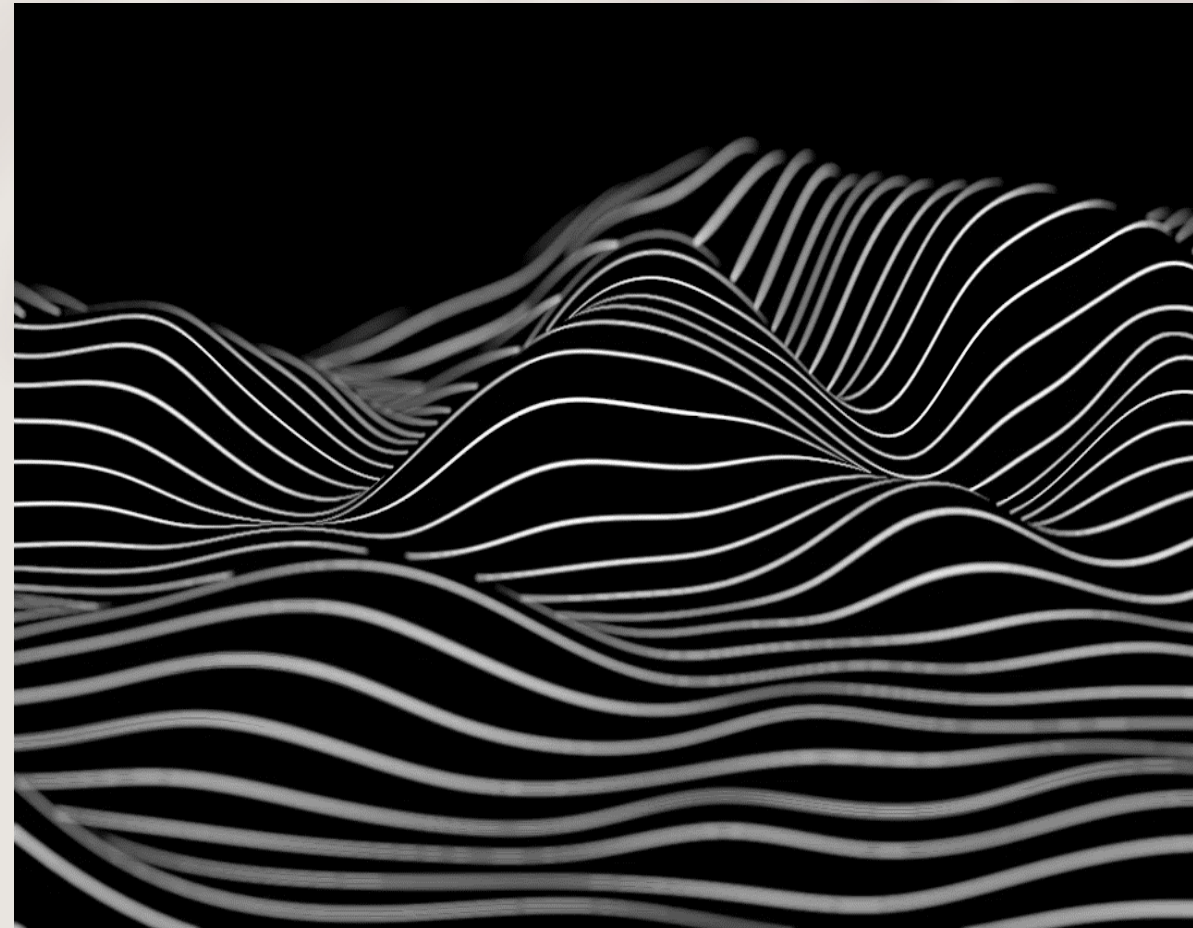


# El retorno del Gran Colisionador de Hadrones

el experimento más  
grande de todos los tiempos

sus hallazgos y los misterios por descubrir

<https://twitter.com/GHCtuit>



La máquina

Los hallazgos

Los misterios por descubrir

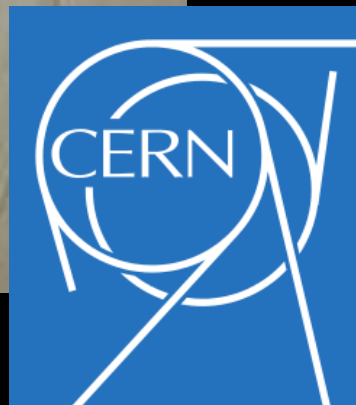
# La máquina

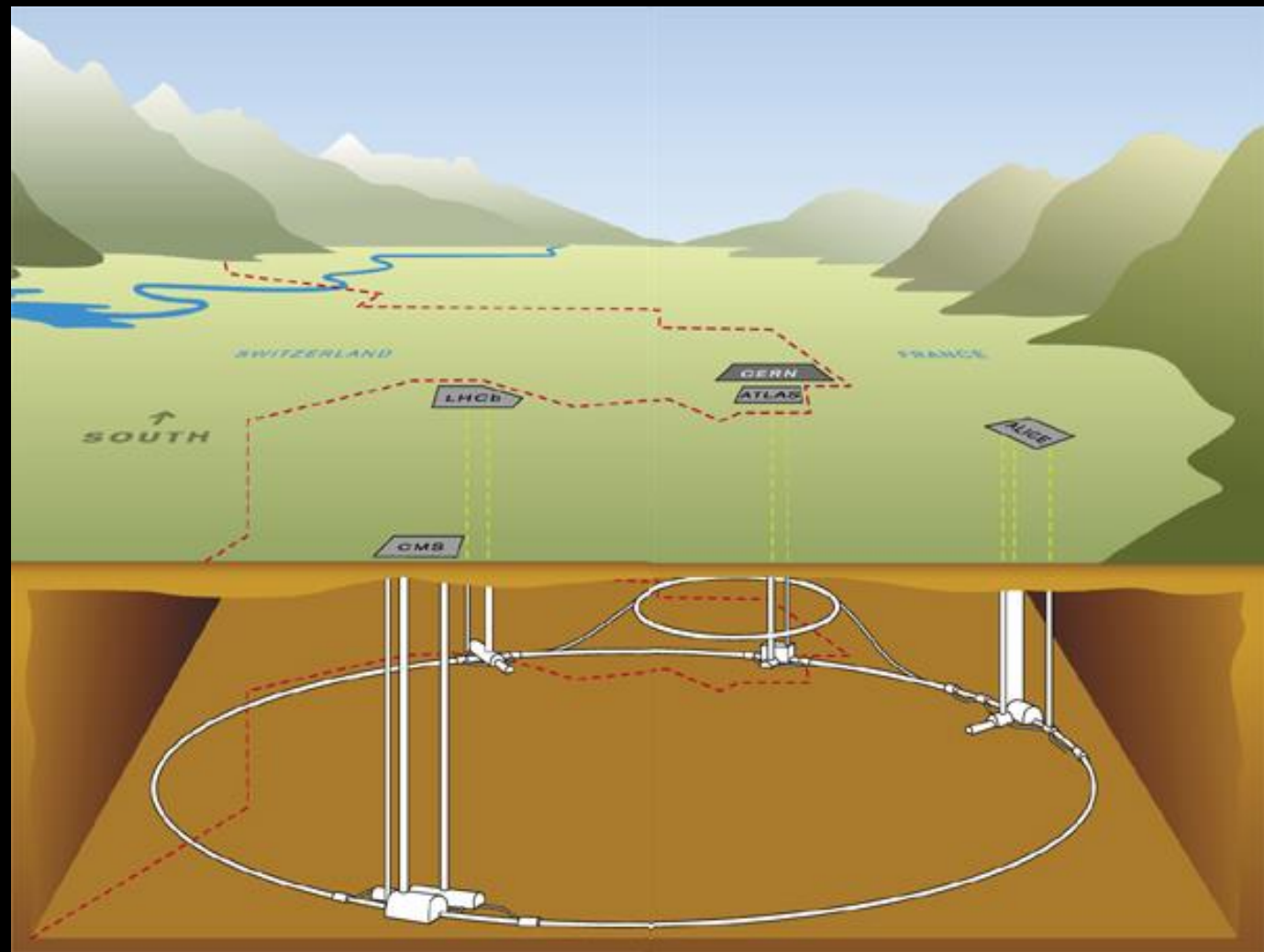
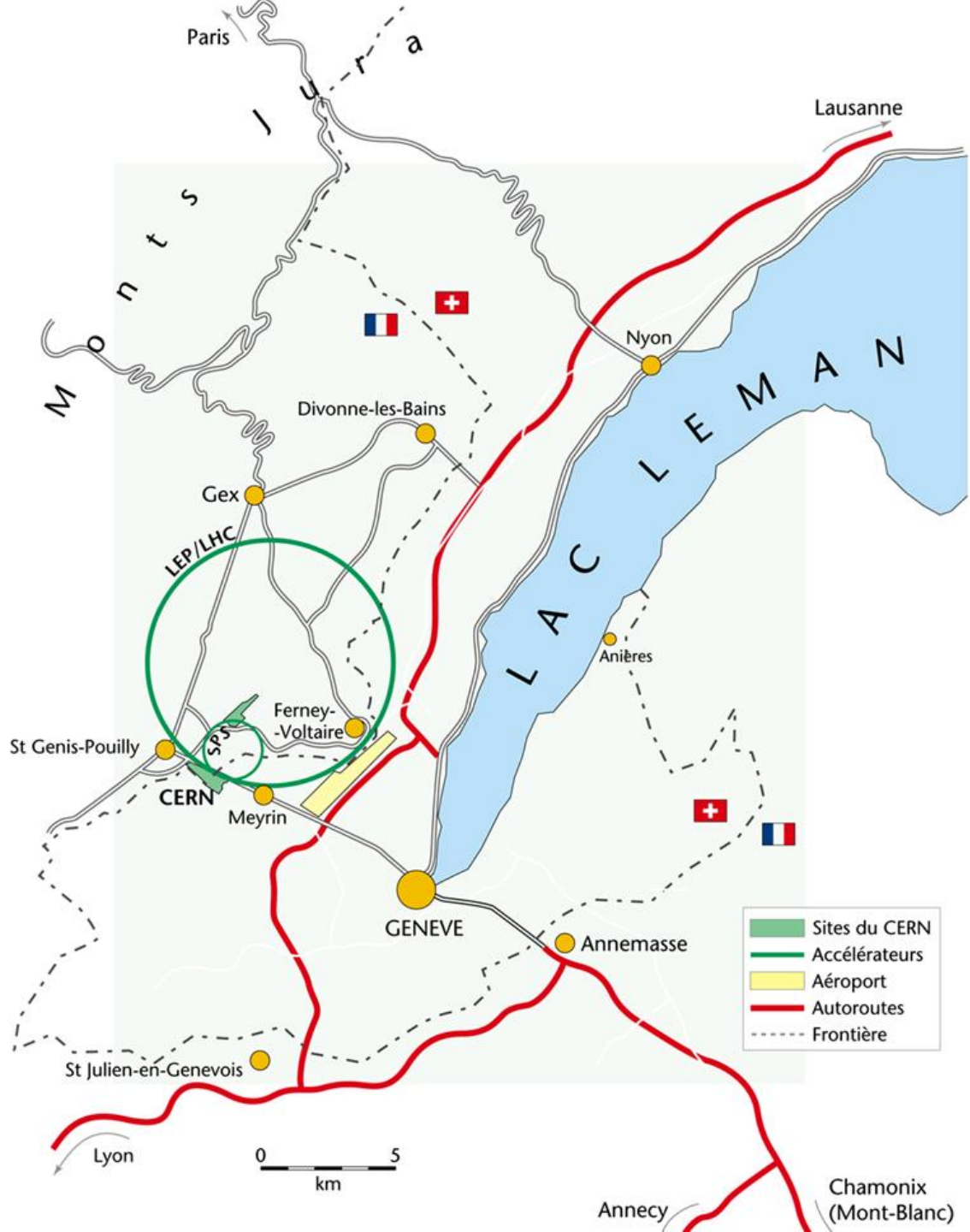


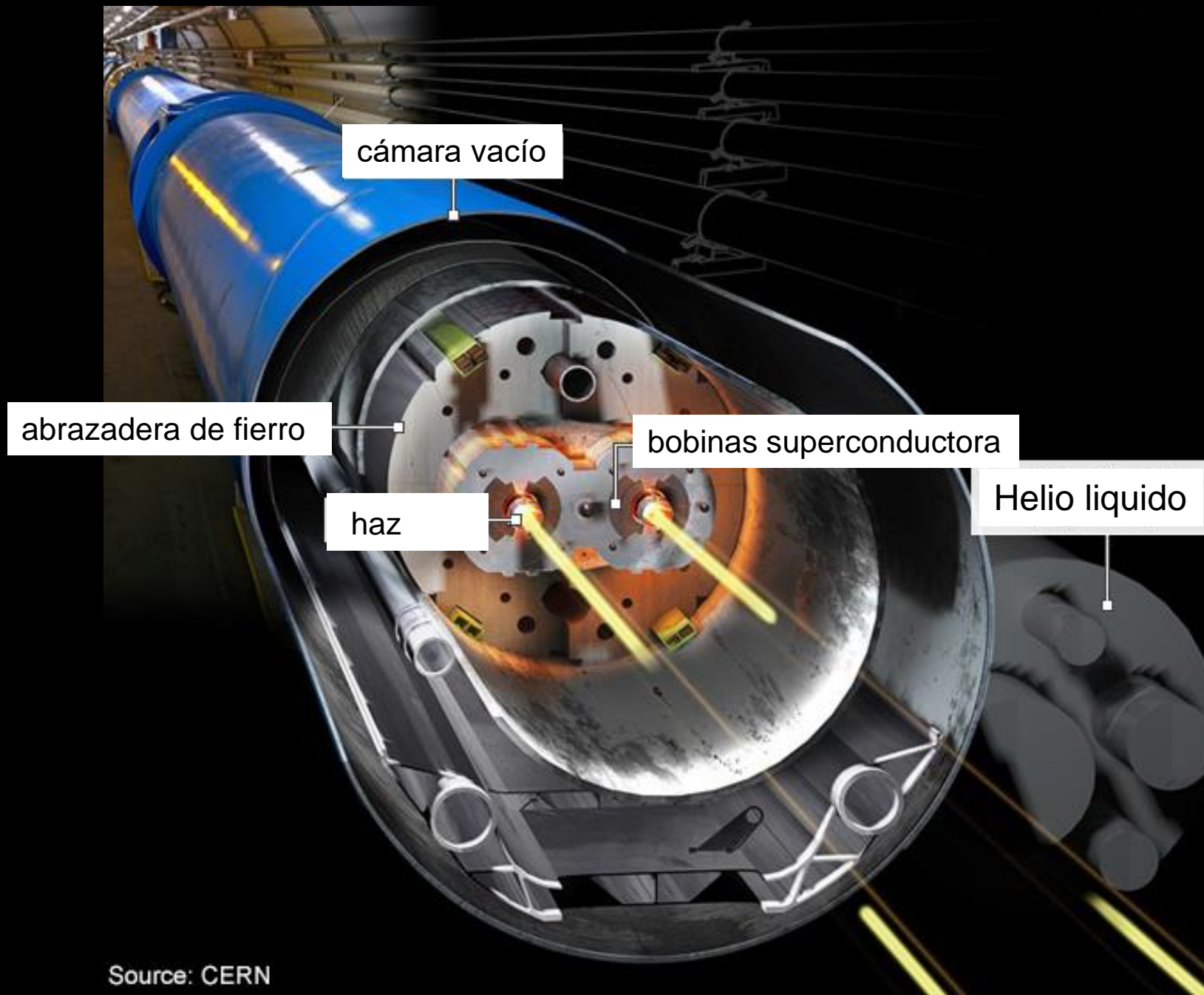
# El Gran Colisionador de Hadrones



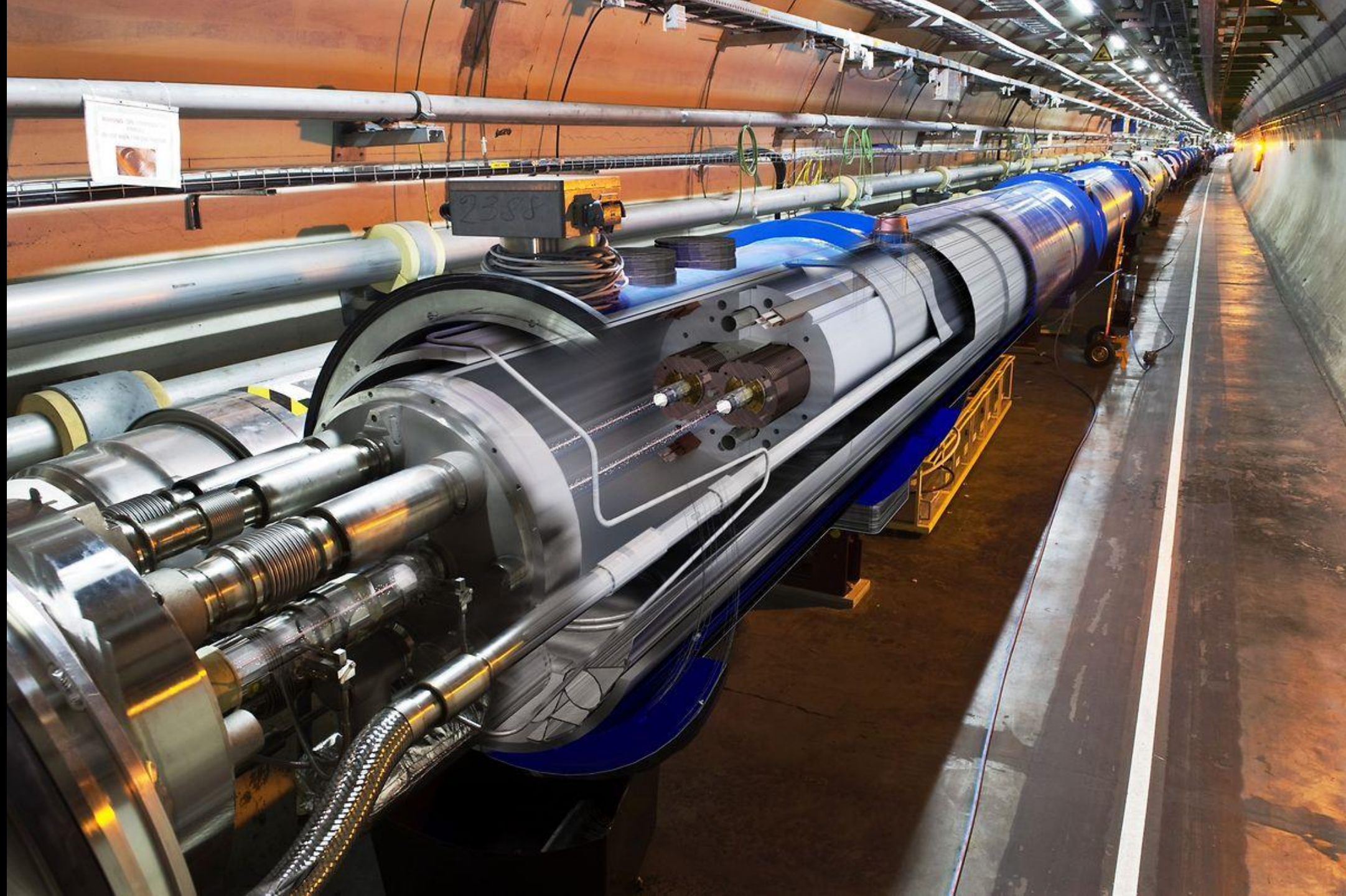
Centro Europeo de Investigaciones Nucleares - CERN







