



# Introducción a los Aceleradores de Partículas Sesión 2

Antonio Vergara  
(CERN – CIEMAT)

Ginebra, 25-26 de Julio 2007



## Física del Haz (Continuación)

## 2. Confinamiento - Correctores

Teóricamente, todas las partículas oscilan entorno a una órbita nominal. Sin embargo existen varias fuentes de error que hacen imprescindibles:

- a) Monitorizar el haz (Beam Position Monitors)
- b) Corregir el haz (imanes correctores)

Fuentes previsibles de desviación de la órbita nominal:

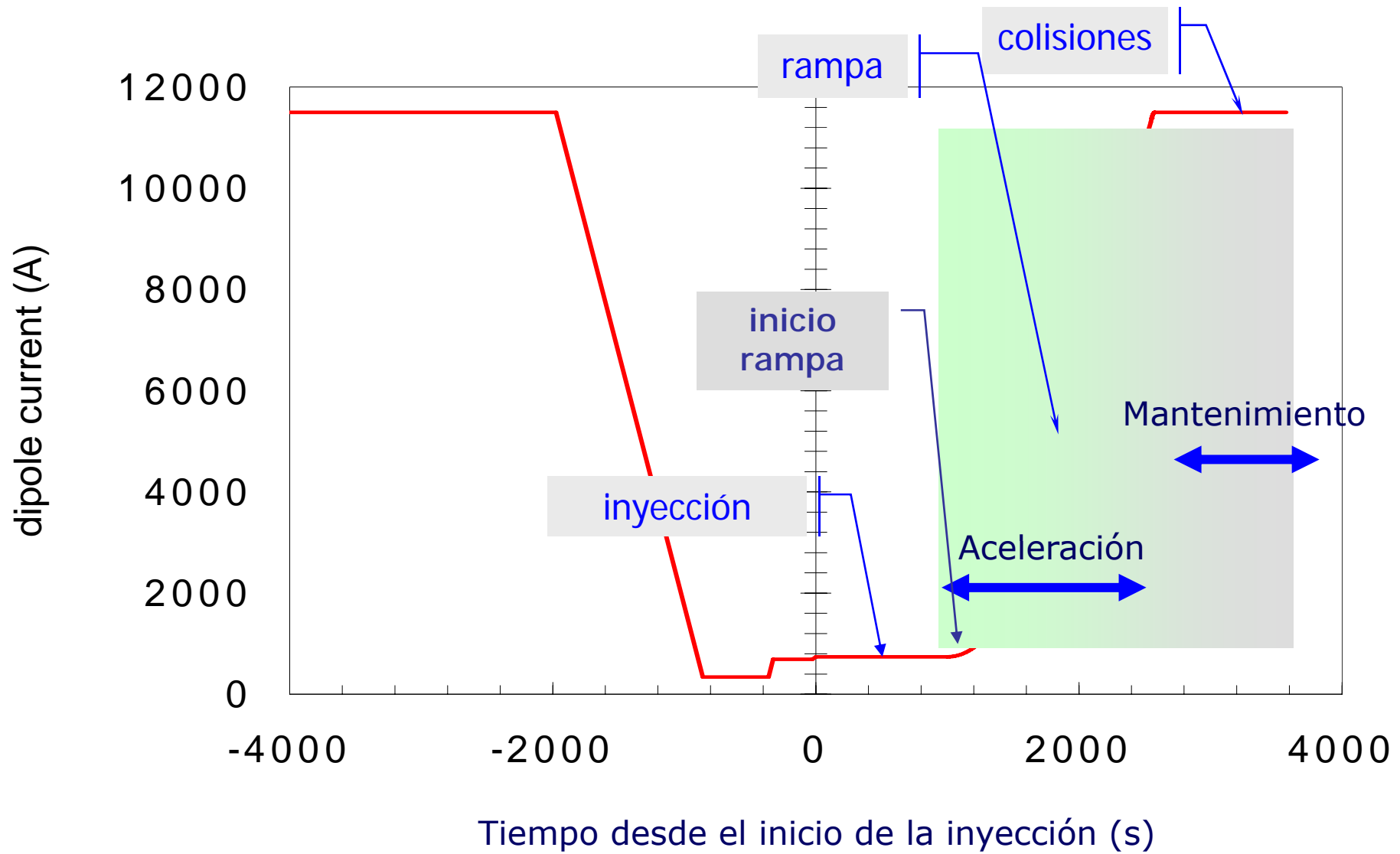
- Resonancias – Tono (Tune, Q) del acelerador no entero
- Alineamiento imperfecto de los imanes – Imanes correctores, BPM
- Los imanes no son perfectos – Imanes correctores

Fuentes exóticas de desviación de la órbita nominal:

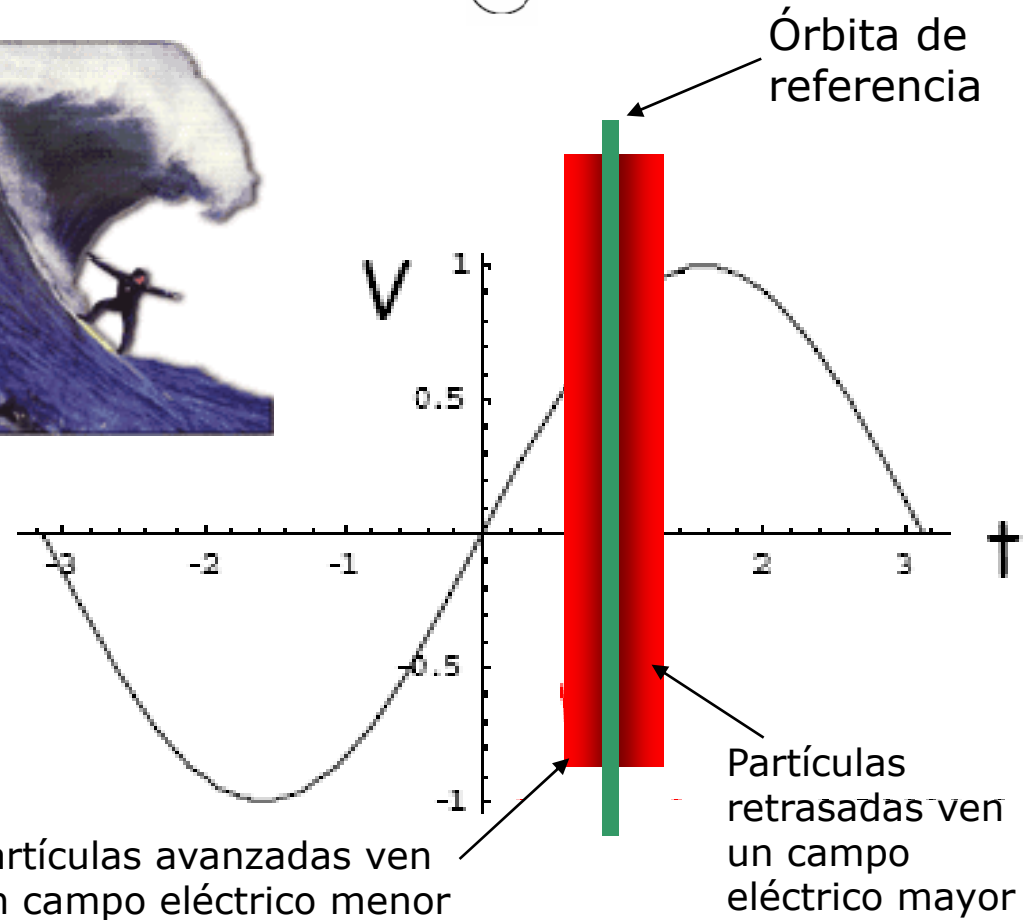
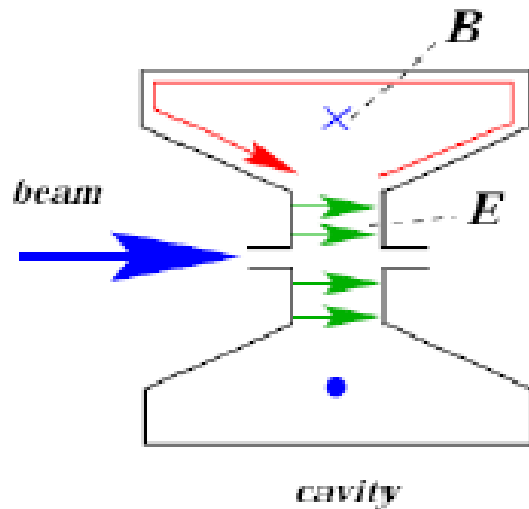
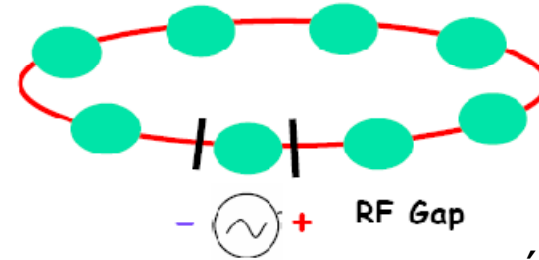
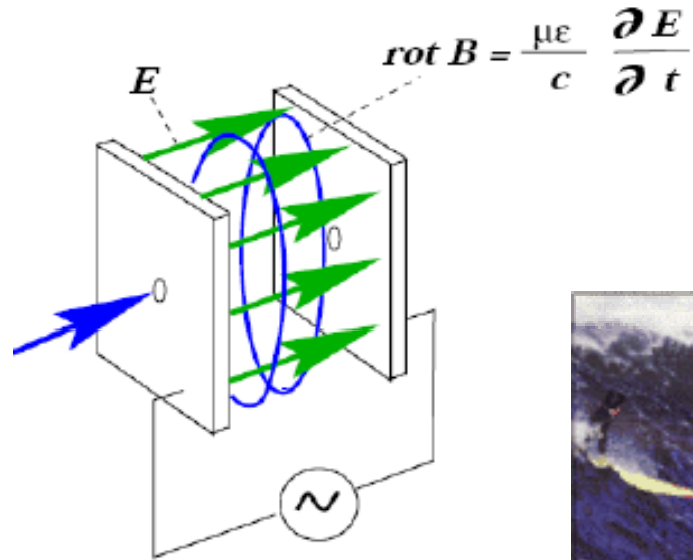
- Movimientos geológicos
- La luna
- Los trenes
- Las estaciones

