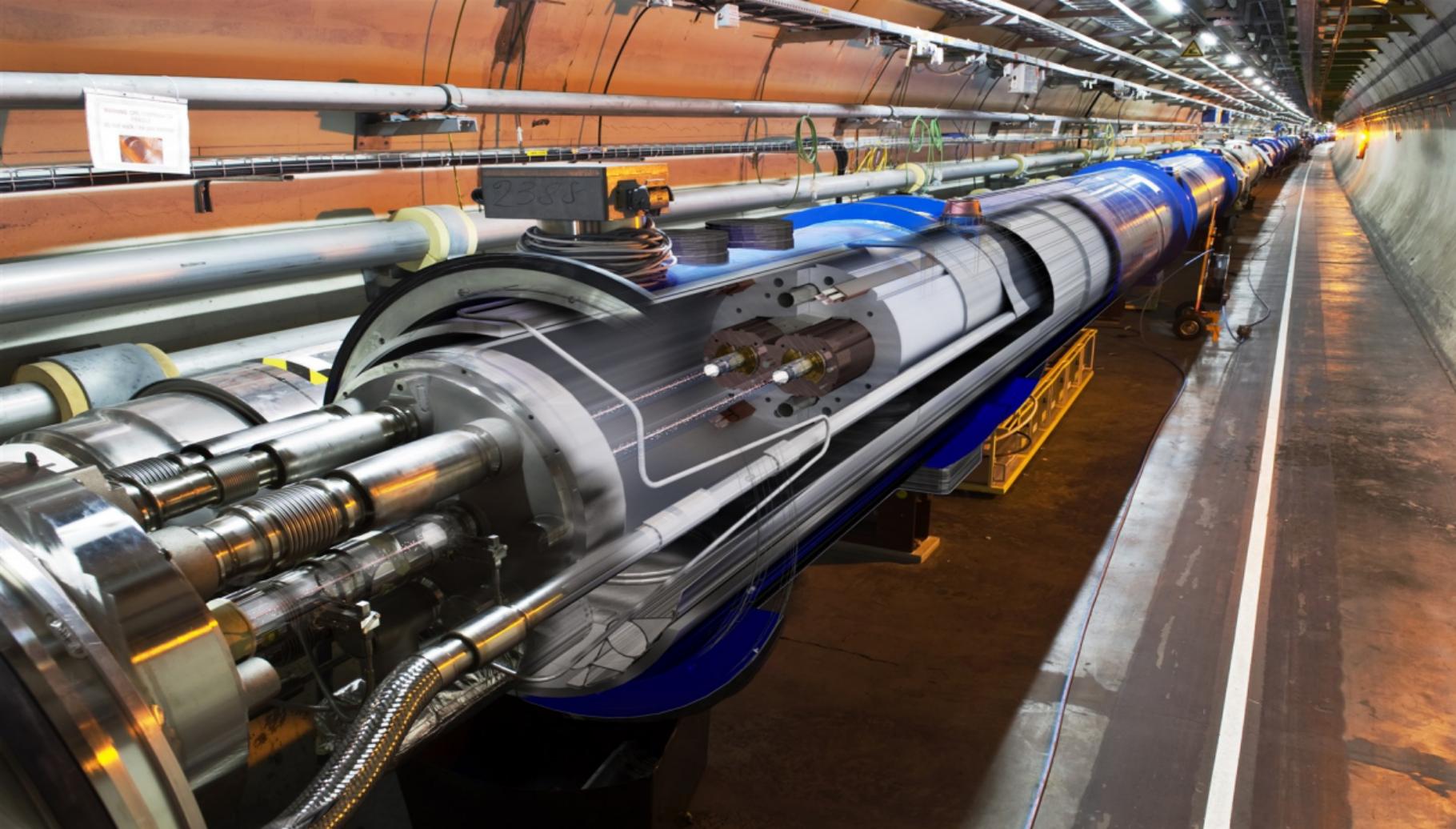


## Características

- Energía de colisión = 14 TeV, Protones van a 99.9999991% de  $c$
- Guía los protones con magnéticos de 8T (200.000 veces el campo terrestre)
- Imanes superconductores, enfriados a  $1.9^{\circ}\text{K} \rightarrow -271^{\circ}\text{C}$
- Todo el acelerador al vacío (un edificio al vacío del espacio interestelar)

## Altas energías:

- 1eV  $\rightarrow$  Energía cinética de un electrón acelerado con 1V
- 14 TeV = 14.000.000.000.000 eV  $\sim 2.24 \cdot 10^{-6}$  joules
- Energía del aleteo de un mosquito  $\rightarrow$  concentrado en **un sólo protón**

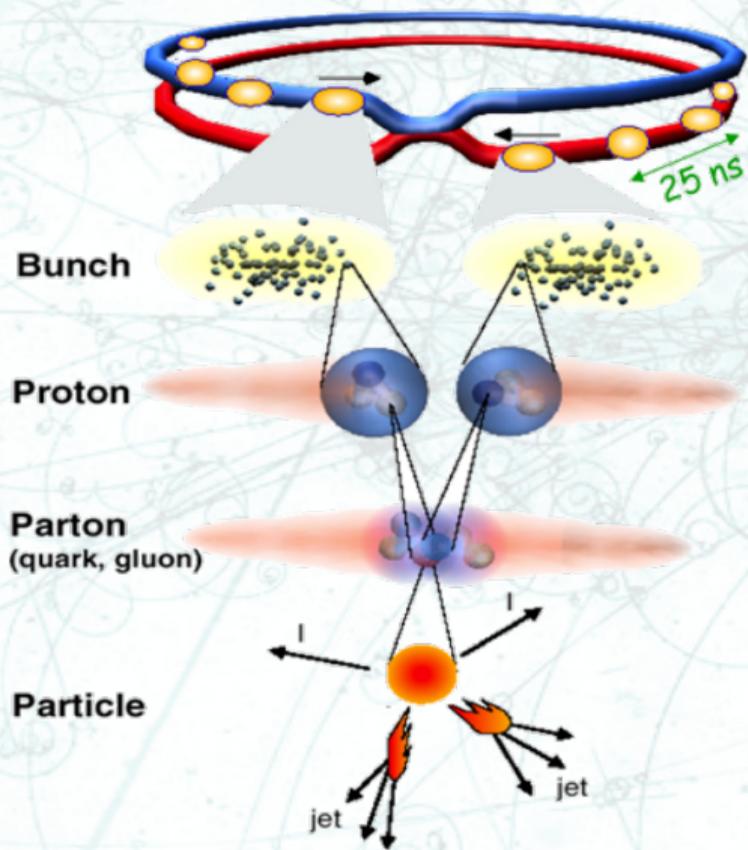


WARNING: High Voltage  
Do Not Touch  
When Power is On

2385

# ¿Cómo colisionan las partículas?

6



Protones por paquete  $10^{11}$

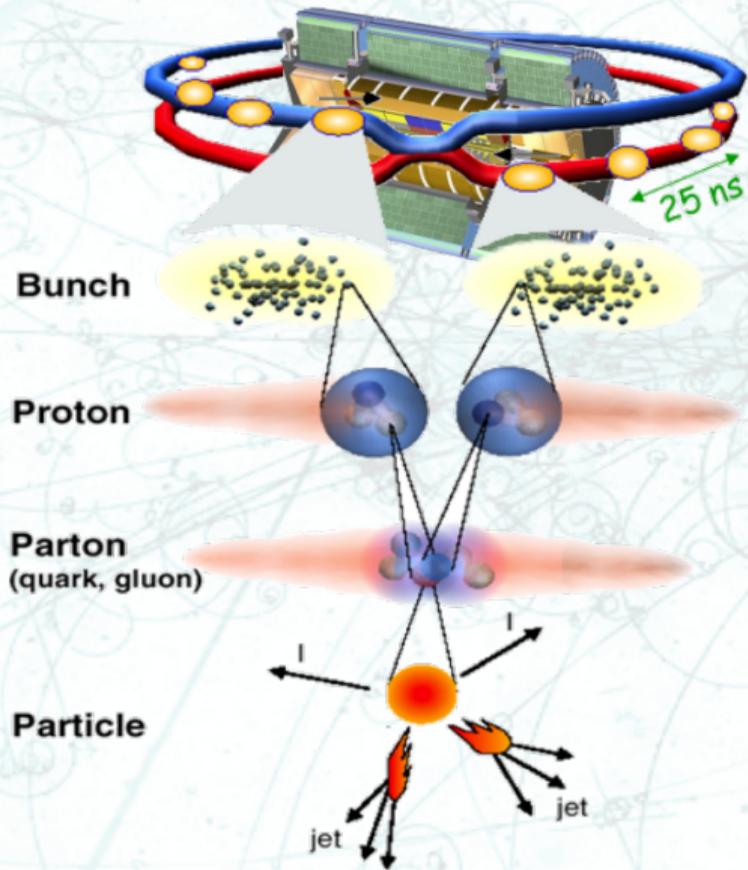
Interacciones por segundo  
 $1.000.000.000 \rightarrow 10^9$

Eventos interesantes son  
**MUY** raros

1 de cada  
 $10.000.000.000.000 \rightarrow 10^{13}$

# ¿Cómo colisionan las partículas?

7



Protones por paquete  $10^{11}$

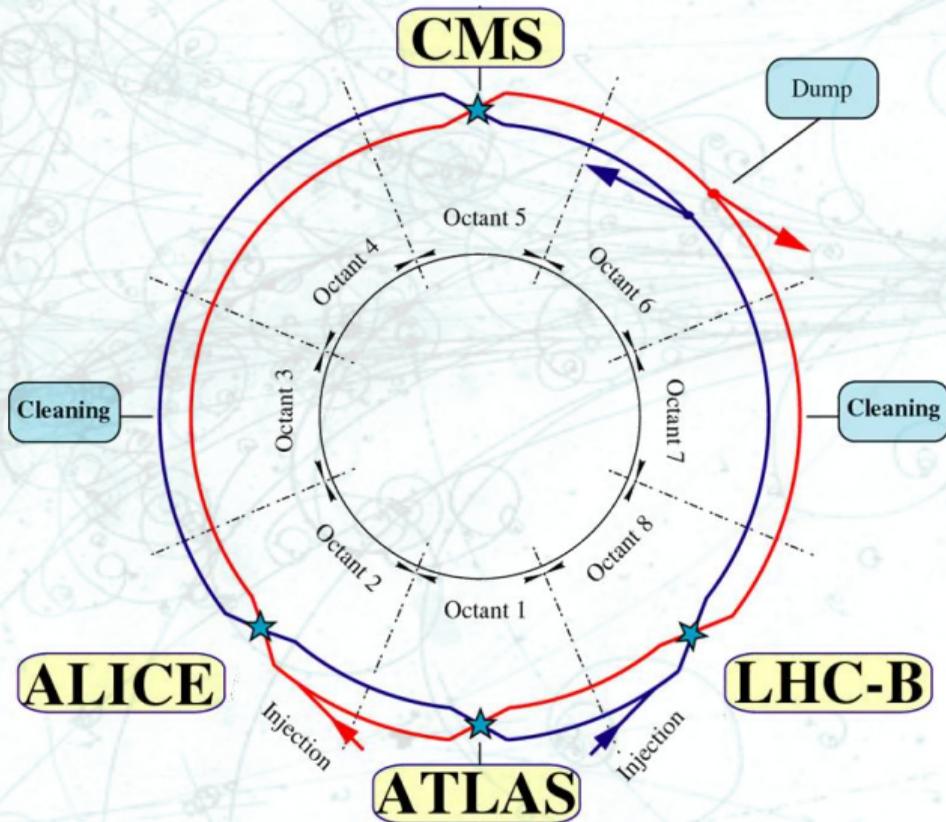
Interacciones por segundo  
 $1.000.000.000 \rightarrow 10^9$

Eventos interesantes son  
**MUY** raros

1 de cada  
 $10.000.000.000.000 \rightarrow 10^{13}$

# Detectores en el LHC

8



# ¿Porqué colisionar partículas?

9

$$E = m \cdot c^2$$

- La masa y la energía son 2 caras de la misma moneda
- Si las acelero lo suficiente, de la interacción de 2 partículas se puede generar una nueva **más pesada que las originales**
- Esto es posible en el mundo subatómico donde rige la mecánica cuántica



# ¿Porqué colisionar partículas?

10

$$E = m \cdot c^2$$

- La masa y la energía son 2 caras de la misma moneda
- Si las acelero lo suficiente, de la interacción de 2 partículas se puede generar una nueva **más pesada que las originales**
- Esto es posible en el mundo subatómico donde rige la mecánica cuántica

**Esto NO pasa en nuestro mundo macroscópico**



# ¿Porqué colisionar partículas?

11

$$E = m \cdot c^2$$

- Colisionamos partículas para estudiar la naturaleza
- Para crear partículas conocidas y estudiar sus propiedades
- Para buscar partículas nuevas



# Colaboración ATLAS

12

- 5000 científicos
- 180 instituciones
- 38 países

Argentina (ARG)

2 ATLAS institutes  
19 ATLAS scientists

(population: 41,086,927)

Click on the country to zoom in!

