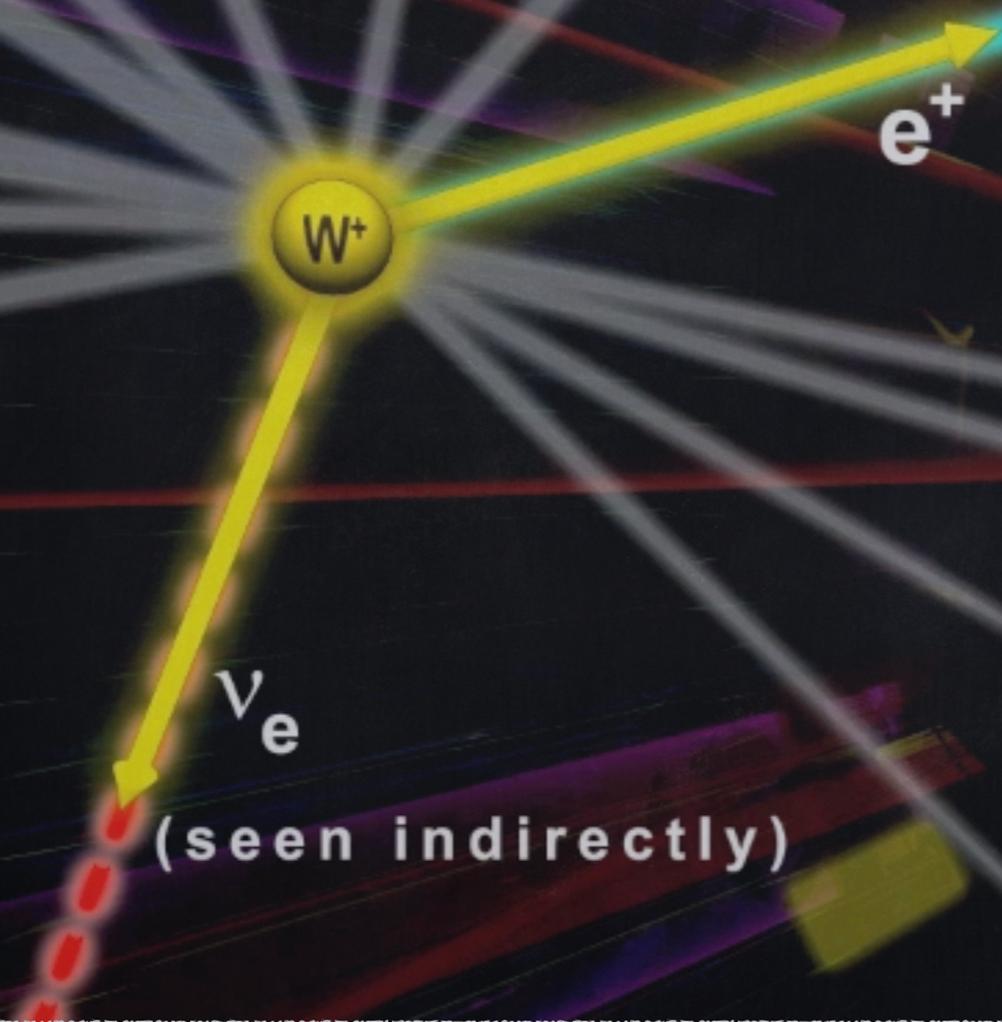




# DESINTEGRACIONES DEL $W$ y $H$



Xabier Marcano

[xabier.marcano@uam.es](mailto:xabier.marcano@uam.es)

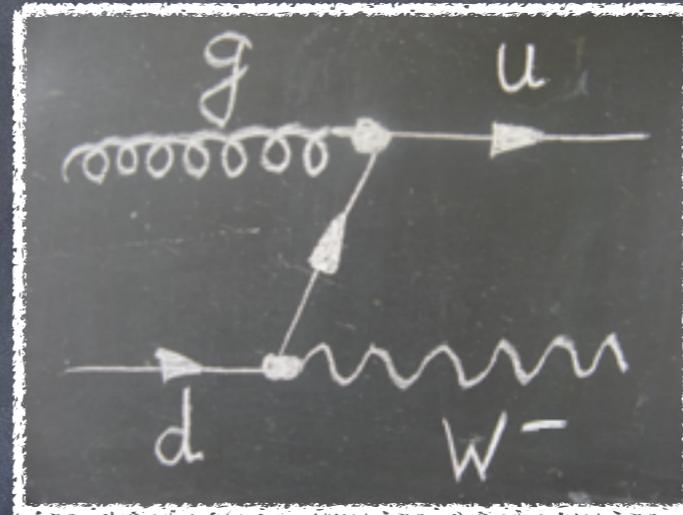
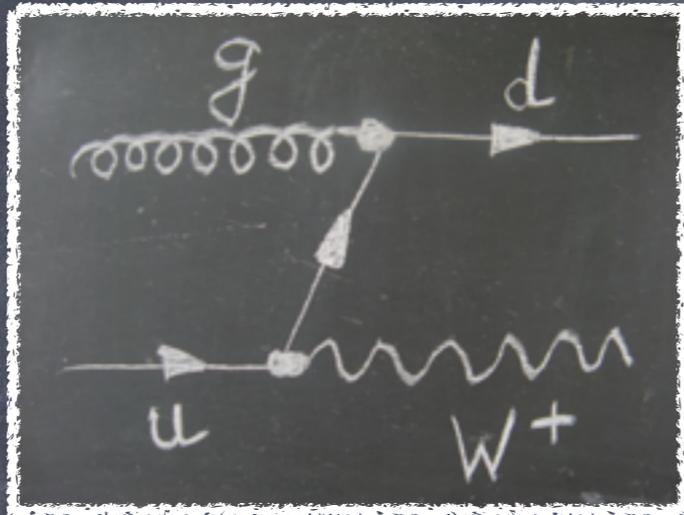
@xabimarcano

Hands on Particle Physics International Masterclass  
Preparación para el ejercicio práctico

# Nuestros objetivos para hoy

## 1) ¿Estructura el protón?

¿Se producen más bosones  $W^+$  o  $W^-$ ?

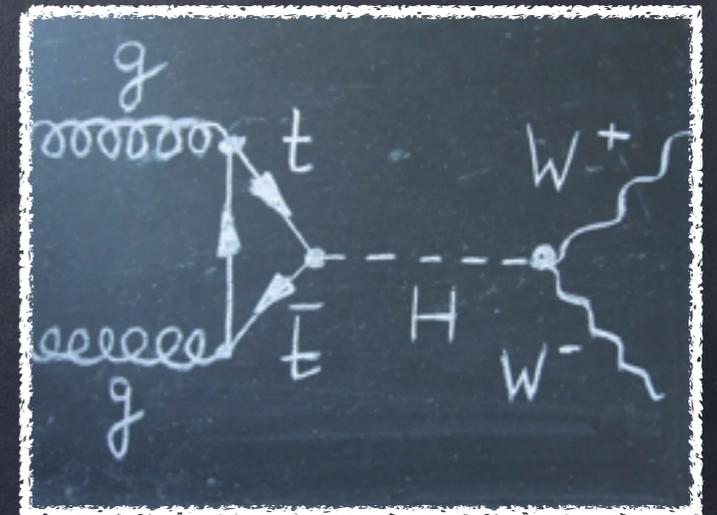


$$R^\pm = (\text{Número de } W^+) / (\text{Número de } W^-)$$

!!! Nos dirá de qué está hecho el protón!!!

## 2) Búsqueda del Higgs

¿Encontraremos el bosón de Higgs?



# Las partículas elementales

0.511 MeV/c<sup>2</sup>

-1

1/2



electron

# Las partículas elementales

masa



0.511 MeV/c<sup>2</sup>

carga



-1

spin



1/2



electron

# Las partículas elementales

masa



0.511 MeV/c<sup>2</sup>

carga



+1

spin



1/2



positron

# Las partículas elementales

masa



0.511 MeV/c<sup>2</sup>

carga



-1

spin



1/2



electron

# La tabla periódica moderna

$\approx 2.3 \text{ MeV}/c^2$ 2/3 1/2 <b>u</b> up	$\approx 1.275 \text{ GeV}/c^2$ 2/3 1/2 <b>c</b> charm	$\approx 173.07 \text{ GeV}/c^2$ 2/3 1/2 <b>t</b> top	0 0 1 <b>g</b> gluon	$\approx 126 \text{ GeV}/c^2$ 0 0 0 <b>H</b> Higgs boson
$\approx 4.8 \text{ MeV}/c^2$ -1/3 1/2 <b>d</b> down	$\approx 95 \text{ MeV}/c^2$ -1/3 1/2 <b>s</b> strange	$\approx 4.18 \text{ GeV}/c^2$ -1/3 1/2 <b>b</b> bottom	0 0 1 <b><math>\gamma</math></b> photon	
$0.511 \text{ MeV}/c^2$ -1 1/2 <b>e</b> electron	$105.7 \text{ MeV}/c^2$ -1 1/2 <b><math>\mu</math></b> muon	$1.777 \text{ GeV}/c^2$ -1 1/2 <b><math>\tau</math></b> tau	$91.2 \text{ GeV}/c^2$ 0 1 <b>Z</b> Z boson	
$< 2.2 \text{ eV}/c^2$ 0 1/2 <b><math>\nu_e</math></b> electron neutrino	$< 0.17 \text{ MeV}/c^2$ 0 1/2 <b><math>\nu_\mu</math></b> muon neutrino	$< 15.5 \text{ MeV}/c^2$ 0 1/2 <b><math>\nu_\tau</math></b> tau neutrino	$80.4 \text{ GeV}/c^2$ $\pm 1$ 1 <b>W</b> W boson	

# La tabla periódica moderna

Q  
U  
A  
R  
T  
A  
S

$\approx 2.3 \text{ MeV}/c^2$ 2/3 1/2 <b>u</b> up	$\approx 1.275 \text{ GeV}/c^2$ 2/3 1/2 <b>c</b> charm	$\approx 173.07 \text{ GeV}/c^2$ 2/3 1/2 <b>t</b> top	0 0 1 <b>g</b> gluon	$\approx 126 \text{ GeV}/c^2$ 0 0 0 <b>H</b> Higgs boson
$\approx 4.8 \text{ MeV}/c^2$ -1/3 1/2 <b>d</b> down	$\approx 95 \text{ MeV}/c^2$ -1/3 1/2 <b>s</b> strange	$\approx 4.18 \text{ GeV}/c^2$ -1/3 1/2 <b>b</b> bottom	0 0 1 <b><math>\gamma</math></b> photon	
0.511 $\text{MeV}/c^2$ -1 1/2 <b>e</b> electron	105.7 $\text{MeV}/c^2$ -1 1/2 <b><math>\mu</math></b> muon	1.777 $\text{GeV}/c^2$ -1 1/2 <b><math>\tau</math></b> tau	91.2 $\text{GeV}/c^2$ 0 1 <b>Z</b> Z boson	
$< 2.2 \text{ eV}/c^2$ 0 1/2 <b><math>\nu_e</math></b> electron neutrino	$< 0.17 \text{ MeV}/c^2$ 0 1/2 <b><math>\nu_\mu</math></b> muon neutrino	$< 15.5 \text{ MeV}/c^2$ 0 1/2 <b><math>\nu_\tau</math></b> tau neutrino	80.4 $\text{GeV}/c^2$ $\pm 1$ 1 <b>W</b> W boson	

# La tabla periódica moderna

Q  
U  
A  
R  
K  
S  
  
L  
E  
P  
T  
O  
N  
S

$\approx 2.3 \text{ MeV}/c^2$ 2/3 1/2 <b>u</b> up	$\approx 1.275 \text{ GeV}/c^2$ 2/3 1/2 <b>c</b> charm	$\approx 173.07 \text{ GeV}/c^2$ 2/3 1/2 <b>t</b> top	0 0 1 <b>g</b> gluon	$\approx 126 \text{ GeV}/c^2$ 0 0 0 <b>H</b> Higgs boson
$\approx 4.8 \text{ MeV}/c^2$ -1/3 1/2 <b>d</b> down	$\approx 95 \text{ MeV}/c^2$ -1/3 1/2 <b>s</b> strange	$\approx 4.18 \text{ GeV}/c^2$ -1/3 1/2 <b>b</b> bottom	0 0 1 <b><math>\gamma</math></b> photon	
$0.511 \text{ MeV}/c^2$ -1 1/2 <b>e</b> electron	$105.7 \text{ MeV}/c^2$ -1 1/2 <b><math>\mu</math></b> muon	$1.777 \text{ GeV}/c^2$ -1 1/2 <b><math>\tau</math></b> tau	$91.2 \text{ GeV}/c^2$ 0 1 <b>Z</b> Z boson	
$< 2.2 \text{ eV}/c^2$ 0 1/2 <b><math>\nu_e</math></b> electron neutrino	$< 0.17 \text{ MeV}/c^2$ 0 1/2 <b><math>\nu_\mu</math></b> muon neutrino	$< 15.5 \text{ MeV}/c^2$ 0 1/2 <b><math>\nu_\tau</math></b> tau neutrino	$80.4 \text{ GeV}/c^2$ $\pm 1$ 1 <b>W</b> W boson	

# La tabla periódica moderna

1ª familia

Q  
A  
R  
S  
L  
P  
T  
O  
Z  
E  
S

$\approx 2.3 \text{ MeV}/c^2$ 2/3 1/2 <b>u</b> up	$\approx 1.275 \text{ GeV}/c^2$ 2/3 1/2 <b>c</b> charm	$\approx 173.07 \text{ GeV}/c^2$ 2/3 1/2 <b>t</b> top	0 0 1 <b>g</b> gluon	$\approx 126 \text{ GeV}/c^2$ 0 0 0 <b>H</b> Higgs boson
$\approx 4.8 \text{ MeV}/c^2$ -1/3 1/2 <b>d</b> down	$\approx 95 \text{ MeV}/c^2$ -1/3 1/2 <b>s</b> strange	$\approx 4.18 \text{ GeV}/c^2$ -1/3 1/2 <b>b</b> bottom	0 0 1 <b><math>\gamma</math></b> photon	
$0.511 \text{ MeV}/c^2$ -1 1/2 <b>e</b> electron	$105.7 \text{ MeV}/c^2$ -1 1/2 <b><math>\mu</math></b> muon	$1.777 \text{ GeV}/c^2$ -1 1/2 <b><math>\tau</math></b> tau	$91.2 \text{ GeV}/c^2$ 0 1 <b>Z</b> Z boson	
$< 2.2 \text{ eV}/c^2$ 0 1/2 <b><math>\nu_e</math></b> electron neutrino	$< 0.17 \text{ MeV}/c^2$ 0 1/2 <b><math>\nu_\mu</math></b> muon neutrino	$< 15.5 \text{ MeV}/c^2$ 0 1/2 <b><math>\nu_\tau</math></b> tau neutrino	$80.4 \text{ GeV}/c^2$ $\pm 1$ 1 <b>W</b> W boson	