Errores en la energía de las partículas

# 3. Aceleración

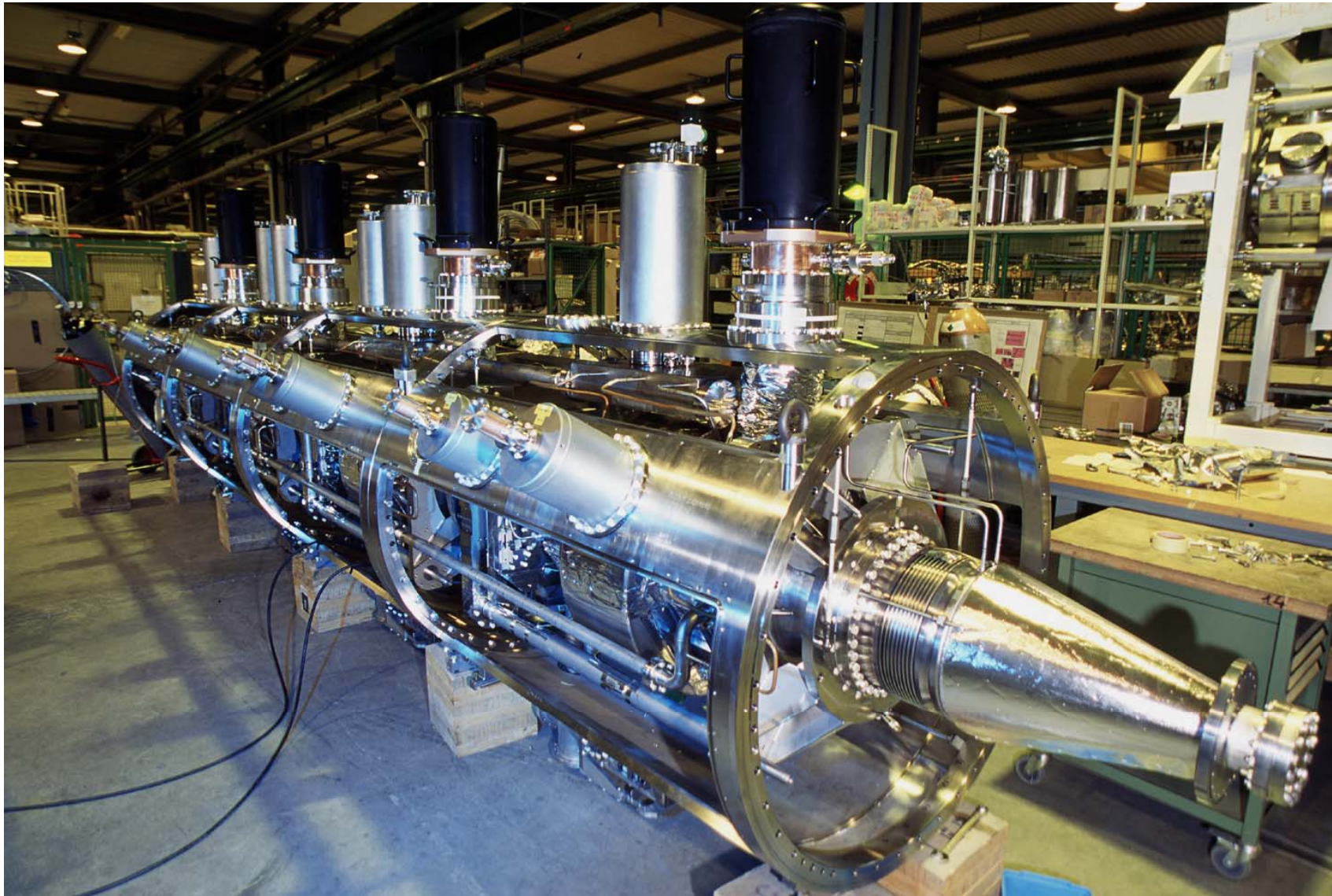


# 3. Aceleración – Cavidades RF





### 3. Aceleración – Cavidades RF del LHC



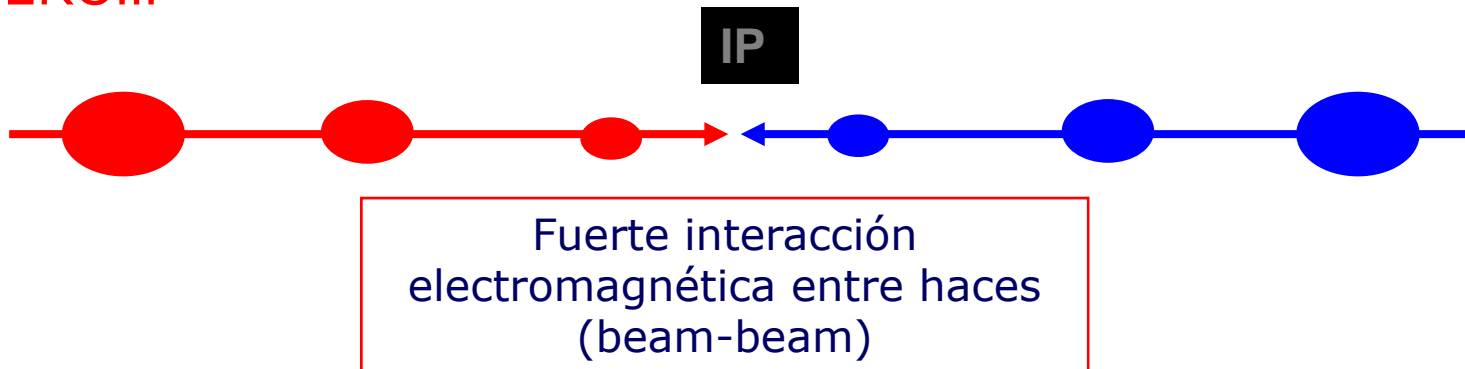
## 4. Colisiones - Luminosidad

Como hemos visto:

$$L = \frac{N^2 \cdot f \cdot n_b}{4\pi \cdot \sigma_x \cdot \sigma_y}$$

Optimizaríamos la luminosidad simplemente incrementando N (Partículas en el haz)

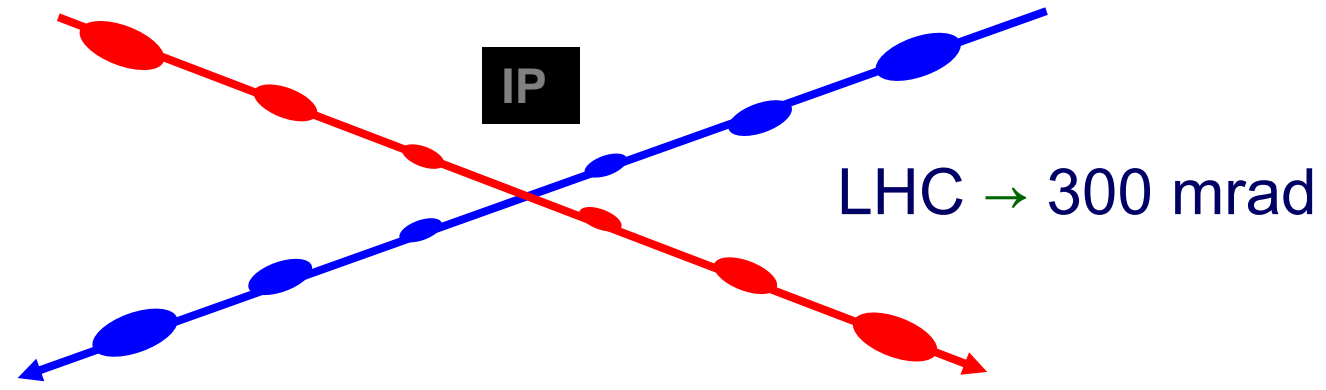
PERO...