ATLAS members per inhabitants

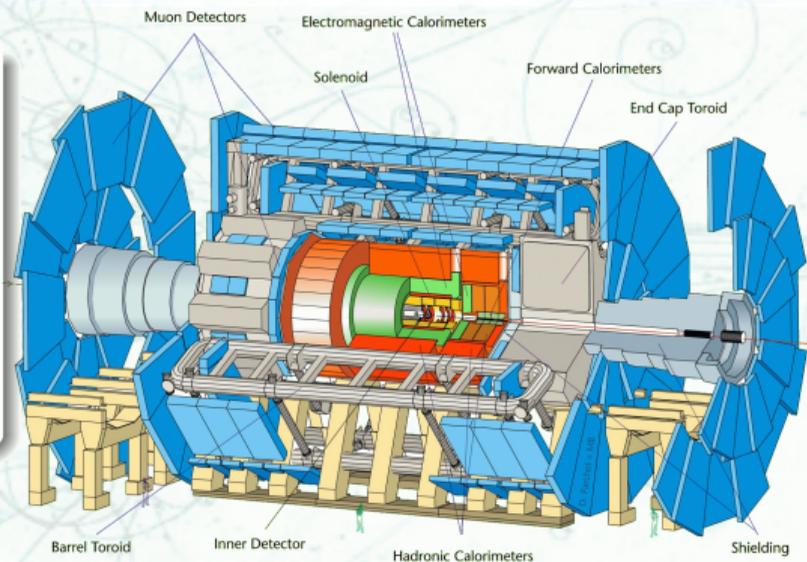


1 ATLAS member in every million people

1 ATLAS member in every hundred people

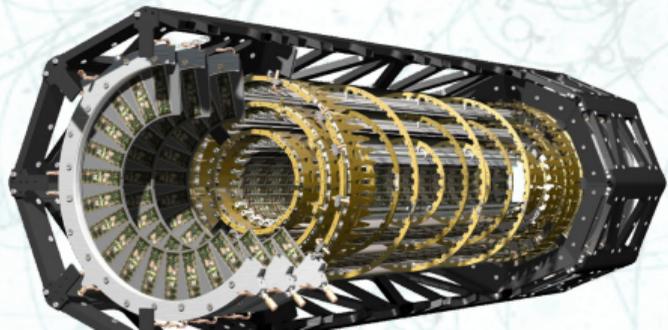
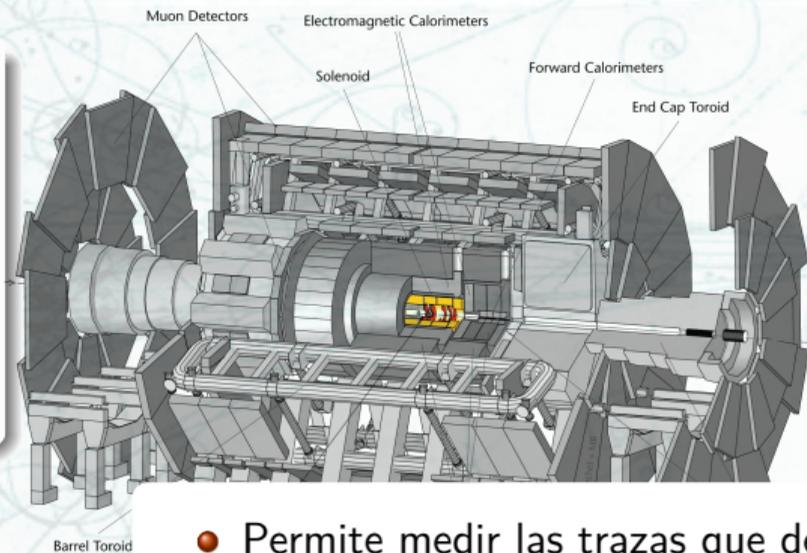
The ATLAS Experiment @ 2016 CERN

- Detector multipropósito
- 46m largo x 25m diámetro x 7000 Tons (100 Boeing 747)
- 100 m bajo tierra en el LHC



ATLAS está compuesto por:

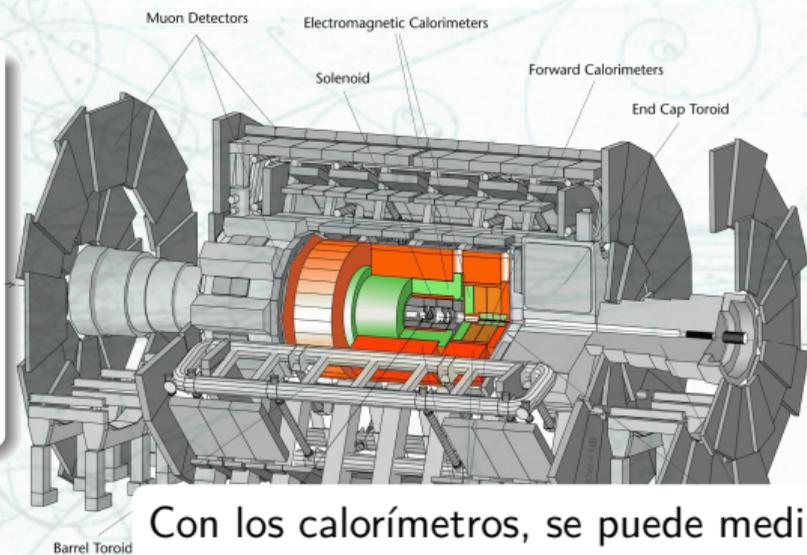
- **Detector Interno**



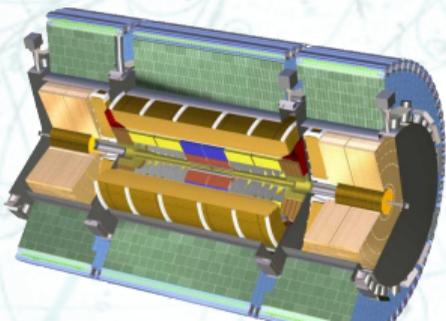
- Permite medir las trazas que dejan las partículas cargadas
- Tiene casi 100 M canales (100M pixels)
- Toma 40.000.000 fotos/s (y guardamos 1000 / $\epsilon$ )

ATLAS está compuesto por:

- Detector Interno
- Calorímetros

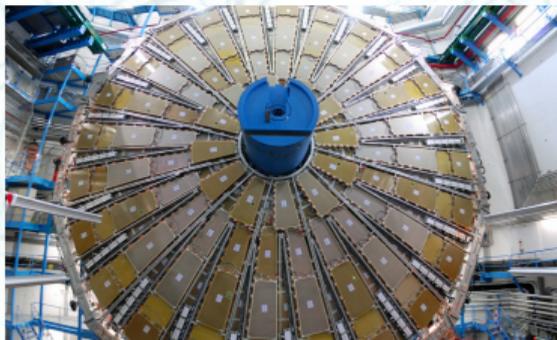
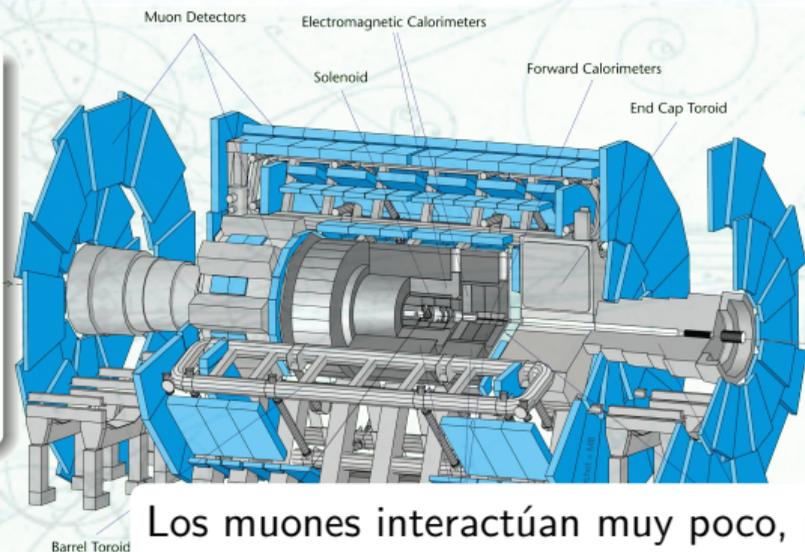


Con los calorímetros, se puede medir la energía que traen las partículas

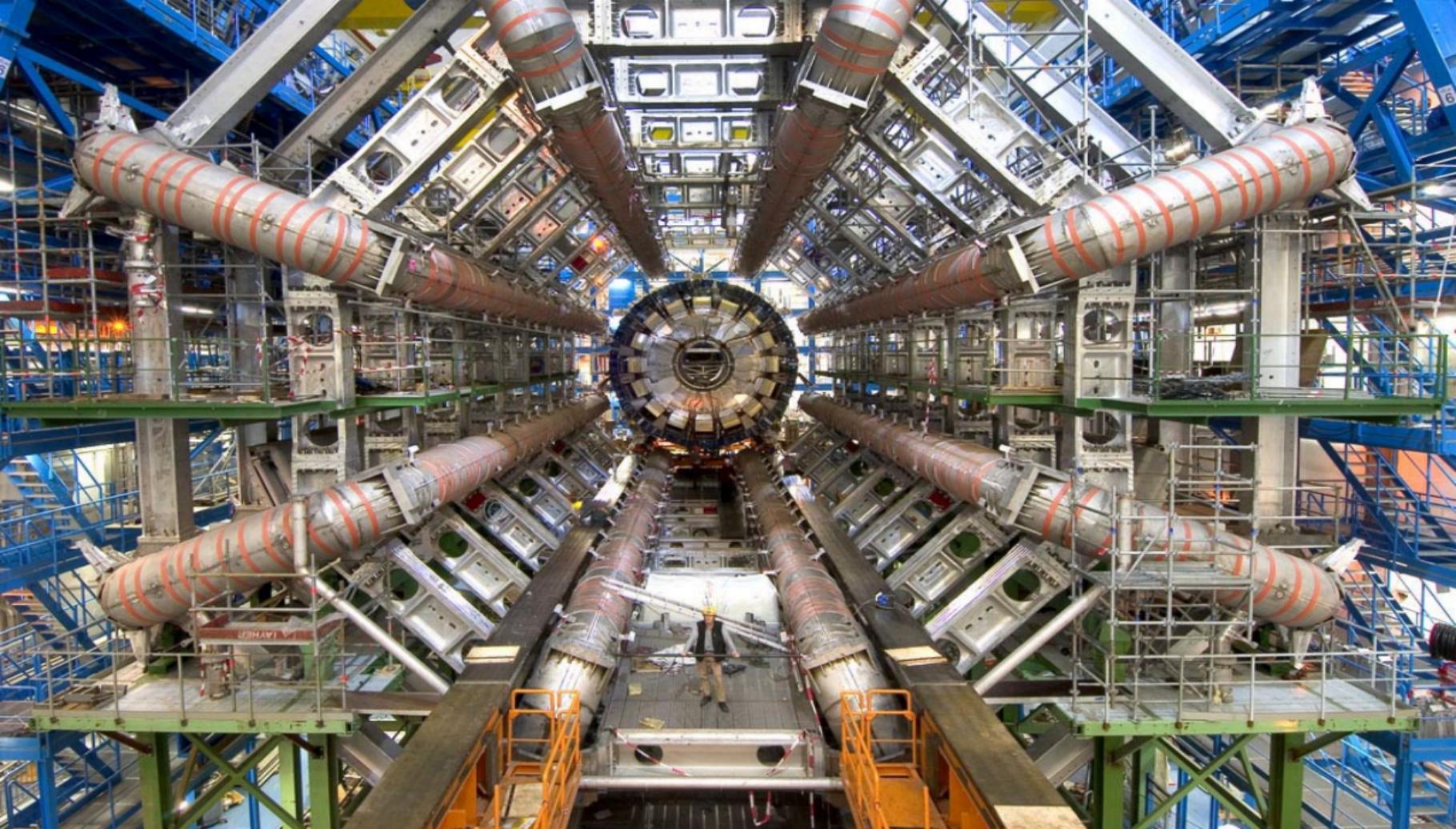


ATLAS está compuesto por:

- Detector Interno
- Calorímetros
- **Detector de muones**

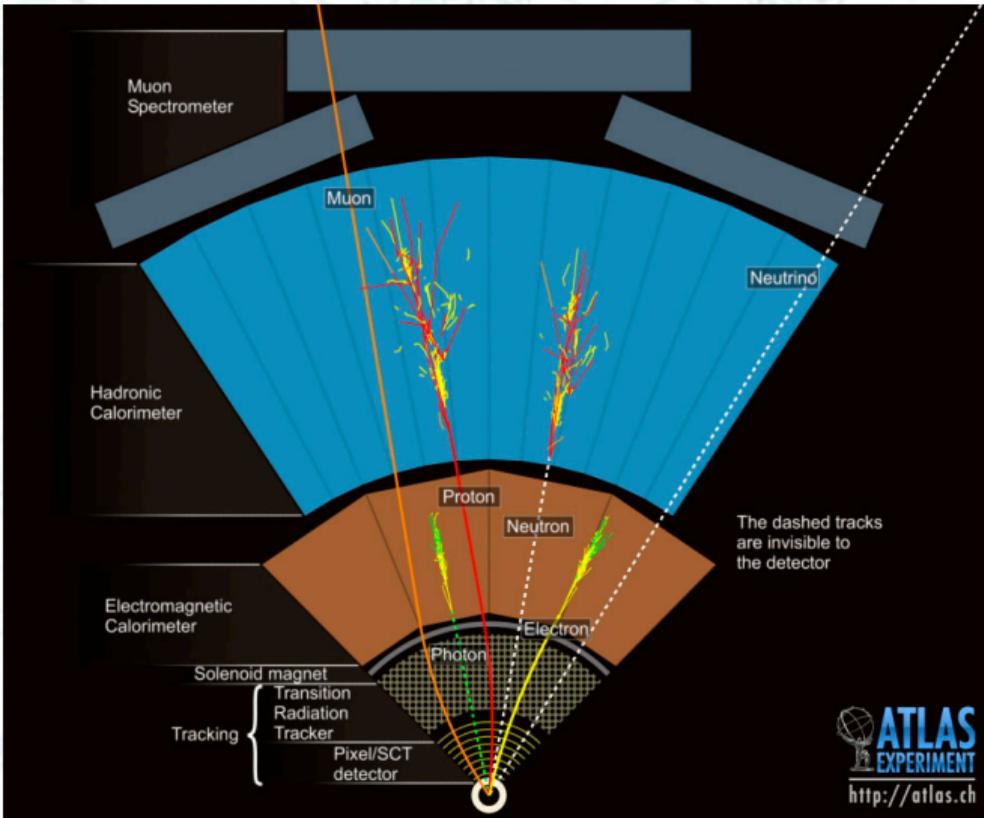


Los muones interactúan muy poco, por eso atraviesan los calorímetros. El detector de muones está inmerso en unos toroides que generan un campo magnético de 4T (100.000 veces el campo magnético terrestre)



# ¿Cómo se ven las partículas?

18



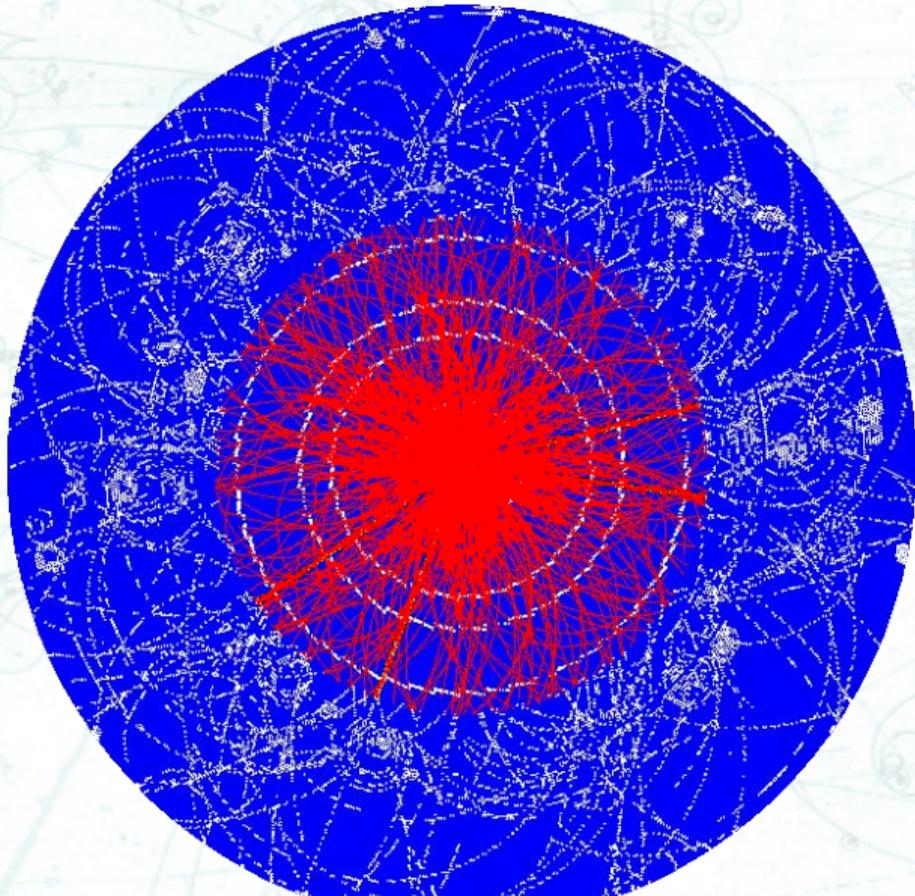
Partícula	Masa	carga
$\gamma$	0	0
$e$	511 keV	-
$\mu$	105 MeV	-
$p$	938 MeV	+
$n$	939 MeV	0
neutrino	$< 3$ eV	0

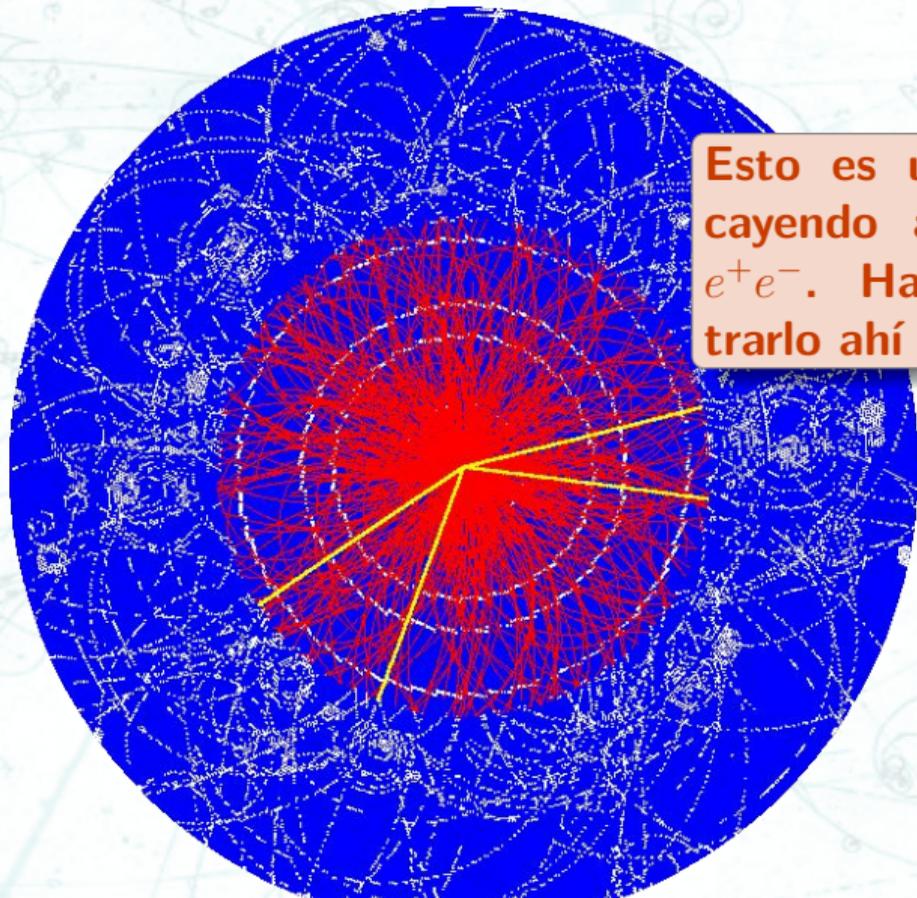
- El campo magnético desvía a las partículas cargadas
- Y **sólo** a las cargadas
- Cuanto menos momento, más se desvían

# Un evento en ATLAS

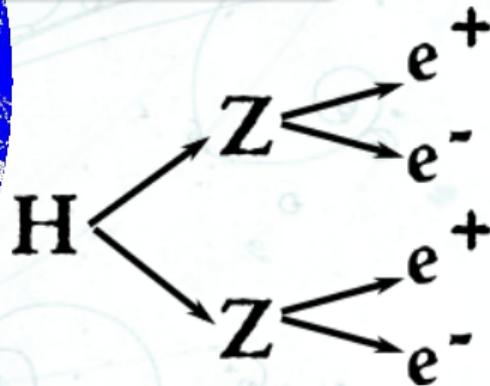
---

19





Esto es un Higgs decayendo a  $2Z$ ,  $c/u$  a  $e^+e^-$ . Hay que encontrarlo ahí