# La tabla periódica moderna

1ª familia 2ª familia

Q  
A  
R  
S  
L  
P  
T  
O  
Z  
E  
S

$\approx 2.3 \text{ MeV}/c^2$   
2/3  
1/2  
**u**  
up

$\approx 1.275 \text{ GeV}/c^2$   
2/3  
1/2  
**c**  
charm

$\approx 173.07 \text{ GeV}/c^2$   
2/3  
1/2  
**t**  
top

0  
0  
1  
**g**  
gluon

$\approx 126 \text{ GeV}/c^2$   
0  
0  
**H**  
Higgs boson

$\approx 4.8 \text{ MeV}/c^2$   
-1/3  
1/2  
**d**  
down

$\approx 95 \text{ MeV}/c^2$   
-1/3  
1/2  
**s**  
strange

$\approx 4.18 \text{ GeV}/c^2$   
-1/3  
1/2  
**b**  
bottom

0  
0  
1  
 **$\gamma$**   
photon

$0.511 \text{ MeV}/c^2$   
-1  
1/2  
**e**  
electron

$105.7 \text{ MeV}/c^2$   
-1  
1/2  
 **$\mu$**   
muon

$1.777 \text{ GeV}/c^2$   
-1  
1/2  
 **$\tau$**   
tau

$91.2 \text{ GeV}/c^2$   
0  
1  
**Z**  
Z boson

$< 2.2 \text{ eV}/c^2$   
0  
1/2  
 **$\nu_e$**   
electron neutrino

$< 0.17 \text{ MeV}/c^2$   
0  
1/2  
 **$\nu_\mu$**   
muon neutrino

$< 15.5 \text{ MeV}/c^2$   
0  
1/2  
 **$\nu_\tau$**   
tau neutrino

$80.4 \text{ GeV}/c^2$   
 $\pm 1$   
1  
**W**  
W boson

# La tabla periódica moderna

1ª familia 2ª familia 3ª familia

Q  
A  
R  
S  
L  
P  
T  
O  
Z  
E  
S

$\approx 2.3 \text{ MeV}/c^2$   
2/3  
1/2  
**u**  
up

$\approx 1.275 \text{ GeV}/c^2$   
2/3  
1/2  
**c**  
charm

$\approx 173.07 \text{ GeV}/c^2$   
2/3  
1/2  
**t**  
top

0  
0  
1  
**g**  
gluon

$\approx 126 \text{ GeV}/c^2$   
0  
0  
**H**  
Higgs boson

$\approx 4.8 \text{ MeV}/c^2$   
-1/3  
1/2  
**d**  
down

$\approx 95 \text{ MeV}/c^2$   
-1/3  
1/2  
**s**  
strange

$\approx 4.18 \text{ GeV}/c^2$   
-1/3  
1/2  
**b**  
bottom

0  
0  
1  
 **$\gamma$**   
photon

$0.511 \text{ MeV}/c^2$   
-1  
1/2  
**e**  
electron

$105.7 \text{ MeV}/c^2$   
-1  
1/2  
 **$\mu$**   
muon

$1.777 \text{ GeV}/c^2$   
-1  
1/2  
 **$\tau$**   
tau

$91.2 \text{ GeV}/c^2$   
0  
1  
**Z**  
Z boson

$< 2.2 \text{ eV}/c^2$   
0  
1/2  
 **$\nu_e$**   
electron neutrino

$< 0.17 \text{ MeV}/c^2$   
0  
1/2  
 **$\nu_\mu$**   
muon neutrino

$< 15.5 \text{ MeV}/c^2$   
0  
1/2  
 **$\nu_\tau$**   
tau neutrino

$80.4 \text{ GeV}/c^2$   
 $\pm 1$   
1  
**W**  
W boson

# La tabla periódica moderna

1ª familia 2ª familia 3ª familia

QUARKS  
LEPTONS

$\approx 2.3 \text{ MeV}/c^2$ $2/3$ $1/2$ <b>u</b> up	$\approx 1.275 \text{ GeV}/c^2$ $2/3$ $1/2$ <b>c</b> charm	$\approx 173.07 \text{ GeV}/c^2$ $2/3$ $1/2$ <b>t</b> top	$0$ $0$ $1$ <b>g</b> gluon	$\approx 126 \text{ GeV}/c^2$ $0$ $0$ <b>H</b> Higgs boson
$\approx 4.8 \text{ MeV}/c^2$ $-1/3$ $1/2$ <b>d</b> down	$\approx 95 \text{ MeV}/c^2$ $-1/3$ $1/2$ <b>s</b> strange	$\approx 4.18 \text{ GeV}/c^2$ $-1/3$ $1/2$ <b>b</b> bottom	$0$ $0$ $1$ <b><math>\gamma</math></b> photon	
$0.511 \text{ MeV}/c^2$ $-1$ $1/2$ <b>e</b> electron	$105.7 \text{ MeV}/c^2$ $-1$ $1/2$ <b><math>\mu</math></b> muon	$1.777 \text{ GeV}/c^2$ $-1$ $1/2$ <b><math>\tau</math></b> tau	$91.2 \text{ GeV}/c^2$ $0$ $1$ <b>Z</b> Z boson	
$< 2.2 \text{ eV}/c^2$ $0$ $1/2$ <b><math>\nu_e</math></b> electron neutrino	$< 0.17 \text{ MeV}/c^2$ $0$ $1/2$ <b><math>\nu_\mu</math></b> muon neutrino	$< 15.5 \text{ MeV}/c^2$ $0$ $1/2$ <b><math>\nu_\tau</math></b> tau neutrino	$80.4 \text{ GeV}/c^2$ $\pm 1$ $1$ <b>W</b> W boson	

FUERZAS

# La tabla periódica moderna

1ª familia 2ª familia 3ª familia

QUARKS  
LEPTONS

FUERZAS

$\approx 2.3 \text{ MeV}/c^2$ $2/3$ $1/2$ <b>u</b> up	$\approx 1.275 \text{ GeV}/c^2$ $2/3$ $1/2$ <b>c</b> charm	$\approx 173.07 \text{ GeV}/c^2$ $2/3$ $1/2$ <b>t</b> top	$0$ $0$ $1$ <b>g</b> gluon	$\approx 126 \text{ GeV}/c^2$ $0$ $0$ <b>H</b> Higgs boson
$\approx 4.8 \text{ MeV}/c^2$ $-1/3$ $1/2$ <b>d</b> down	$\approx 95 \text{ MeV}/c^2$ $-1/3$ $1/2$ <b>s</b> strange	$\approx 4.18 \text{ GeV}/c^2$ $-1/3$ $1/2$ <b>b</b> bottom	$0$ $0$ $1$ <b><math>\gamma</math></b> photon	
$0.511 \text{ MeV}/c^2$ $-1$ $1/2$ <b>e</b> electron	$105.7 \text{ MeV}/c^2$ $-1$ $1/2$ <b><math>\mu</math></b> muon	$1.777 \text{ GeV}/c^2$ $-1$ $1/2$ <b><math>\tau</math></b> tau	$91.2 \text{ GeV}/c^2$ $0$ $1$ <b>Z</b> Z boson	
$< 2.2 \text{ eV}/c^2$ $0$ $1/2$ <b><math>\nu_e</math></b> electron neutrino	$< 0.17 \text{ MeV}/c^2$ $0$ $1/2$ <b><math>\nu_\mu</math></b> muon neutrino	$< 15.5 \text{ MeV}/c^2$ $0$ $1/2$ <b><math>\nu_\tau</math></b> tau neutrino	$80.4 \text{ GeV}/c^2$ $\pm 1$ $1$ <b>W</b> W boson	

# EL Modelo Estándar de Partículas

1ª familia 2ª familia 3ª familia

QUARKS  
LEPTONS

FUERZAS

$\approx 2.3 \text{ MeV}/c^2$ $2/3$ $1/2$  up	$\approx 1.275 \text{ GeV}/c^2$ $2/3$ $1/2$  charm	$\approx 173.07 \text{ GeV}/c^2$ $2/3$ $1/2$  top	$0$ $0$ $1$  gluon	$\approx 126 \text{ GeV}/c^2$ $0$ $0$  Higgs boson
$\approx 4.8 \text{ MeV}/c^2$ $-1/3$ $1/2$  down	$\approx 95 \text{ MeV}/c^2$ $-1/3$ $1/2$  strange	$\approx 4.18 \text{ GeV}/c^2$ $-1/3$ $1/2$  bottom	$0$ $0$ $1$  photon	
$0.511 \text{ MeV}/c^2$ $-1$ $1/2$  electron	$105.7 \text{ MeV}/c^2$ $-1$ $1/2$  muon	$1.777 \text{ GeV}/c^2$ $-1$ $1/2$  tau	$91.2 \text{ GeV}/c^2$ $0$ $1$  Z boson	
$< 2.2 \text{ eV}/c^2$ $0$ $1/2$  electron neutrino	$< 0.17 \text{ MeV}/c^2$ $0$ $1/2$  muon neutrino	$< 15.5 \text{ MeV}/c^2$ $0$ $1/2$  tau neutrino	$80.4 \text{ GeV}/c^2$ $\pm 1$ $1$  W boson	

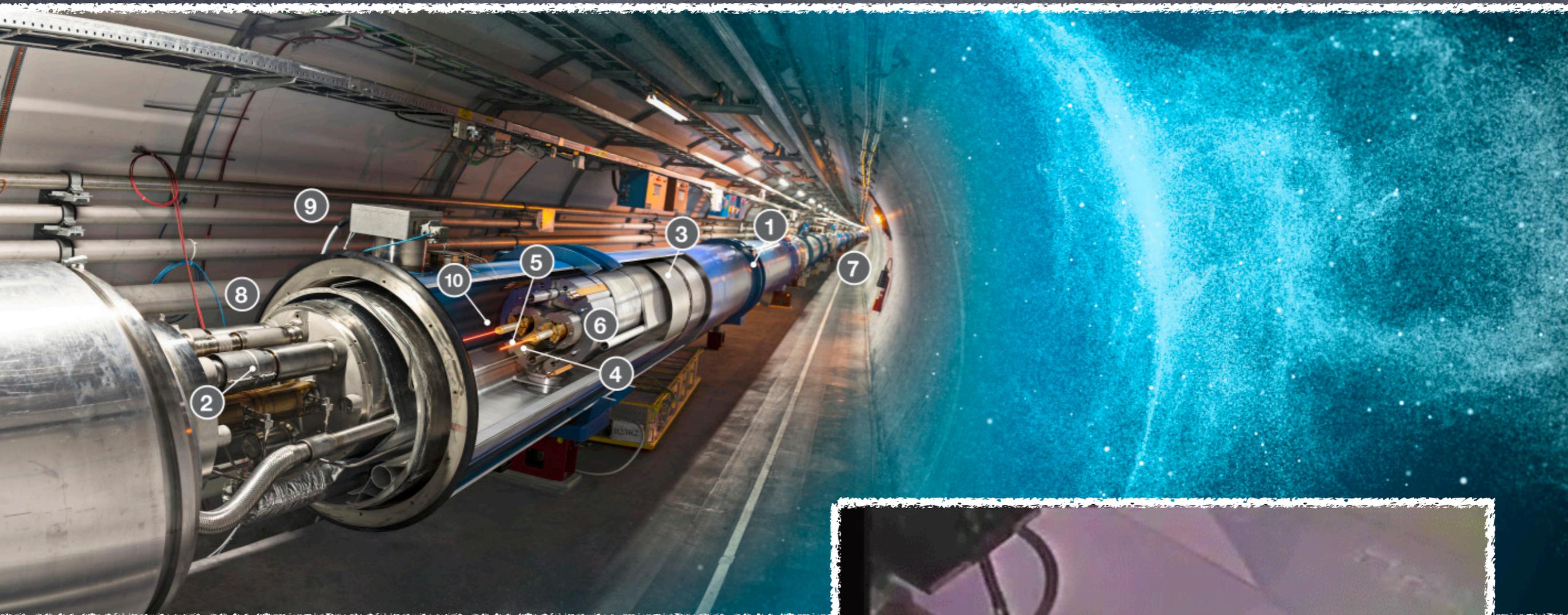
# ¿Cómo detectamos estas partículas?



by Keti Mirziashvili

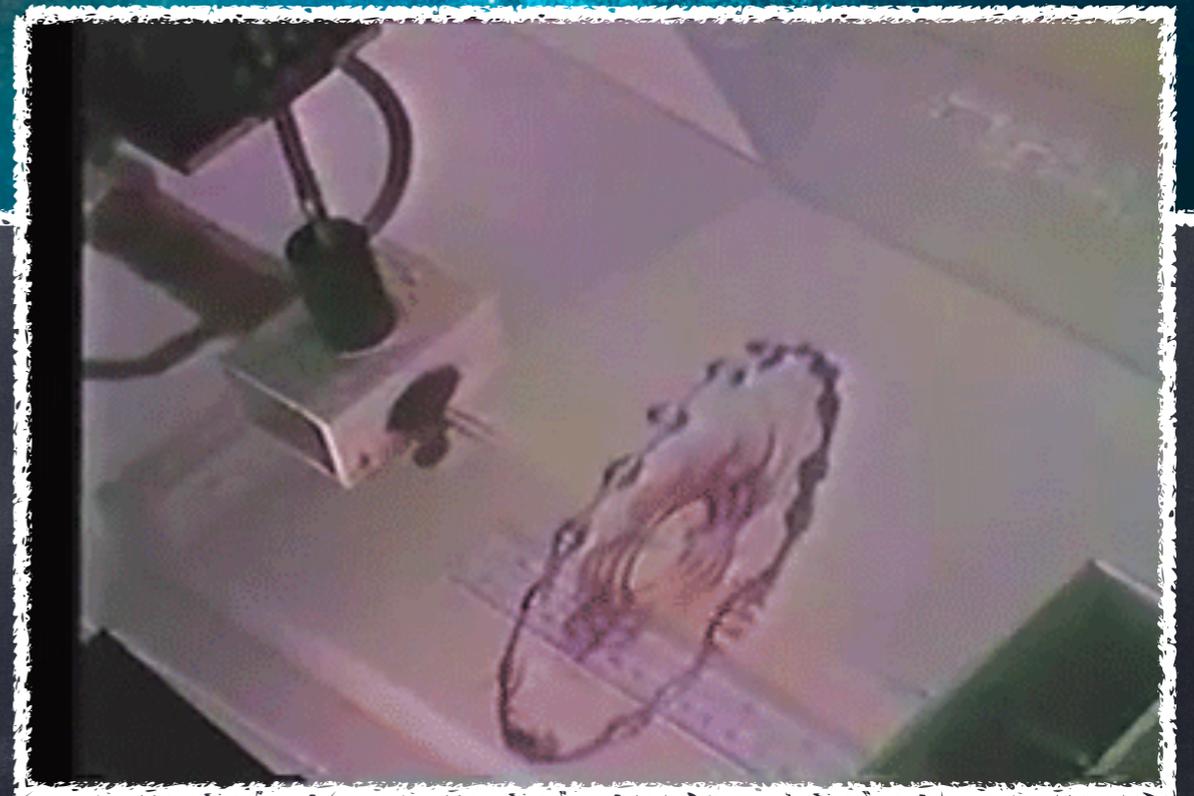
¿Nos vamos de pesca?