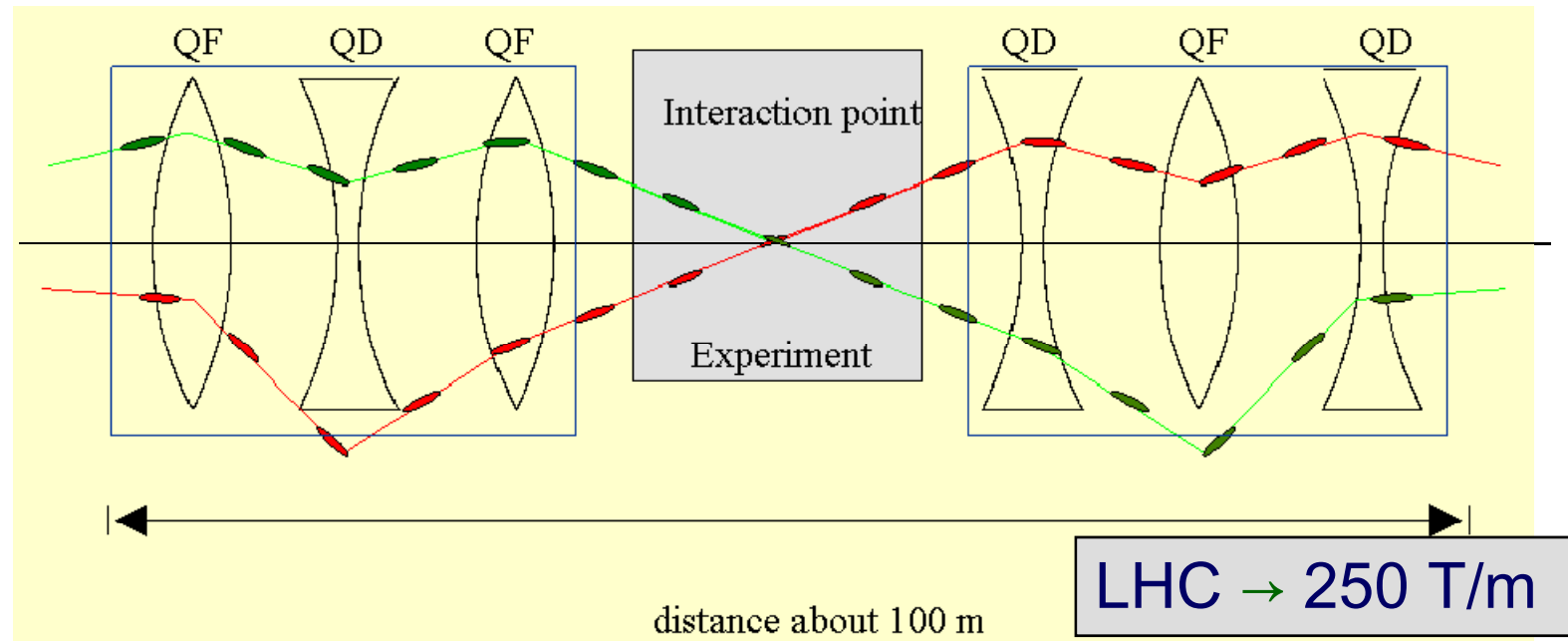
Objetivo: Maximizar la luminosidad minimizando los efectos beam-beam

# 4. Colisiones - Luminosidad

1. Para minimizar interacciones beam-beam



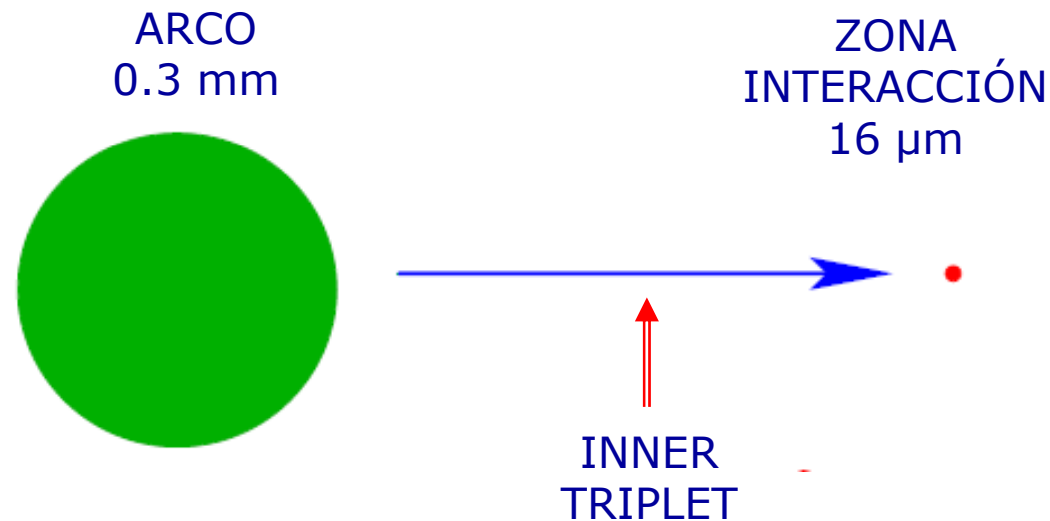
2. Para maximizar número de eventos (L): Alta focalización (low- $\beta$  region)



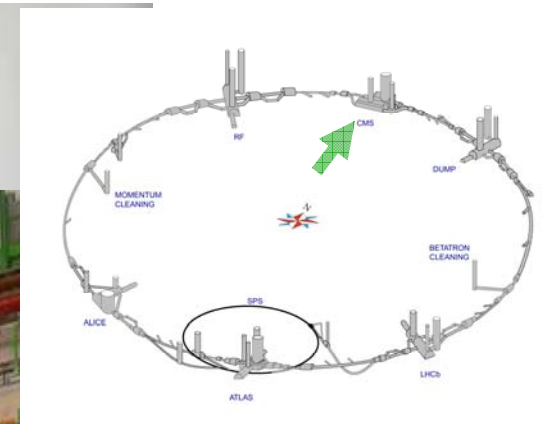
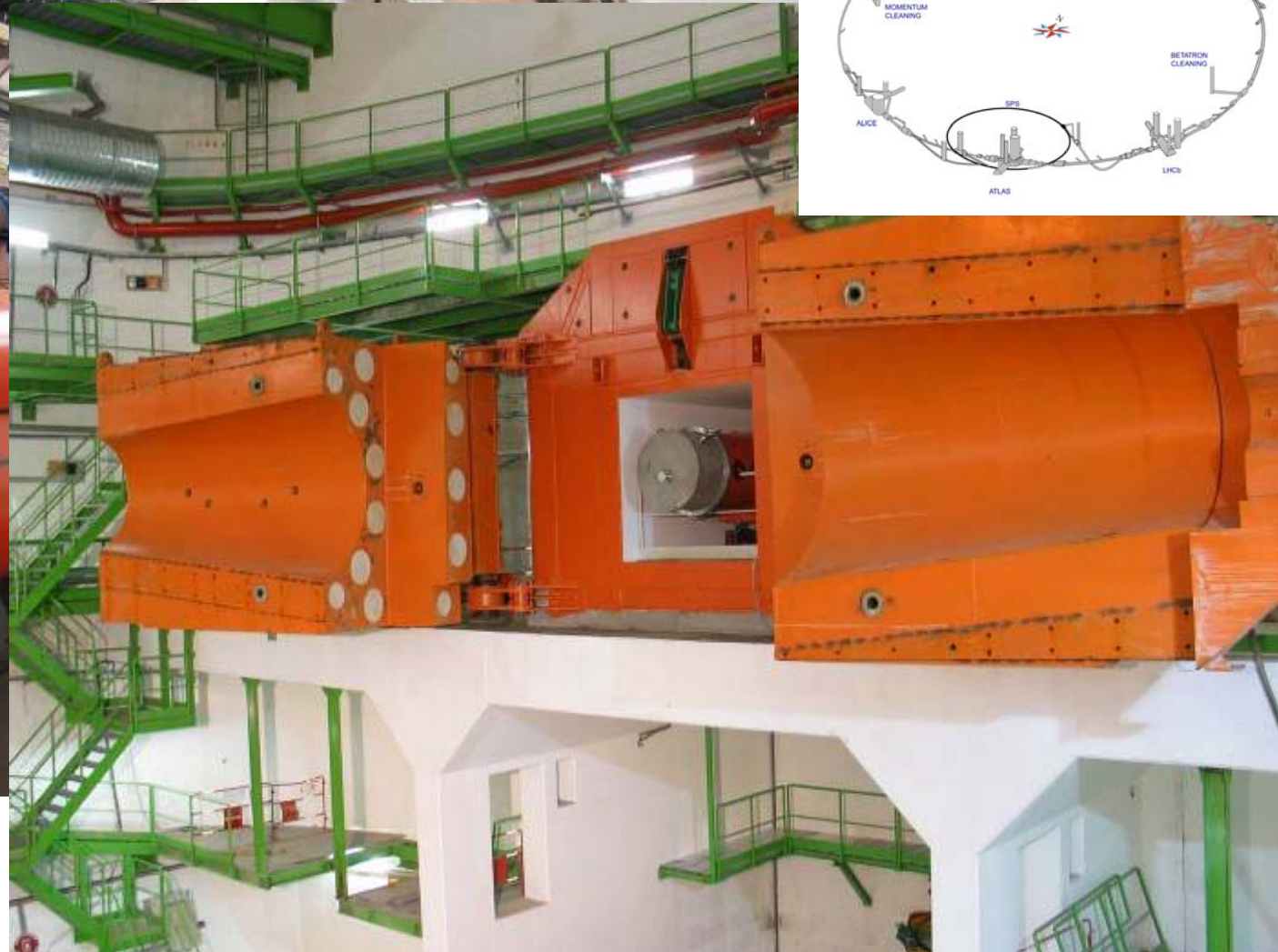


## 4. Colisiones en el LHC

LEP (e+e-) :  $3-4 \cdot 10^{31} \text{ [cm}^{-2}\text{s}^{-1}\text{]}$   
Tevatron (p-pbar) :  $\sim 10^{32} \text{ [cm}^{-2}\text{s}^{-1}\text{]}$   
LHC:  $10^{34} \text{ [cm}^{-2}\text{s}^{-1}\text{]}$