# Un evento en ATLAS

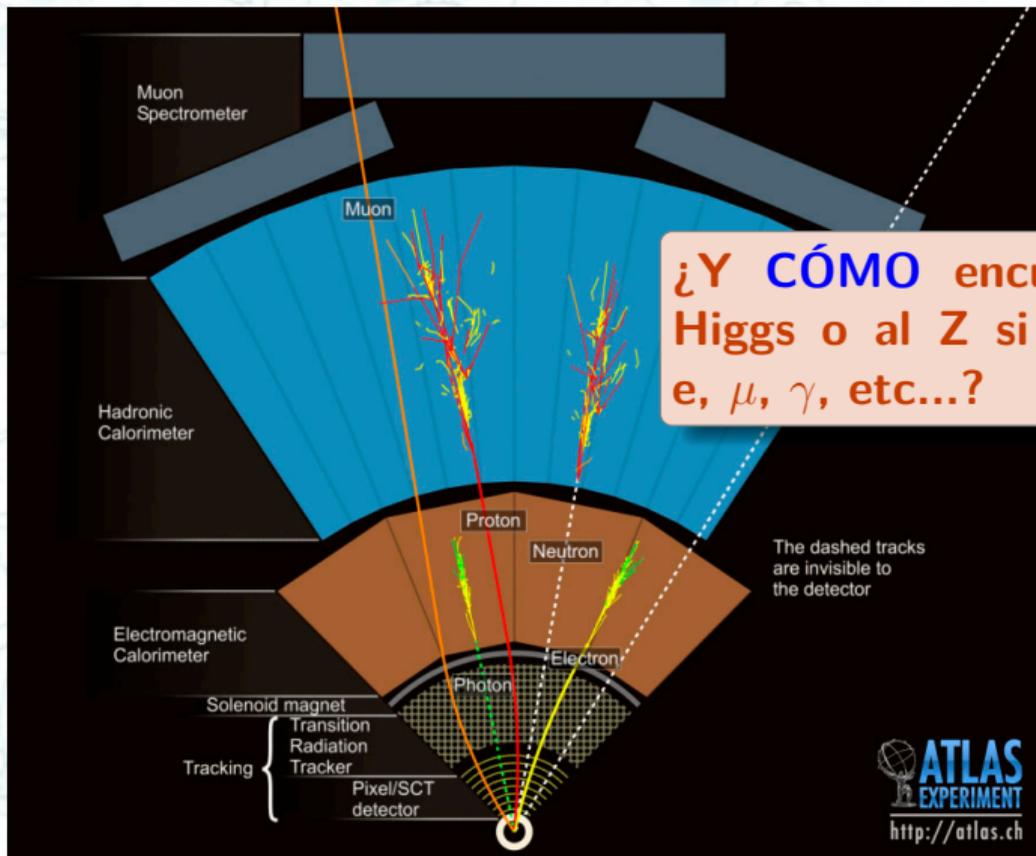
21



tenemos que ser capaces de encontrar una aguja en un pajar

# ¿Cómo se ven las partículas?

22



¿Y **CÓMO** encuentro al Higgs o al Z si sólo veo  $e$ ,  $\mu$ ,  $\gamma$ , etc...?

The dashed tracks are invisible to the detector

- Las partículas que nos interesan:
  - "Aparecen" eventualmente cuando colisionan protones
  - "se desintegran" instantáneamente después de producirse → **Decaen**
- Mucho **antes** de que esa partícula viaje hasta el detector
- Cuando una partícula **decae** aparecen otras
- Sólo podemos detectar en ATLAS el producto de ese decaimiento



$$E = m \cdot c^2$$

- La ecuación de Einstein nos dice la relación que hay entre la Energía y la masa de la partícula



$$E^2 - c^2 \cdot P^2 = m^2 \cdot c^4$$

- Esta es la relación entre masa y energía, teniendo en cuenta la energía cinética de la partícula cuando está en movimiento
- **P** es el momento  $\rightarrow P \sim m \cdot V$  a velocidades bajas



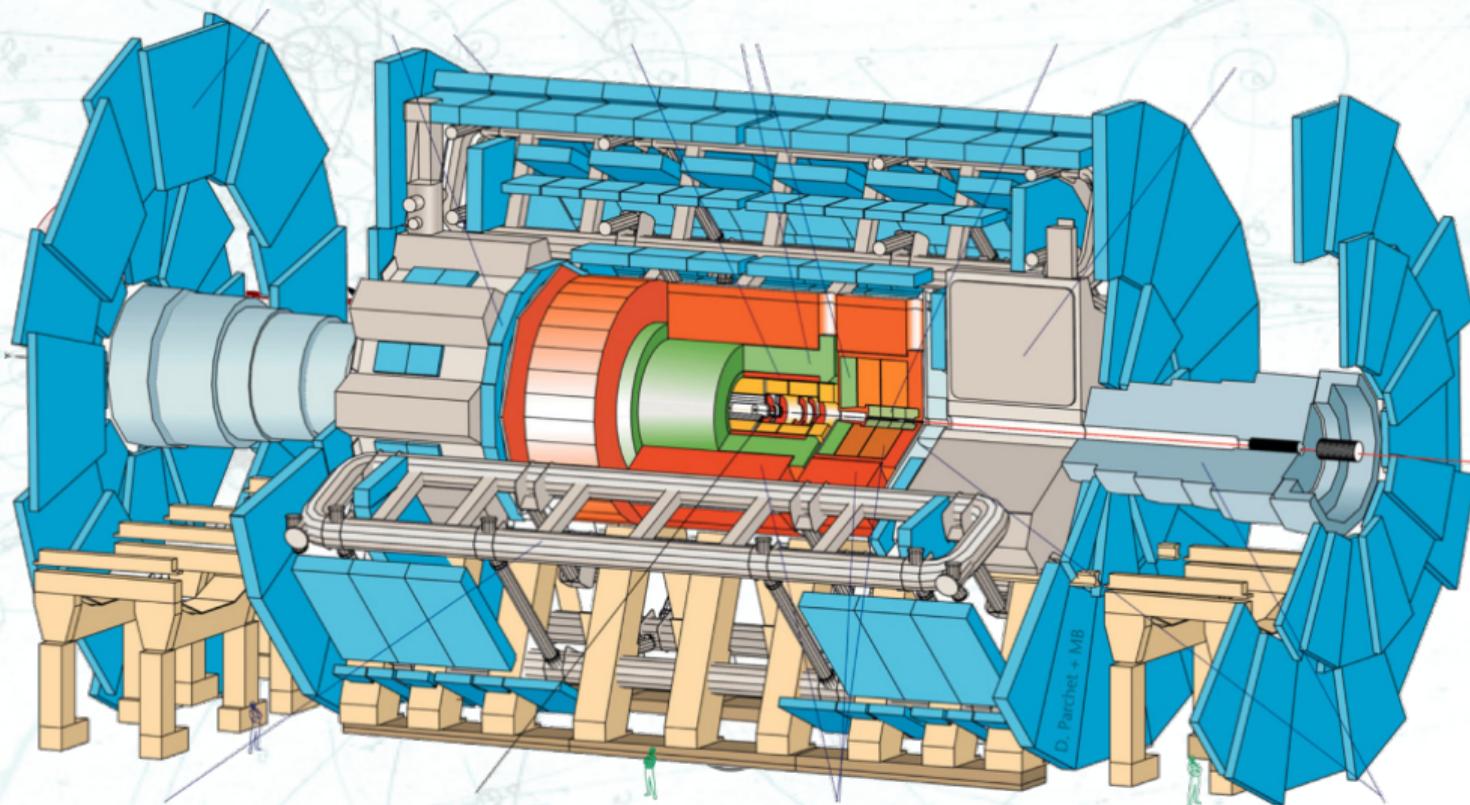
$$(E_1 + E_2)^2 - c^2 \cdot (P_1 + P_2)^2 = m^2 \cdot c^4$$

- La Energía y el momento se conserva en el proceso de decaimiento
- Las partículas 'hijas' tienen la información de la partícula 'madre'



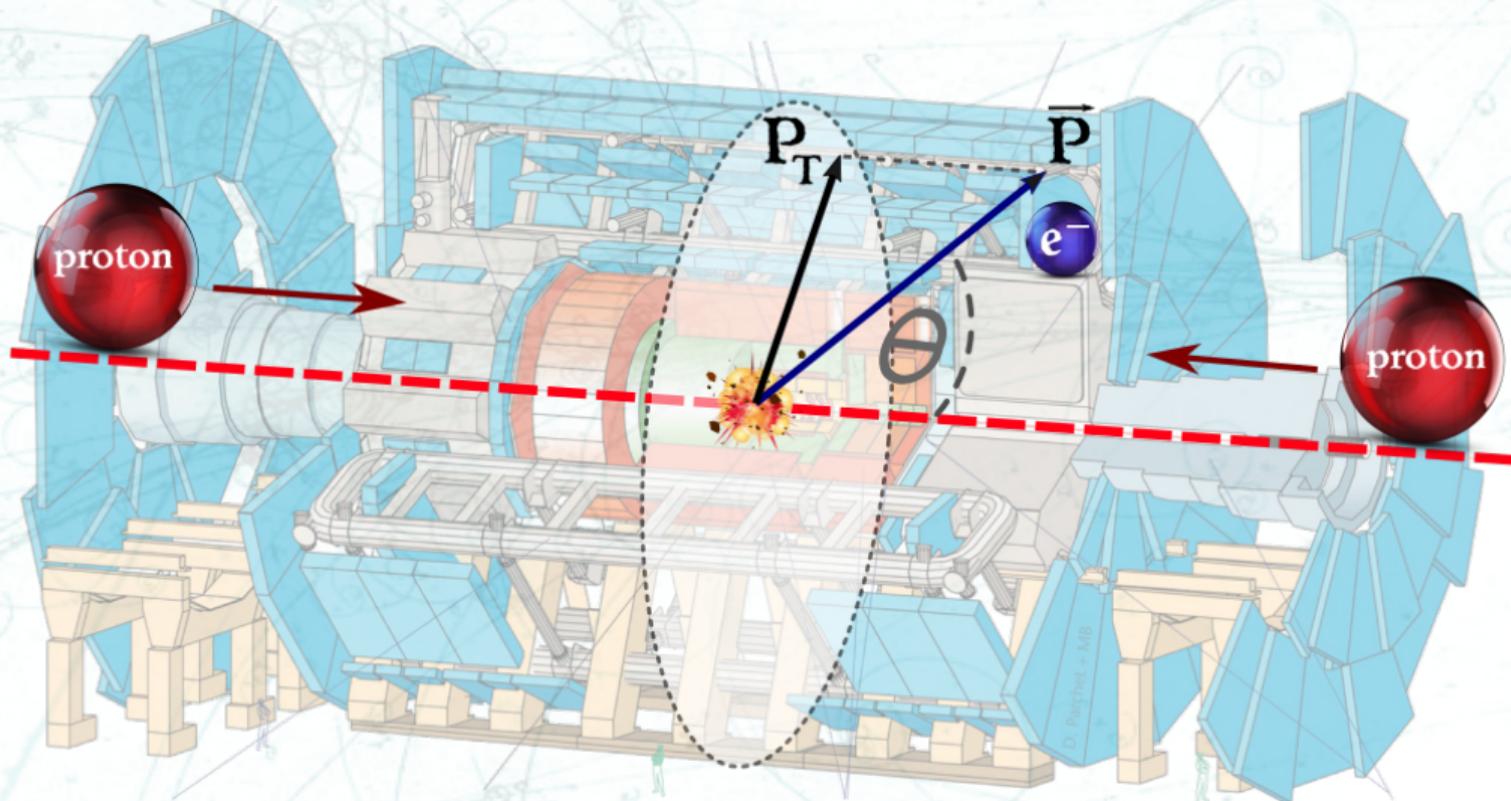
# Coordenadas en ATLAS

27



# Coordenadas en ATLAS

28



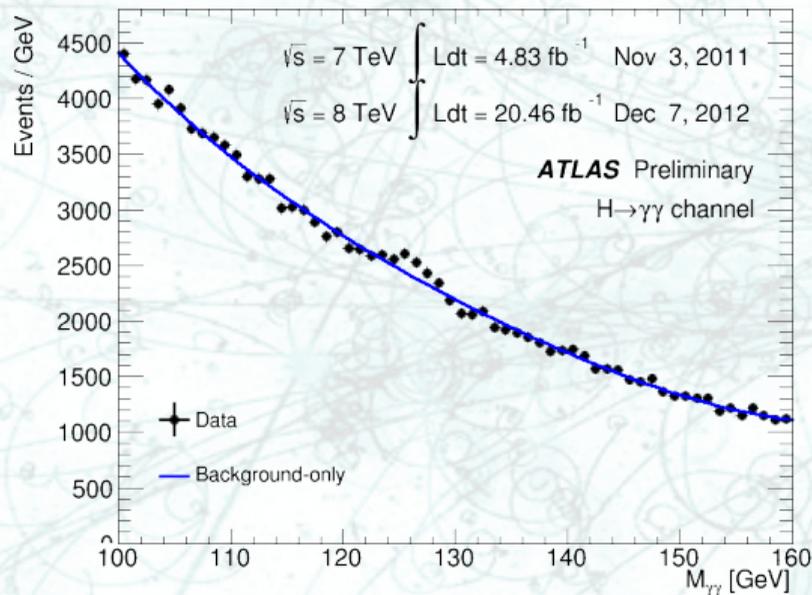
# ¿Como identificar a la 'madre'?