# Paso 1: Producirlas

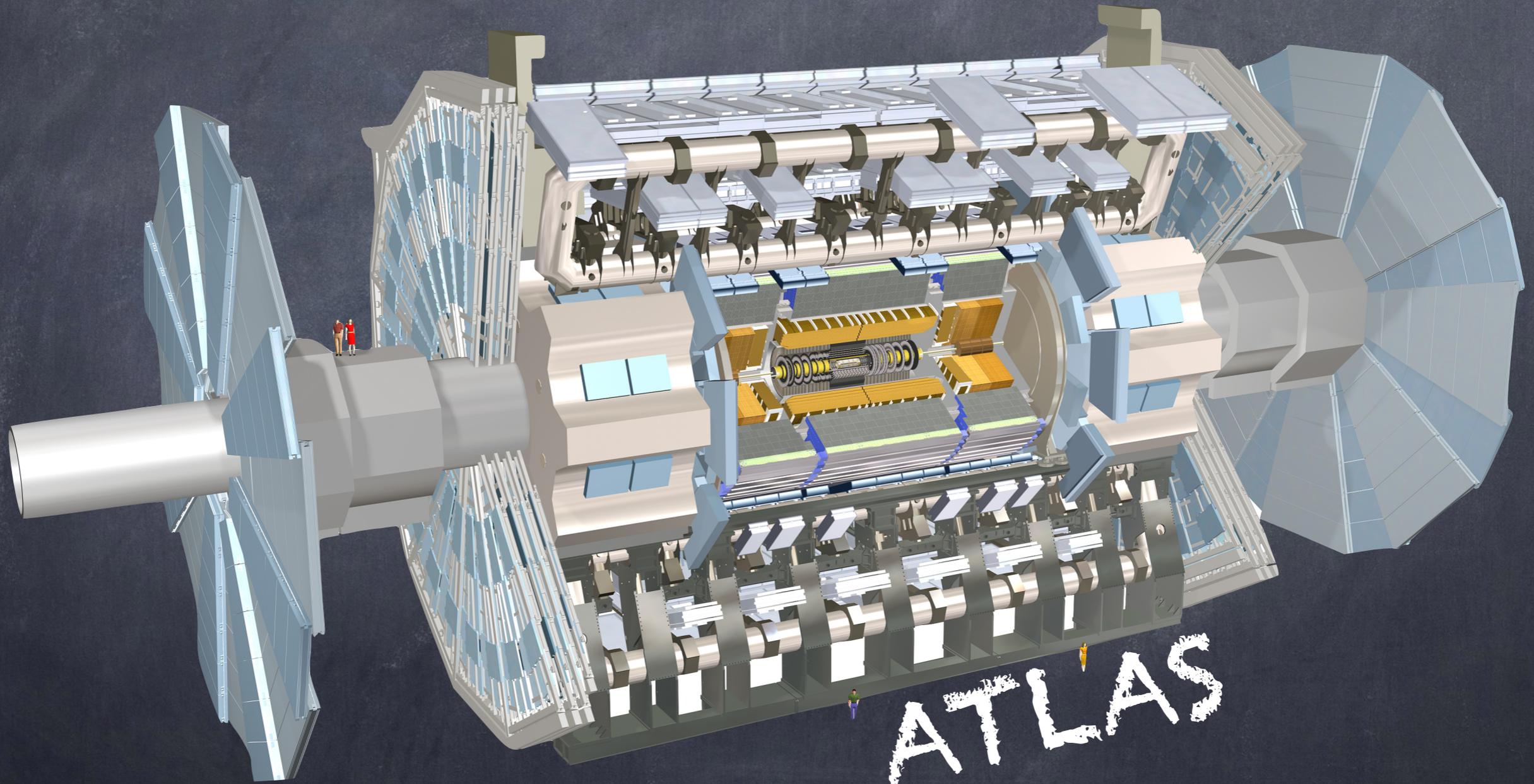


EL LHC colisiona  
protones muy energéticos

$$E_p \sim 6.5 \text{ TeV} \sim 6500 m_p$$



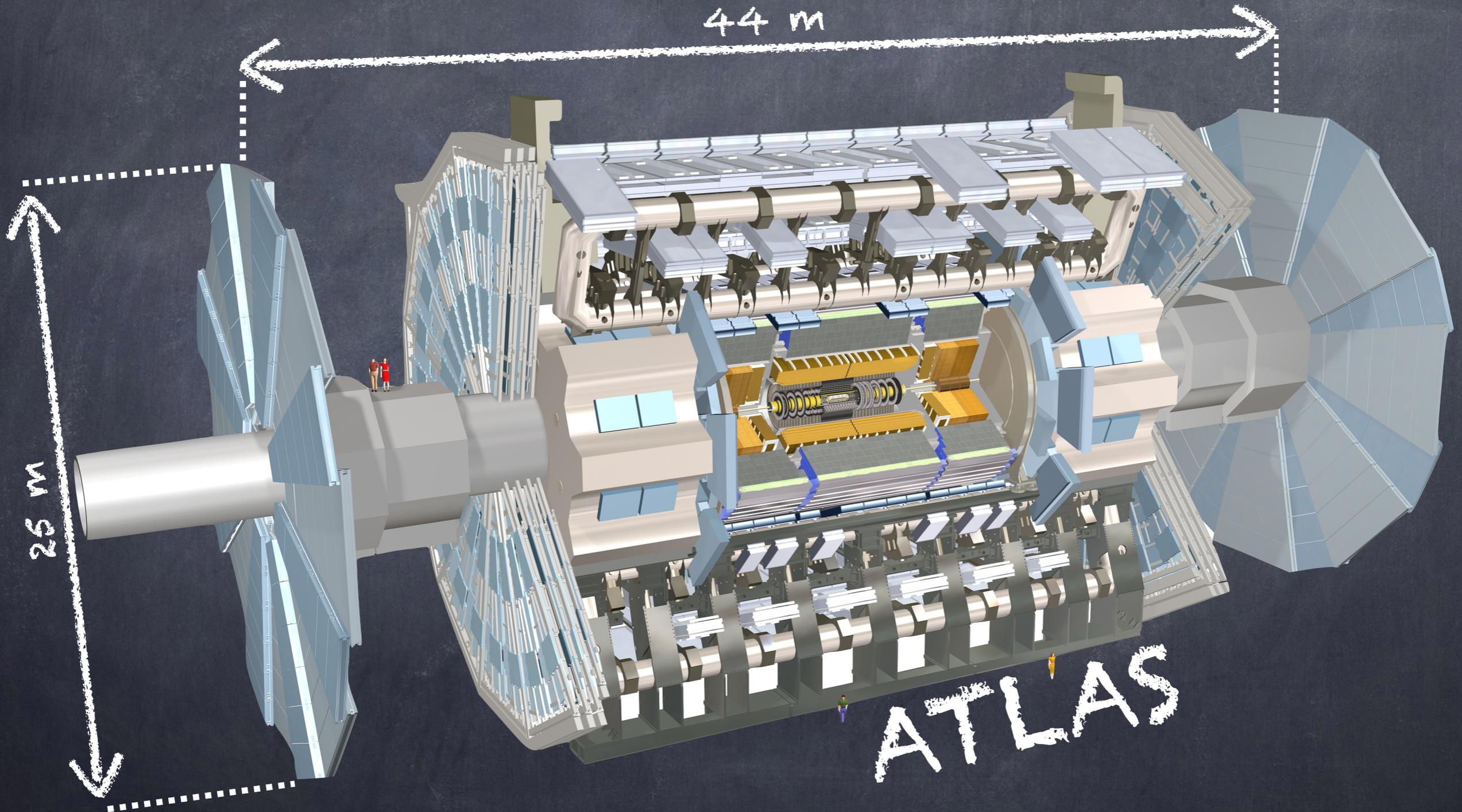
# Paso 2: Detectarlas



# ATLAS

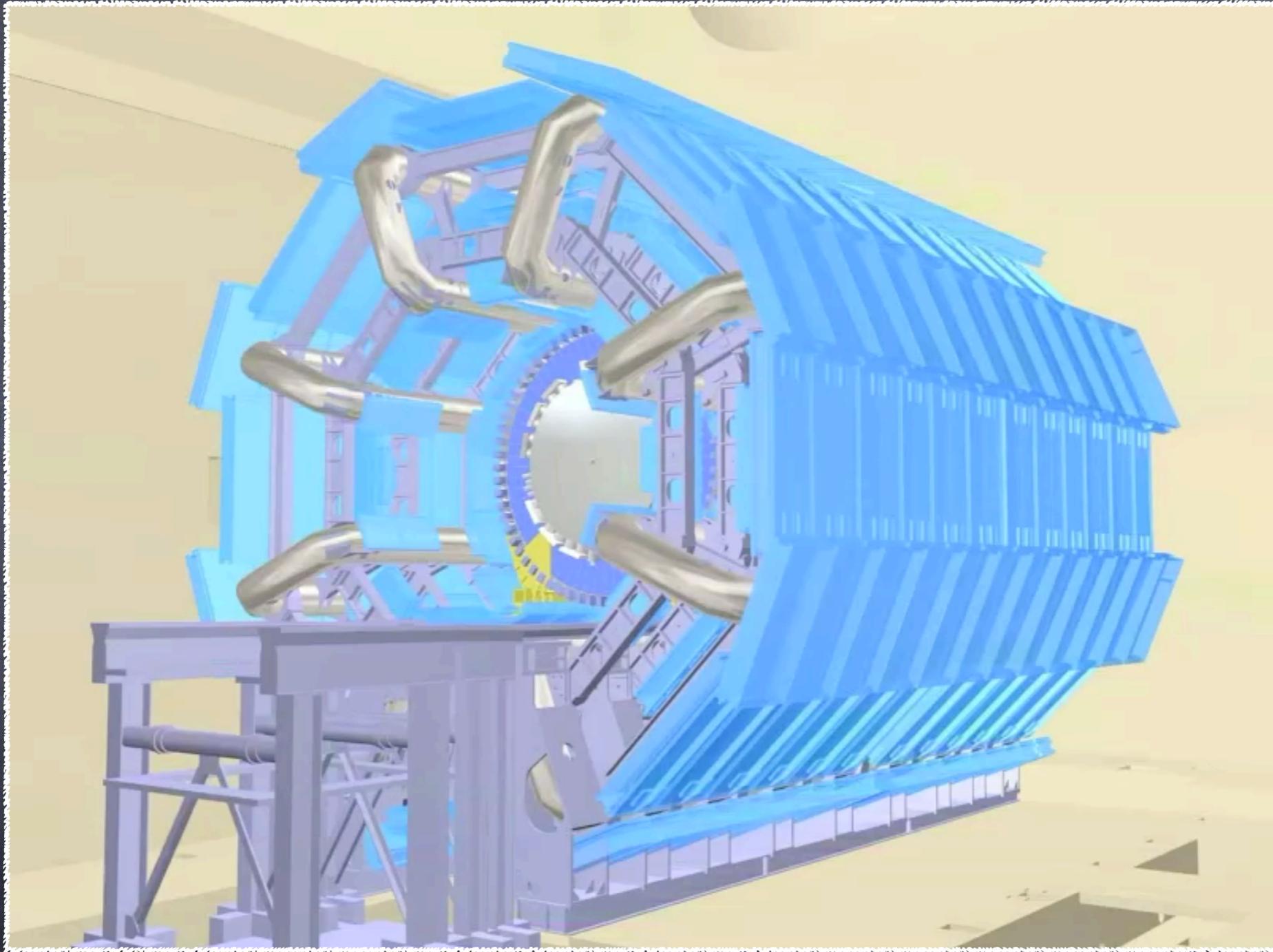
# Paso 2: Detectarlas

44 m



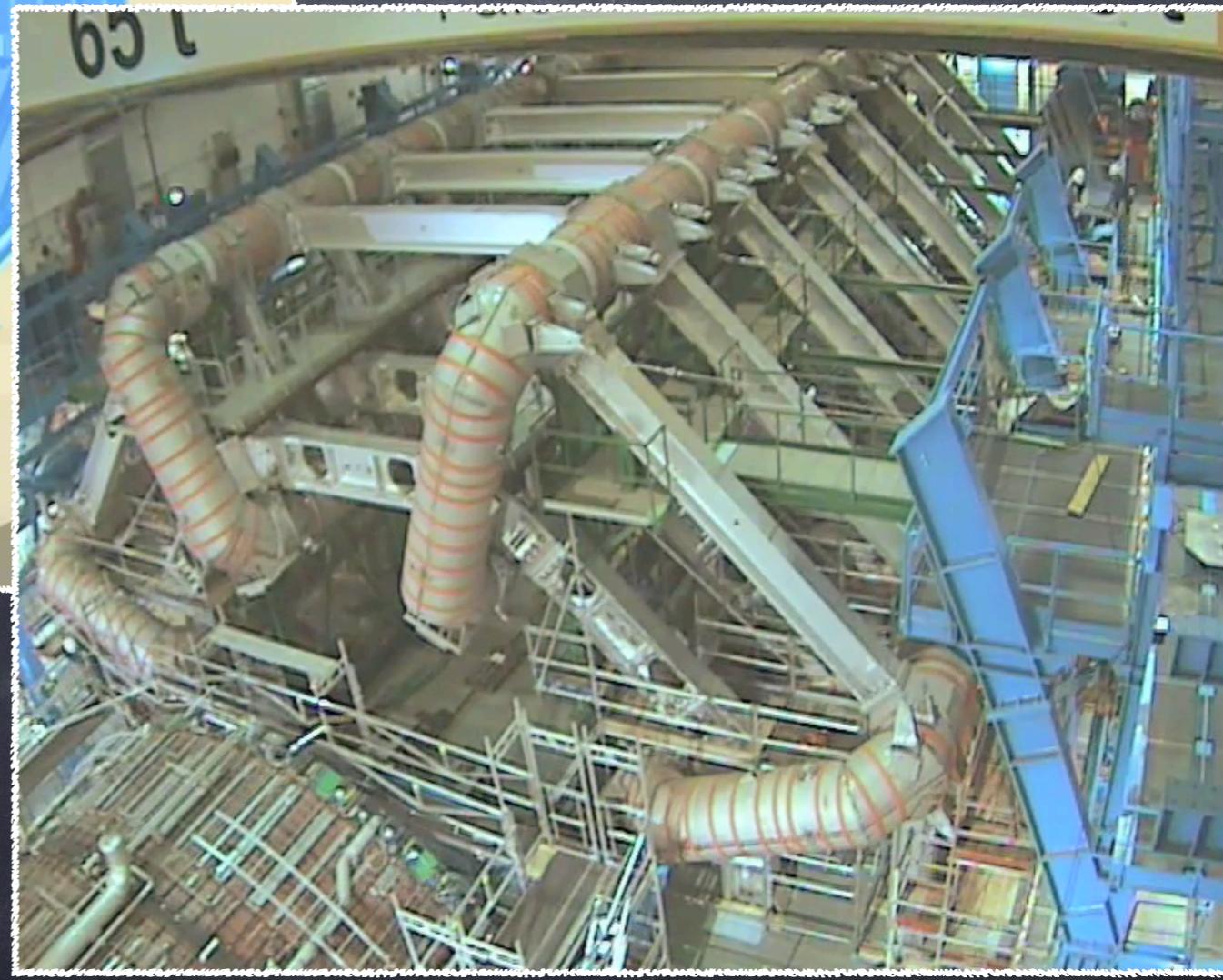
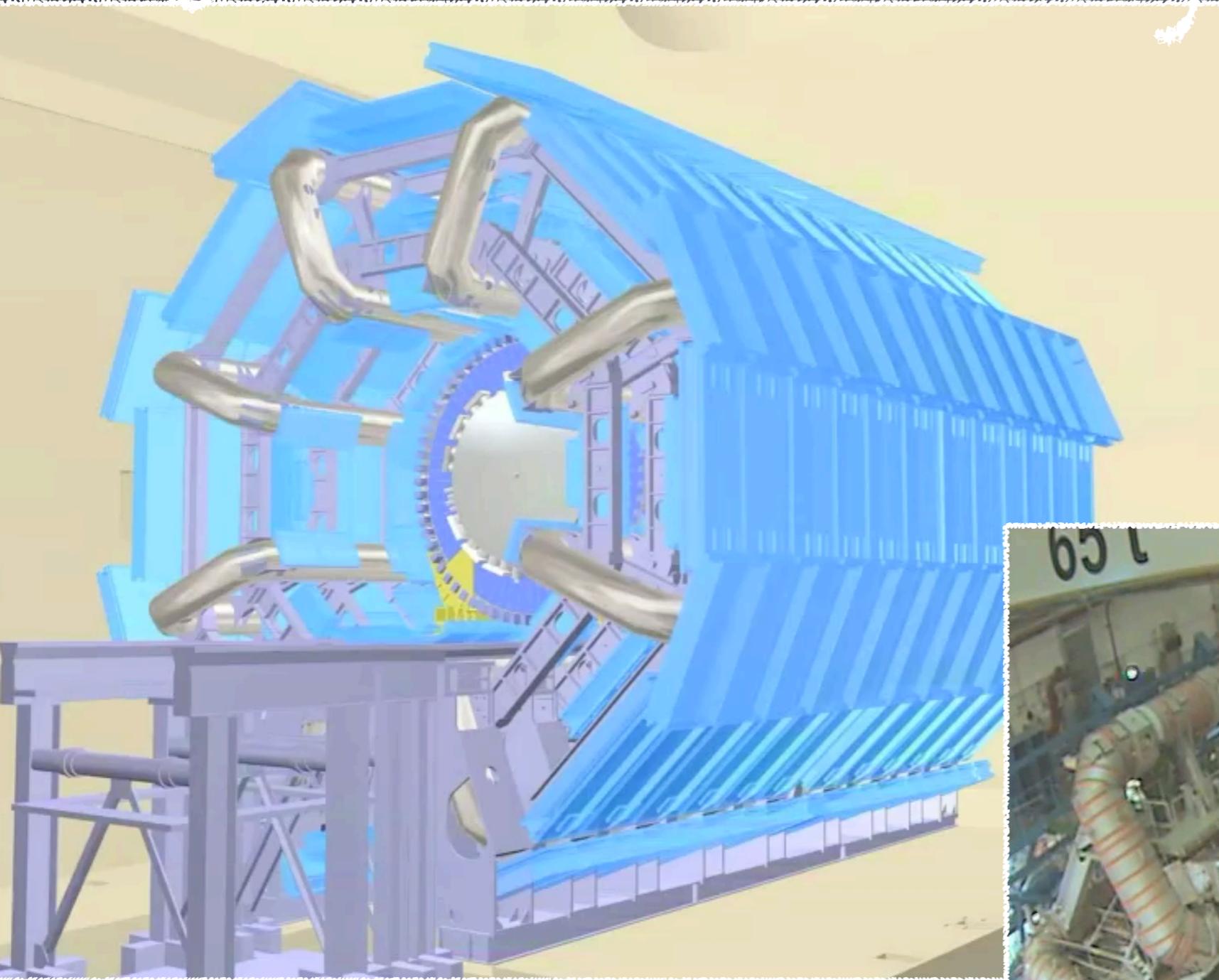
ATLAS

¿Cómo se construye algo así?