# Colisiones en el LHC – El Inner Triplet





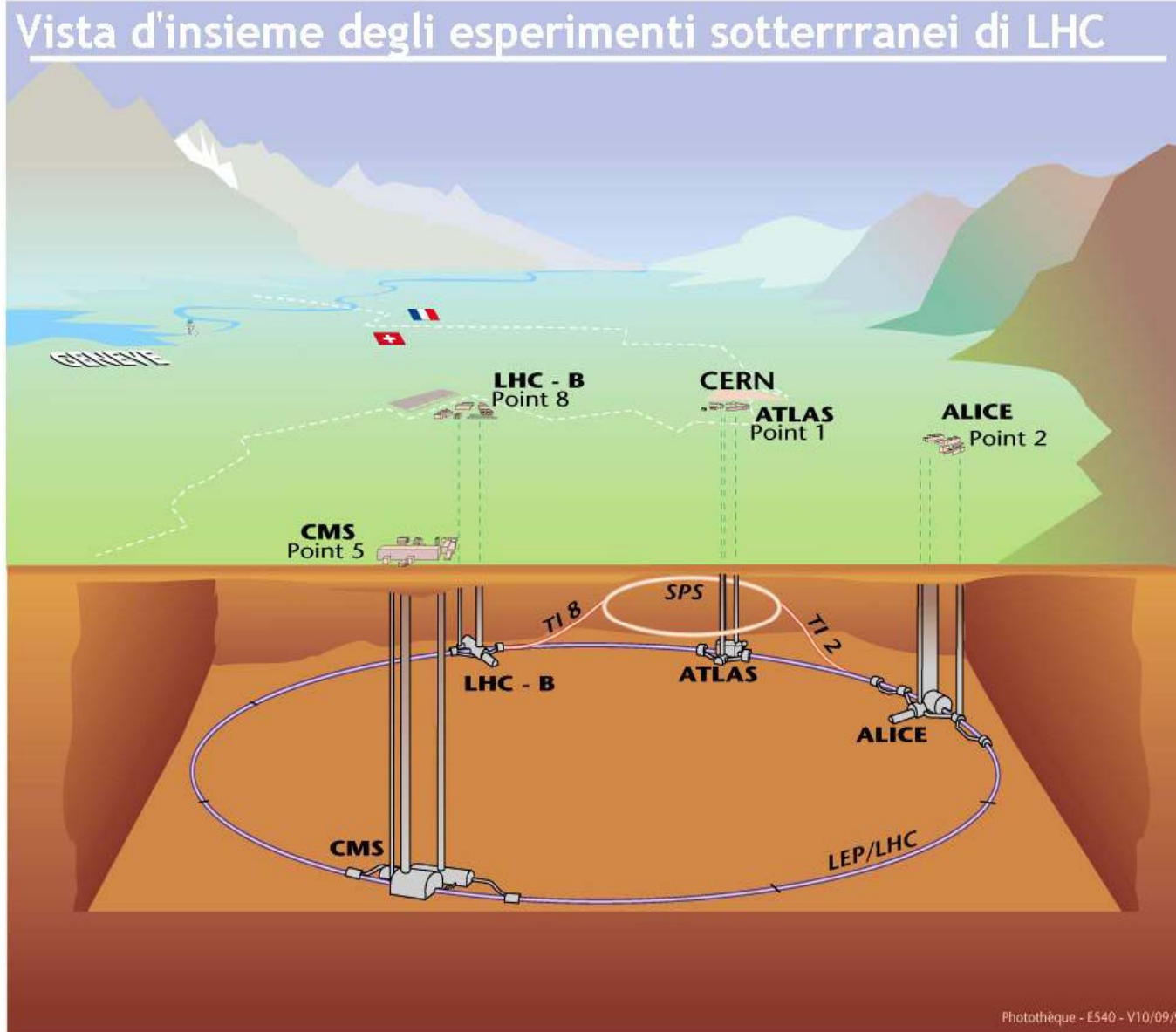
# EL Large Hadron Collider

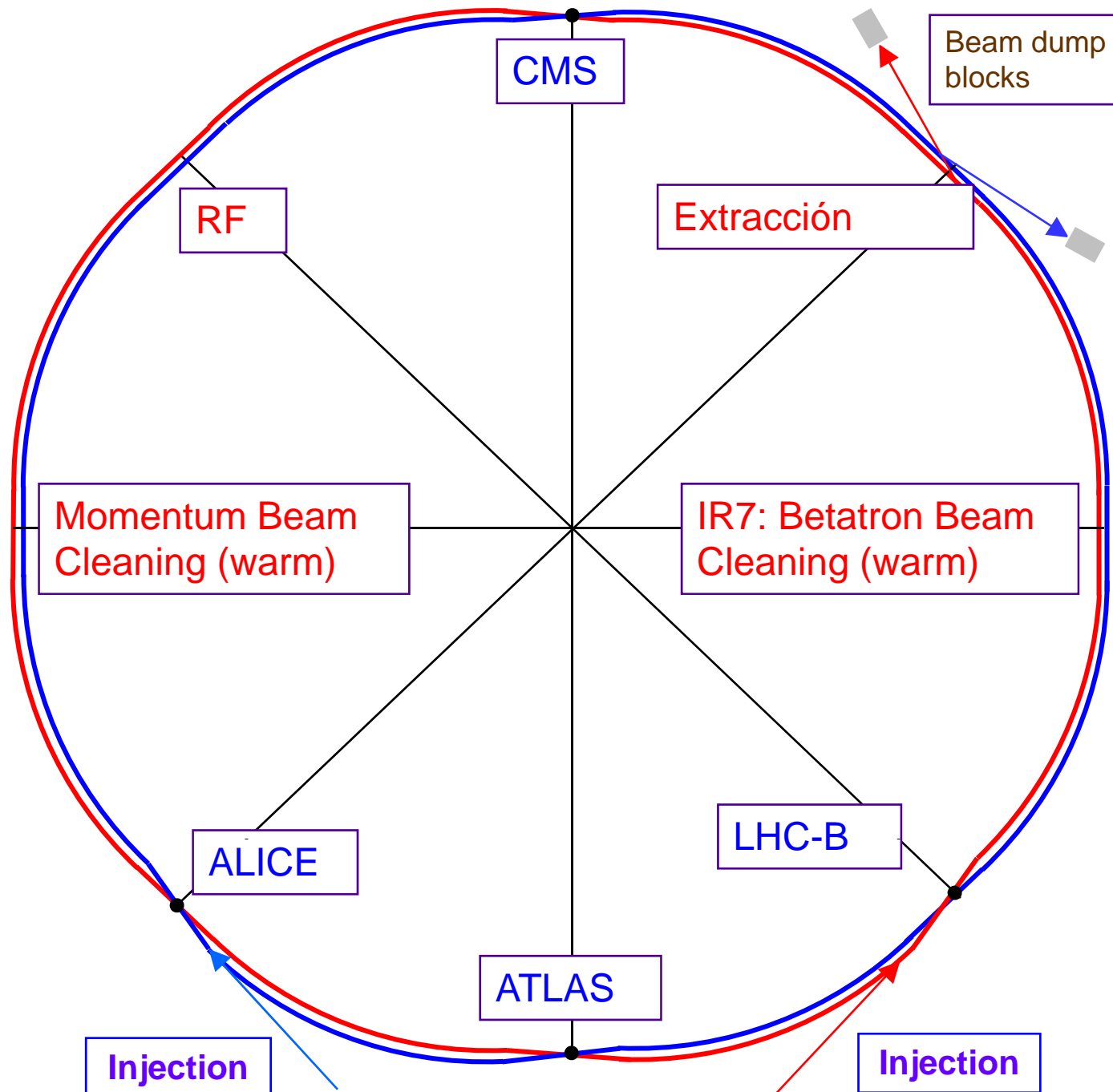






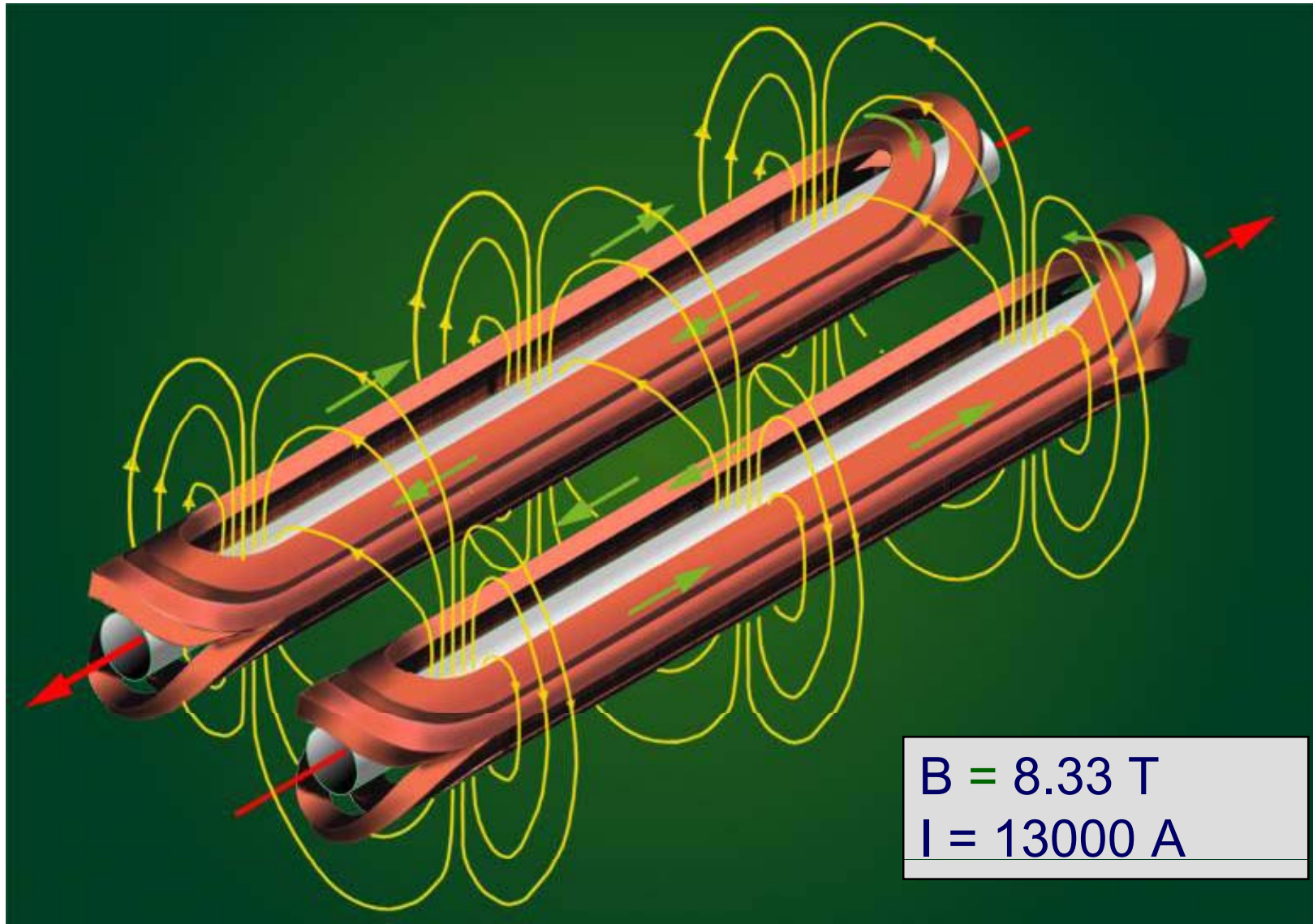
# LHC - Experimentos



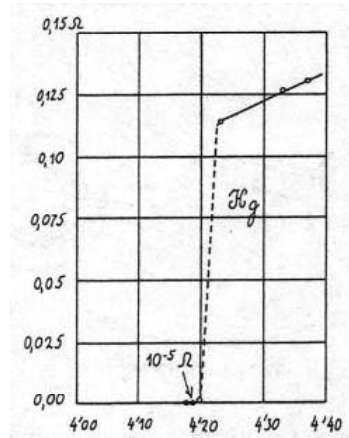




# LHC - Dipolos



- **1908** -- Kamerlingh Onnes licua el Helio



- **2007** – 6.5 kA en los dipolos del LHC a 1.9K



Cable  $\varnothing$ 1 mm



Imanes a 1.9 K  $\Rightarrow$   $\downarrow$  Entalpía -  $\downarrow$  Margen de Temperatura (1.4K)



0.6 J/cm<sup>3</sup> ( $10^7$  de  $10^{14}$  p<sup>+</sup> por haz)  
es suficiente para perder la superconductividad:

**QUENCH**

## ◆ Riesgo:

- ◆ **Proceso Irreversible.**
- ◆ **Corriente Nominal: ~ 12 kA.**
- ◆ **Baja Velocidad de Propagación: ~10 m/s.**



Gran cantidad  
de energía  
disipada en  
una pequeña  
zona

## ◆ Solución:

- ◆ **Sistema de Protección Activo**





La energía total almacenada en los dipolos y cuadrupolos principales del LHC es análoga a la energía cinética del **USS Kitty Hawk** a velocidad de batalla **55 km/h**

Cuando las cosas no funcionan...