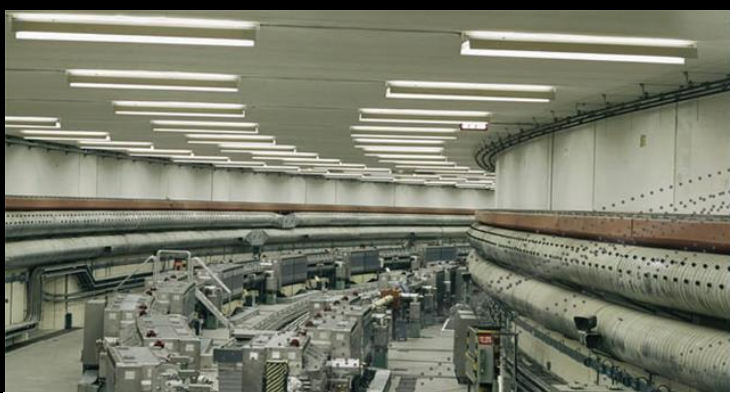
Source: CERN







más  
de  
50 años  
de  
choques  
protón -  
protón

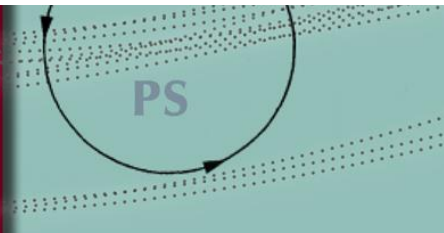
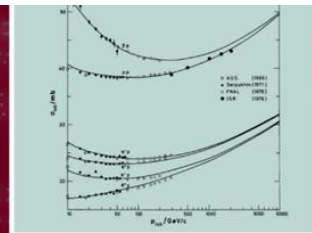
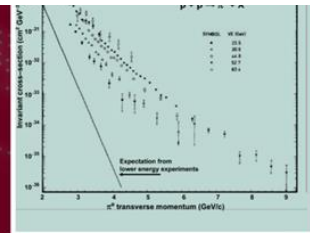
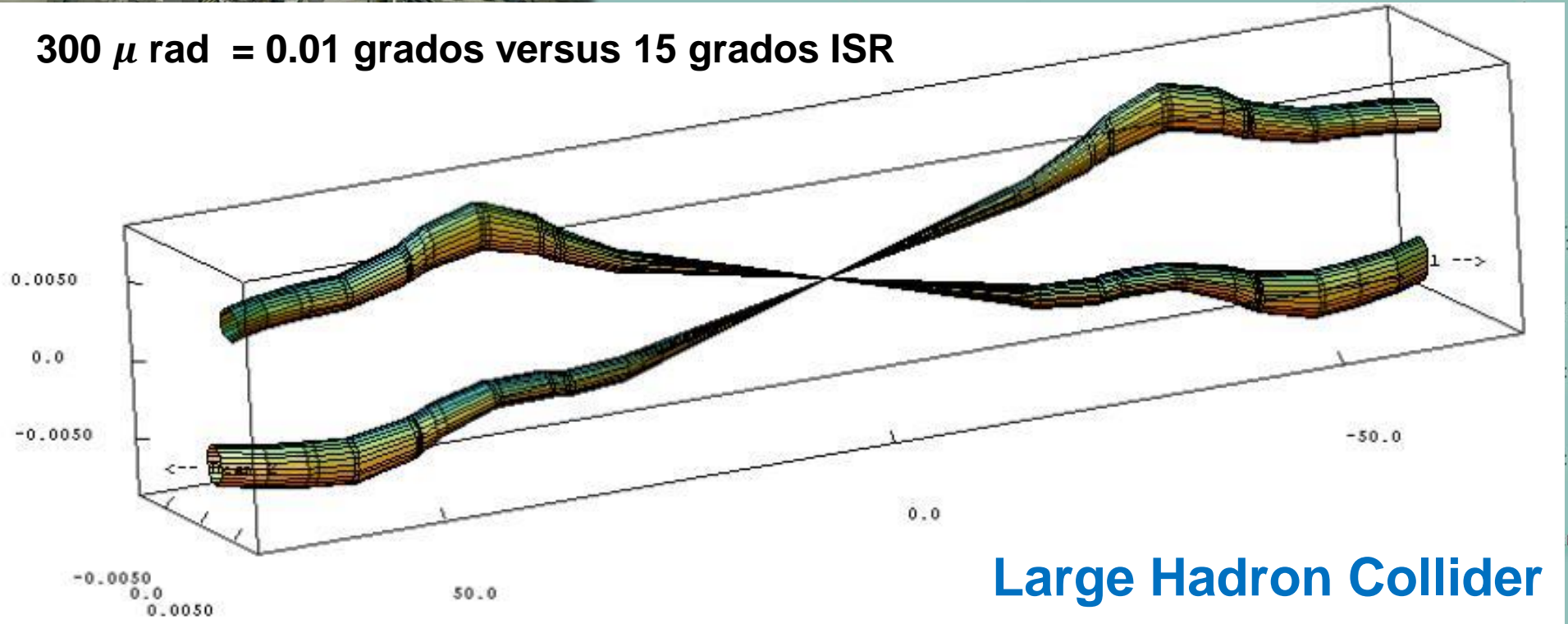


# 40th Anniversary of the First Proton-Proton Collisions

in the CERN Intersecting Storage Rings (ISR)

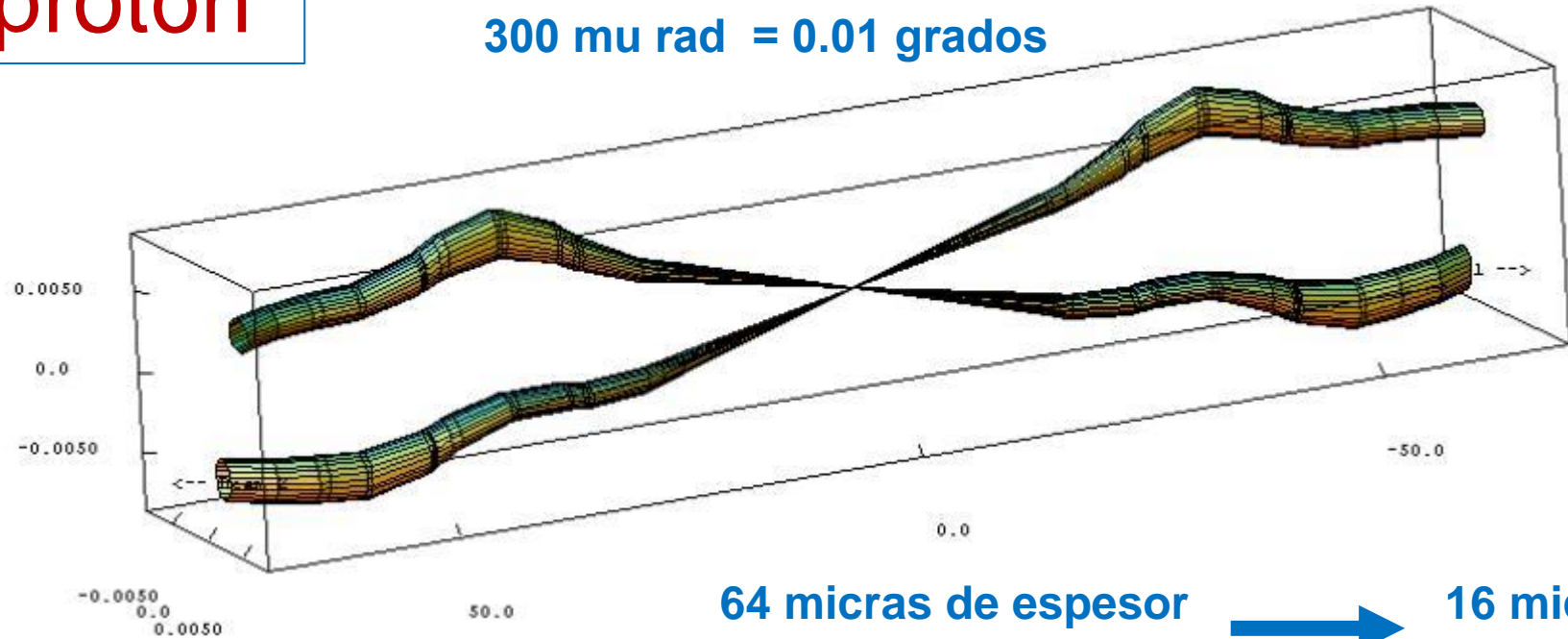
**Colloquium** January 18th, 2011 at 14:30 CERN Council Chamber

300  $\mu$  rad = 0.01 grados versus 15 grados ISR



# protón contra protón

300 mu rad = 0.01 grados



Emitancia:  
67% MENOR  
QUE EL DISEÑO

64 micras de espesor



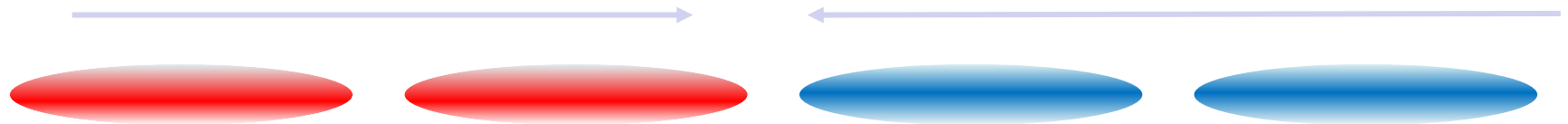
16 micras al  
colisionar

espesor 16 micras al colisionar Un cabello mide 60 micras

2012

Paquetes mas intensos:  
170 mil millones  
Nominal: 115 mil millones

150% MEJOR QUE EL  
DISEÑO

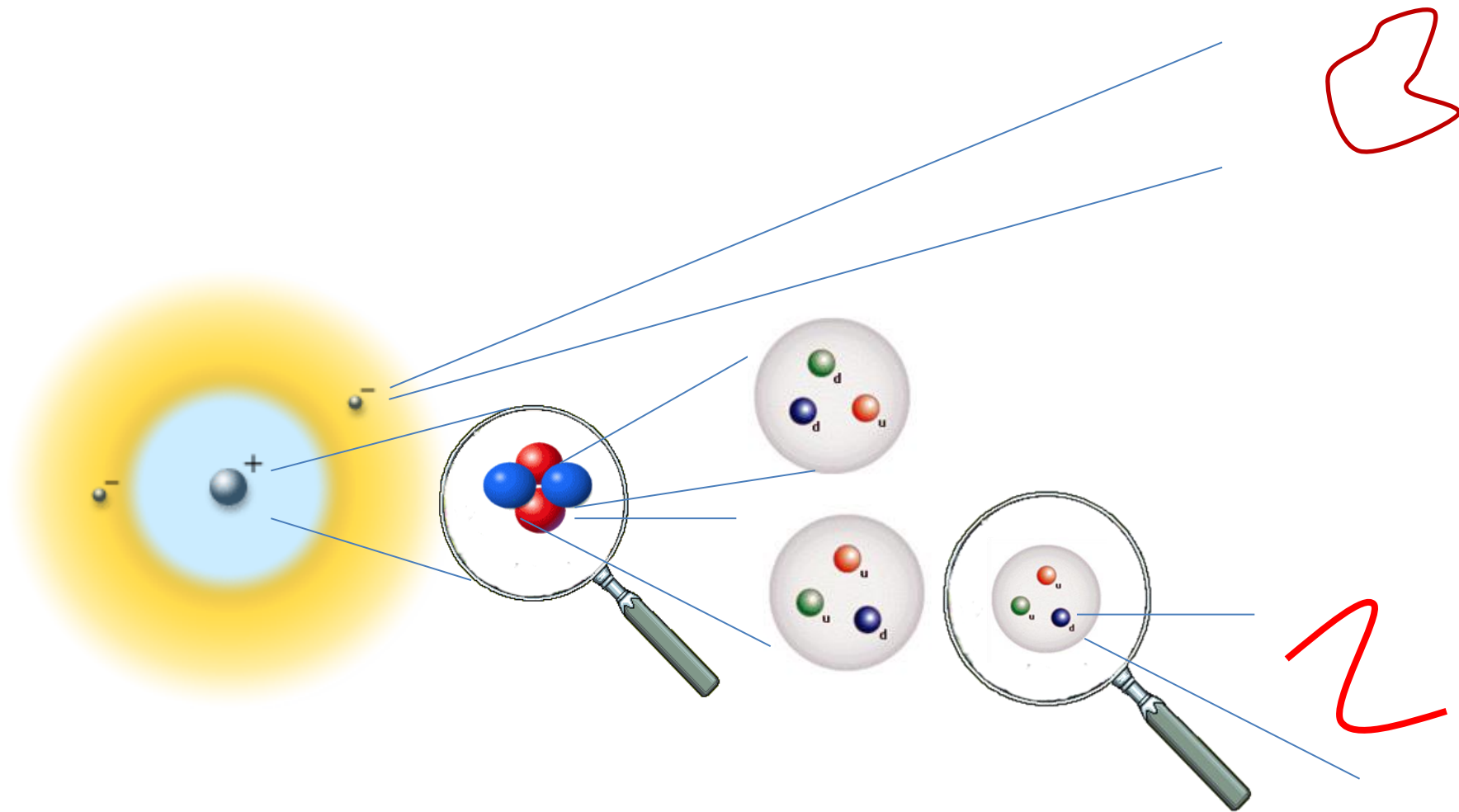


30 cm de longitud

7 metros de separación

# Los hallazgos





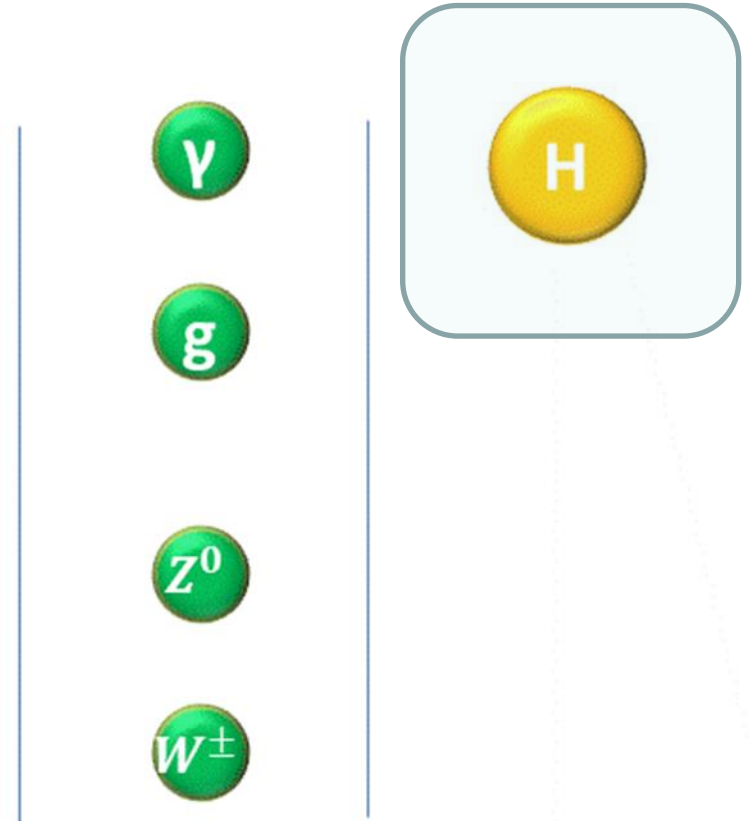
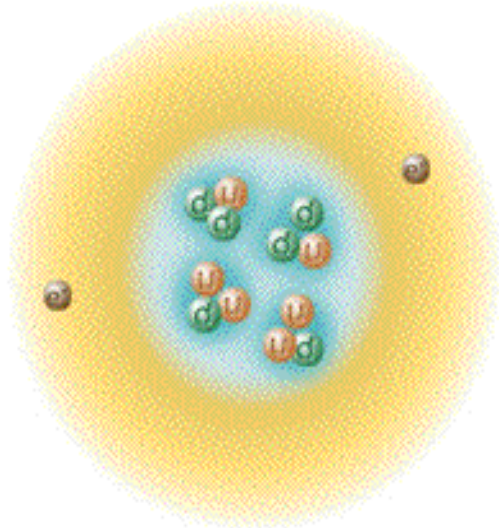
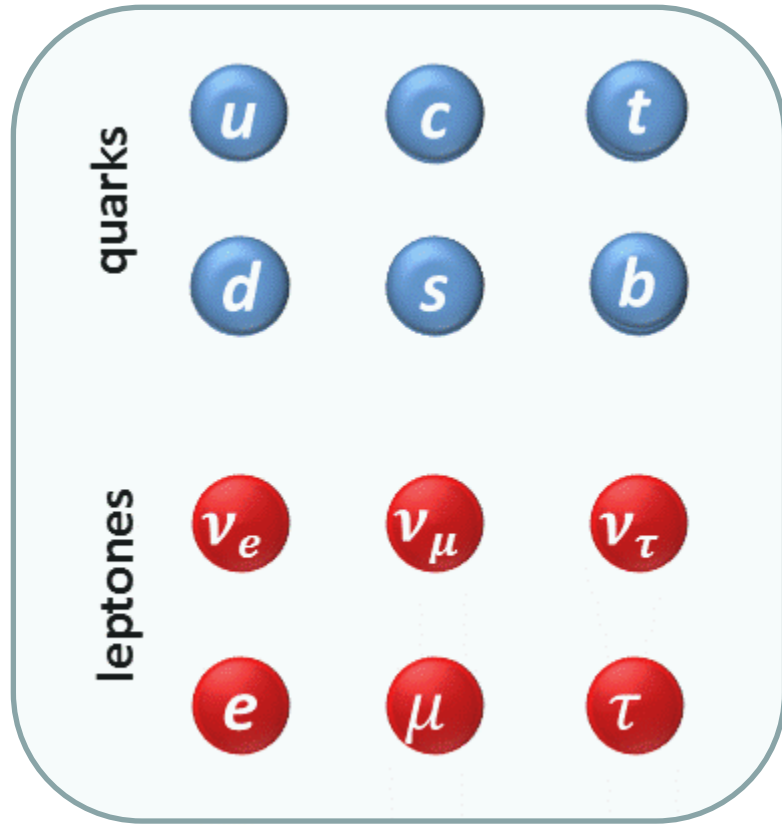
**Átomo:**  
*núcleo*  
*electrones*