<https://www.youtube.com/watch?v=0xENLH1ATV4>

# ¿Cómo se construye algo así?



<https://www.youtube.com/watch?v=ckARmttkTS4>

Estos detectores sólo pueden ver directamente algunas partículas

$\approx 2.3 \text{ MeV}/c^2$ 2/3 1/2 <b>u</b> up	$\approx 1.275 \text{ GeV}/c^2$ 2/3 1/2 <b>c</b> charm	$\approx 173.07 \text{ GeV}/c^2$ 2/3 1/2 <b>t</b> top	0 0 1 <b>g</b> gluon	$\approx 126 \text{ GeV}/c^2$ 0 0 0 <b>H</b> Higgs boson
$\approx 4.8 \text{ MeV}/c^2$ -1/3 1/2 <b>d</b> down	$\approx 95 \text{ MeV}/c^2$ -1/3 1/2 <b>s</b> strange	$\approx 4.18 \text{ GeV}/c^2$ -1/3 1/2 <b>b</b> bottom	0 0 1 <b><math>\gamma</math></b> photon	
$0.511 \text{ MeV}/c^2$ -1 1/2 <b>e</b> electron	$105.7 \text{ MeV}/c^2$ -1 1/2 <b><math>\mu</math></b> muon	$1.777 \text{ GeV}/c^2$ -1 1/2 <b><math>\tau</math></b> tau	$91.2 \text{ GeV}/c^2$ 0 1 <b>Z</b> Z boson	
$< 2.2 \text{ eV}/c^2$ 0 1/2 <b><math>\nu_e</math></b> electron neutrino	$< 0.17 \text{ MeV}/c^2$ 0 1/2 <b><math>\nu_\mu</math></b> muon neutrino	$< 15.5 \text{ MeV}/c^2$ 0 1/2 <b><math>\nu_\tau</math></b> tau neutrino	$80.4 \text{ GeV}/c^2$ $\pm 1$ 1 <b>W</b> W boson	

Estos detectores sólo pueden ver directamente algunas partículas

$\approx 2.3 \text{ MeV}/c^2$ 2/3 1/2 <b>u</b> up	$\approx 1.275 \text{ GeV}/c^2$ 2/3 1/2 <b>c</b> charm	$\approx 173.07 \text{ GeV}/c^2$ 2/3 1/2 <b>t</b> top	0 0 1 <b>g</b> gluon	$\approx 126 \text{ GeV}/c^2$ 0 0 0 <b>H</b> Higgs boson
$\approx 4.8 \text{ MeV}/c^2$ -1/3 1/2 <b>d</b> down	$\approx 95 \text{ MeV}/c^2$ -1/3 1/2 <b>s</b> strange	$\approx 4.18 \text{ GeV}/c^2$ -1/3 1/2 <b>b</b> bottom	0 0 1 <b><math>\gamma</math></b> photon	
$0.511 \text{ MeV}/c^2$ -1 1/2 <b>e</b> electron	$105.7 \text{ MeV}/c^2$ -1 1/2 <b><math>\mu</math></b> muon	$1.777 \text{ GeV}/c^2$ -1 1/2 <b><math>\tau</math></b> tau	$91.2 \text{ GeV}/c^2$ 0 1 <b>Z</b> Z boson	
$< 2.2 \text{ eV}/c^2$ 0 1/2 <b><math>\nu_e</math></b> electron neutrino	$< 0.17 \text{ MeV}/c^2$ 0 1/2 <b><math>\nu_\mu</math></b> muon neutrino	$< 15.5 \text{ MeV}/c^2$ 0 1/2 <b><math>\nu_\tau</math></b> tau neutrino	$80.4 \text{ GeV}/c^2$ $\pm 1$ 1 <b>W</b> W boson	

Energía Perdida

# Estos detectores sólo pueden ver directamente algunas partículas

Jets

$\approx 2.3 \text{ MeV}/c^2$ 2/3 1/2 <b>u</b> up	$\approx 1.275 \text{ GeV}/c^2$ 2/3 1/2 <b>c</b> charm	$\approx 173.07 \text{ GeV}/c^2$ 2/3 1/2 <b>t</b> top	0 0 1 <b>g</b> gluon	$\approx 126 \text{ GeV}/c^2$ 0 0 0 <b>H</b> Higgs boson
$\approx 4.8 \text{ MeV}/c^2$ -1/3 1/2 <b>d</b> down	$\approx 95 \text{ MeV}/c^2$ -1/3 1/2 <b>s</b> strange	$\approx 4.18 \text{ GeV}/c^2$ -1/3 1/2 <b>b</b> bottom	0 0 1 <b><math>\gamma</math></b> photon	
$0.511 \text{ MeV}/c^2$ -1 1/2 <b>e</b> electron	$105.7 \text{ MeV}/c^2$ -1 1/2 <b><math>\mu</math></b> muon	$1.777 \text{ GeV}/c^2$ -1 1/2 <b><math>\tau</math></b> tau	$91.2 \text{ GeV}/c^2$ 0 1 <b>Z</b> Z boson	
$< 2.2 \text{ eV}/c^2$ 0 1/2 <b><math>\nu_e</math></b> electron neutrino	$< 0.17 \text{ MeV}/c^2$ 0 1/2 <b><math>\nu_\mu</math></b> muon neutrino	$< 15.5 \text{ MeV}/c^2$ 0 1/2 <b><math>\nu_\tau</math></b> tau neutrino	$80.4 \text{ GeV}/c^2$ $\pm 1$ 1 <b>W</b> W boson	

# Estos detectores sólo pueden ver directamente algunas partículas

$\approx 2.3 \text{ MeV}/c^2$ 2/3 1/2 <b>u</b> up	$\approx 1.275 \text{ GeV}/c^2$ 2/3 1/2 <b>c</b> charm	$\approx 173.07 \text{ GeV}/c^2$ 2/3 1/2 <b>t</b> top	0 0 1 <b>g</b> gluon	$\approx 126 \text{ GeV}/c^2$ 0 0 0 <b>H</b> Higgs boson
$\approx 4.8 \text{ MeV}/c^2$ -1/3 1/2 <b>d</b> down	$\approx 95 \text{ MeV}/c^2$ -1/3 1/2 <b>s</b> strange	$\approx 4.18 \text{ GeV}/c^2$ -1/3 1/2 <b>b</b> bottom	0 0 1 <b><math>\gamma</math></b> photon	
$0.511 \text{ MeV}/c^2$ -1 1/2 <b>e</b> electron	$105.7 \text{ MeV}/c^2$ -1 1/2 <b><math>\mu</math></b> muon	$1.777 \text{ GeV}/c^2$ -1 1/2 <b><math>\tau</math></b> tau	$91.2 \text{ GeV}/c^2$ 0 1 <b>Z</b> Z boson	
$< 2.2 \text{ eV}/c^2$ 0 1/2 <b><math>\nu_e</math></b> electron neutrino	$< 0.17 \text{ MeV}/c^2$ 0 1/2 <b><math>\nu_\mu</math></b> muon neutrino	$< 15.5 \text{ MeV}/c^2$ 0 1/2 <b><math>\nu_\tau</math></b> tau neutrino	$80.4 \text{ GeV}/c^2$ $\pm 1$ 1 <b>W</b> W boson	

Desintregan

# ¿Cómo se ven las partículas en un detector?

Trazas



Depósitos de energía

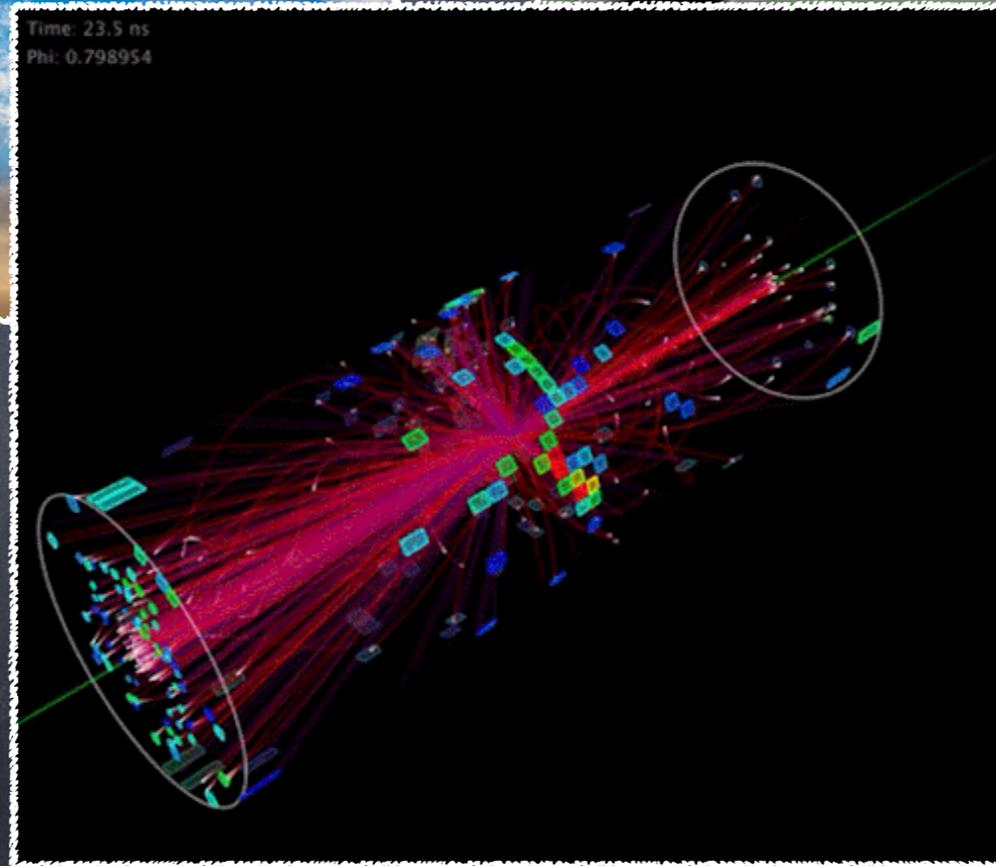


# ¿Cómo se ven las partículas en un detector?

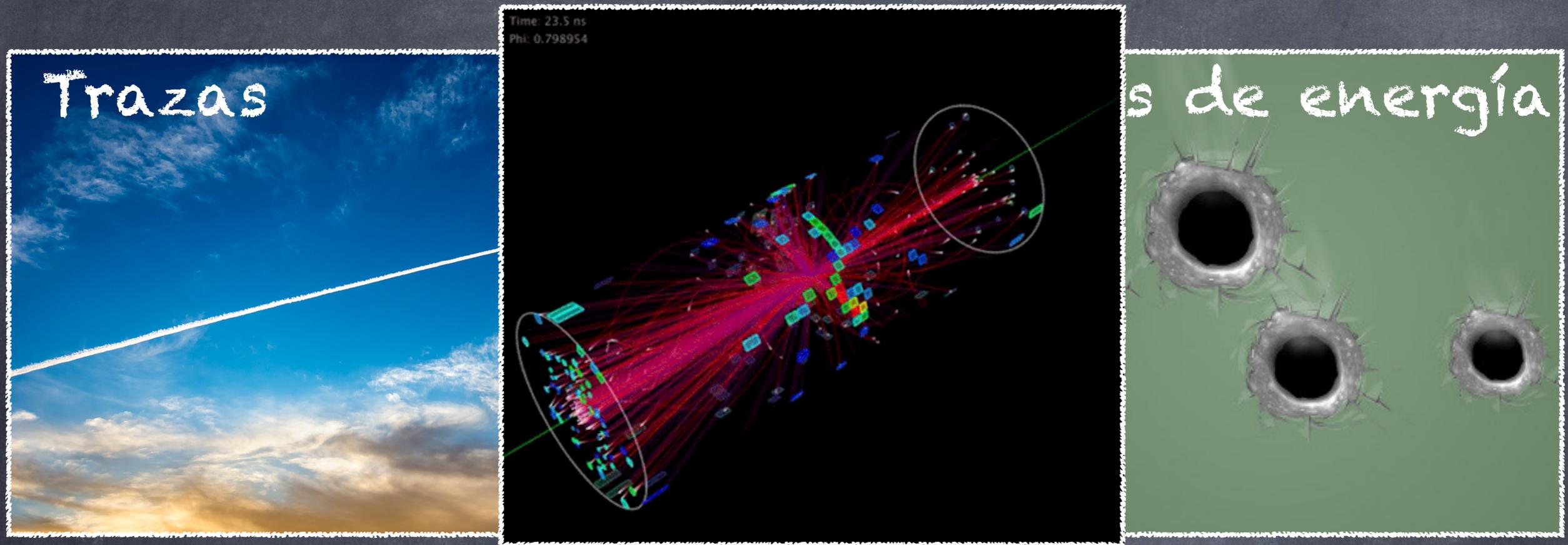
Trazas



Depósitos de energía



# ¿Cómo se ven las partículas en un detector?

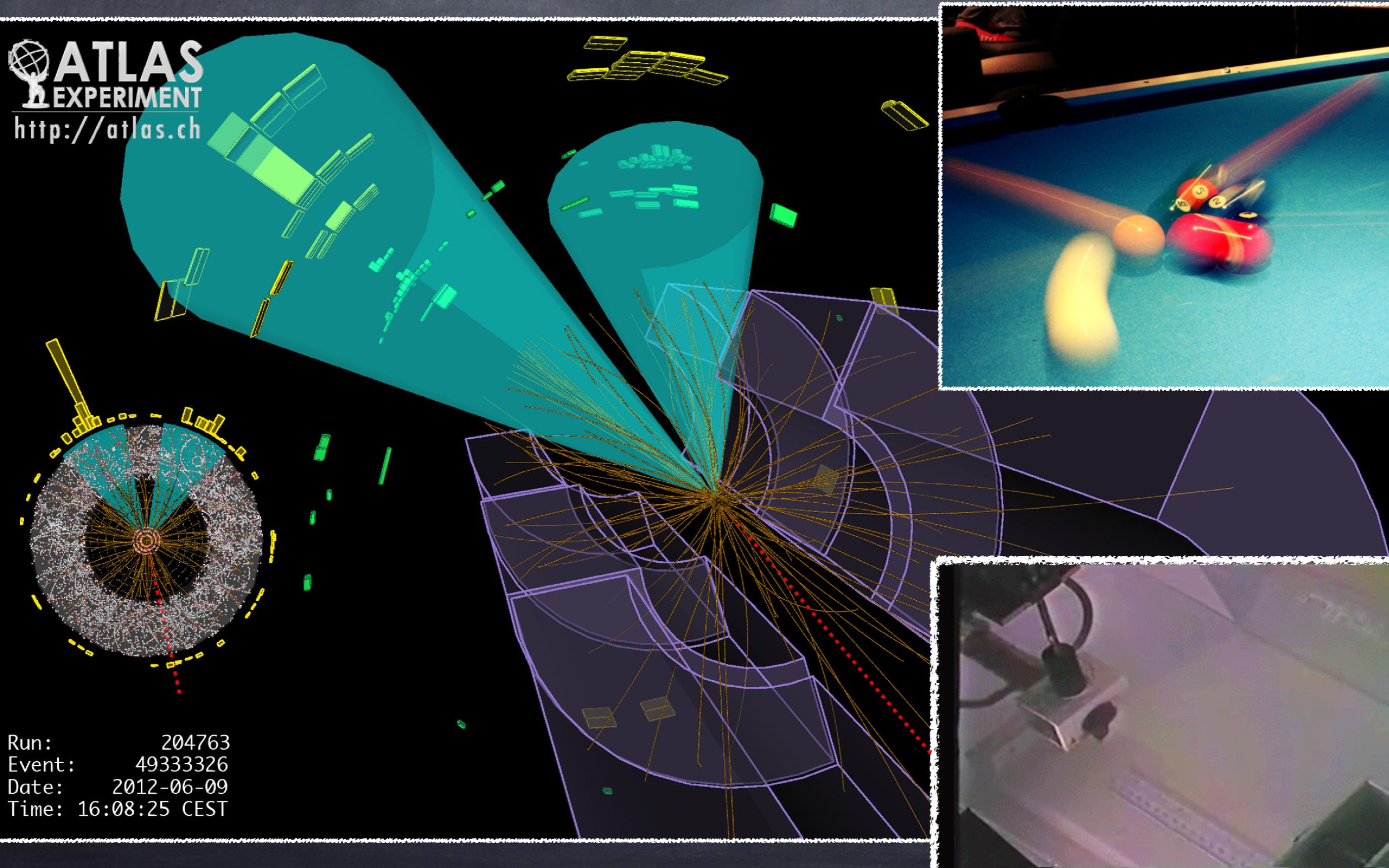


Codificaremos esta info en estas variables:

- Carga eléctrica  $\longrightarrow$  0, +, -
- Dirección  $\longrightarrow$  ángulos
- Energía  $\longrightarrow$  momento  $\longrightarrow$  momento transverso  $p_T$

# Energía Perdida (ETmiss) Neutrinos

 **ATLAS**  
EXPERIMENT  
<http://atlas.ch>

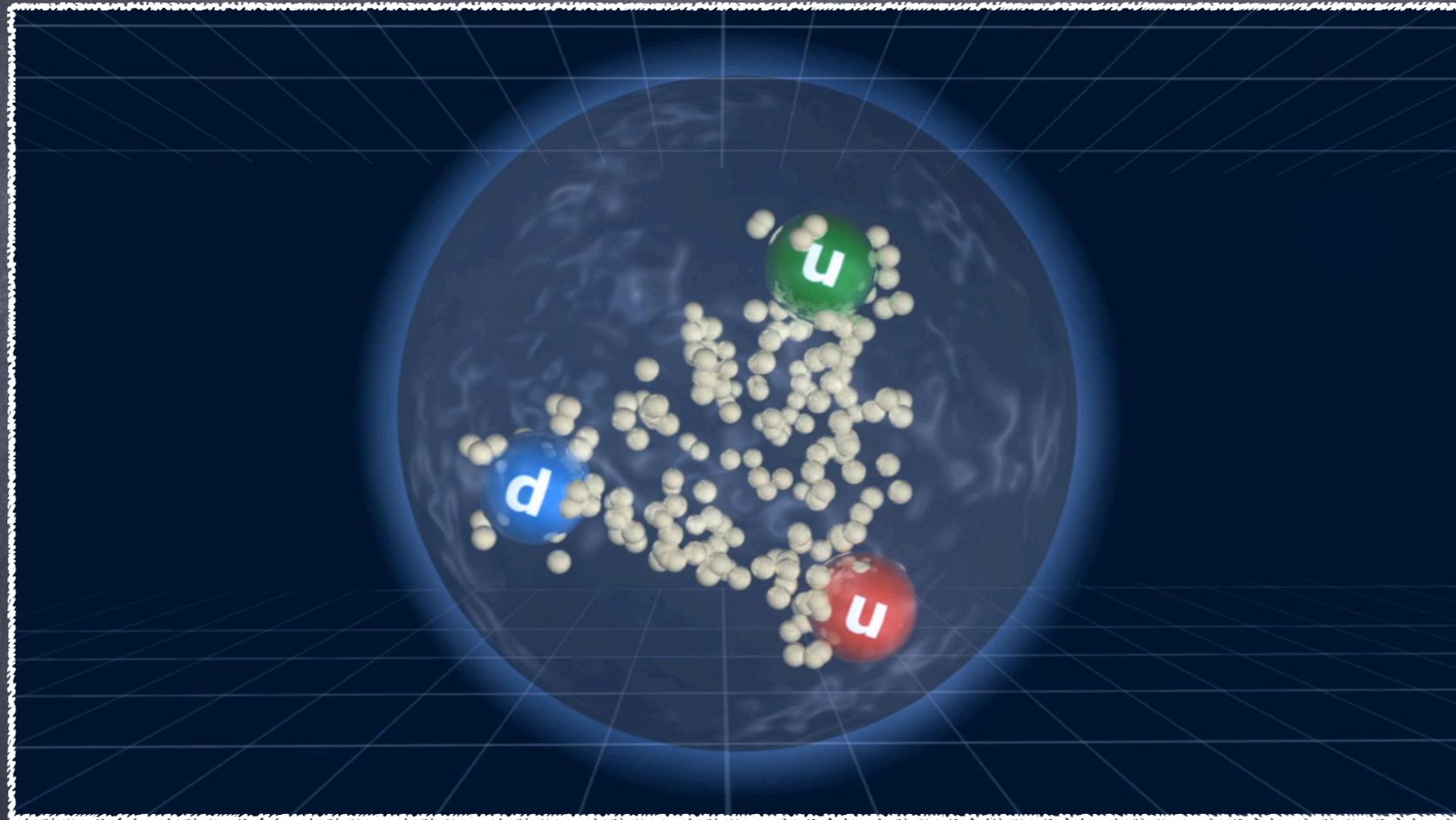


Run: 204763  
Event: 49333326  
Date: 2012-06-09  
Time: 16:08:25 CEST

# Jets

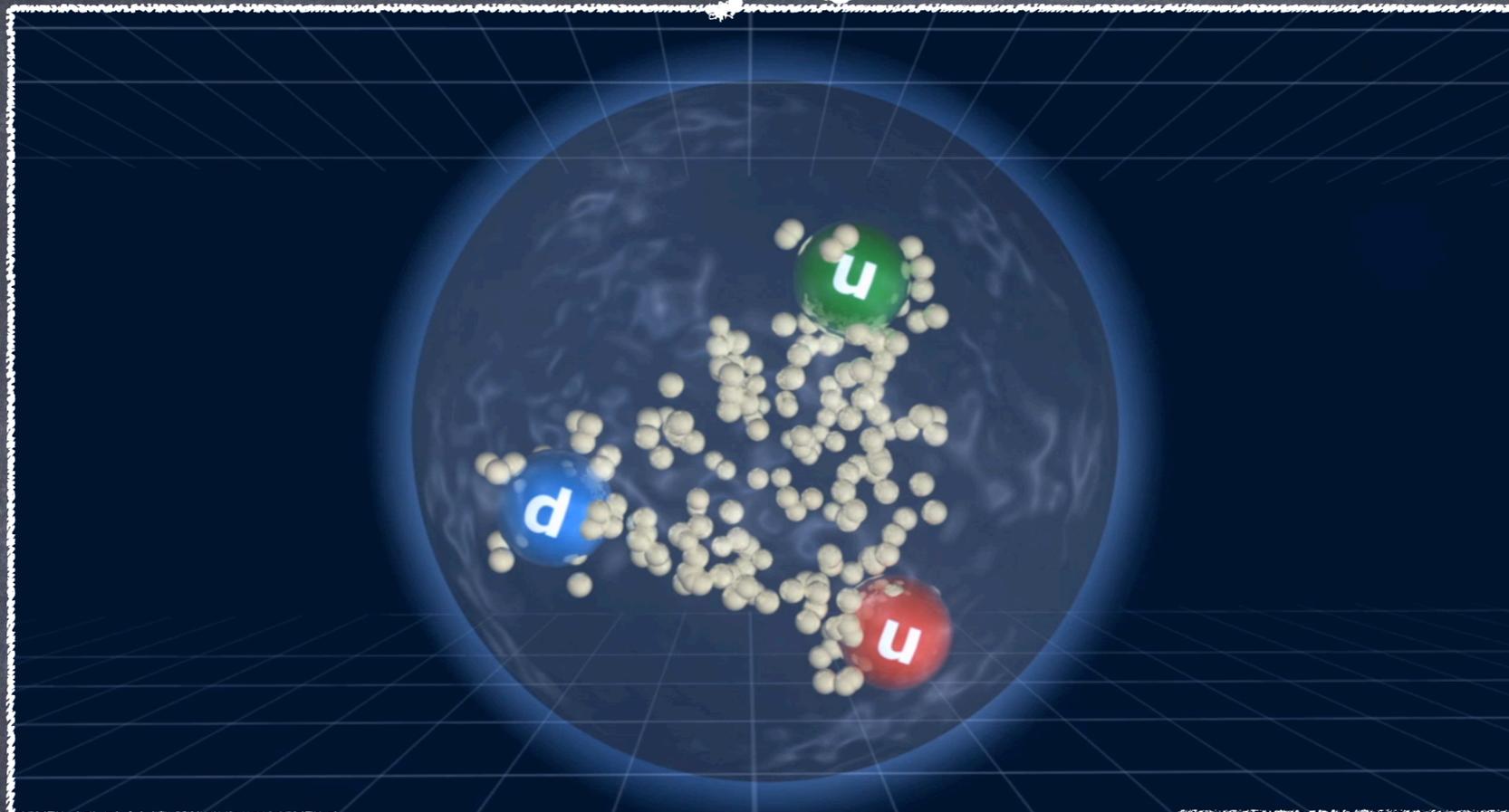
## Quarks y gluones

[https://www.youtube.com/watch?v=FMH3T0SG\\_to](https://www.youtube.com/watch?v=FMH3T0SG_to)



# Jets

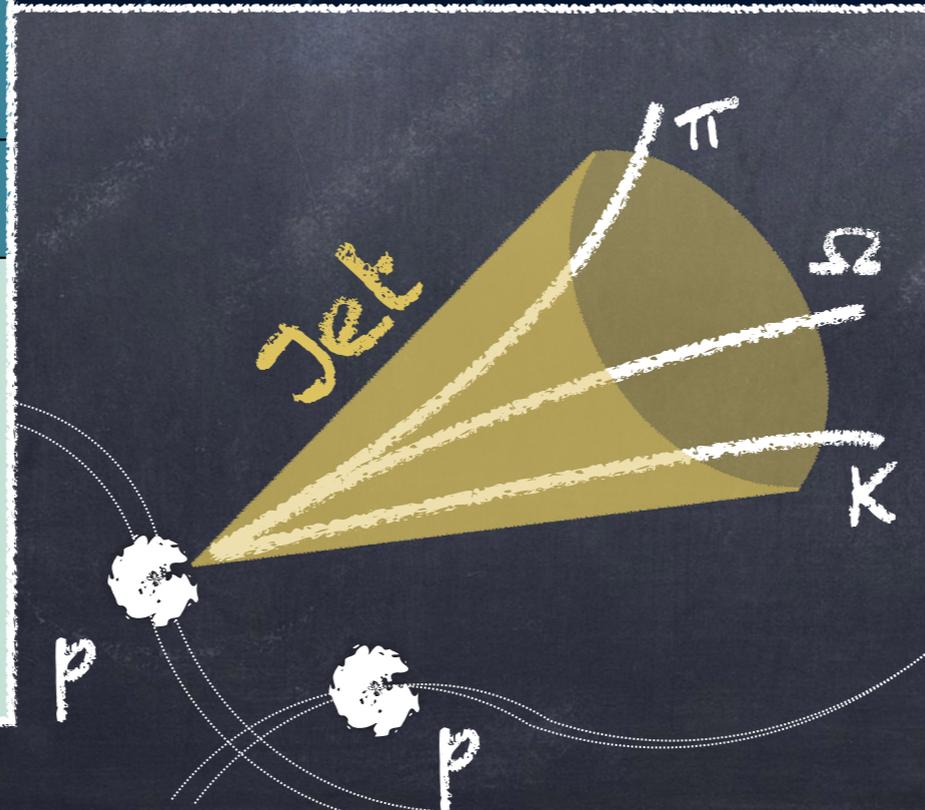
## Quarks y gluones



### Baryons $qqq$ and Antibaryons $\bar{q}\bar{q}\bar{q}$

Baryons are fermionic hadrons.  
There are about 120 types of baryons.

Symbol	Name	Quark content	Electric charge	Mass $\text{GeV}/c^2$	Spin
$p$	proton	$uud$	1	0.938	1/2
$\bar{p}$	anti-proton	$\bar{u}\bar{u}\bar{d}$	-1	0.938	1/2
$n$	neutron	$udd$	0	0.940	1/2
$\Lambda$	lambda	$uds$	0	1.116	1/2
$\Omega^-$	omega	$sss$	-1	1.672	3/2

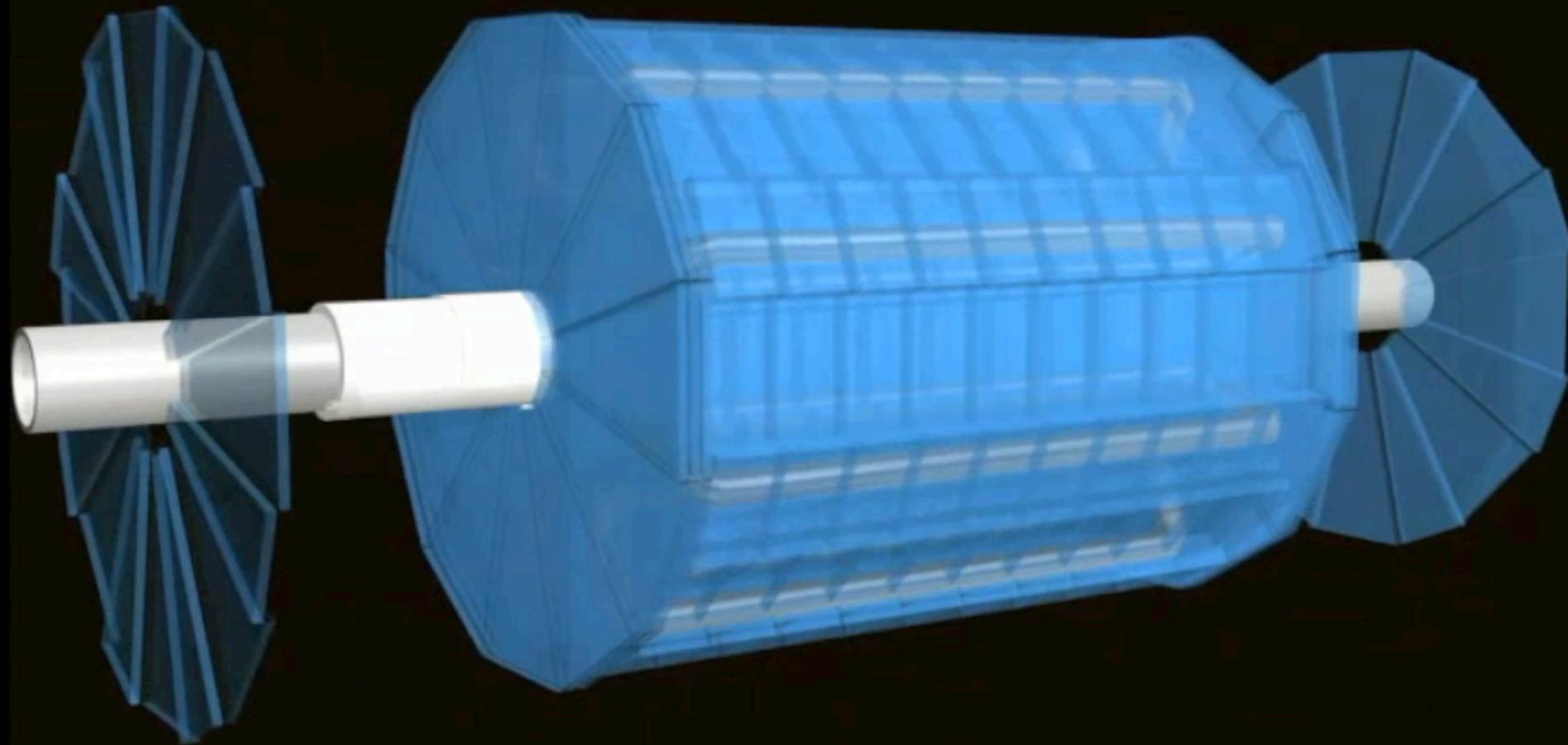


### Mesons $q\bar{q}$

Mesons are bosonic hadrons.  
There are about 140 types of mesons.