# LHC – Dipolos – Fabricación







# Dipolos LHC – Ensamblado y Tests en el CERN



**ANTES DE  
INSTALAR...  
TRAINING!!**





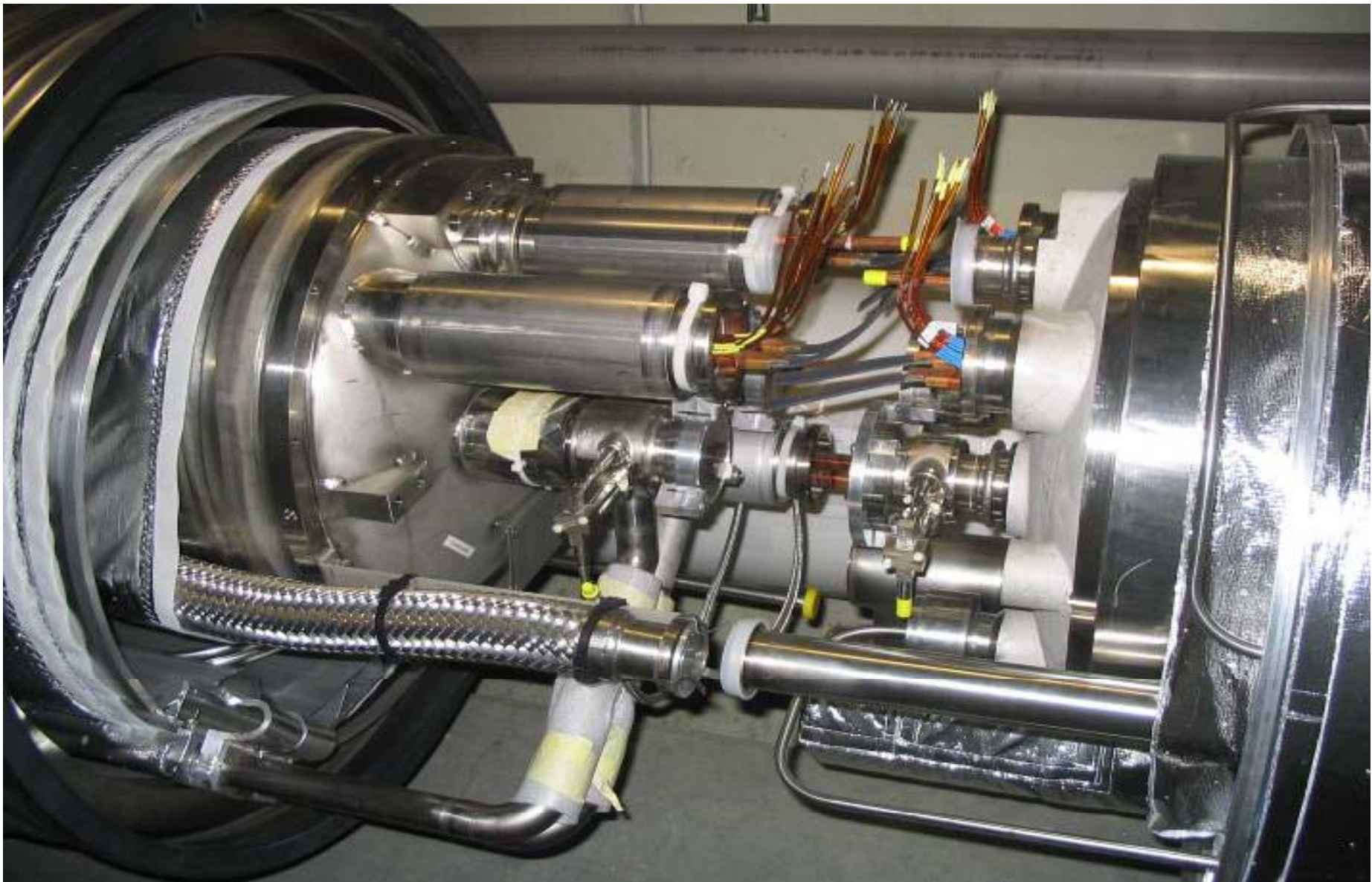


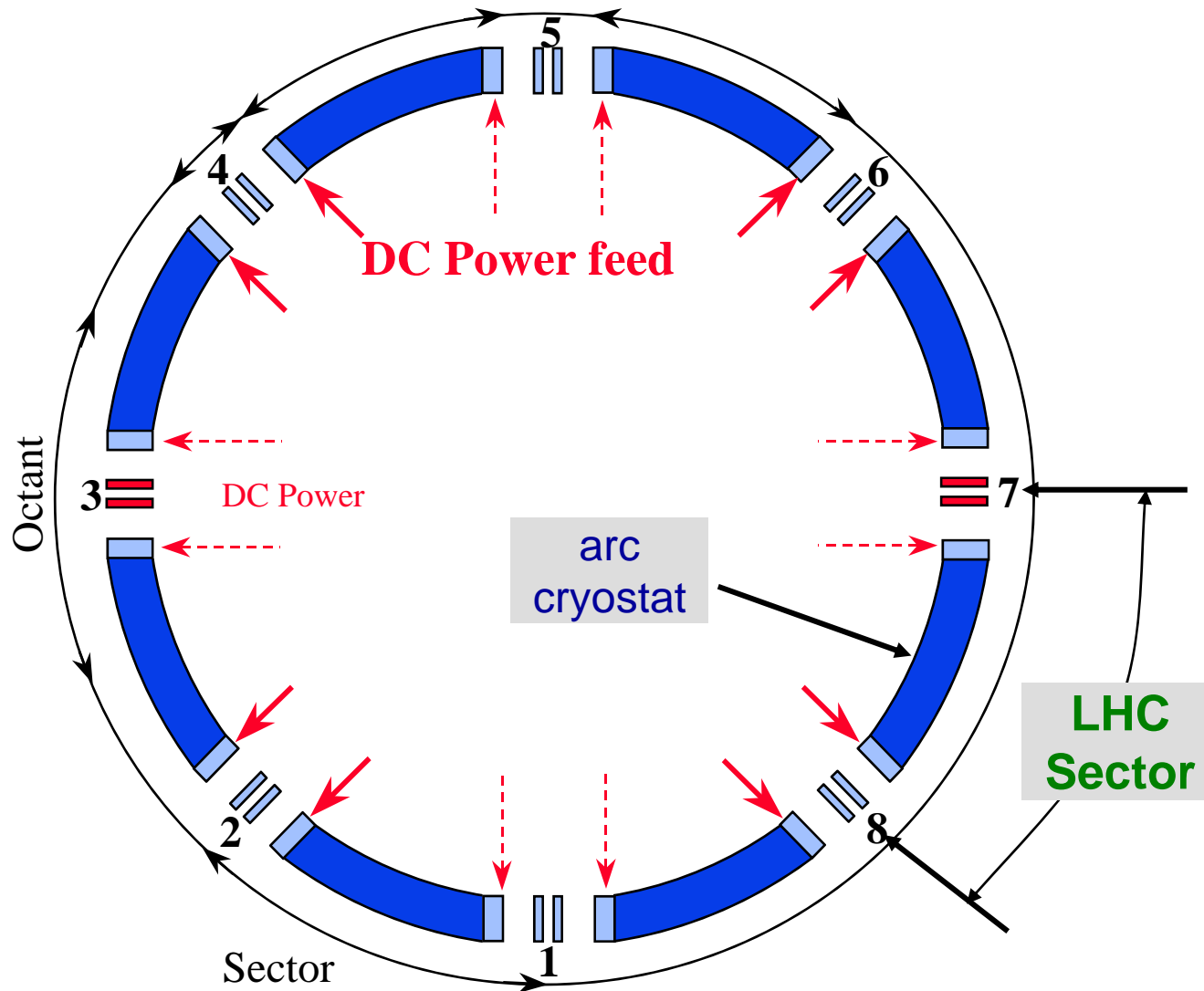
# Instalación

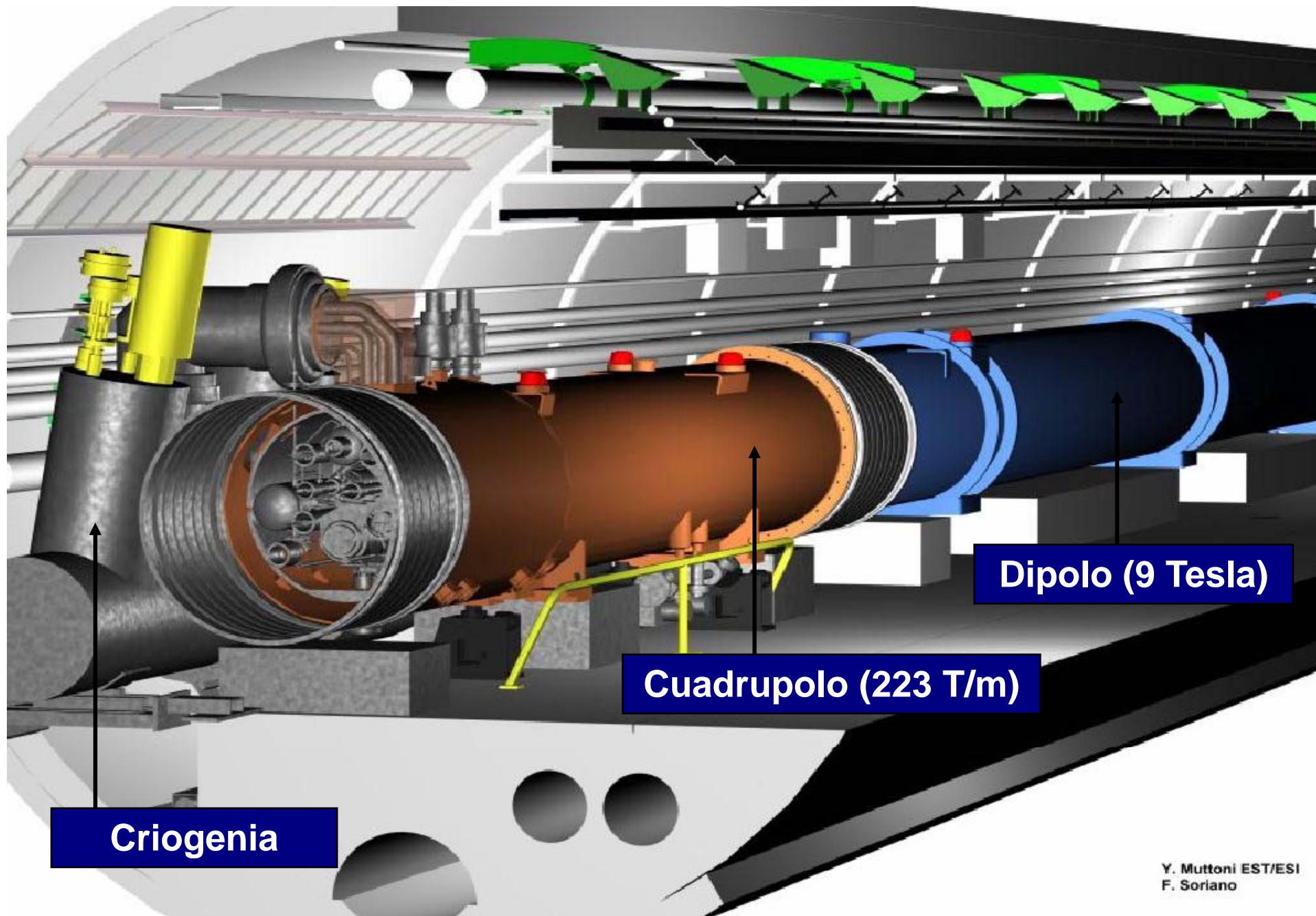