**Núcleo:**  
*protones*  
*neutrones*

**Protones &  
Neutrones:**  
*quarks*

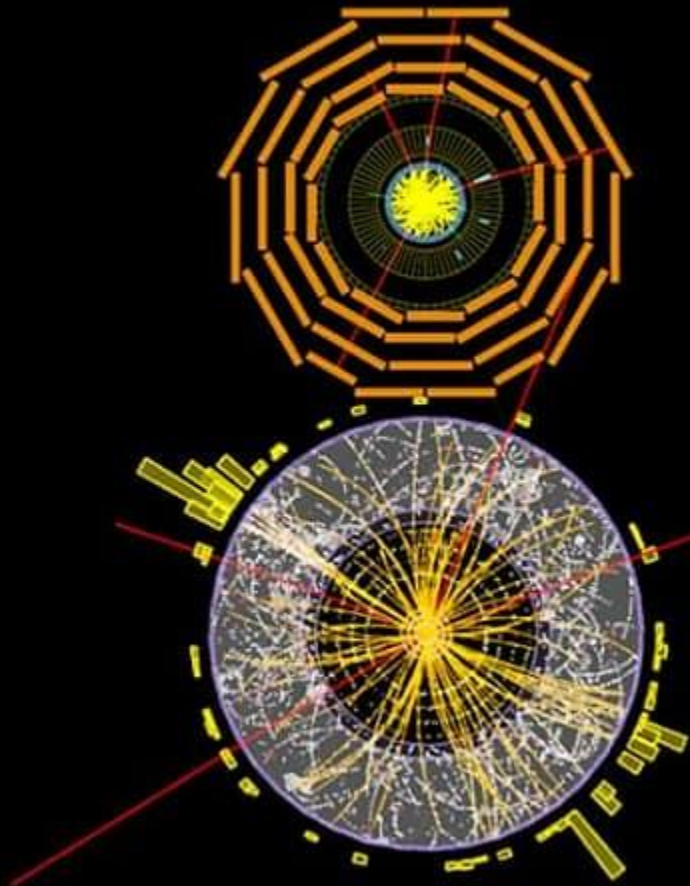
**Quarks &  
Electrones:**  
*cuerdas*

# materia



4 de julio de 2012

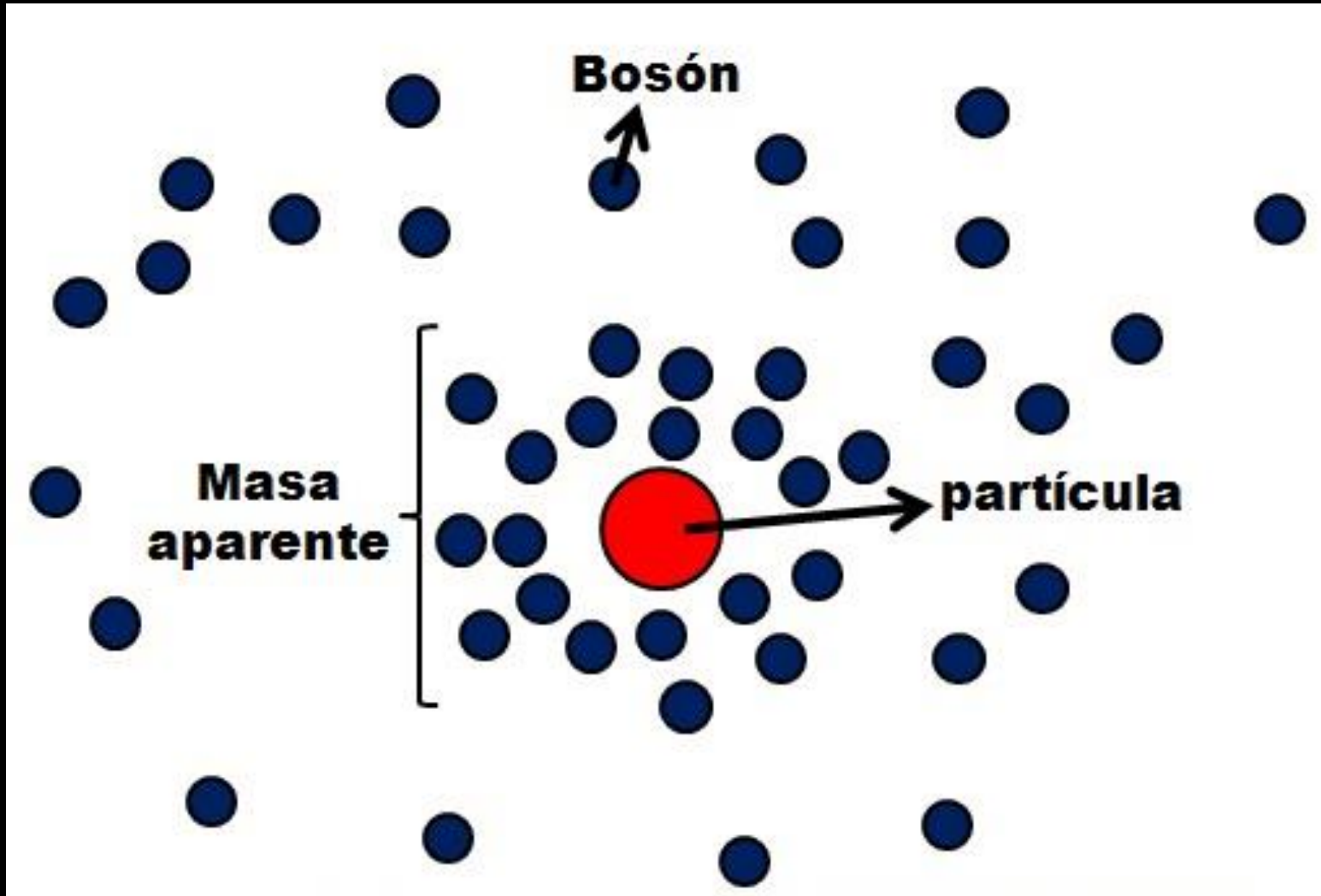
día higgstórico



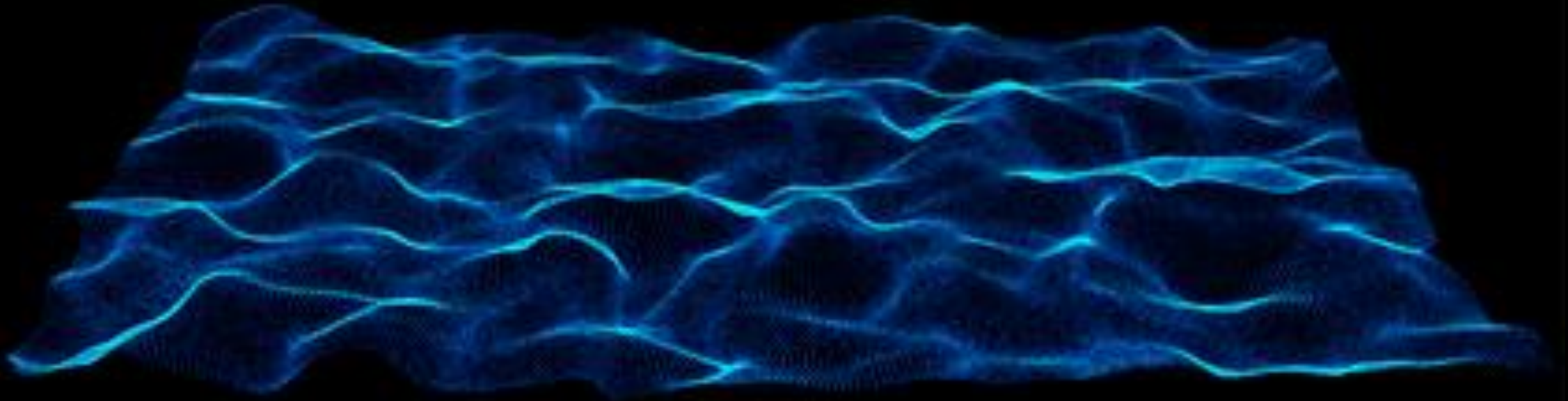
**HAPPY  
HIGGS  
BOSON  
DISCOVERY  
DAY!**