Symbol	Name	Quark content	Electric charge	Mass $\text{GeV}/c^2$	Spin
$\pi^+$	pion	$u\bar{d}$	+1	0.140	0
$K^-$	kaon	$s\bar{u}$	-1	0.494	0
$\rho^+$	rho	$u\bar{d}$	+1	0.770	1
$B^0$	B-zero	$d\bar{b}$	0	5.279	0
$\eta_c$	eta-c	$c\bar{c}$	0	2.980	0

# ¿Cómo ve ATLAS Las partículas?



# Partículas que se desintegran

Las partículas pesadas se desintegran dentro del detector en partículas que sí se detectan



# Partículas que se desintegran

Las partículas pesadas se desintegran dentro del detector en partículas que sí se detectan



# Partículas que se desintegran

Las partículas pesadas se desintegran dentro del detector en partículas que sí se detectan



Puede ser un proceso en cadena

# Partículas que se desintegran

Las partículas pesadas se desintegran dentro del detector en partículas que sí se detectan



Puede ser un proceso en cadena

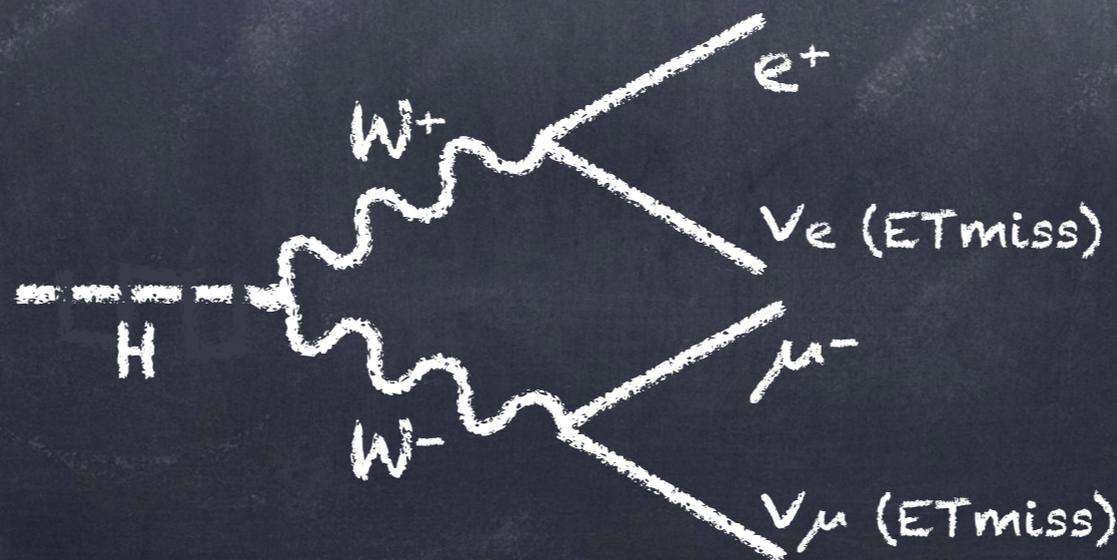


# Partículas que se desintegran

Las partículas pesadas se desintegran dentro del detector en partículas que sí se detectan



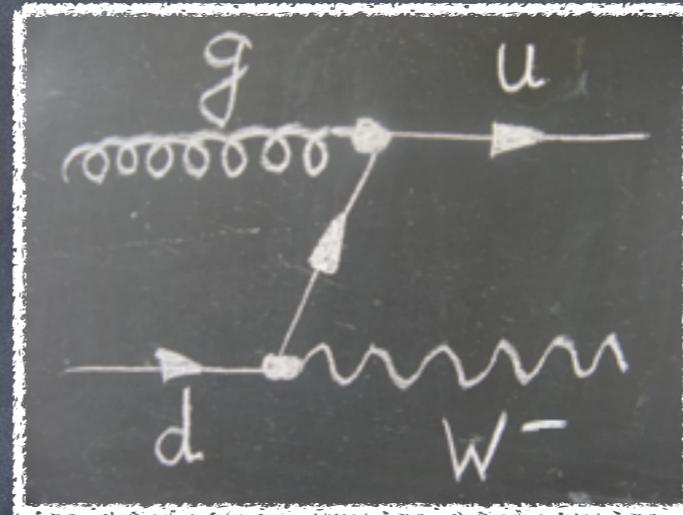
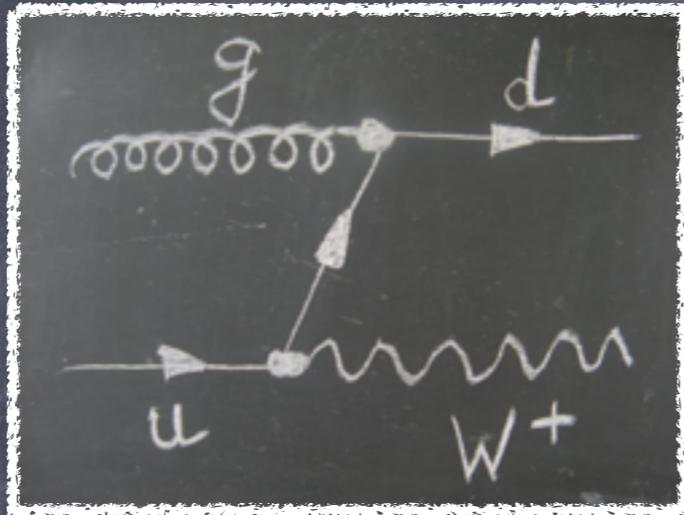
Puede ser un proceso en cadena



# Nuestros objetivos para hoy

## 1) ¿Estructura el protón?

¿Se producen más bosones  $W^+$  o  $W^-$ ?

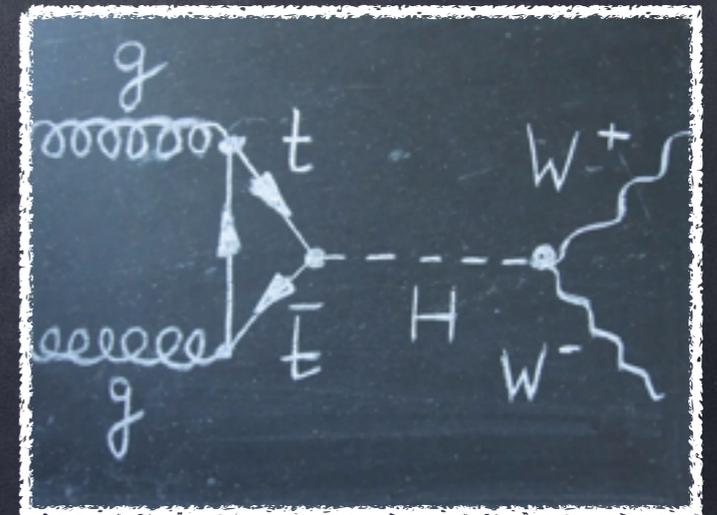


$$R^\pm = (\text{Número de } W^+) / (\text{Número de } W^-)$$

!!! Nos dirá de qué está hecho el protón!!!

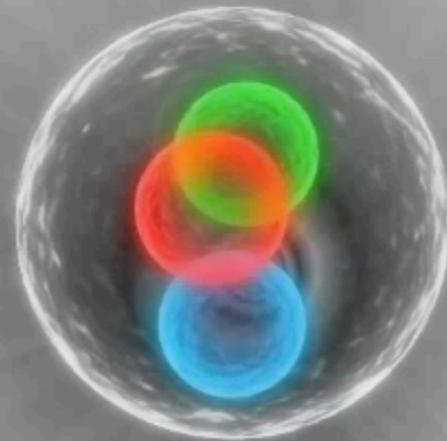
## 2) Búsqueda del Higgs

¿Encontraremos el bosón de Higgs?



# Proceso total con bosones W

---



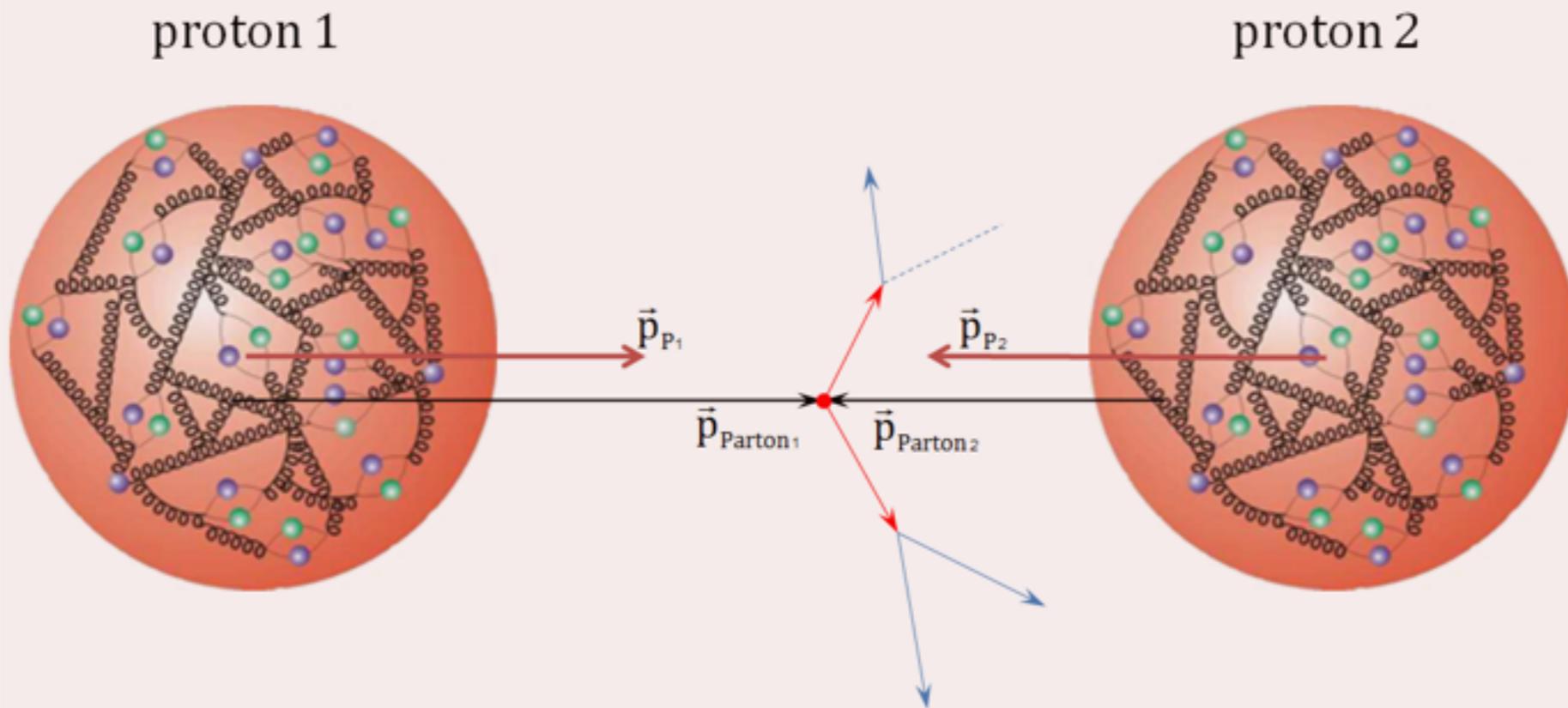
<https://www.youtube.com/watch?v=EP0ou0gMuNY>

---

Sabremos que se ha producido un W midiendo leptones y  $E_{\text{miss}}$

# Producción de bosones W

Interactions of constituents of the colliding protons, the so called partons (quarks, gluons)



$\vec{p}_{P1}$  ... momentum proton 1

$\vec{p}_{P2}$  ... momentum proton 2

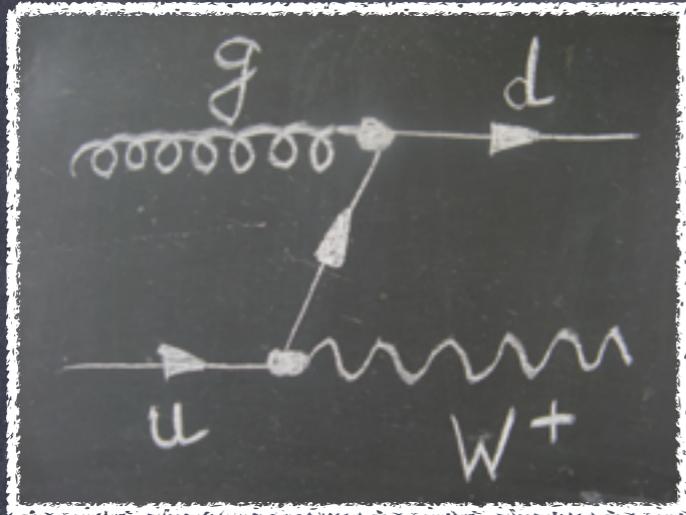
• interaction vertex

$\vec{p}_{Parton1}$  ... momentum parton 1

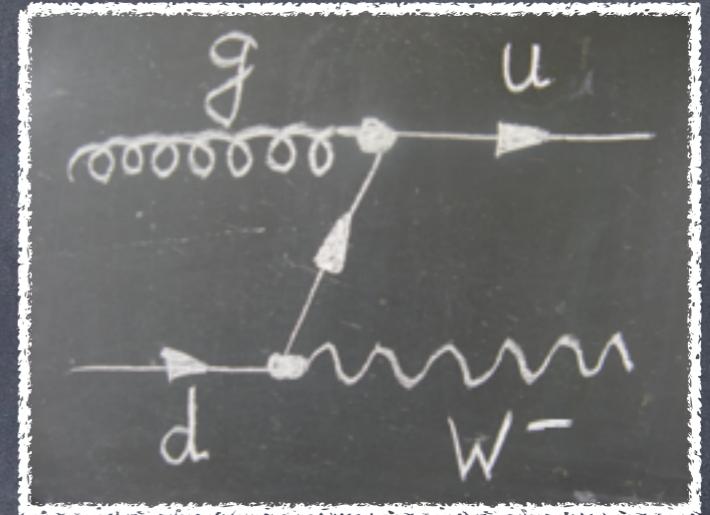
$\vec{p}_{Parton2}$  ... momentum parton 2

# Producción de bosones W

Si lo miramos en más detalle...