---

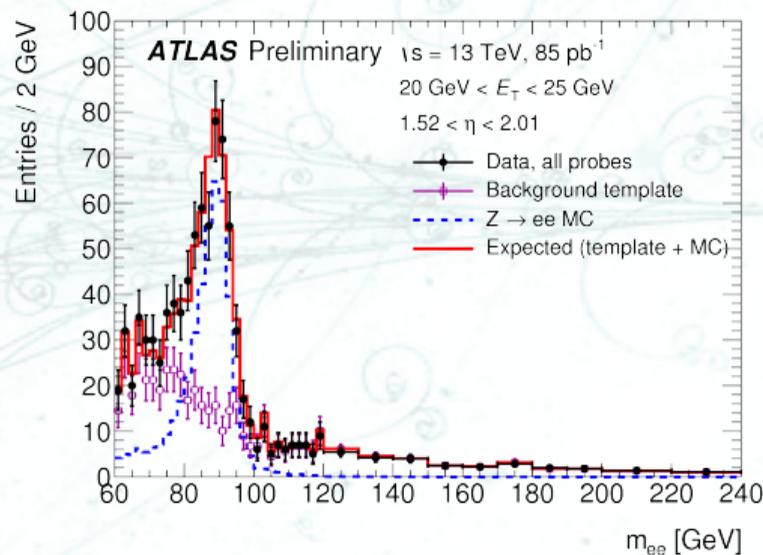
29

Por ejemplo, si buscamos el Z decayendo a  $e^+e^-$ :

- Hay que identificar eventos un par  $e^+e^-$  detectado por ATLAS
- No sabemos si esas que encontramos en el evento vienen o no de la partícula madre, o no tienen nada que ver entre si
- **Pero** si es que llegan a venir de un decaimiento, la masa invariante **ES** la masa de la madre
- Hay que contar, cuantos eventos tienen partículas 'hijas' en cada valor de masa invariante → [Histograma](#)



- Masa invariante de dos fotones en ATLAS



- Masa invariante de e<sup>+</sup>e<sup>-</sup> en ATLAS

# Muchos datos para analizar

31

Datos: 7 PetaBytes/año

Para dar una idea:

**3MB** foto digital

**4GB** un DVD

**1TB** Producción anual de libros en todo el mundo

**3.2 PB** Volumen de datos en ATLAS

**1EB = 1000 PB** Producción anual de información de todo el mundo

¿Cuántos CD se graban con 1 año de toma de datos del LHC?

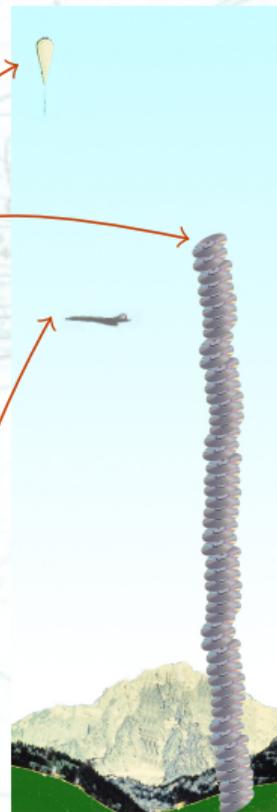
# Volumen de datos en el LHC

32

Globo 30km

Pila de CD con un año de toma de datos LHC → 20Km

Concorde → 15Km



# GRID Computing





- La GRID es una infraestructura que sirve para compartir recursos de almacenamiento y de cómputo distribuidos alrededor del mundo
- Así como la web es una infraestructura para compartir información
- Acá en la UNLP tenemos un sitio que pertenece a la GRID



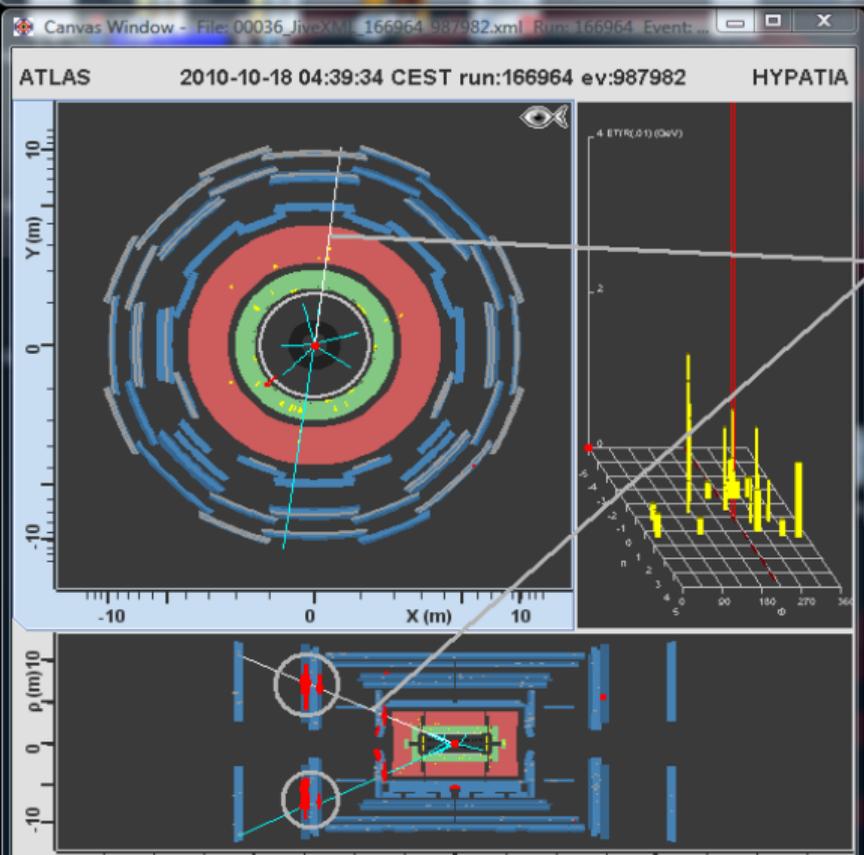
- Hoy vamos a hacer un análisis de datos de ATLAS
- Son una fracción de los datos utilizados para el descubrimiento de H
- También están metidos eventos simulados con  $Z'$  y con Gravitón

- Hoy vamos a hacer un análisis de datos de ATLAS
- Son una fracción de los datos utilizados para el descubrimiento de H
- También están metidos eventos simulados con  $Z'$  y con Gravitón
- A ver si los descubrimos

# HYPATIA

37

File Name	ETMis [GeV]	Track	P [GeV]	+/-	Pt [GeV]	$\phi$	$\eta$	M(2 $\eta$ ) [GeV]	M(4 $\eta$ ) [GeV]	e/ $\mu$
00036_JiveXML_166964_987982.xml	10.626	Tracks 3	112.6	+	49.4	1.441	1.464	95.325		$\mu$
		Tracks 69	96.8		46.9	1.720	1.378			$\mu$



### HYPATIA - Track Momenta Window

File Previous Event Next Event Insert Electron Insert Muon Delete Track Reset Canvas

ETMis: 20.808 GeV  $\phi$ : -2.415 rad Collection: MET RefFinal

C:\installers\HYPATIA\groupA\00036\_JiveXML\_166964\_987982.xml

#### Reconstructed Tracks

Track	+/-	P [GeV]	Pt [GeV]	$\phi$	$\theta$
Tracks 3	+	112.57	49.42	1.441	2.687
Tracks 69	-	96.83	45.88	-1.720	2.648
Tracks 127	-	37.93	30.81	1.803	0.948
Tracks 128	+	25.73	12.70	0.303	2.625
Tracks 134	+	121.30	89.22	-0.597	2.315
Tracks 136	-	34.18	8.63	-3.123	0.255
Tracks 154	+	14.19	8.35	-2.346	2.513
Tracks 176	-	13.53	12.74	0.259	1.915

### HYPATIA - Control Window

Parameter Control Interaction and Window Control Output Display

Projection Data Cuts InDet Calo MuonDet Objects Geometry

InDet	Calo	MuonDet	Objects	ATLAS	Name	Value
					<input checked="" type="checkbox"/>  Pt	> 5.0 GeV
					<input type="checkbox"/>  d0	< 2.5 mm
					<input type="checkbox"/>  z0	< 20.0 cm
					<input type="checkbox"/>  d0 Loose	< 2.0 cm
					<input type="checkbox"/>  z0-zVtx	< 2.5 mm

# ¡Listos para arrancar!

---

38

¿Preguntas?

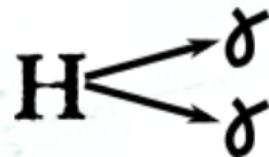
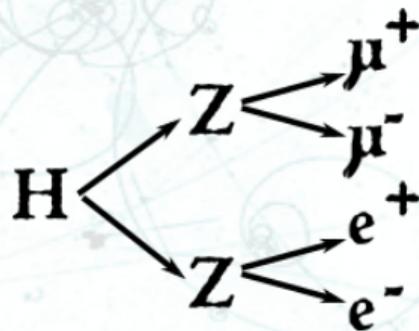
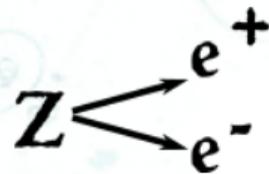
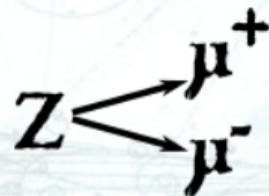
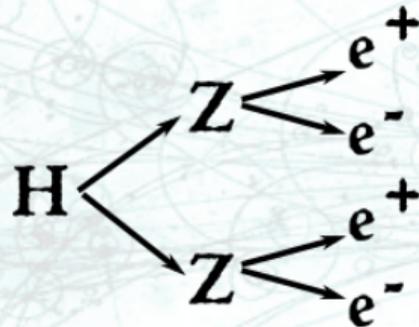
- Para despues del virtual tour

- 1 Contar paso a paso como hacemos el análisis
- 2 preselección de los requisitos de las partículas
- 3 que vamos a dividir los datos entre todos los grupos (cada uno va a analizar distintos eventos del resto)
- 4 y al final los combinamos para ver que dió

- Nos vamos a repartir los datos entre grupos
- Los Datos para el conjunto 9 están disponibles en:  
<http://ww2.fisica.unlp.edu.ar/~monticel/>
- Los Datos para el conjunto 10 están disponibles en:  
<http://cernmasterclass.uio.no/datasets/allSets/dir10/>
- Seleccionar el que te corresponda y bajarlo en el directorio `events`

Vamos a buscar eventos con los siguientes estados finales:

- $\gamma\gamma$
- $e^+e^-$
- $\mu^+\mu^-$
- $e^+e^-\mu^+\mu^-$
- $e^+e^-e^+e^-$
- $\mu^+\mu^-\mu^+\mu^-$