DISCOVERY ANNOUNCED EIGHT  
YEARS AGO TODAY BY THE  
ATLAS & CMS EXPERIMENTS

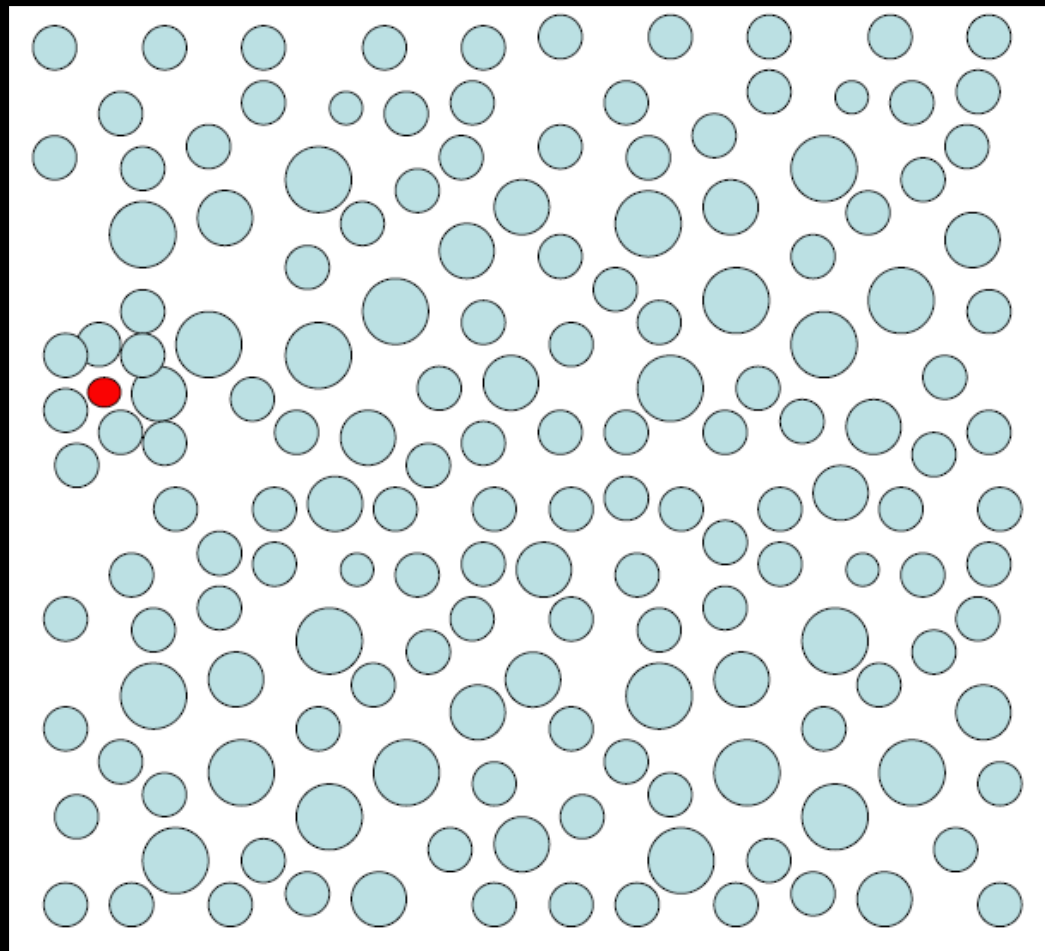
## *el mecanismo de Higgs*



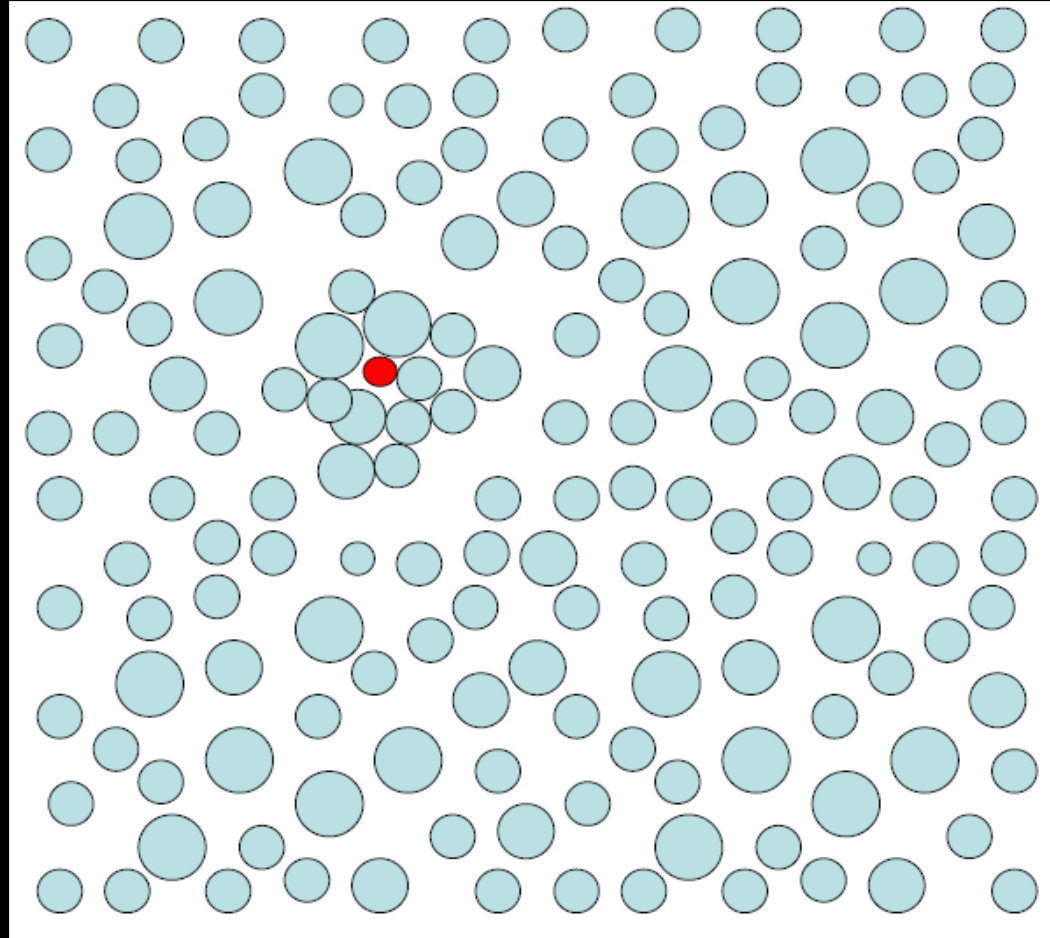
# El campo de Higgs



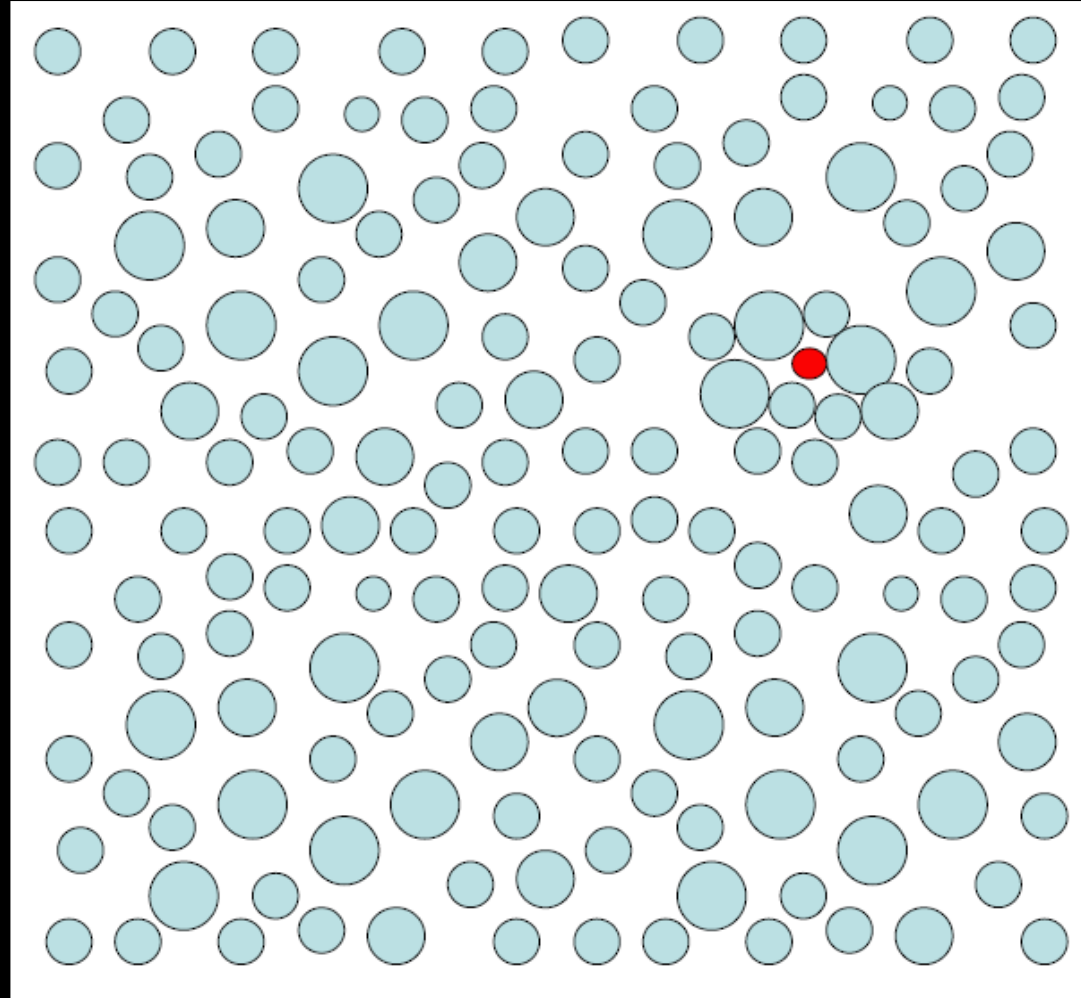




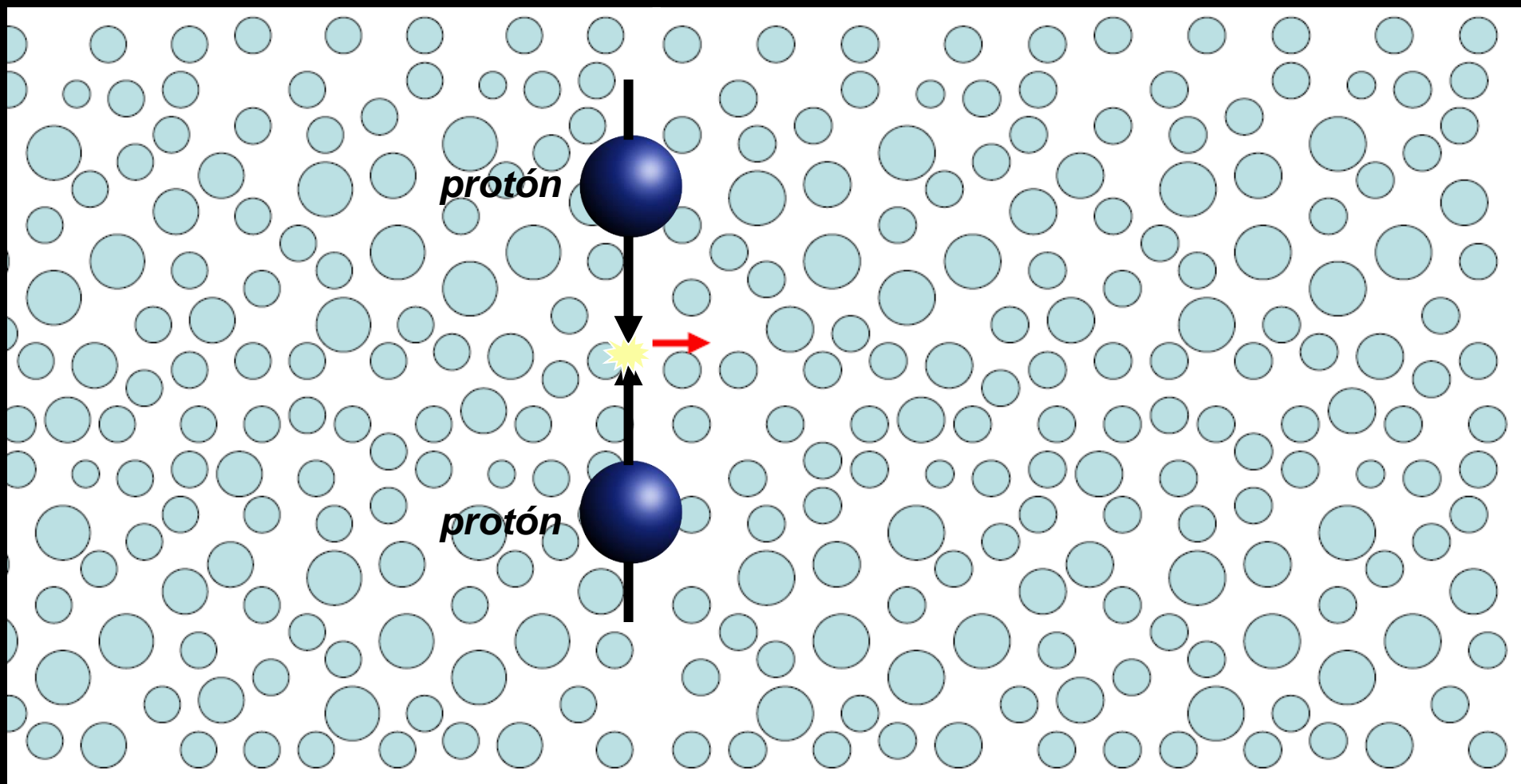
## *el mecanismo de Higgs*

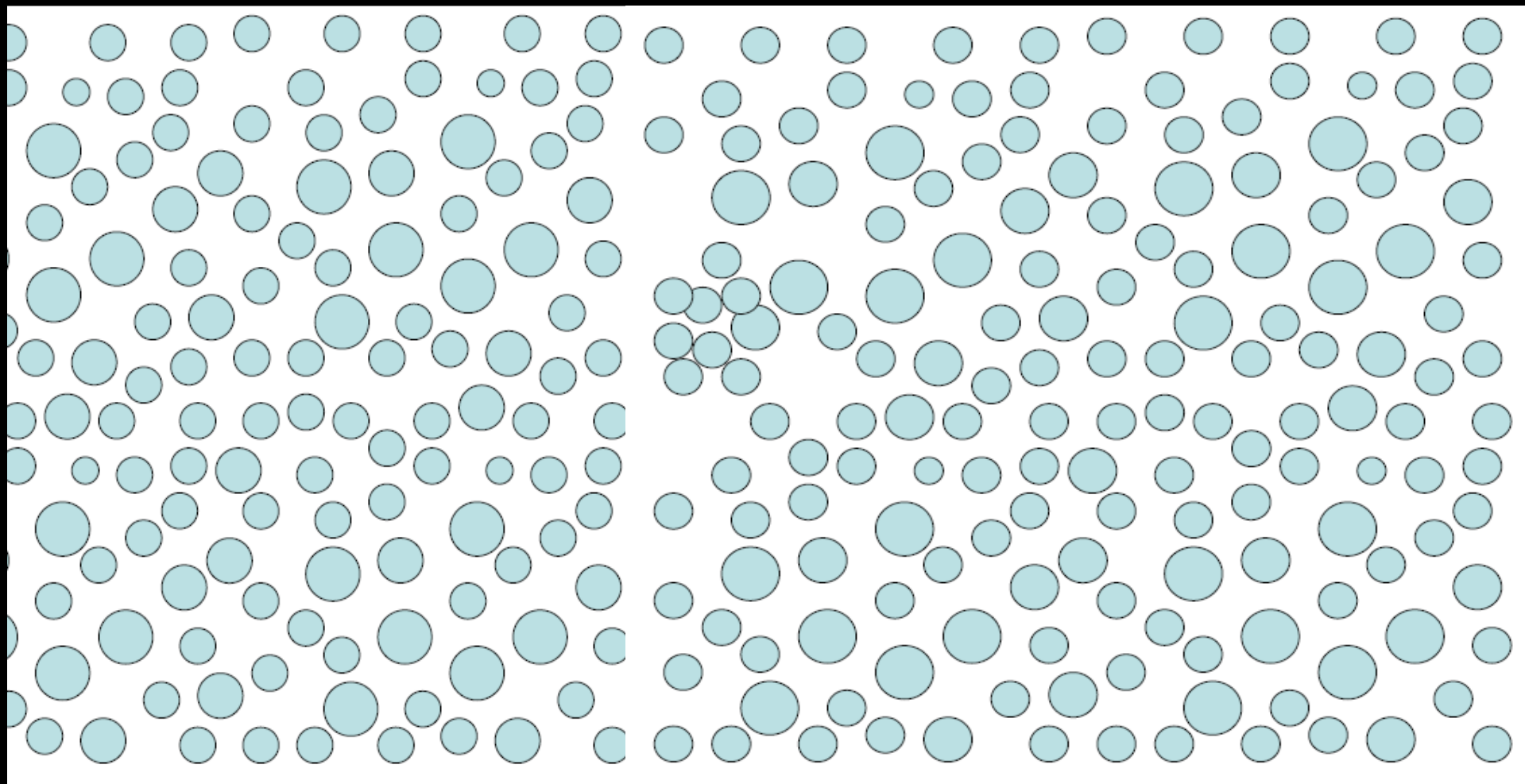


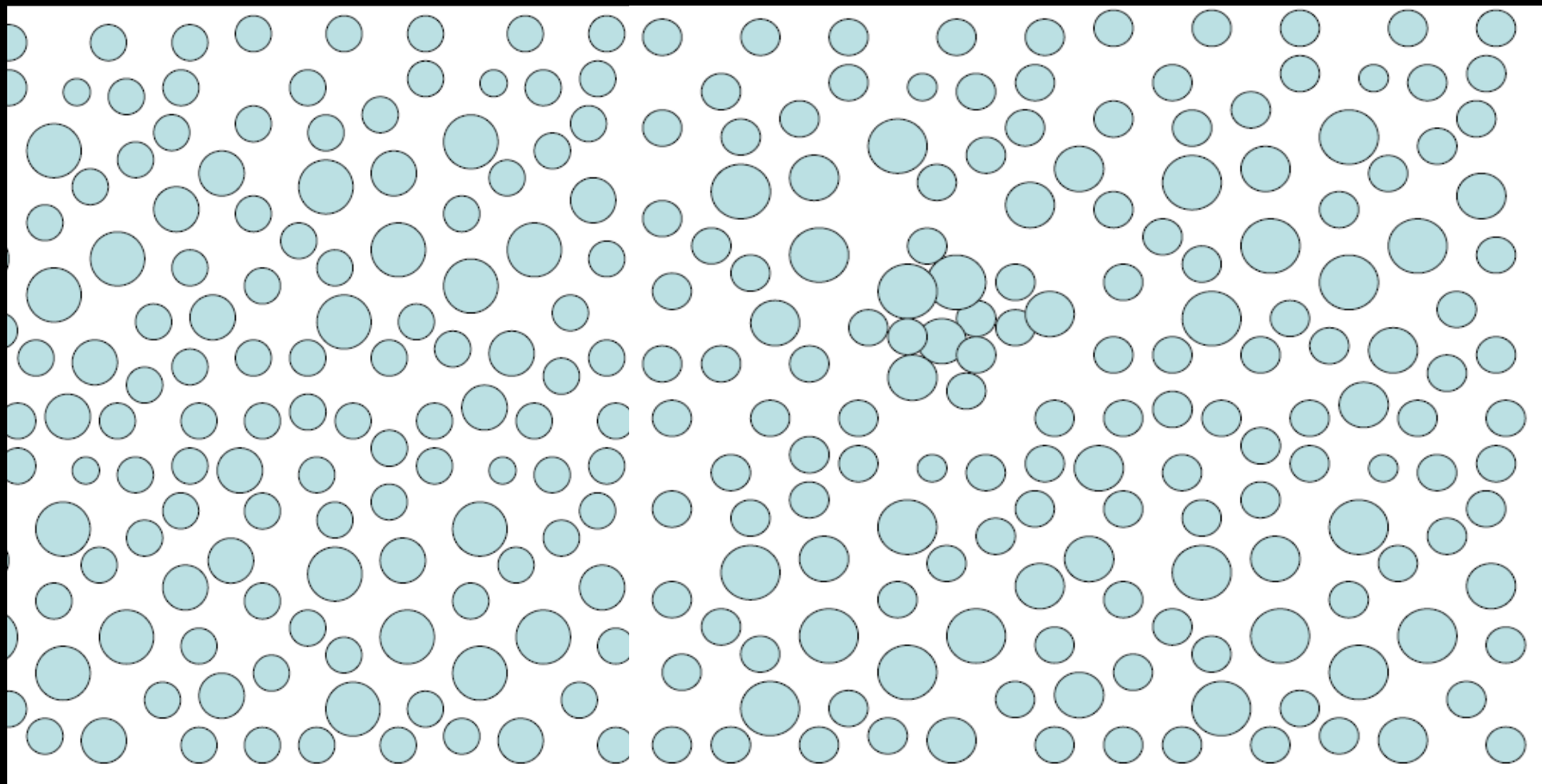