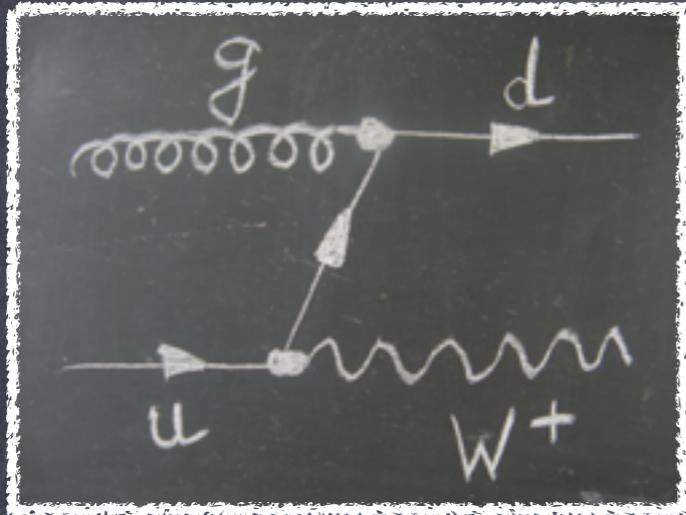


Colisión  
gluón-quark

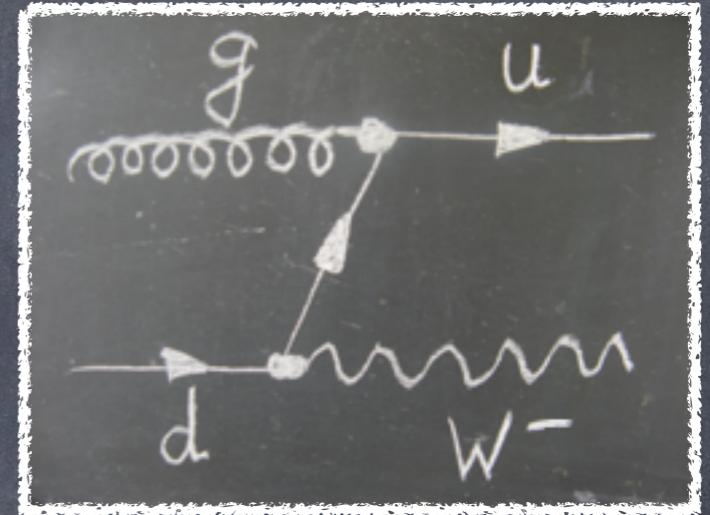


# Producción de bosones W

Si lo miramos en más detalle...



Colisión  
gluón-quark



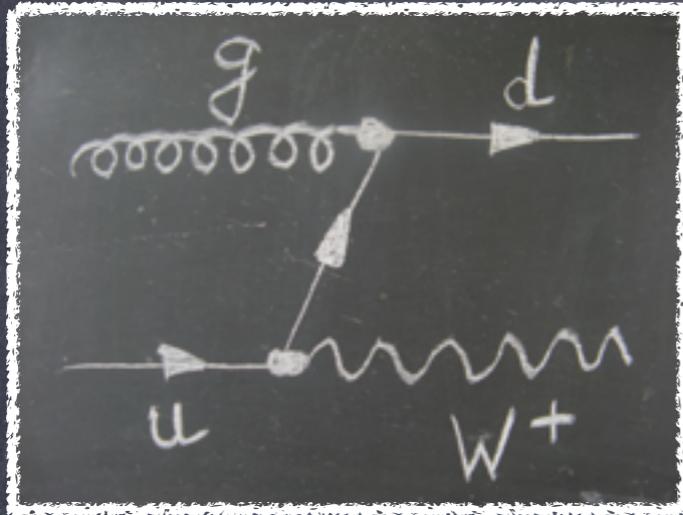
tiempo →

$$R^{\pm} = \#W^{+} / \#W^{-}$$

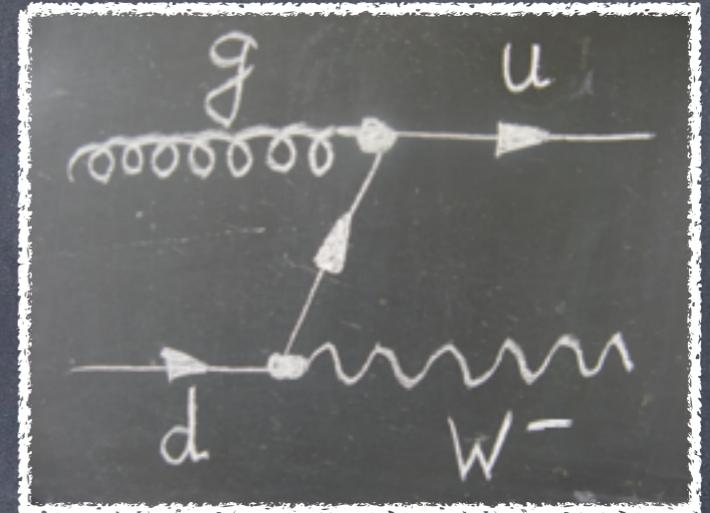
tiempo →

# Producción de bosones W

Si lo miramos en más detalle...



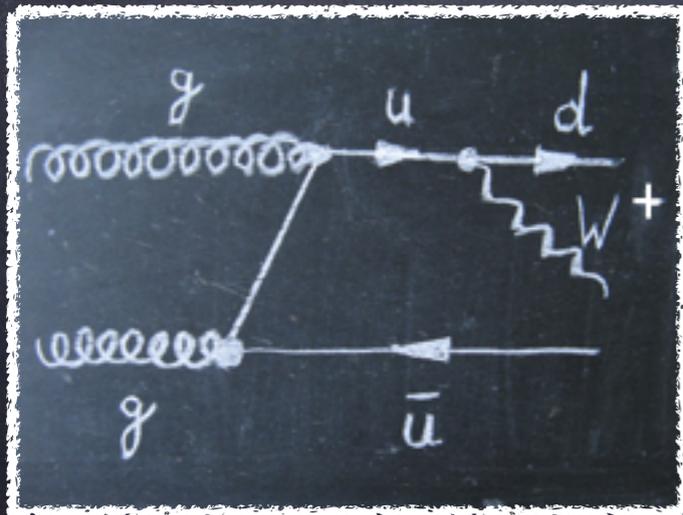
Colisión  
gluón-quark



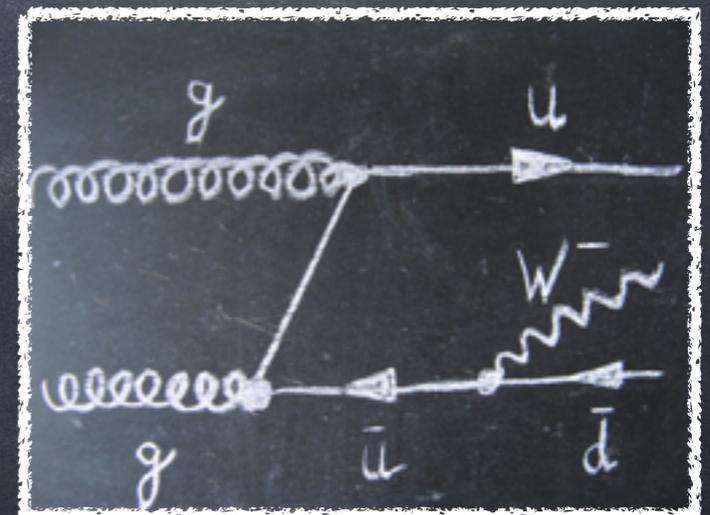
$$R^{\pm} = \#W^{+} / \#W^{-}$$

tiempo →

tiempo →

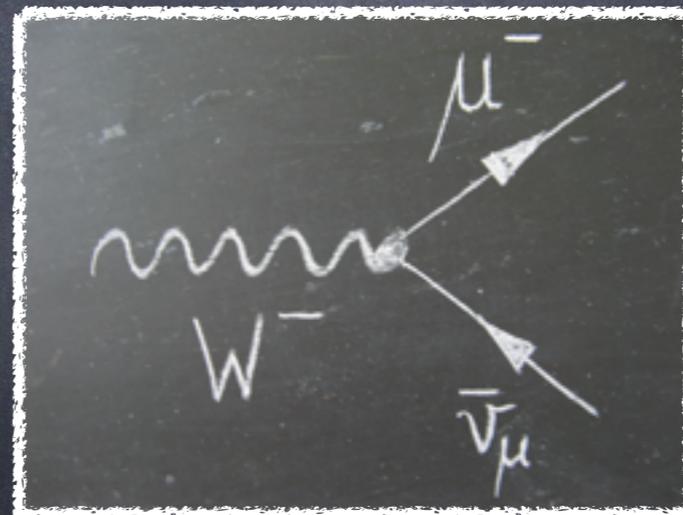
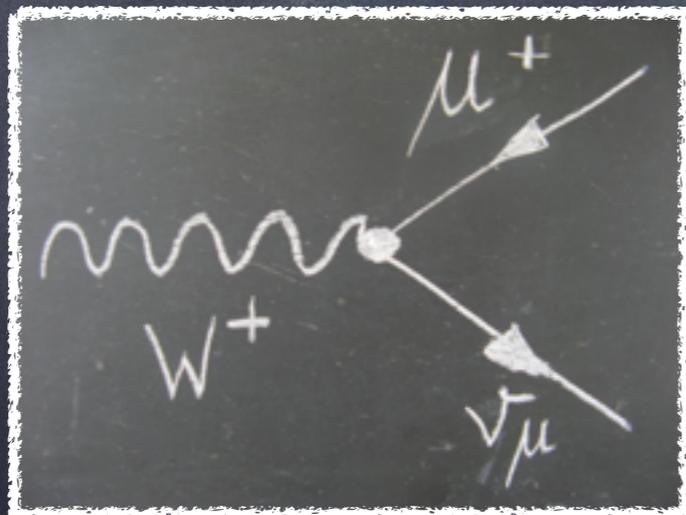
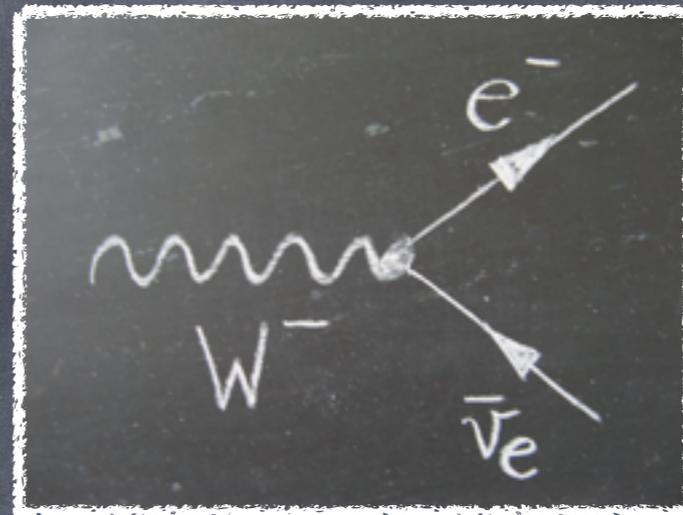
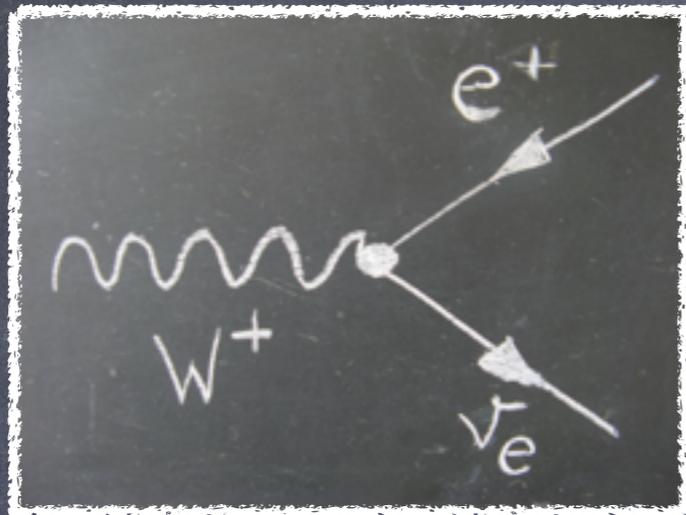


Colisión  
gluón-gluón



# Desintegración de bosones W

Los W se desintegran dentro del detector



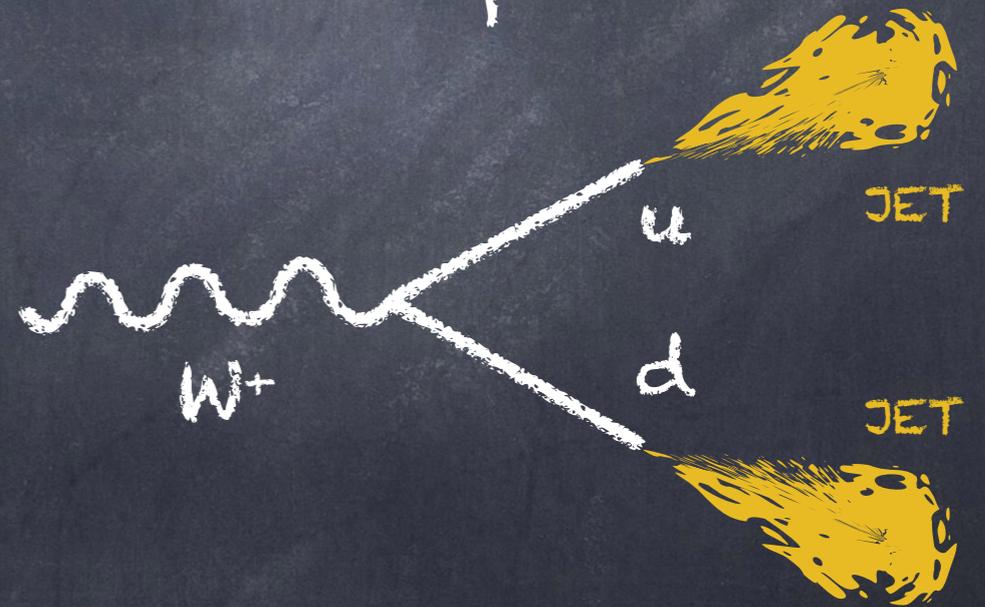
Vamos a buscar sus desintegraciones a  $e^\pm$  y  $\mu^\pm$