# Cargar los datos

43

## HYbrid Pupils' Analysis Tool for Interactions in ATLAS - version 7.4 - Invariant Mass Window

File View Histograms Preferences Help

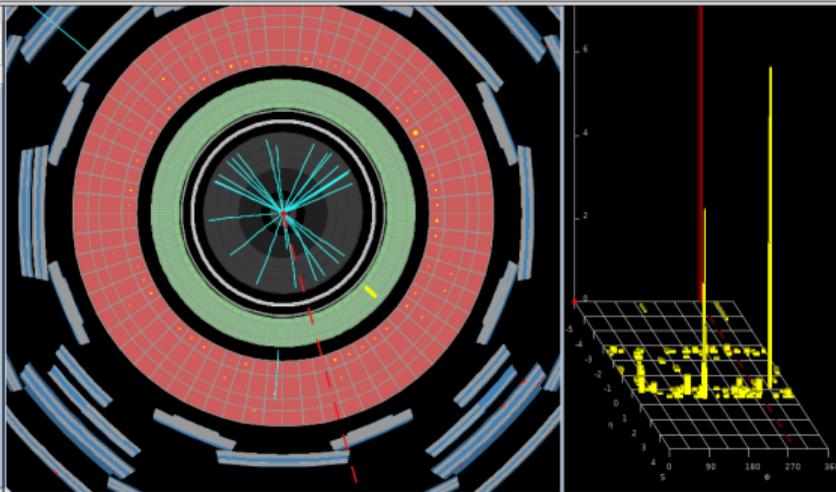
File Name ETMIs [GeV] Track P [GeV] +/- Pt [GeV]  $\phi$   $\eta$  M(2) [GeV] M(3eee) [GeV] M(4emmm) [GeV] M(4mmmm) [GeV]

Previous Event Next Event Electron Muon Photon Delete Track Reset Canvas

ETMIs: 28.351 GeV  $\phi$ : -1.300 rad Collection: MET\_ReRefinal

/home/monticel/Analysis/Monticel\_SVN/ATLASMasterClass/Events/groupA.zip/eventD01.xml

Tracks	Track	+/-	P [GeV]	Pt [GeV]	$\phi$	$\eta$
Tracks 5	-	64.77	46.69	0.739	0.805	
Tracks 10	+	89.99	36.59	2.709	0.419	
Tracks 68	-	12.96	11.11	0.594	1.030	
Tracks 122	-	12.35	6.08	2.568	0.515	
Tracks 272	-	64.77	46.69	0.742	0.805	
Tracks 675	-	6.24	5.94	-1.494	1.259	
Tracks 862	-	853.79	804.53	0.898	1.912	
Tracks 865	+	69.13	44.62	2.330	2.440	
Tracks 866	+	186.60	65.60	2.411	0.359	
Tracks 868	+	199.49	107.74	-0.601	0.571	
Tracks 873	+	115.77	36.16	1.860	0.318	
Tracks 874	++	96.45	52.05	2.236	2.572	
Tracks 876	++	46.82	30.08	0.562	2.444	
Tracks 878	-	31.37	21.28	0.383	0.746	
Tracks 892	+	43.95	21.48	1.160	2.631	
Tracks 893	-	21.83	17.57	0.685	2.206	
Tracks 895	-	51.66	28.04	2.701	2.568	
Tracks 897	-	37.32	20.26	-3.061	0.574	
Tracks 897	+	12.06	7.82	1.899	0.706	
Tracks 899	++	8.59	6.24	-1.352	0.817	
Tracks 903	-	13.82	8.98	1.760	2.434	
Tracks 907	-	9.32	7.54	0.890	0.943	
Tracks 908	-	34.09	10.67	-2.490	2.623	
Tracks 918	-	7.29	5.26	0.488	0.805	
Tracks 994	+	187.35	65.80	-0.973	2.783	

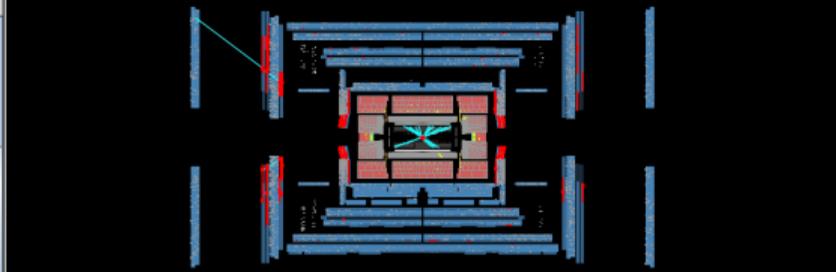


HYPATIA - Control Window

Parameter Control Interaction and Window Control Output Display

Projection Data Cuts InDet Calo MuonDet Objects Geometry

InDet	Name	Value
Calo	<input type="checkbox"/> Electron hasTrack	
MuonDet	<input checked="" type="checkbox"/> [Muon Pt]	5.0 GeV
Objects	<input type="checkbox"/> Muon chi2	0.0
ATLAS	<input checked="" type="checkbox"/> [Photon Pt]	5.0 GeV
	<input type="checkbox"/> Photon isEM	d
	<input checked="" type="checkbox"/> Photon isEMString	Tight
	<input checked="" type="checkbox"/> [Taujet Pt]	5.0 GeV
	<input checked="" type="checkbox"/> [Taujet Charge]	1



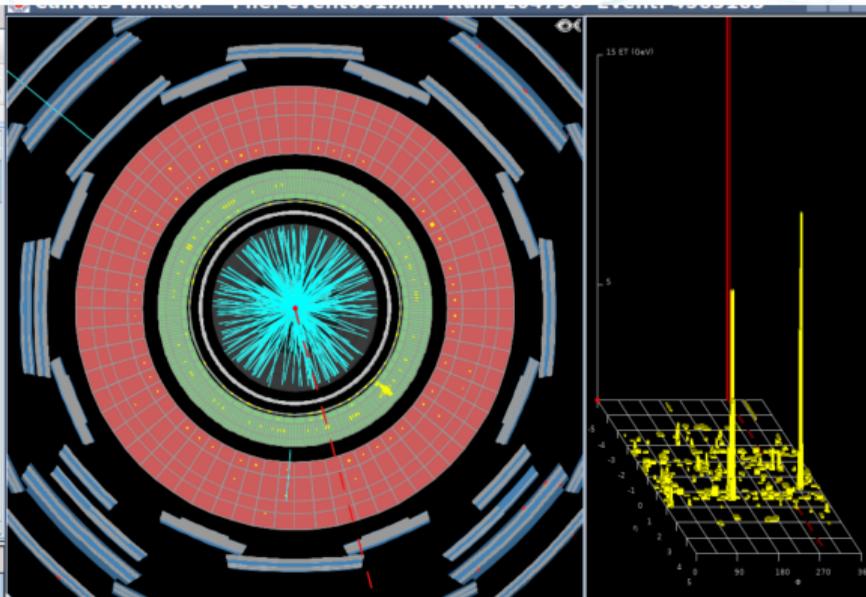
HYPATIA - Track Momenta Window

File Previous Event Next Event Electron Muon Photon Delete Track Reset Canvas

ETMs: 28.351 GeV  $\theta$ : -1.300 rad Collection: MET\_ReFinal

/home/mortice/Analysis/Mortice/SVN/ATLASMaster/Class/Events/groupA\_2p/eventD01.xml

Track	+	-	P [GeV]	PT [GeV]	$\phi$	$\theta$
Tracks 1	-		10.22	1.67	-1.978	0.164
Tracks 2	+		8.70	1.83	-2.376	0.188
Tracks 5	-		64.77	48.69	-0.739	0.805
Tracks 8	-		6.38	1.37	2.253	0.216
Tracks 9	+		6.92	1.44	-0.526	0.209
Tracks 10	+		89.99	36.59	2.709	0.419
Tracks 11	+		18.88	3.15	0.408	2.974
Tracks 12	+		6.56	1.59	-0.793	0.245
Tracks 13	-		8.47	1.67	-0.384	0.198
Tracks 16	-		6.21	1.34	0.376	0.218
Tracks 18	-		8.93	1.72	-1.617	0.194
Tracks 19	-		4.94	1.03	3.107	2.931
Tracks 20	-		7.34	1.42	1.400	2.947
Tracks 23	-		10.70	2.85	2.764	2.892
Tracks 24	-		11.13	2.86	2.826	2.242
Tracks 28	-		4.13	1.00	-1.578	0.246
Tracks 30	+		5.69	3.58	-0.943	0.680
Tracks 31	-		5.20	2.92	1.030	0.398
Tracks 32	+		2.79	1.54	2.749	0.585
Tracks 33	-		8.06	1.42	1.274	2.965
Tracks 35	-		3.88	1.55	1.281	0.412
Tracks 37	-		2.22	1.73	0.094	0.896
Tracks 41	-		3.33	3.32	2.627	1.654
Tracks 44	+		6.47	1.35	0.644	2.932
Tracks 45	-		4.68	1.44	0.017	0.332
Tracks 47	+		2.49	1.77	0.939	0.791
Tracks 49	+		5.72	3.53	2.189	0.664
Tracks 50	-		7.61	2.05	-2.247	0.273
Tracks 51	+		3.14	1.27	-1.176	0.417

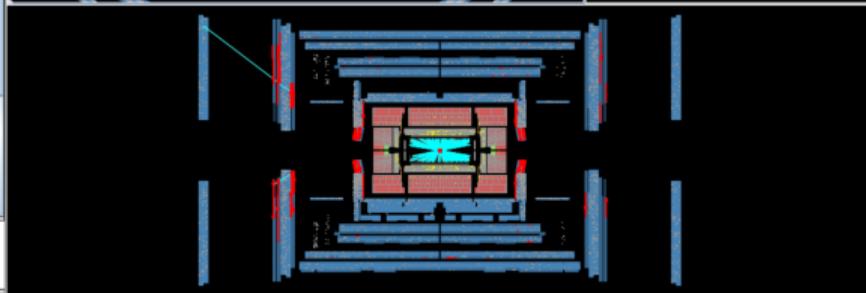


HYPATIA - Control Window

Parameter Control Interaction and Window Control Output Display

Projection Data Cuts InDet Calo MuonDet Objects **Geometry**

Geo	Name	Value
<input checked="" type="checkbox"/>	MDT color	6
<input checked="" type="checkbox"/>	CSC color	6
Background color		
<input type="checkbox"/>	Pixel/SCT geometry detail	14
<input type="checkbox"/>	TRT geometry detail	14
<input checked="" type="checkbox"/>	Calorimetry cell structure	14
<input checked="" type="checkbox"/>	Show BR/CR/OS	
<input type="checkbox"/>	Show detectors outline	



HYbrid Pupils' Analysis Tool for Interactions in ATLAS - version 7.4 - Invariant Mass Window

File View Histograms Preferences Help

HYPATIA - Track Momenta Window

File Previous Event Next Event Electron Muon Photon Delete Track Reset Canvas

ETMs: 28.351 GeV  $\phi$ : -1.300 rad collection: NET\_RefFinal

/home/monicali/Analysis/Monicali\_SVN/ATLASMaster/Class/Events/groupA.zip/event001.xml