## *el mecanismo de Higgs*

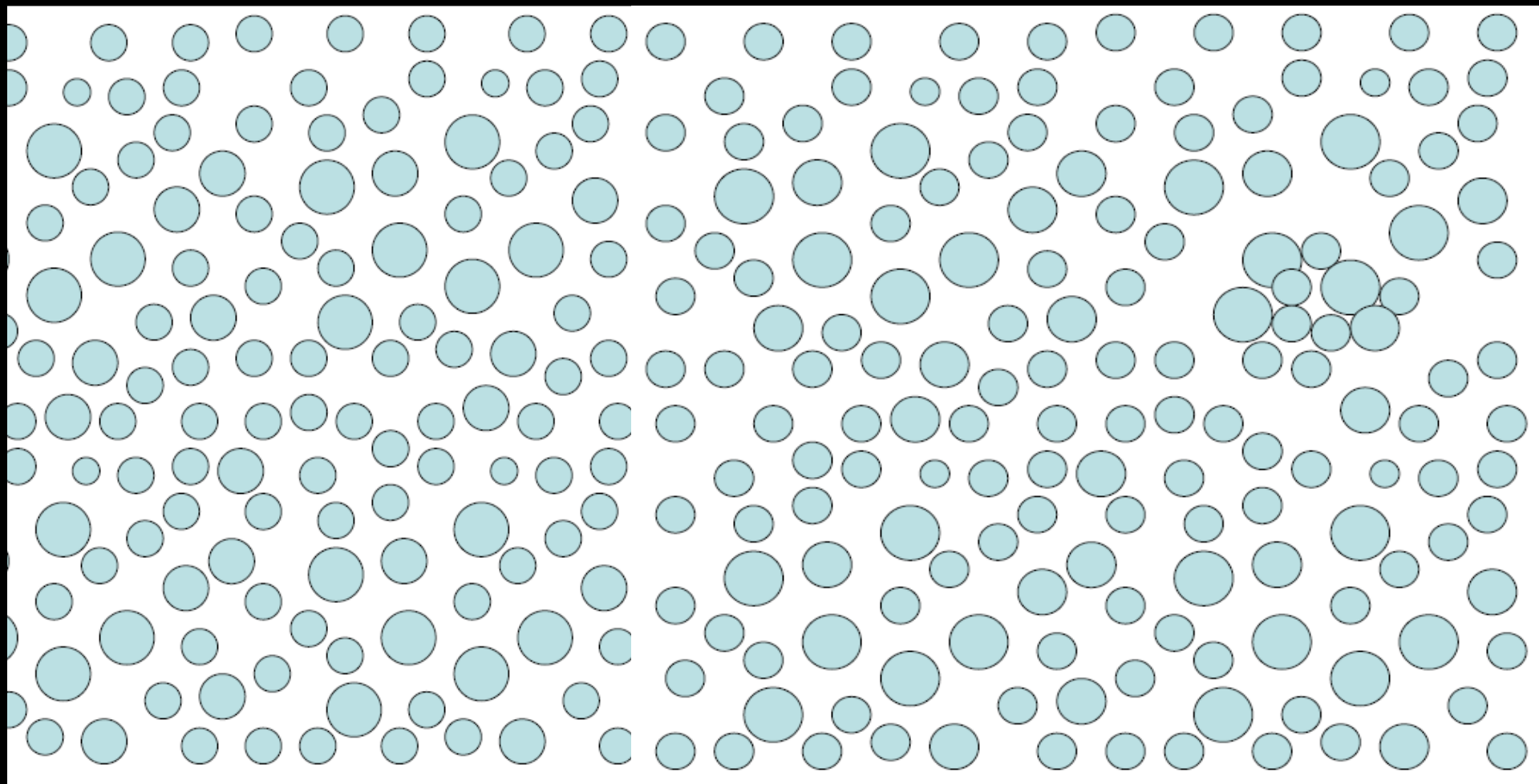


# *Producción del Higgs en el Gran Colisionador*

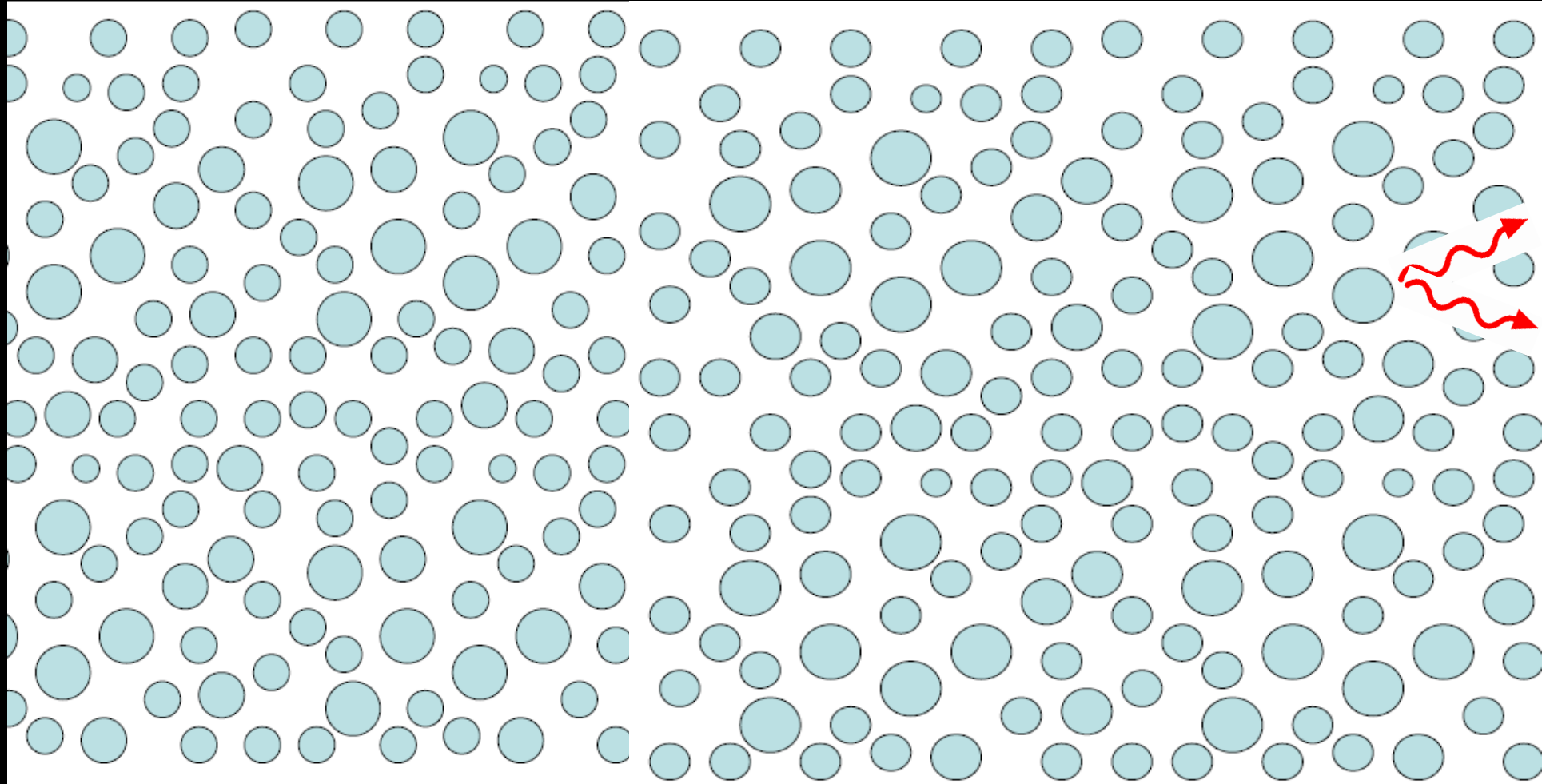








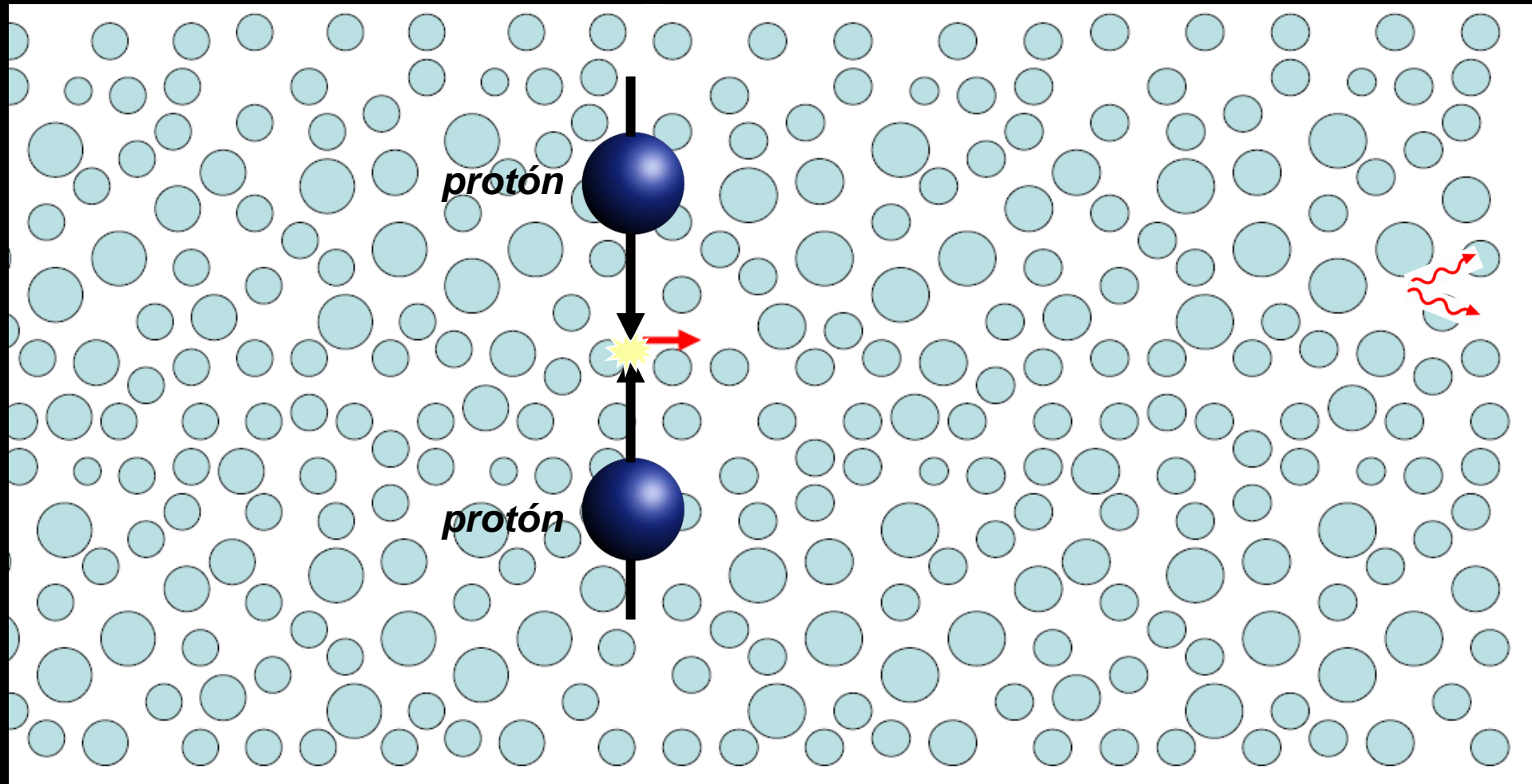
*el Higgs ... decae en dos fotones ... en 0.1 zeptosegundo*



0.000 000 000 000 03 metros

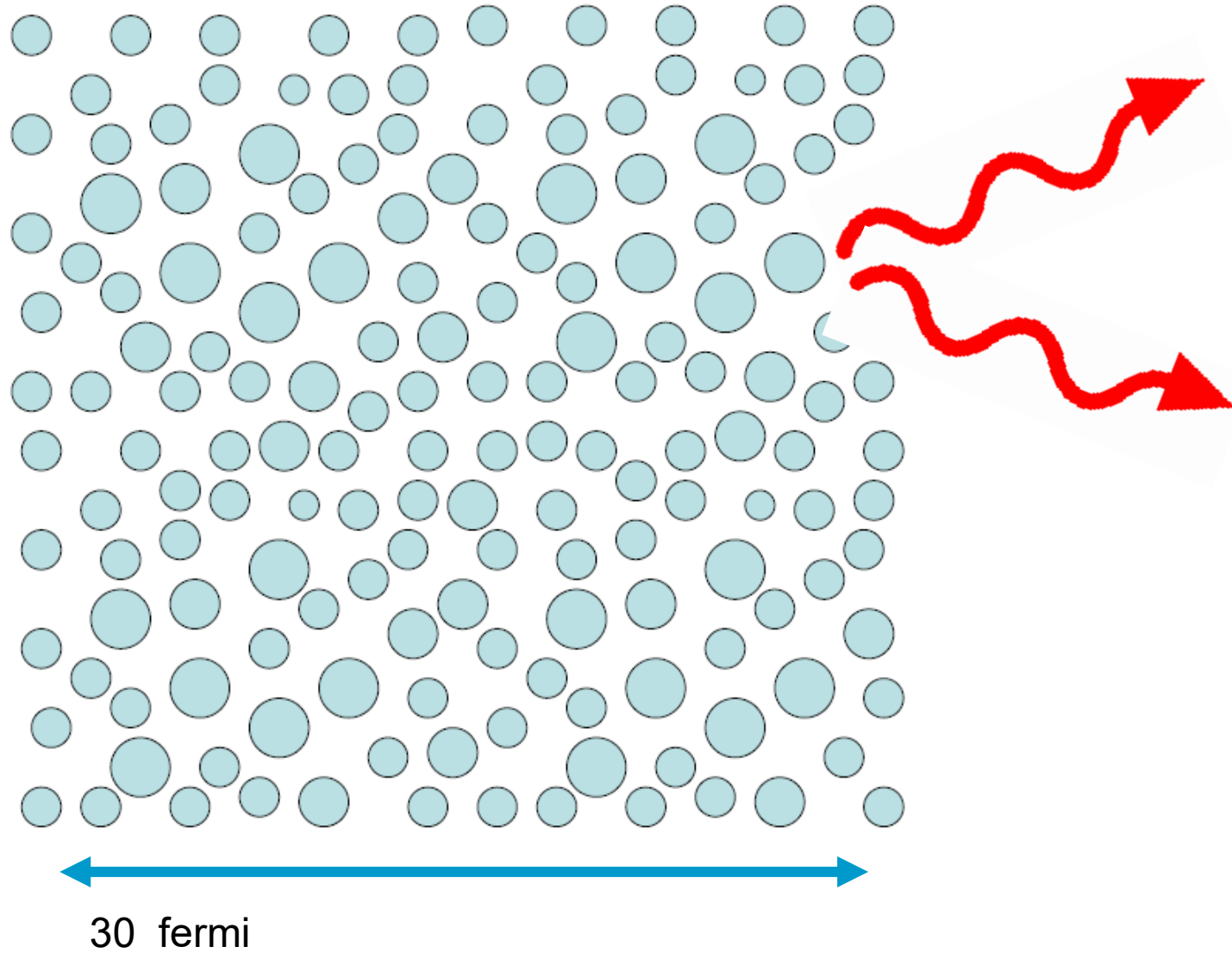


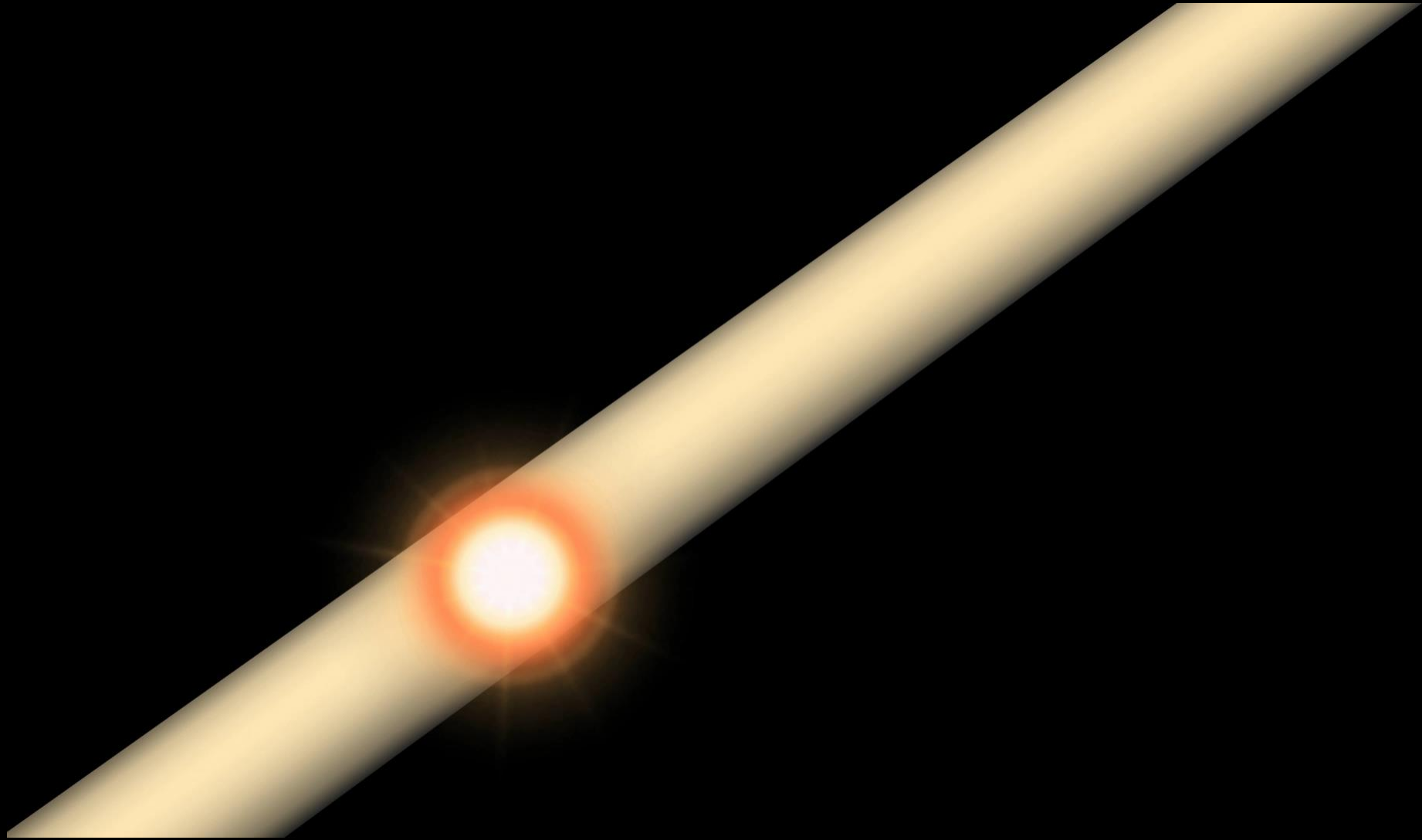
# Producción del Higgs en el Gran Colisionador