# Procesos parecidos: Background

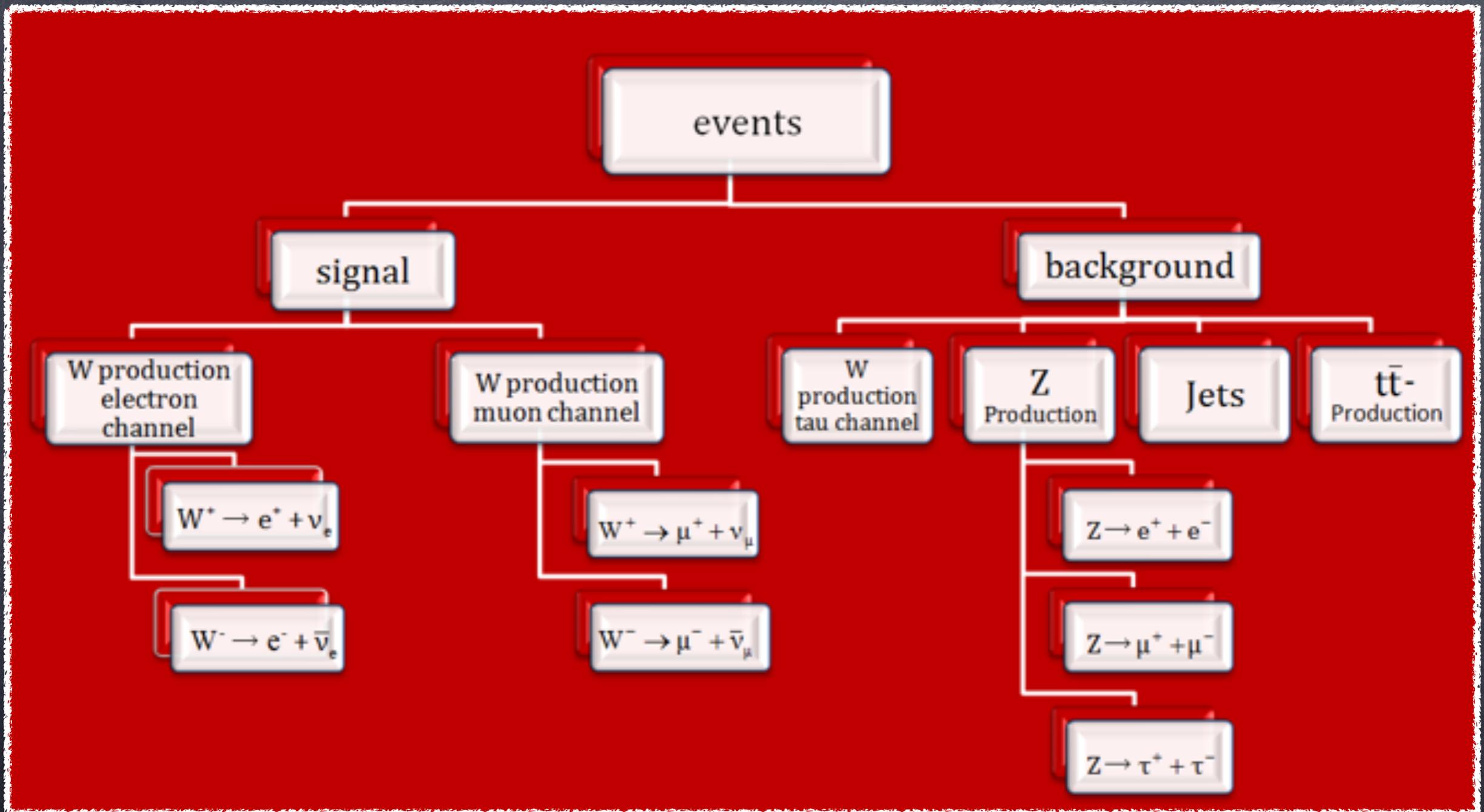
## Desintegraciones del bosón Z



## Desintegraciones del W a tau-s o quarks



# Señal vs Background

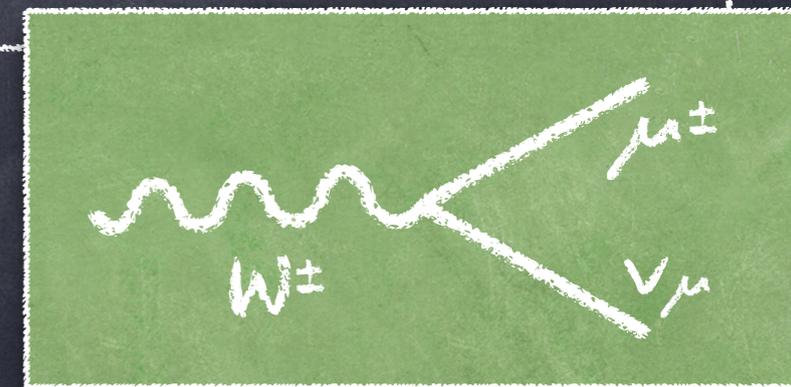
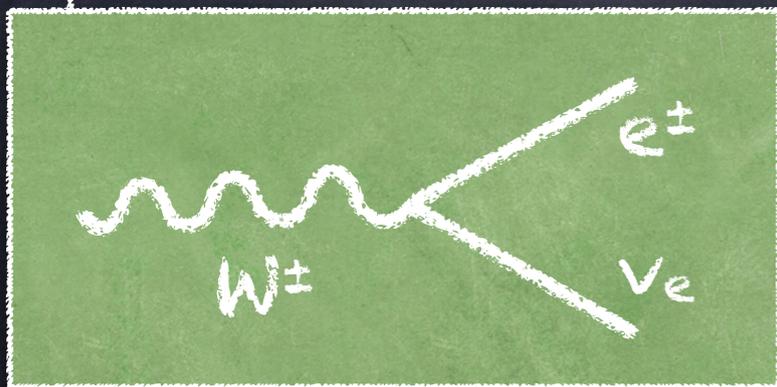


¿Cómo los diferenciamos de la señal que buscamos?

# Identificando la señal: cortes

Diremos que tenemos una señal de  $W$  si:

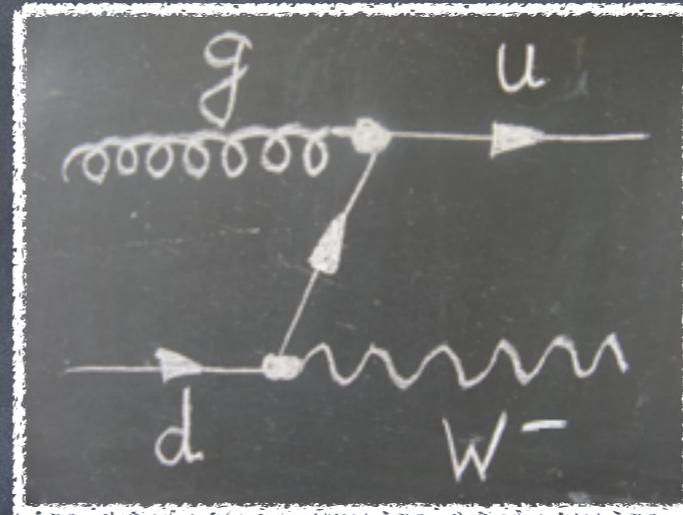
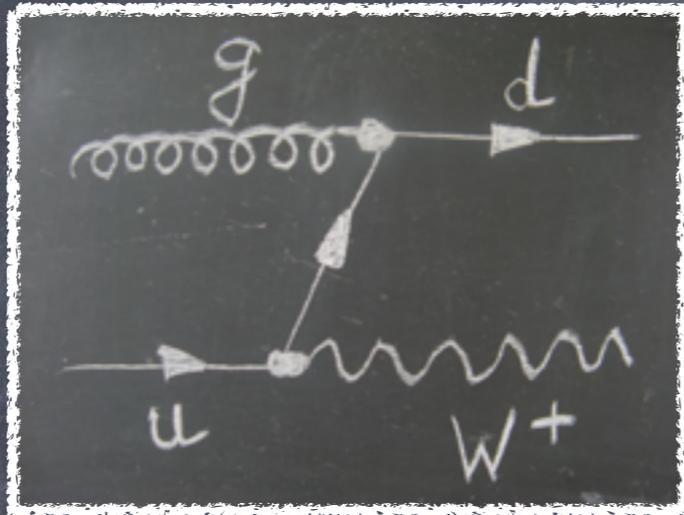
- ✓ Hay **únicamente un leptón** ( $e^\pm$  ó  $\mu^\pm$ ) que cumple:
  - ✓ Está **aislado** (No está dentro de un JET)
  - ✓ Tiene un momento transversal mayor que  
 $|p_T| > 20 \text{ GeV}$
- ✓ Hay energía transversal perdida mayor que  
 $E_{T\text{mis}} > 20 \text{ GeV}$



# Nuestros objetivos para hoy

## 1) ¿Estructura el protón?

¿Se producen más bosones  $W^+$  o  $W^-$ ?

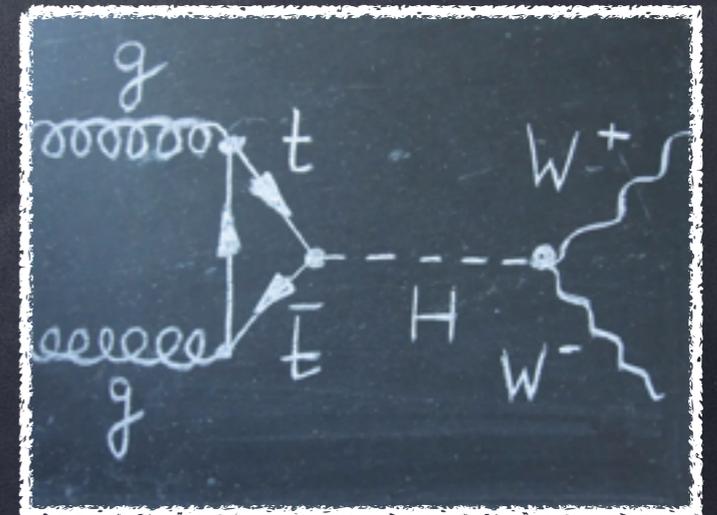


$$R^\pm = (\text{Número de } W^+) / (\text{Número de } W^-)$$

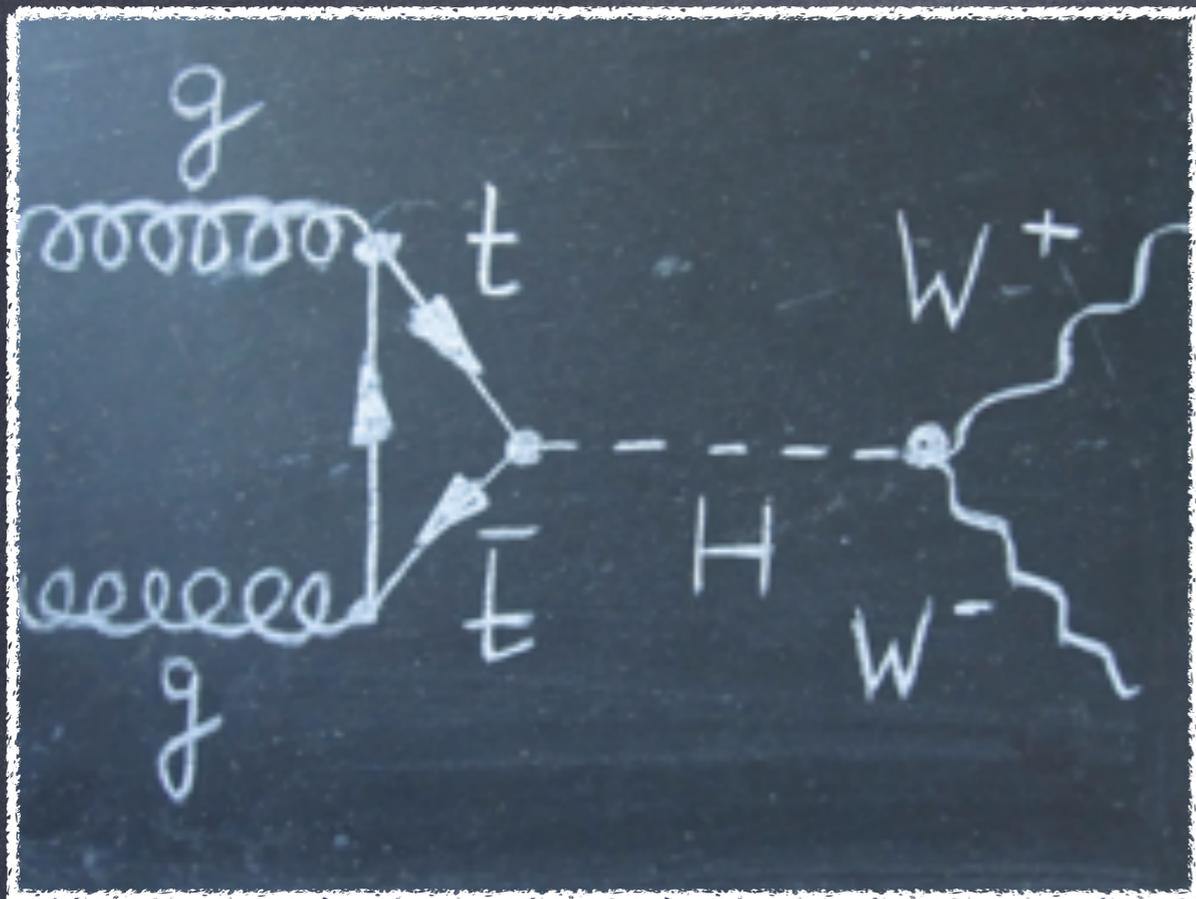
!!! Nos dirá de qué está hecho el protón!!!

## 2) Búsqueda del Higgs

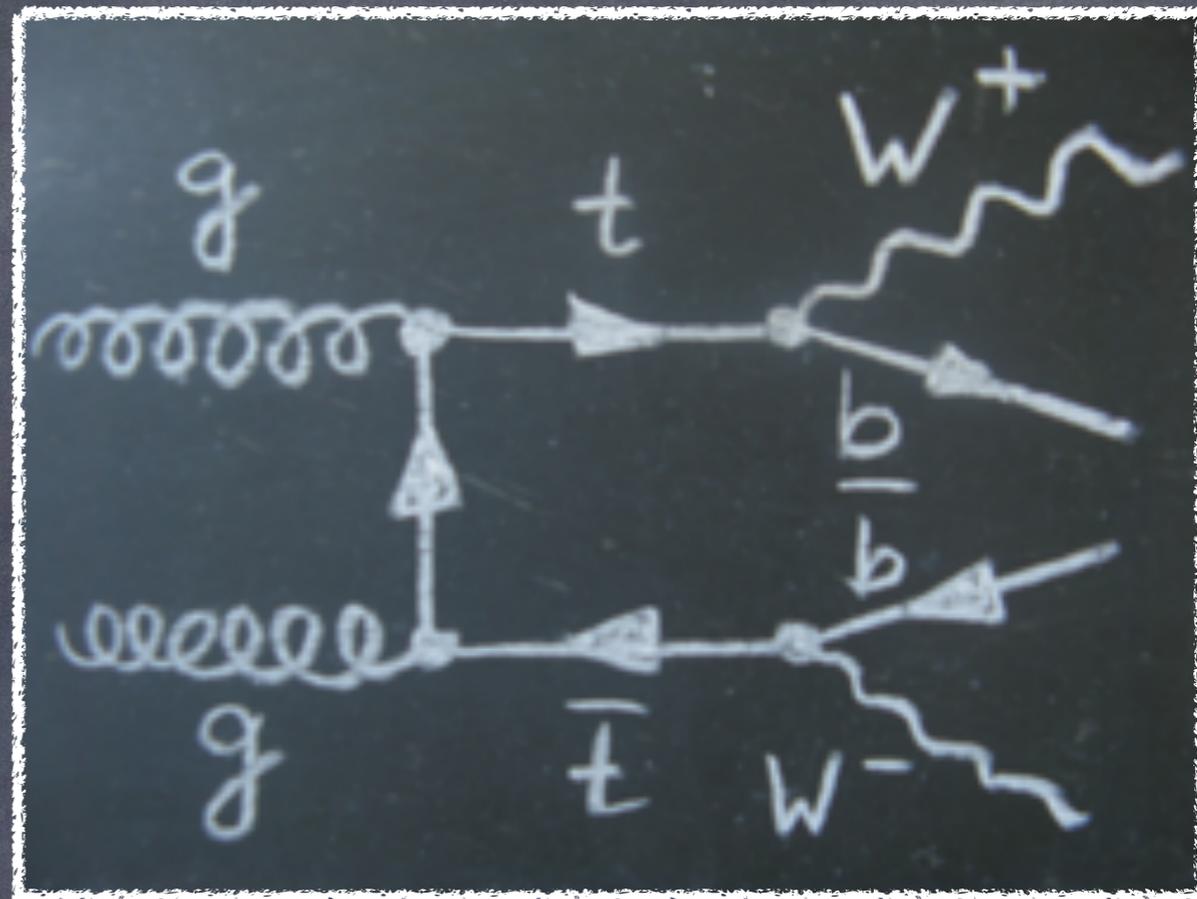
¿Encontraremos el bosón de Higgs?



# Señal de Higgs $\rightarrow W^+W^-$

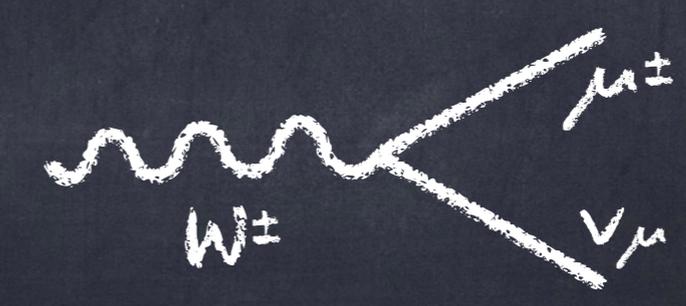


Señal



Background

Y los W los identificaremos igual que antes



# Señal de Higgs $\rightarrow W^+W^-$

Diremos que tenemos una señal de  $H \rightarrow W^+W^-$  si:

- ✓ Hay exactamente dos leptones ( $e^\pm$  ó  $\mu^\pm$ ) que cumplen:
    - ✓ Tienen carga opuesta
    - ✓ Están aislados (No está dentro de un JET)
    - ✓ El de mayor momento transversal tiene
$$|p_T| > 20 \text{ GeV}$$
    - ✓ El de menor momento transversal tiene
$$|p_T| > 10 \text{ GeV}$$
  - ✓ Hay energía transversal perdida que cumple:
    - ✓ Si los leptones son de la misma familia:
$$E_{T\text{mis}} > 40 \text{ GeV}$$
    - ✓ Si los leptones son de distinta familia:
$$E_{T\text{mis}} > 20 \text{ GeV}$$
- Además, mediremos el ángulo entre los leptones