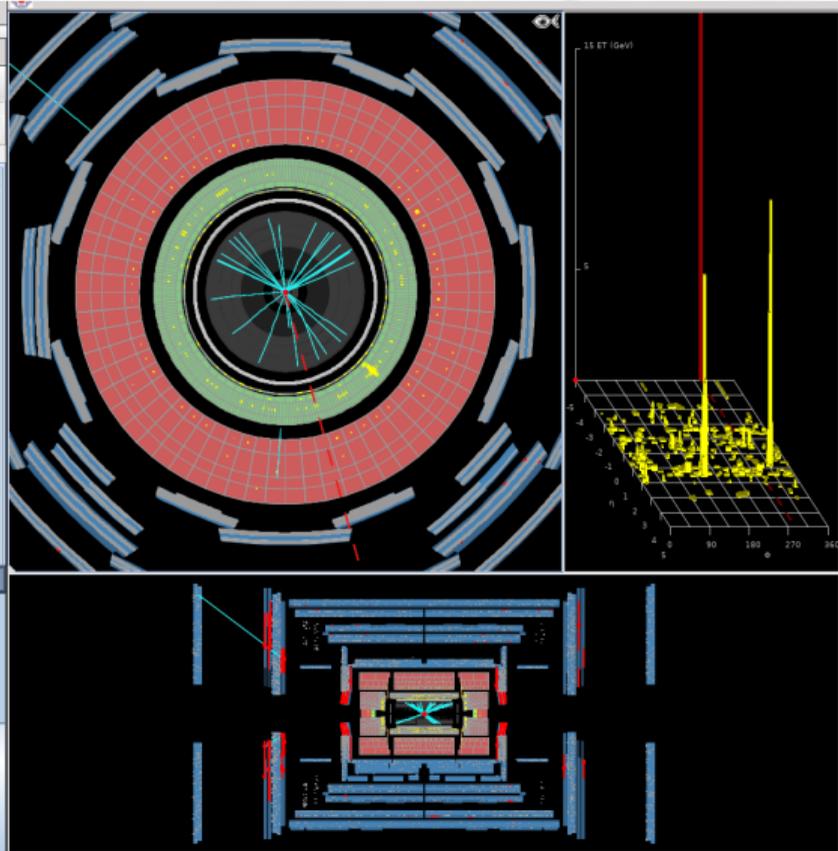
Tracks	Physics Objects
Track	+/- P [GeV] Pt [GeV] $\eta$ B
Tracks 5	- 64.77 46.69 -0.739 0.805
Tracks 10	- 89.99 36.59 2.709 0.419
Tracks 88	+ 12.98 11.11 0.594 1.030
Tracks 122	- 12.35 6.08 2.568 0.515
Tracks 272	- 64.77 46.69 -0.742 0.805
Tracks 675	- 6.24 5.94 -1.494 1.259
Tracks 862	- 853.79 804.53 0.888 1.912
Tracks 865	+ 69.13 44.62 2.330 2.440
Tracks 866	+ 186.60 65.60 2.411 0.359
Tracks 868	+ 199.49 107.74 -0.601 0.571
Tracks 873	+ 115.77 36.16 1.680 0.318
Tracks 874	+ 96.45 52.05 2.236 2.572
Tracks 876	+ 46.82 30.08 0.562 2.444
Tracks 878	- 31.37 21.29 0.383 0.746
Tracks 882	+ 43.95 21.48 1.160 2.631
Tracks 883	- 21.83 17.57 0.685 2.206
Tracks 885	- 51.66 28.04 2.701 2.568
Tracks 887	- 37.32 20.26 -3.061 0.574
Tracks 897	+ 12.06 7.82 -1.899 0.706
Tracks 899	+ 8.56 6.24 -1.352 0.817
Tracks 903	- 13.82 8.98 1.760 2.434
Tracks 907	- 9.32 7.54 0.890 0.943
Tracks 908	- 34.09 10.67 -2.190 2.822
Tracks 918	- 7.29 5.26 0.488 0.805
Tracks 994	+ 187.35 65.80 -0.973 2.783

HYPATIA - Control Window

Parameter Control Interaction and Window Control Output Display

Projection Data Cuts Det Calo MuonDet Objects Geometry

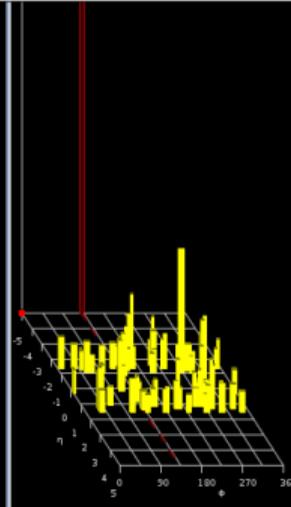
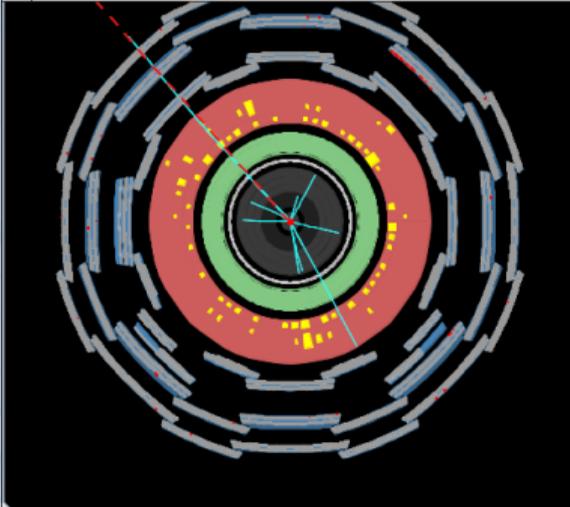
InDet	Name	Value
Calo		
MuonDet	<input checked="" type="checkbox"/>   Pt	> 5.0 GeV
Objects	<input checked="" type="checkbox"/>   Pt2	< 700.0 MeV
ATLAS	<input checked="" type="checkbox"/>    d0	< 2.5 mm
	<input checked="" type="checkbox"/>    z0	< 20.0 cm
	<input type="checkbox"/>    d0 Loose	< 2.0 cm
	<input type="checkbox"/>    z0-zVtx	< 2.5 mm
	<input type="checkbox"/>   Layer	b
	<input type="checkbox"/>   Number Pixel Hits	2



HYbrid Pupils' Analysis Tool for Interactions in ATLAS - version 7.4 - Invariant Mass Window

File View Histograms Preferences Help

File Name ETMIs [GeV] Track P [GeV] +/- Pt [GeV]  $\phi$   $\eta$  M(2) [GeV] M(eeee) [GeV] M(eemm) [GeV] M(mmmm) [G... e/mv



HYPATIA - Track Momenta Window

Previous Event Next Event Electron Muon Photon Delete Track Reset C

ETMIs: 40.099 GeV  $\phi$ : 2.297 rad Collection: MET\_Reffinal

analysisMonticel/MasterClass\_2016/events/groupA.zip/event001.xml

Tracks	Physics Objects				
Track	+/-	P [GeV]	Pt [GeV]	$\phi$	$\theta$
Tracks 1	-	372.30	63.11	-1.076	0.170
Tracks 50	+	10.60	8.55	-1.358	0.939
Tracks 361	-	6.82	5.11	2.488	2.294
Tracks 414	-	24.68	8.72	1.252	2.780
Tracks 440	+	69.43	32.98	2.327	0.495
Tracks 489	-	748.18	346.70	-0.231	0.482
Tracks 495	+	31.67	29.95	1.078	1.902
Tracks 505	+	10.55	8.45	-3.132	0.929
Tracks 515	-	11.06	5.41	-1.373	2.630

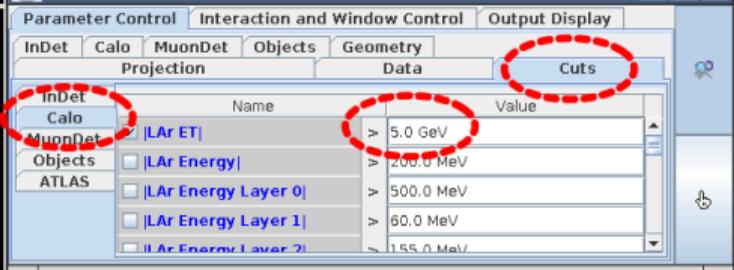
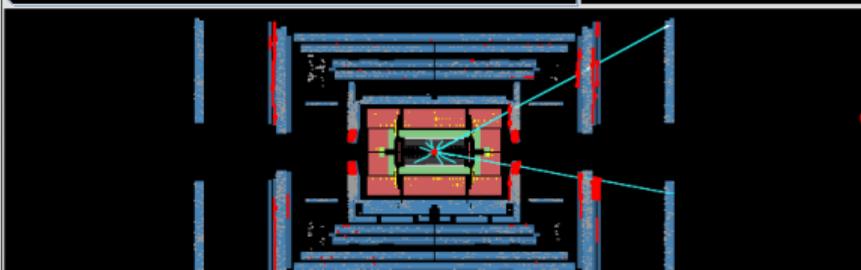
HYPATIA - Control Window

Parameter Control Interaction and Window Control Output Display

InDet Calo MuonDet Objects Geometry

Projection Data Cuts

InDet	Name	Value
Calo	[LAr ET]	5.0 GeV
MuonDet	[LAr Energy]	200.0 MeV
Objects	[LAr Energy Layer 0]	500.0 MeV
ATLAS	[LAr Energy Layer 1]	60.0 MeV
	[LAr Energy Layer 2]	155.0 MeV



# ¡Analizar!

47

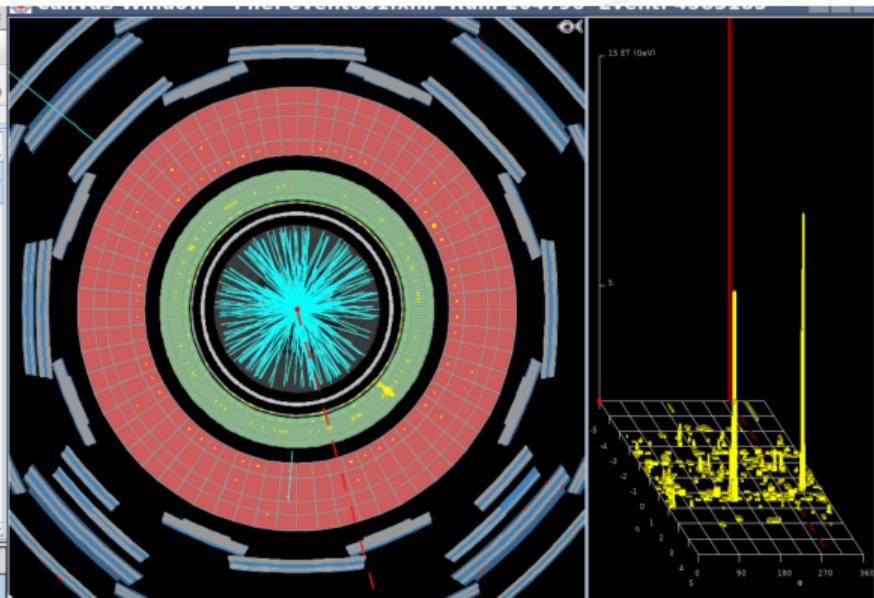
HYPATIA - Track Momenta Window

File Previous Event Next Event Electron Muon Photon Delete Track Reset Canvas

ETMs: 28.351 GeV  $\theta$ : -1.300 rad Collection: MET\_ReFinal

/home/mortice/AnalisisMonticel\_SVN/ATLASMasterClass/Events/groupA\_2p/eventD01.xml

Tracks	Physics Objects				
Track	+/-	P [GeV]	PT [GeV]	$\eta$	$\phi$
Tracks 1	-	10.22	1.67	-1.978	0.164
Tracks 2	+	8.70	1.83	-2.376	0.188
Tracks 5	-	64.77	46.69	-0.739	0.805
Tracks 8	-	6.38	1.37	2.253	0.216
Tracks 9	+	6.92	1.44	-0.526	0.209
Tracks 10	+	89.99	36.59	2.709	0.419
Tracks 11	+	18.88	3.15	0.408	2.974
Tracks 12	+	6.56	1.59	-0.793	0.245
Tracks 13	-	8.47	1.67	-0.384	0.198
Tracks 16	-	6.21	1.34	0.376	0.218
Tracks 18	-	8.93	1.72	-1.617	0.194
Tracks 19	-	4.94	1.03	3.107	2.931
Tracks 20	-	7.34	1.42	1.400	2.947
Tracks 23	-	10.70	2.85	2.764	2.892
Tracks 24	-	11.13	2.86	2.826	2.242
Tracks 28	-	4.13	1.00	-1.578	0.246
Tracks 30	+	5.69	3.58	-0.943	0.680
Tracks 31	-	5.20	2.92	1.030	0.398
Tracks 32	+	2.79	1.54	2.749	0.585
Tracks 33	-	8.06	1.42	1.274	2.965
Tracks 35	-	3.88	1.55	1.281	0.412
Tracks 37	-	2.22	1.73	0.094	0.896
Tracks 41	-	3.33	3.32	2.627	1.654
Tracks 44	+	6.47	1.35	0.644	2.932
Tracks 45	-	4.68	1.44	0.017	0.312
Tracks 47	++	2.49	1.77	0.939	0.791
Tracks 49	+	5.72	3.53	2.189	0.664
Tracks 50	-	7.61	2.05	-2.247	0.273
Tracks 51	+	3.14	1.27	-1.176	0.417