0.000 000 000 000 03 metros

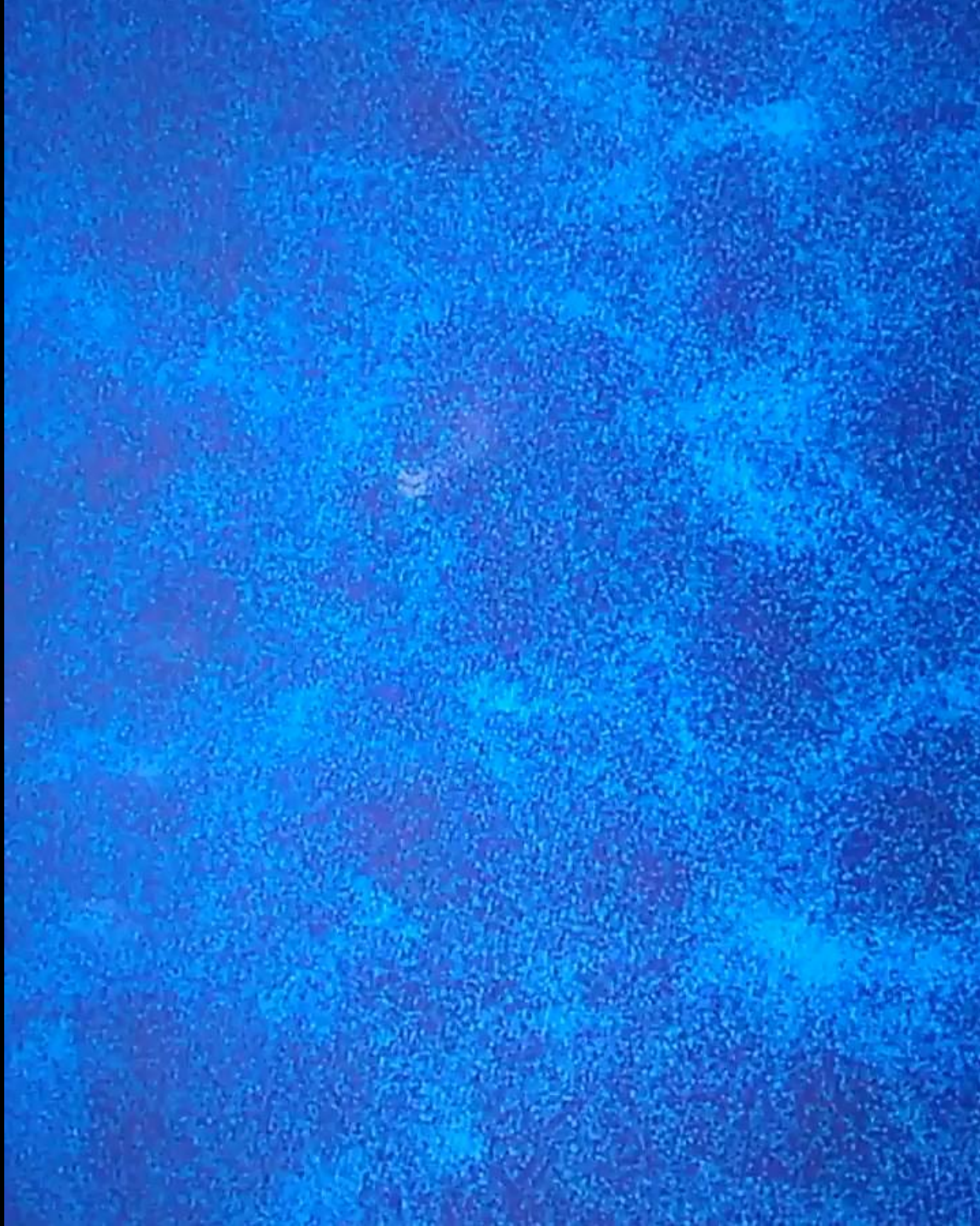
*el Higgs ... decae en dos fotones*



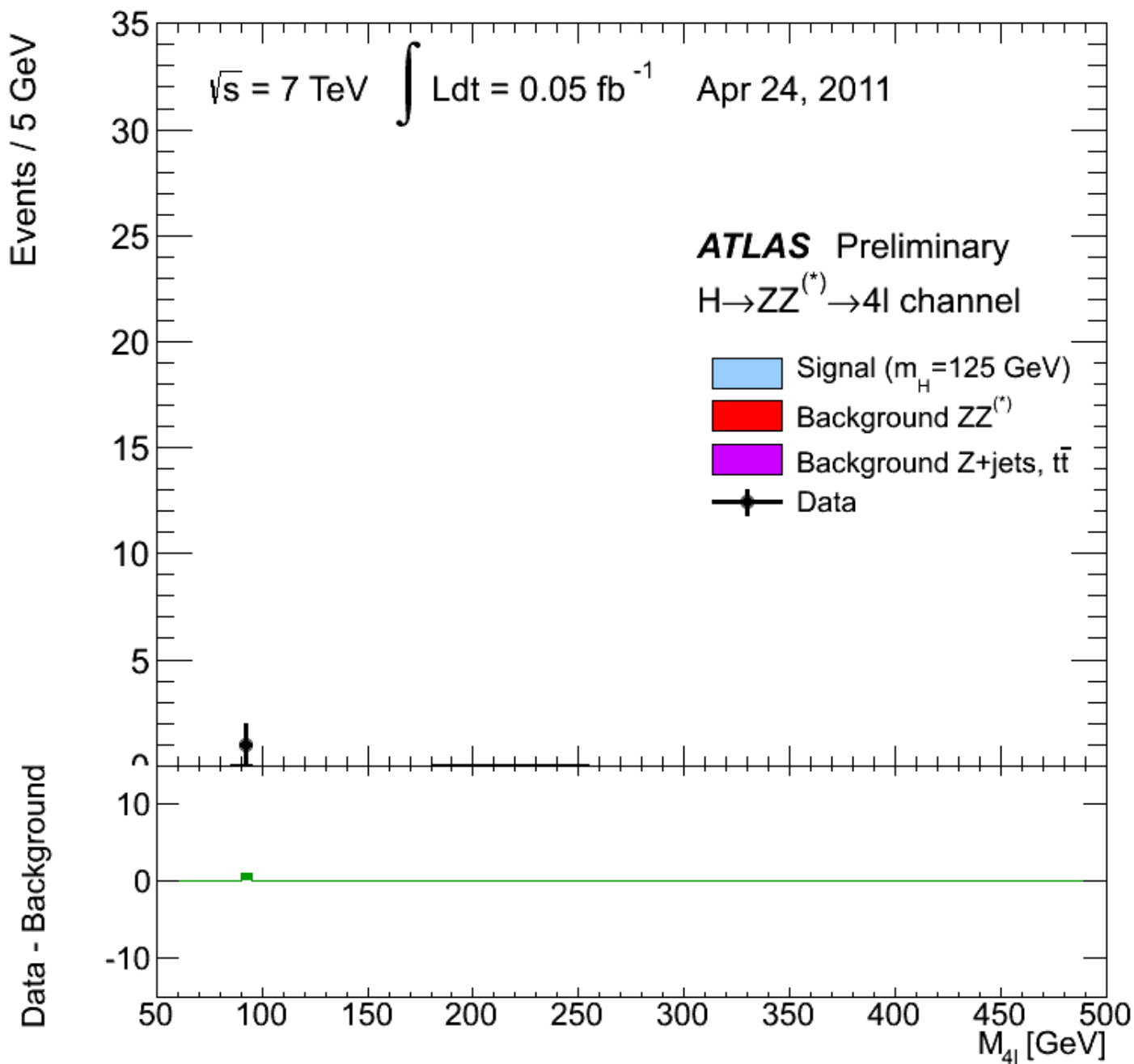


El campo de Higgs  
se condensa por  
15 zeptosegundos  
y recorre una distancia  
de

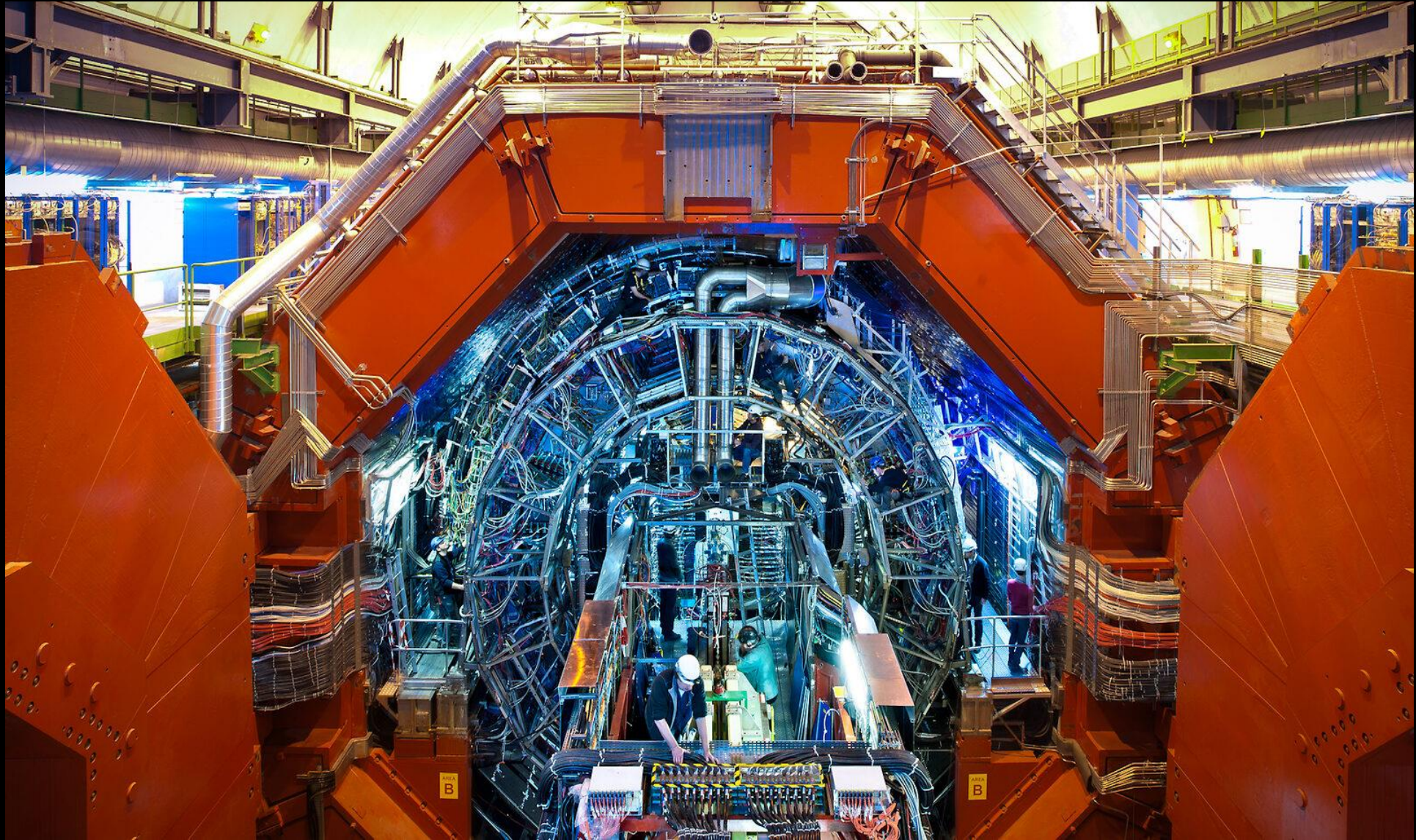
0.000 000 000 000 03 mts.  
antes de desintegrarse

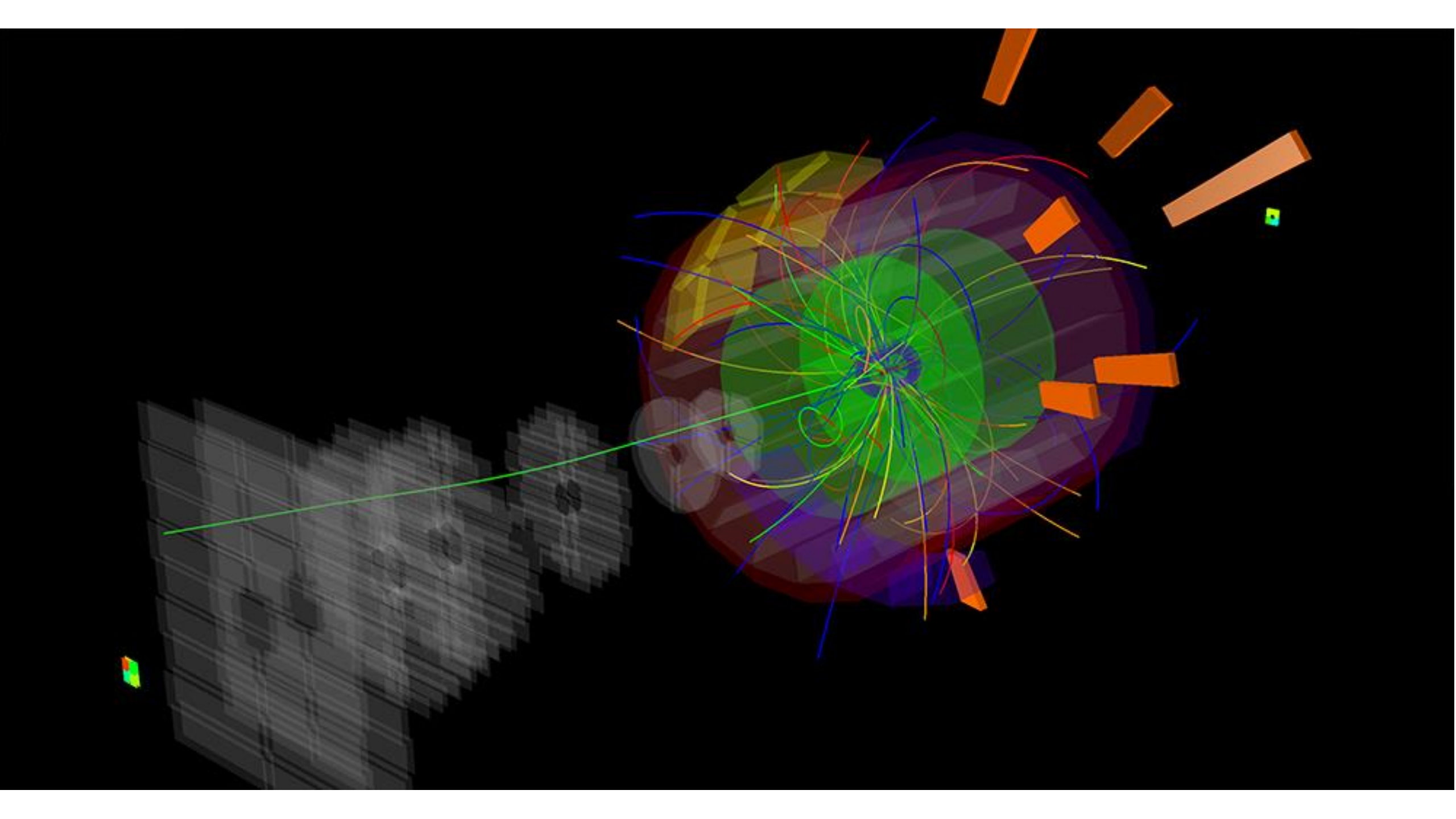


La  
verdadera,  
la auténtica,  
la original,  
la innegable,  
la genuina  
historia  
del  
descubrimiento  
Del  
Higgs



El experimento ALICE se especializa en el estudio de la colisión de iones pesados ultra-relativistas y tiene un programa de investigación en protón-protón y protón-ion





# BIG BANG

The background of the image is a dark blue space filled with stars and galaxies. On the left, a bright yellow sun-like object is surrounded by a grid of lines that curve outwards, representing the expansion of the universe. A horizontal timeline with white circular markers is positioned at the bottom of the image, with corresponding text boxes below each marker.

**$10^{-32}$   
segundos**

fin de la  
inflación  
cósmica

**$\mu\text{seg}$**

formación  
de  
protones

**60  
segundos**

Síntesis  
de deuterio  
helio  
litio

**100  
millones**

formación  
de las  
primeras  
estrellas

**500  
millones**

Galaxia  
mas  
antigua  
conocida

**4 mil  
millones**

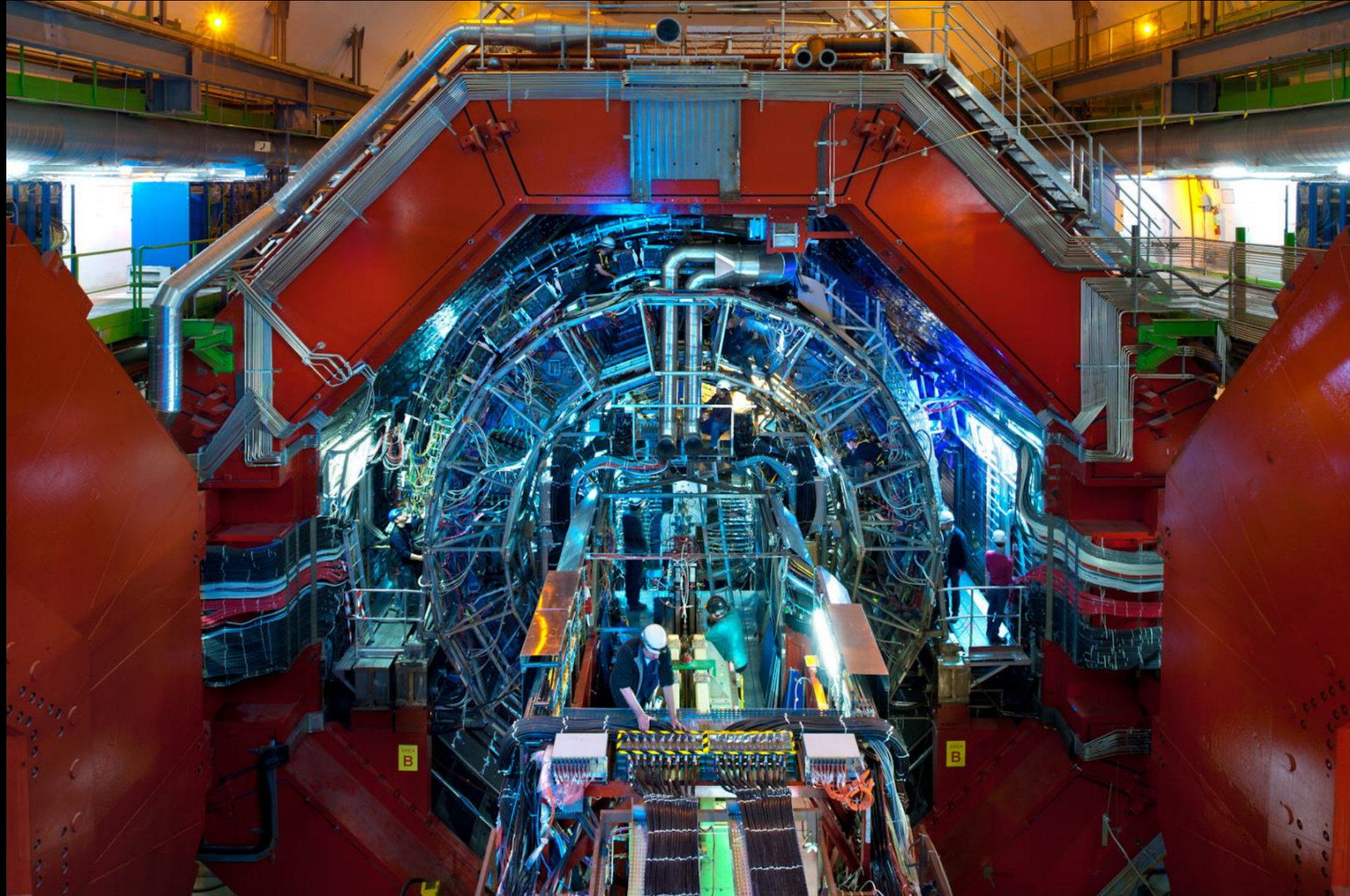
pico en  
La  
formación  
de  
estrellas