# Interconexión







**Criogenia**

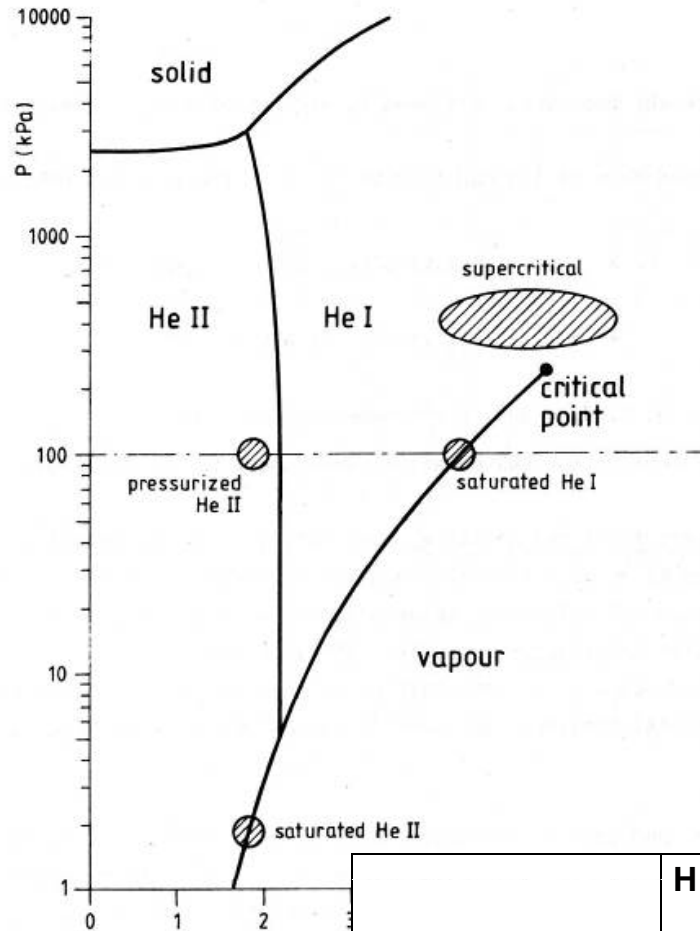
**Cuadrupolo (223 T/m)**

**Dipolo (9 Tesla)**

Y. Muttoni EST/ESI  
F. Soriano



# La Superfluidez



$T > T_\lambda$ : He I

$T < T_\lambda$ : He II  
(superfluid Helium)