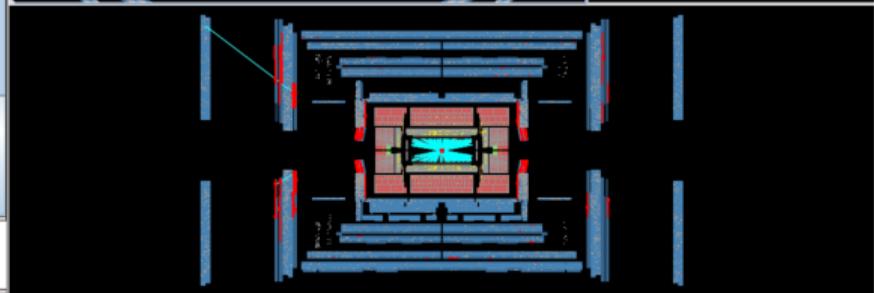


HYPATIA - Control Window

Parameter Control Interaction and Window Control Output Display

Projection Data Cuts InDet Calo MuonDet Objects **Geometry**

Geo	Name	Value
<input checked="" type="checkbox"/>	MDT color	6
<input checked="" type="checkbox"/>	CSC color	6
Background color		
<input type="checkbox"/>	Pixel/SCT geometry detail	14
<input type="checkbox"/>	TRT geometry detail	14
<input checked="" type="checkbox"/>	Calorimetry cell structure	14
<input checked="" type="checkbox"/>	Show BRectors	
<input type="checkbox"/>	Show detectors outline	



# Seleccionar Objetos

HYbrid Pupils' Analysis Tool for Interactions in ATLAS - version 7.4 - Invariant Mass Window

File View Histograms Preferences Help

### HYPATIA - Track Momenta Window

File Previous Event Next Event Electron Muon Photon Delete Track Reset Canvas

ETMiss: 32.401 GeV  $\phi$ : -0.012 Collection: MET\_#effFinal

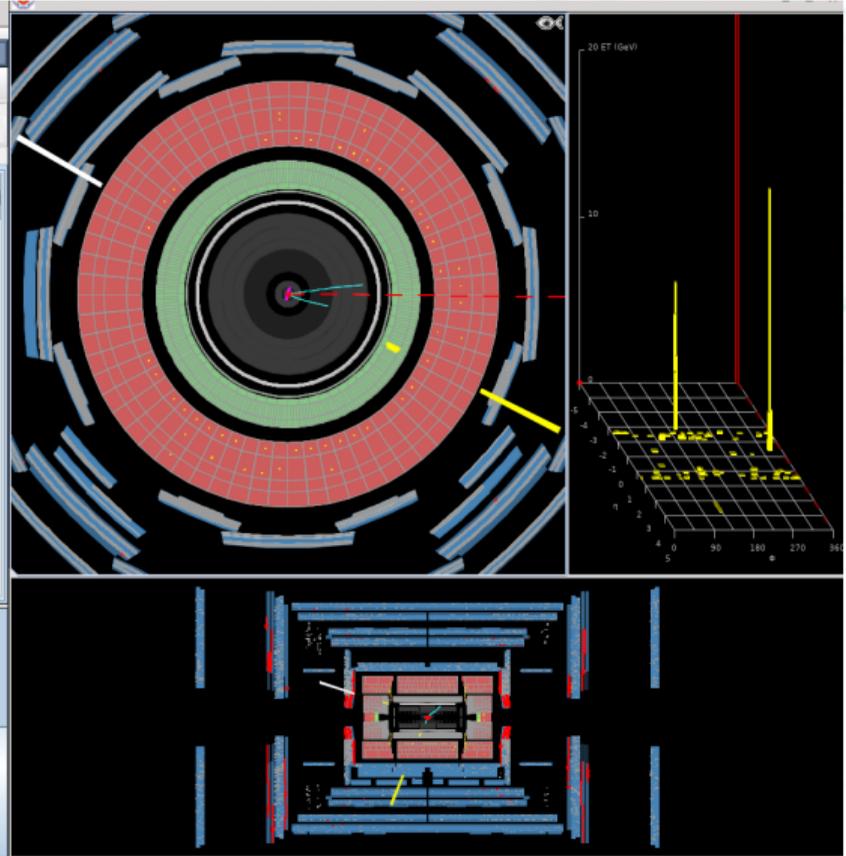
/home/monitcel/AnalysisMonticel\_SVN/ATLASMasterClass/Events/groupA.zip/event004.xml

Tracks **Physics Objects**

Object ID	Track	P [GeV]	Pt [GeV]	$\phi$	D
Object 0		159.15	48.66	2.620	2.831
Object 1		46.28	42.71	-0.460	1.966

Projection Data Cuts InDet Calo MuonDet Objects Geometry

InDet	Name	Value
Calo		
MuonDet	<input checked="" type="checkbox"/>  Pt	5.0 GeV
Objects	<input checked="" type="checkbox"/>  Pt2	700.0 MeV
ATLAS	<input checked="" type="checkbox"/>  d0	2.5 mm
	<input checked="" type="checkbox"/>  z0	20.0 cm
	<input type="checkbox"/>  d0 Loose	2.0 cm
	<input type="checkbox"/>  z0-zVtx	2.5 mm
	<input type="checkbox"/> Layer	D
	<input type="checkbox"/> Number Pixel Hits	2



# Seleccionar Objetos

HYbrid Pupils' Analysis Tool for Interactions in ATLAS - version 7.4 - Invariant Mass Window

File View Histograms Preferences Help

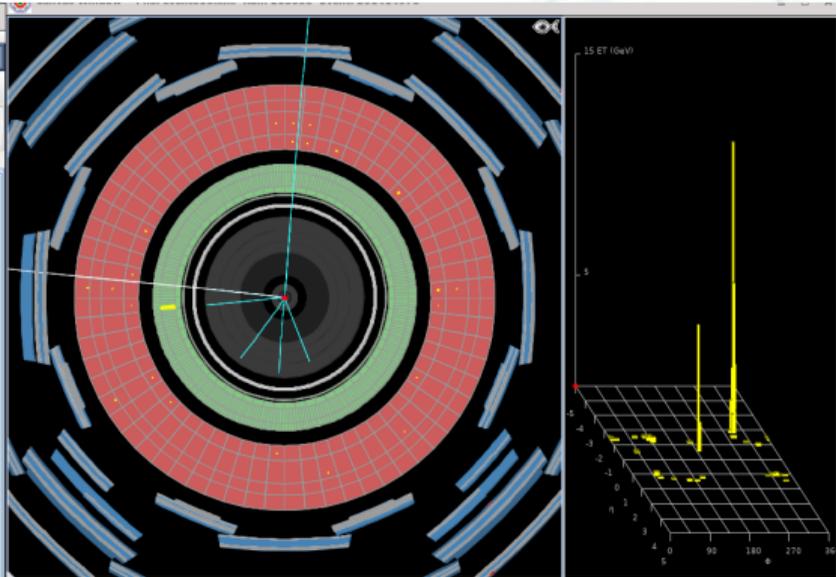
### HYPATIA - Track Momenta Window

File Previous Event Next Event Electron Muon Photon Delete Track Reset Canvas

ETMis: 3.232 rad  $\phi$ : 0.000 rad Collection: MET\_ReFinal

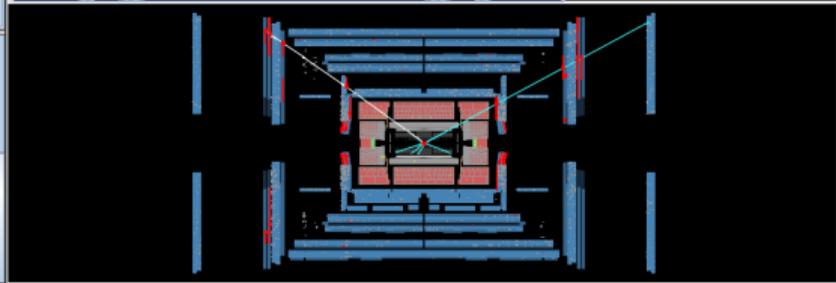
/home/monticel/Analysis/Monticel\_SVN/ATLAS/MasterClass/Events/groupA.zip/event006.xml

Track	Physics Objects						
Track	+/-	P [GeV]	Pt [GeV]	$\phi$	$\theta$		
Tracks 0	+	70.10	33.40	1.499	0.497		
Tracks 96	-	34.86	20.41	3.017	2.516		
Tracks 97	-	169.17	52.40	-1.201	2.827		
Tracks 126	+	36.79	31.99	-3.030	2.087		
Tracks 151	-	13.15	8.46	-1.075	2.444		
Tracks 159	+	21.89	7.86	-2.172	0.367		



Projection Data Cuts InDet Calo MuonDet Objects Geometry

Detector	Name	Value
InDet		
Calo		
MuonDet	<input checked="" type="checkbox"/>  Pt	5.0 GeV
Objects	<input type="checkbox"/>  Pt2	700.0 MeV
ATLAS	<input checked="" type="checkbox"/>  d0	2.5 mm
	<input checked="" type="checkbox"/>  z0	20.0 cm
	<input type="checkbox"/>  d0 Loose	2.0 cm
	<input type="checkbox"/>  z0-zVtx	2.5 mm
	<input type="checkbox"/> Layer	0
	<input type="checkbox"/> Number Pixel Hits	2





# Exportar histogramas

51

**Hybrid Pupils' Analysis Tool for Interactions in ATLAS - version 7.4 - Invariant Mass Window**

File View Histograms Preferences Help

- Read Event Locally
- Read Event From URL (live)
- Clear Hypatia Project
- Load Hypatia Project
- Save Hypatia Project
- Export Invariant Masses
- Loop over events
- Save Image of Canvas
- Animated Event
- Event Properties
- Read Geometry
- Read G4Steps
- Exit

ETMis [GeV]	Track	P [GeV]	+/-	Pt [GeV]	$\phi$	$\eta$	M(2) [GeV]	M(eeee) [GeV]	M(eemm) [GeV]	M(mmmm) [G...	e/m/g
22.0	Object 1	152.4	-	76.9	-2.175	-1.306					y
20.061	Tracks 137	80.7	-	40.9	-0.651	-1.302	89.880				g
	Tracks 139	177.8	+	42.0	2.402	-2.122					e

nt004.xml Run: 204796 Event: 8322974

**HYPATIA - Track Momenta Window**

File Previous Event Next Event Electron Muon Photon Delete Track Reset Canvas

ETMis: 20.061 GeV  $\phi$ : -1.469 rad Collection: MET\_Reffinal

/home/fernando/AnalysisMonticel/MasterClass\_2016/events/groupA.zip/event004.xml

Track	+/-	P [GeV]	Pt [GeV]	$\phi$	$\theta$
Tracks 137	-	80.75	40.90	-0.651	2.610
Tracks 139	+	177.70	42.00	2.402	2.903
Tracks 187	+	20.91	13.51	-0.325	2.440

**HYPATIA - Control Window**

Parameter Control Interaction and Window Control Output Display

Projection Data Cuts InDet Calo MuonDet Objects Geometry

Data

Name	Value
<input checked="" type="checkbox"/> Status	
<input checked="" type="checkbox"/> InDet	
<input checked="" type="checkbox"/> Calo	
<input checked="" type="checkbox"/> MuonDet	
<input checked="" type="checkbox"/> Objects	



¡A Laburar!

The background features a complex, abstract pattern of thin, light blue lines that swirl and curve across the page. Interspersed among these lines are small, faint red dots and clusters of dots, creating a sense of depth and movement. The overall color palette is soft and ethereal, with the light blue lines and dots standing out against a pale, off-white background.

BACKUP