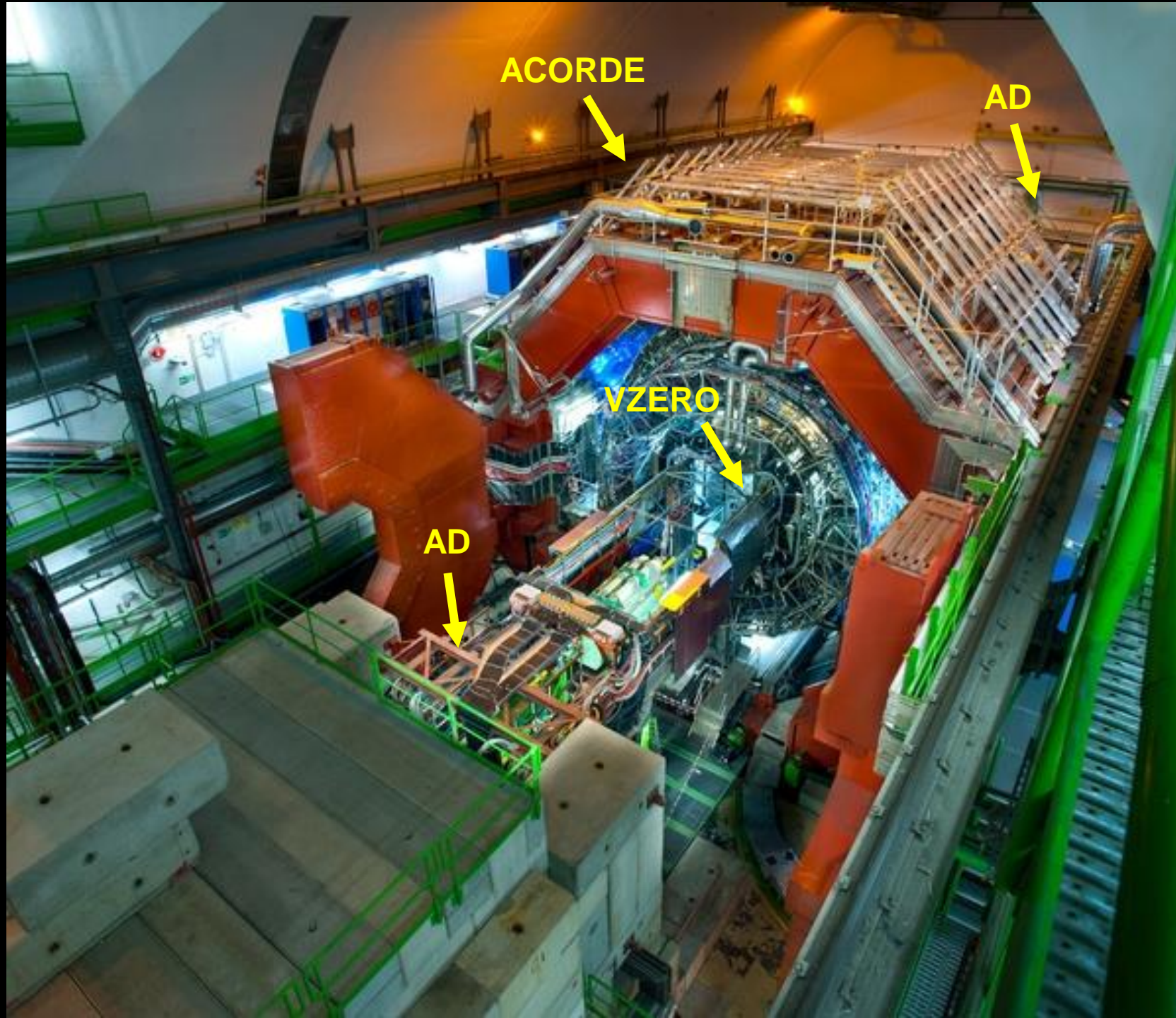


ALICE



# México en el experimento ALICE del Gran Colisionador de Hadrones





ACORDE

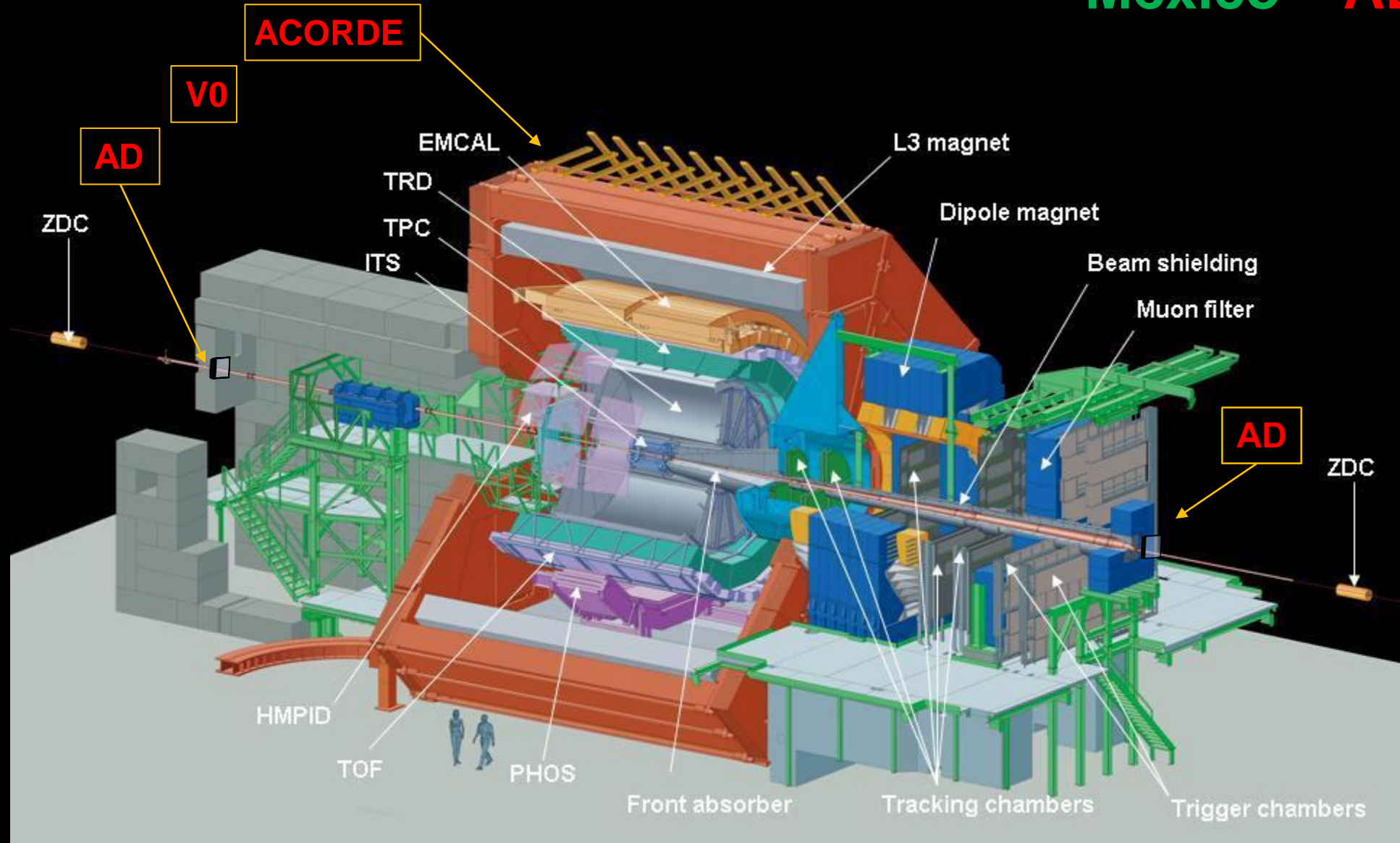
AD

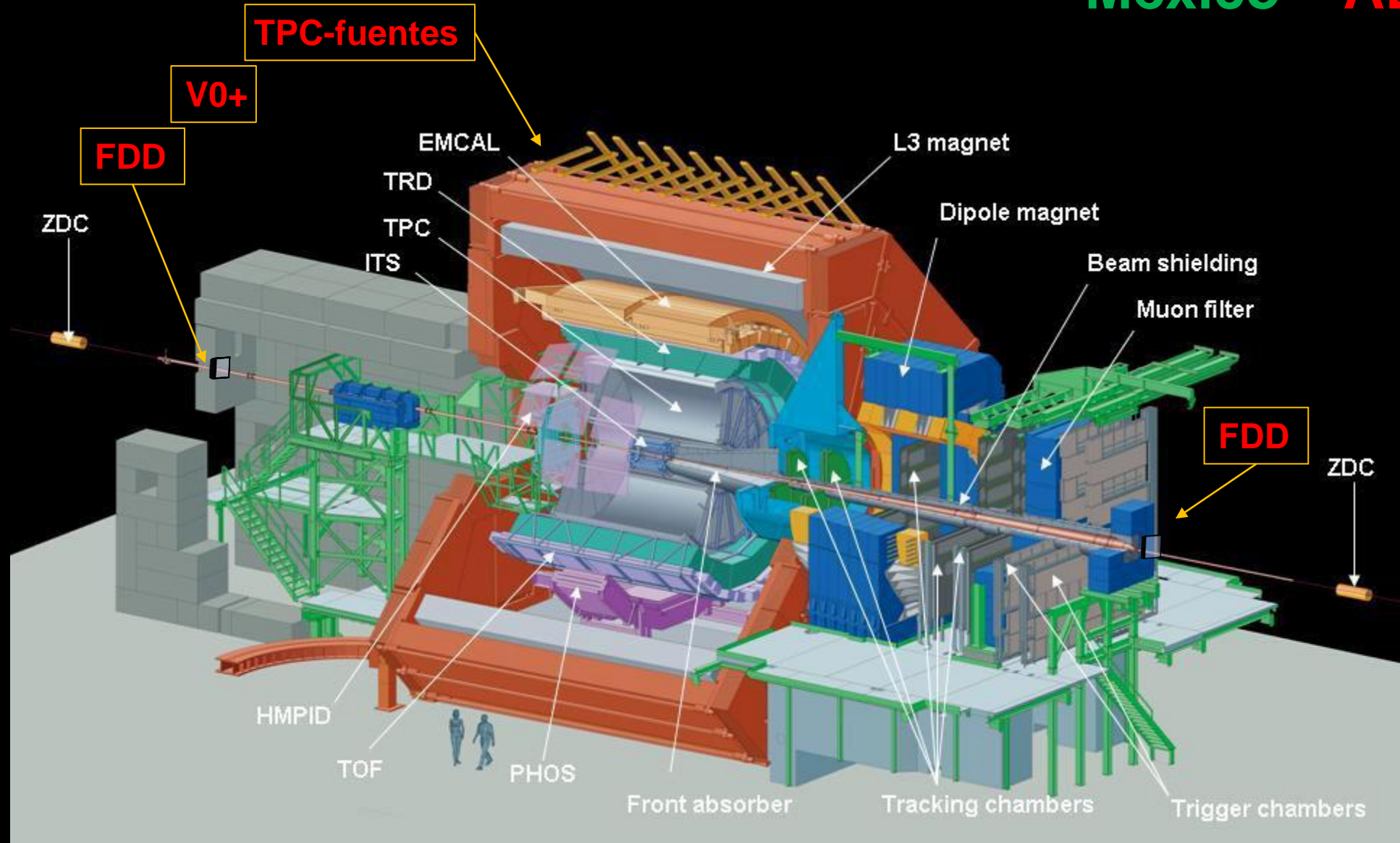
VZERO

AD

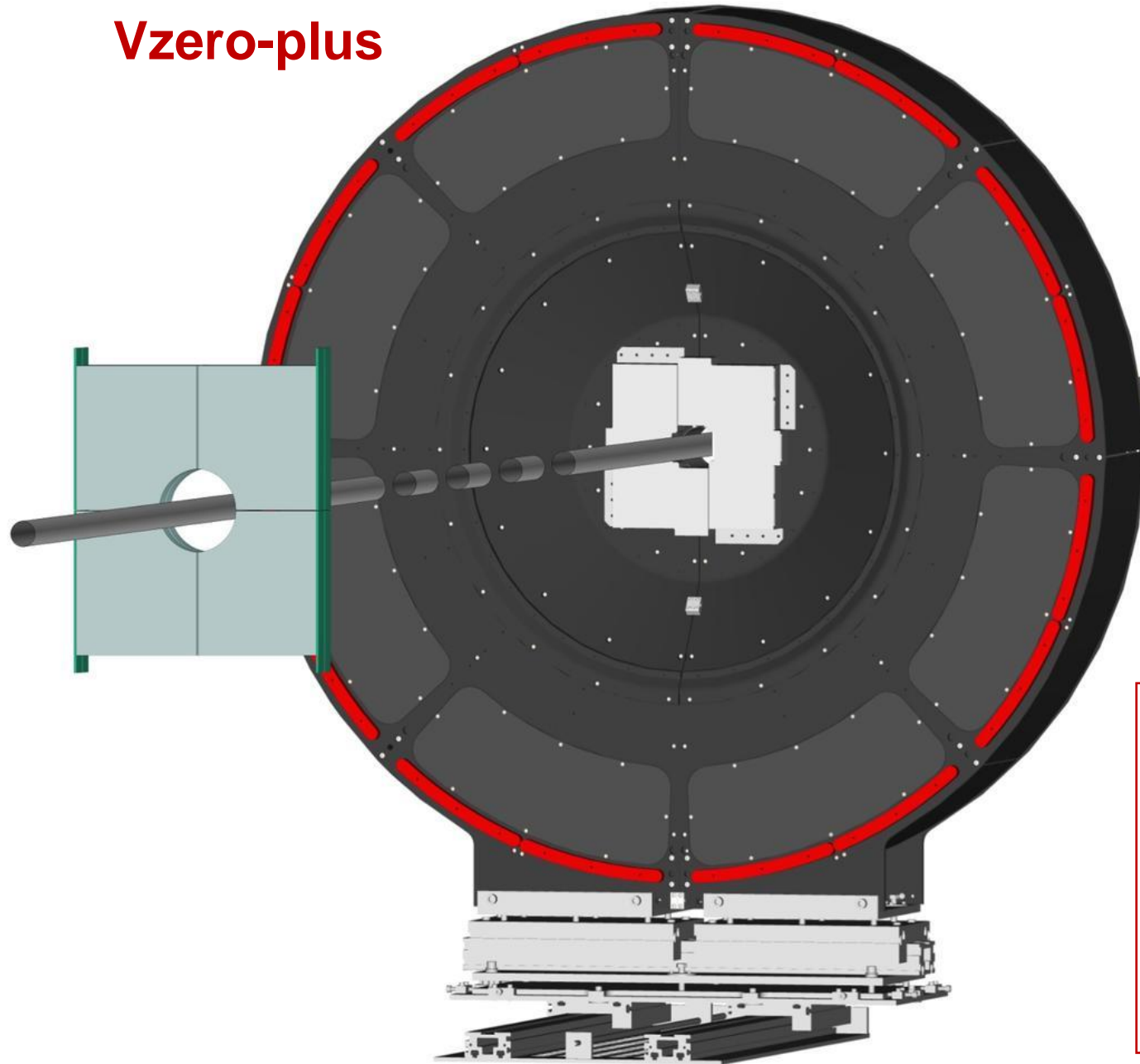
1995 - 2018

# México ALICE

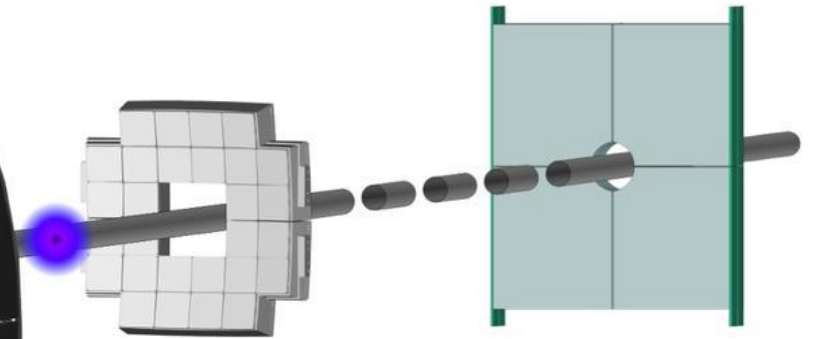




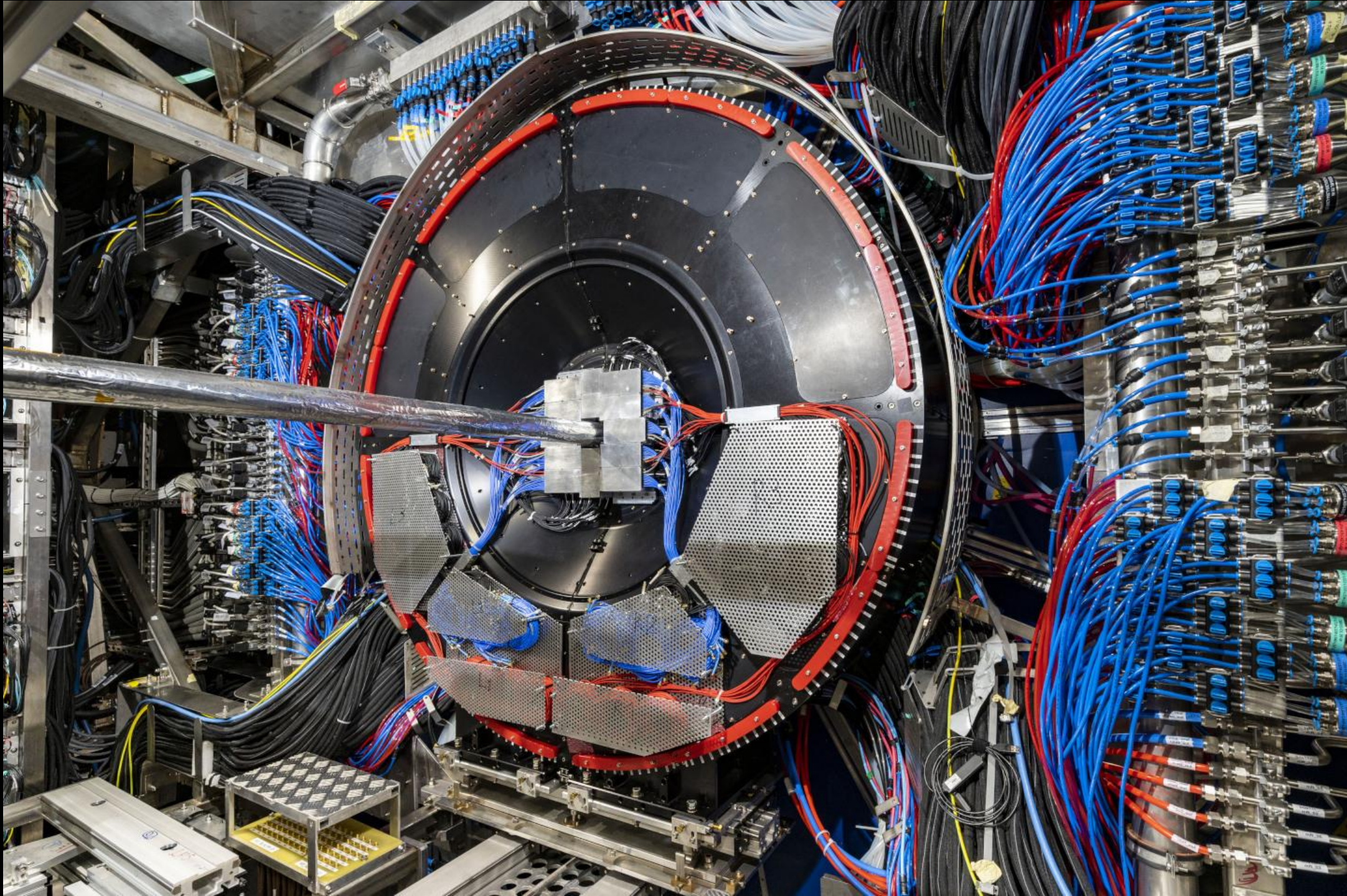
**Vzero-plus**



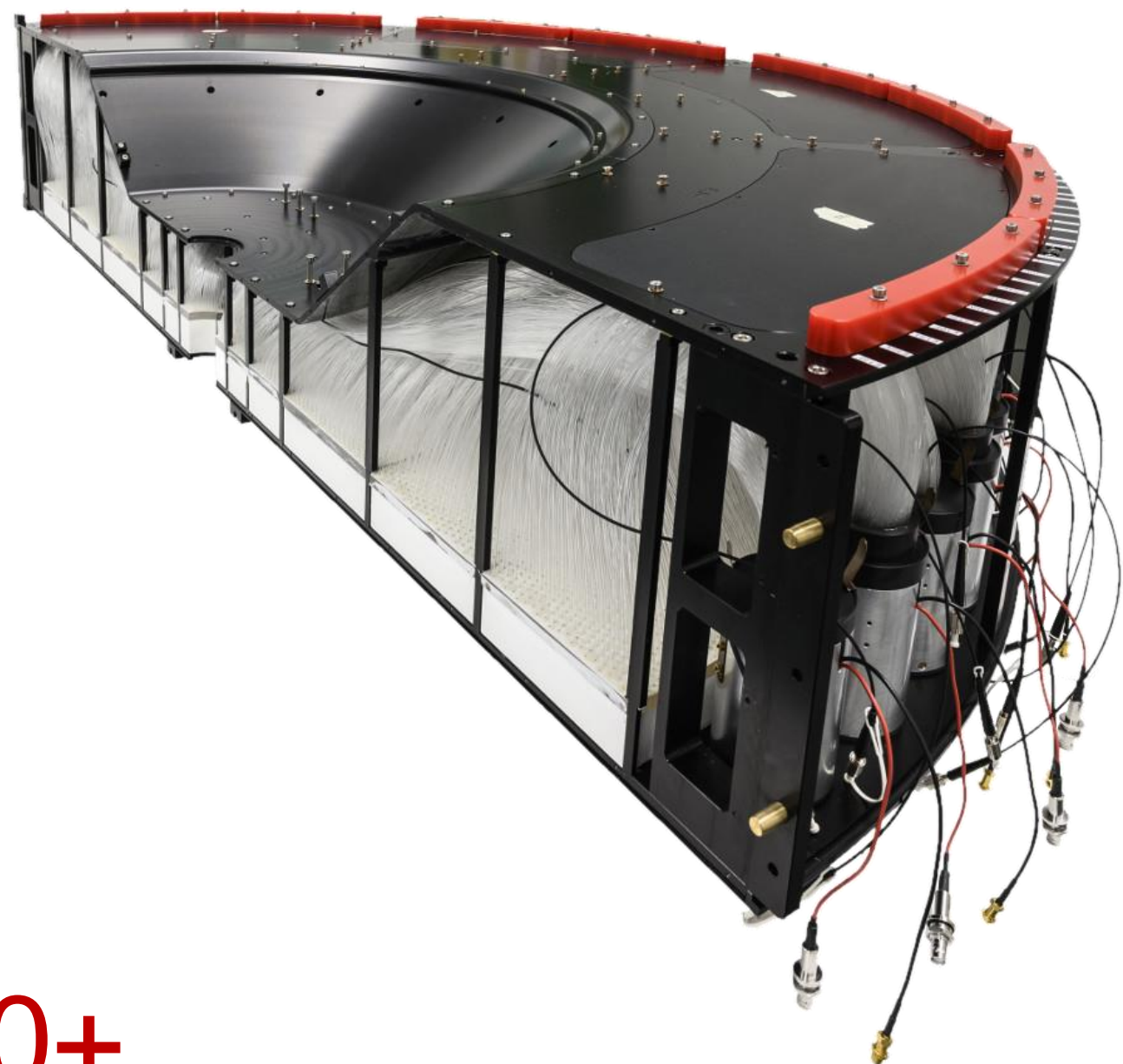
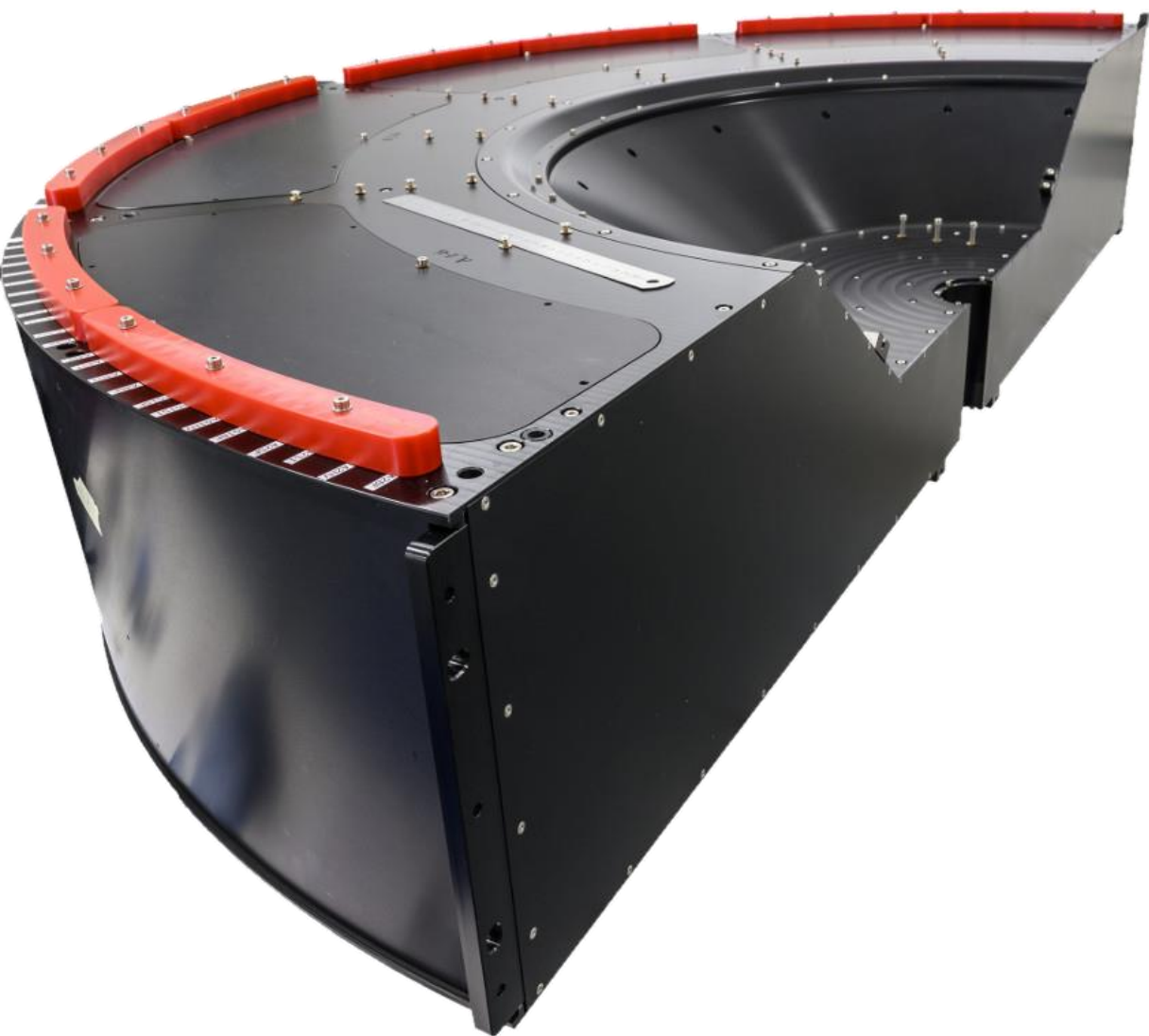
**FDD**  
Forward **D**iffractive  
**D**etector



**FIT**  
Fast **I**nteraction **T**rigger



V0+

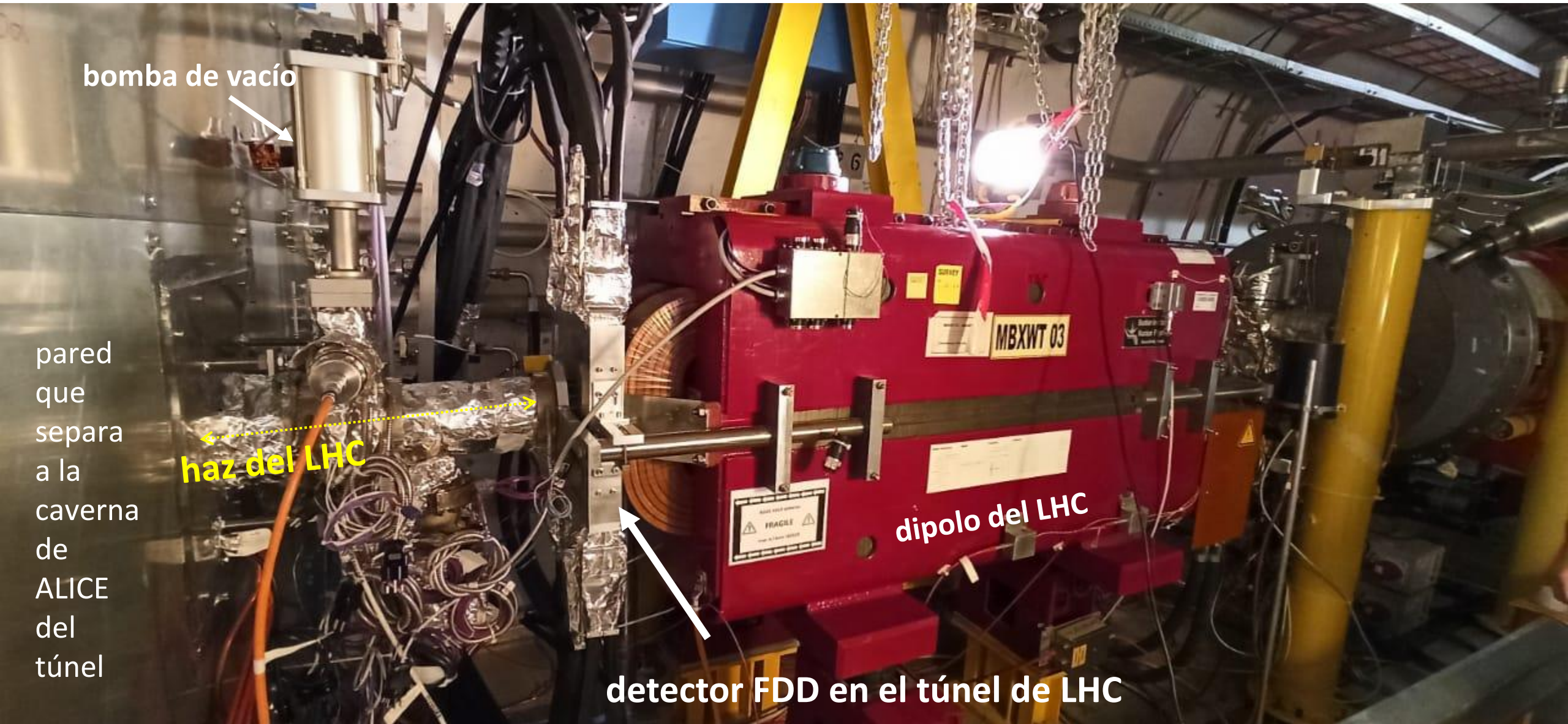


V0+



FRR





bomba de vacío

pared  
que  
separa  
a la  
caverna  
de  
ALICE  
del  
túnel

haz del LHC

dipolo del LHC

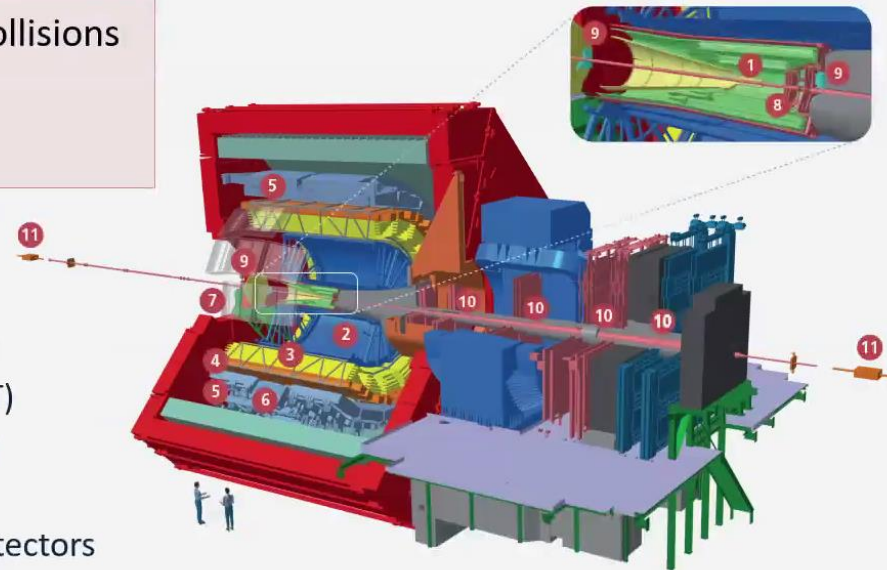
detector FDD en el túnel de LHC

# ALICE Detector Upgrades for Run 3

Runs 1 and 2:  $1 \text{ nb}^{-1}$  of Pb-Pb collisions  