$T_\lambda = 2.17$  K

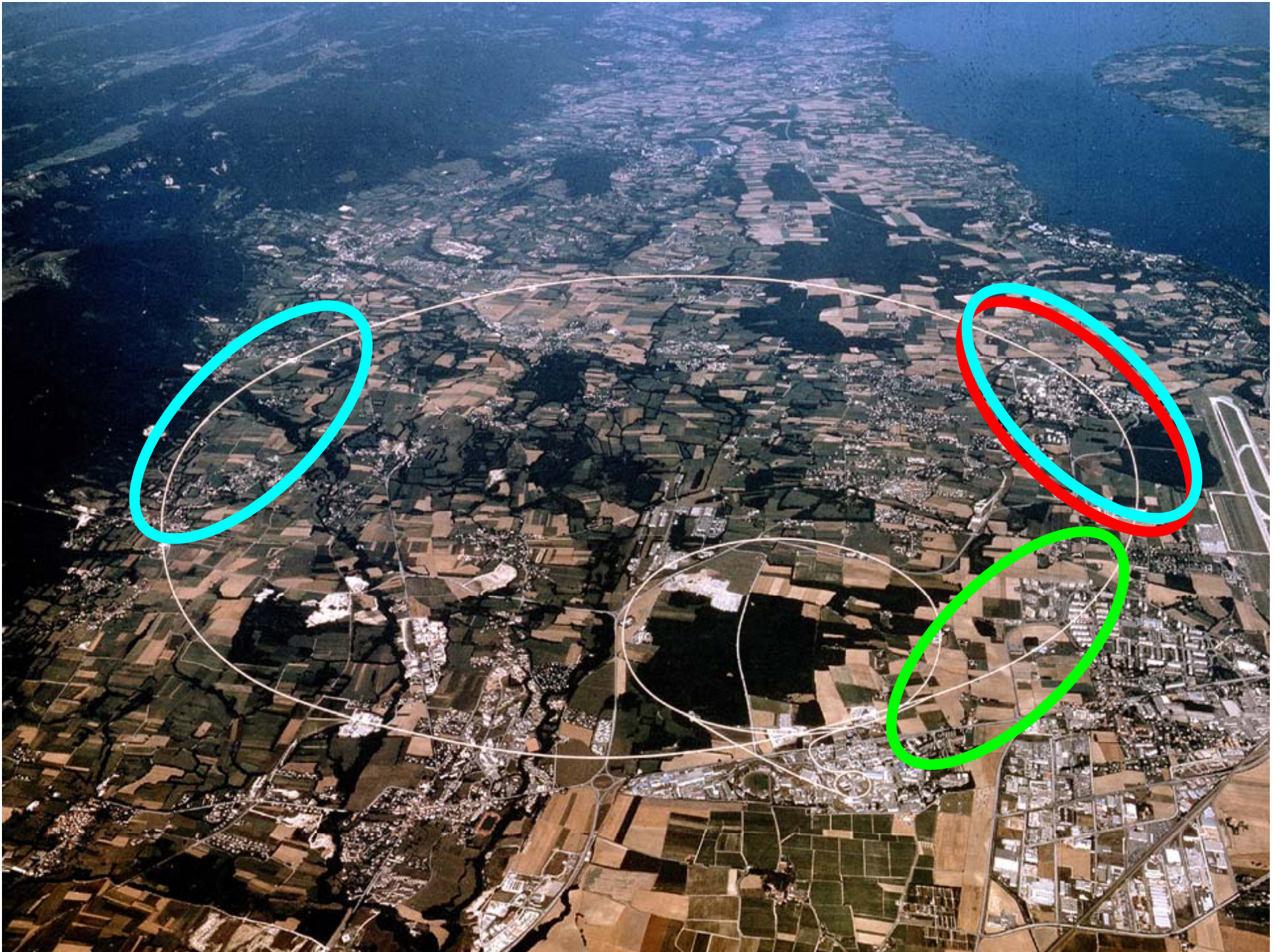
LHC:

$T = 1.9$  K

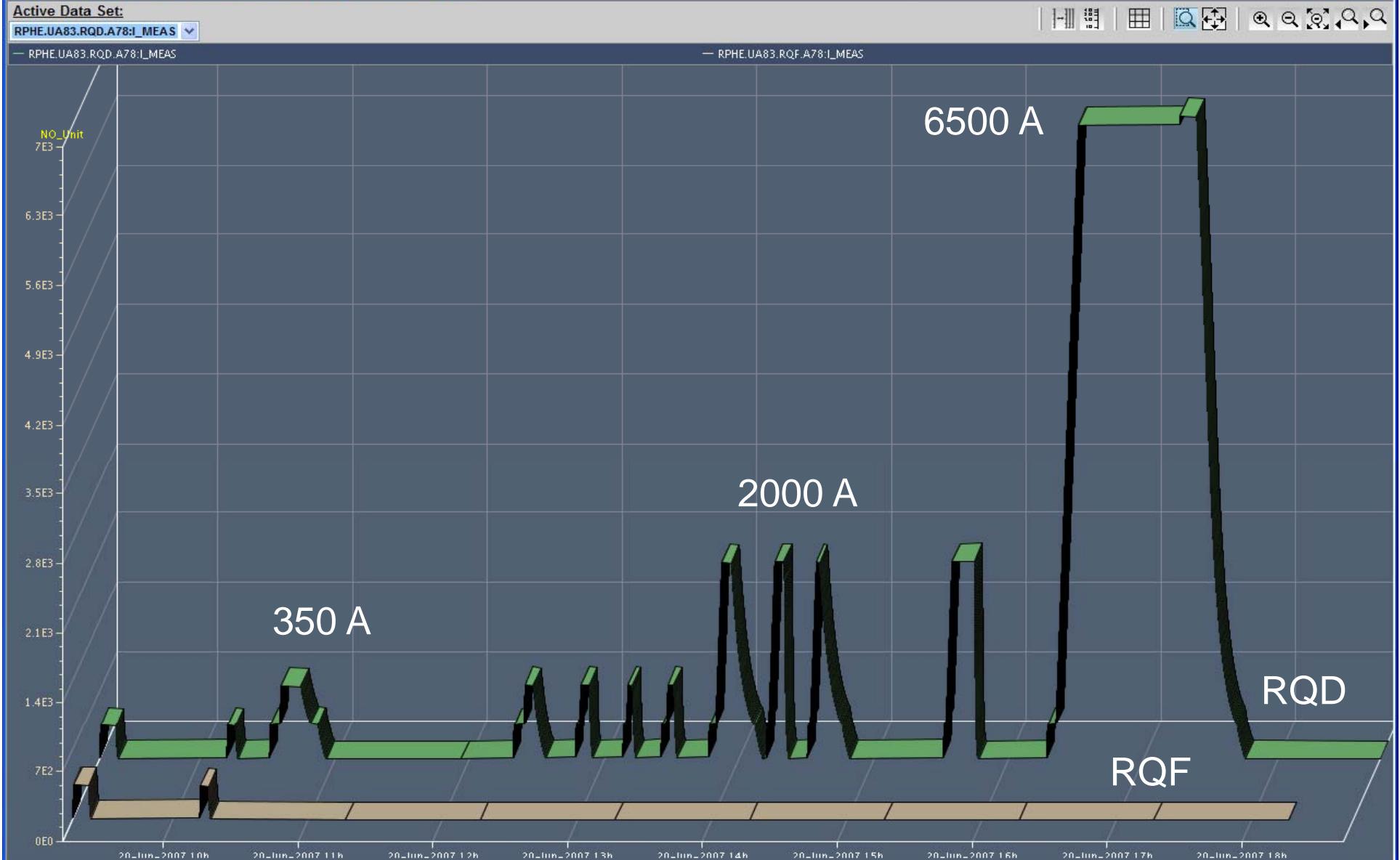
$P \approx 1.2$  bar

	He II, 1.9K	He I, 4.2K	Water, 300K	SC @ 8T, 1.9K	SC @ 8T, 4.2K
<b>thermal cond.</b>	~100,000	0.02	1	~400	~400
<b>viscosity</b>	0.01 – 0.1	3	1000		
<b>Cp</b>	4	5		0.0001	0.0004







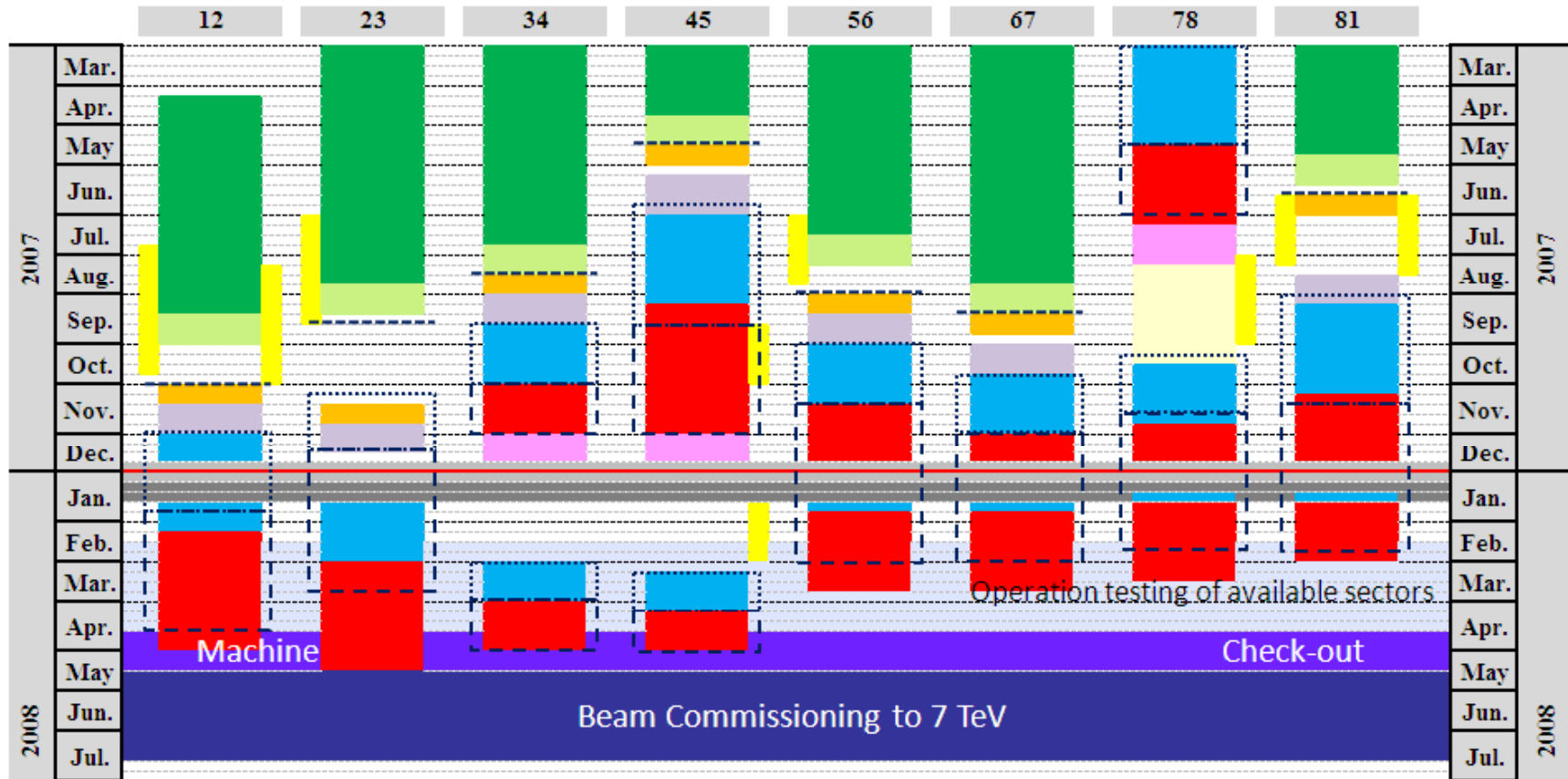


Highlight not available for the Active Data Set at this zoom level.

Display: 20 Legend: Visible Size: Large



# Y el Higgs... ¿para cuándo?

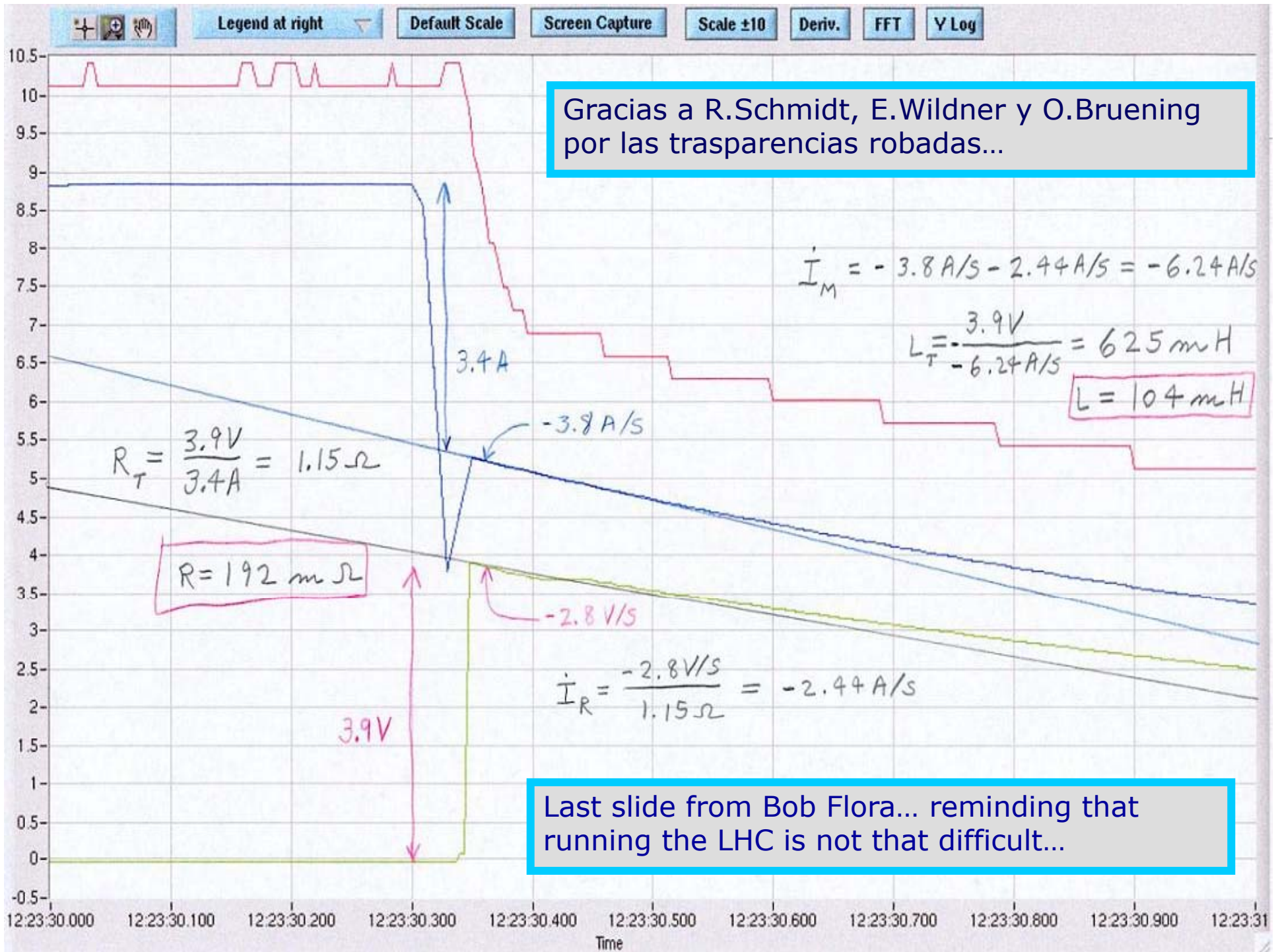


### General schedule Baseline rev.

- 4.0
- ..... Global pressure test & Consolidation
- Cool-down
- Powering Tests

- Interconnection of the continuous cryostat
- Leak tests of the last sub-sectors
- Inner Triplets repairs & interconnections
- Global pressure test & Consolidation
- Flushing
- Cool-down
- Warm up
- Powering Tests





Gracias a R.Schmidt, E.Wildner y O.Bruening por las transparencias robadas...

$$R_T = \frac{3.9V}{3.4A} = 1.15 \Omega$$

$$R = 192 \text{ m}\Omega$$

$$\dot{I}_M = -3.8 \text{ A/s} - 2.44 \text{ A/s} = -6.24 \text{ A/s}$$

$$L_T = \frac{3.9V}{-6.24 \text{ A/s}} = 625 \text{ mH}$$

$$L = 104 \text{ mH}$$

$$\dot{I}_R = \frac{-2.8 \text{ V/s}}{1.15 \Omega} = -2.44 \text{ A/s}$$

Last slide from Bob Flora... reminding that running the LHC is not that difficult...



# The LHC Hardware Commissioning

... when you have the right people...

<http://hcc.web.cern.ch/hcc/>





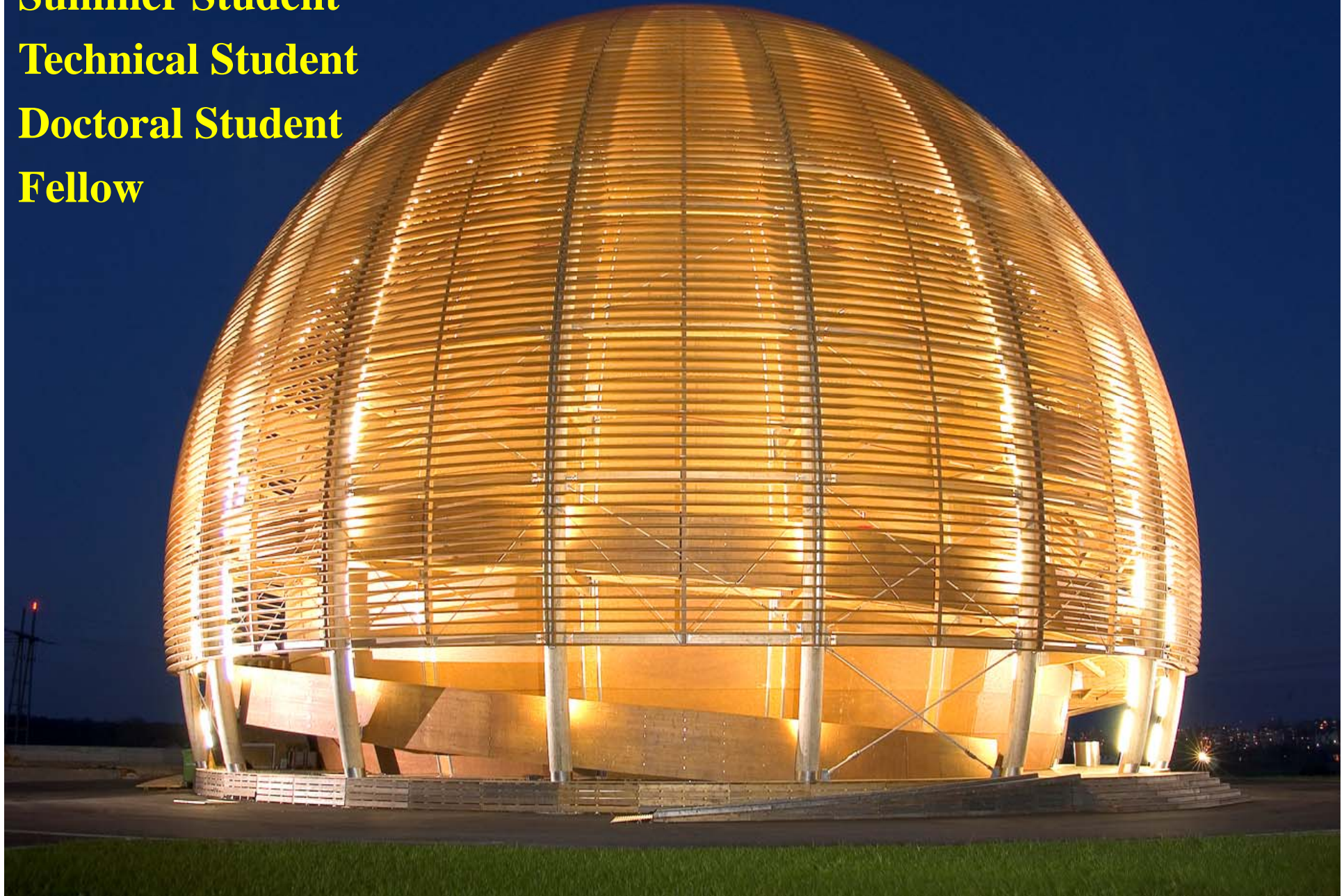
# **Haciéndome CERNERO:**

**Summer Student**

**Technical Student**

**Doctoral Student**

**Fellow**





[avergara@cern.ch](mailto:avergara@cern.ch)



... Muchas Gracias