Interaction rate  $\sim 8 \text{ kHz}$   
readout rate  $\approx 1 \text{ kHz}$

## LS2 upgrade

- **New** TPC R/O planes
- **New** silicon tracker (ITS & MFT)
- **New** Fast Interaction Trigger (FIT)
- **New** Online/Offline system (**O2**)
- **New** Central Trigger System
- Upgrade readout of all other detectors



- TPC R/O planes
- Fast Interaction Trigger:  
FDD  
V0+

> Improve tracking resolution at low  $p_T$

x50 statistics increase for most observables

Run 3+Run 4:  $13 \text{ nb}^{-1}$  of Pb-Pb collisions  
readout rate  $\approx 50 \text{ kHz}$  (Pb-Pb),  $\approx 1 \text{ MHz}$  (pp)  
online reconstruction : all events to storage!

# México ALICE





FDD conector óptico

instalación de uno  
de los módulos de  
FDD

22 y 23 de febrero, 2021

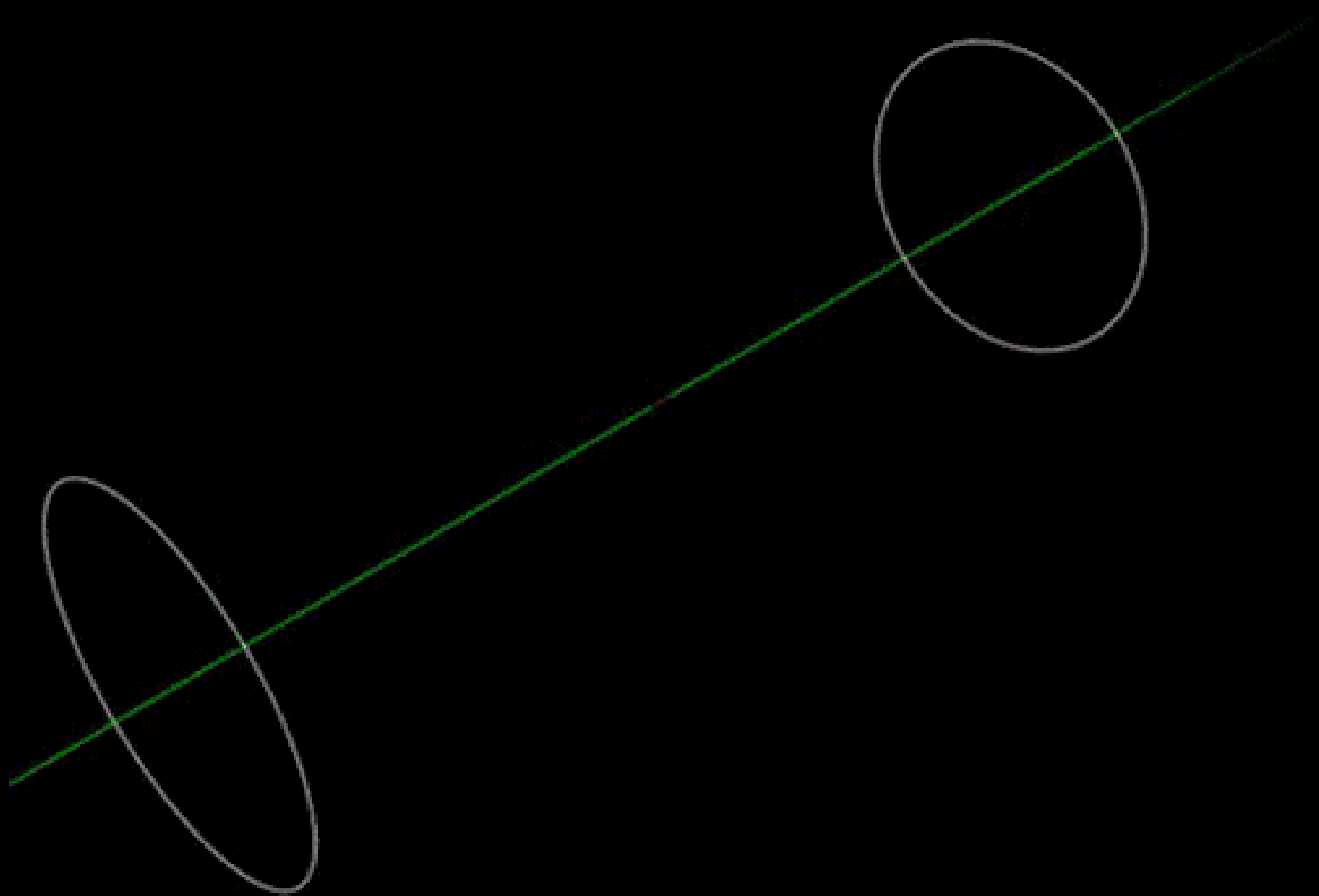




V0+

Time: 0.0 ns

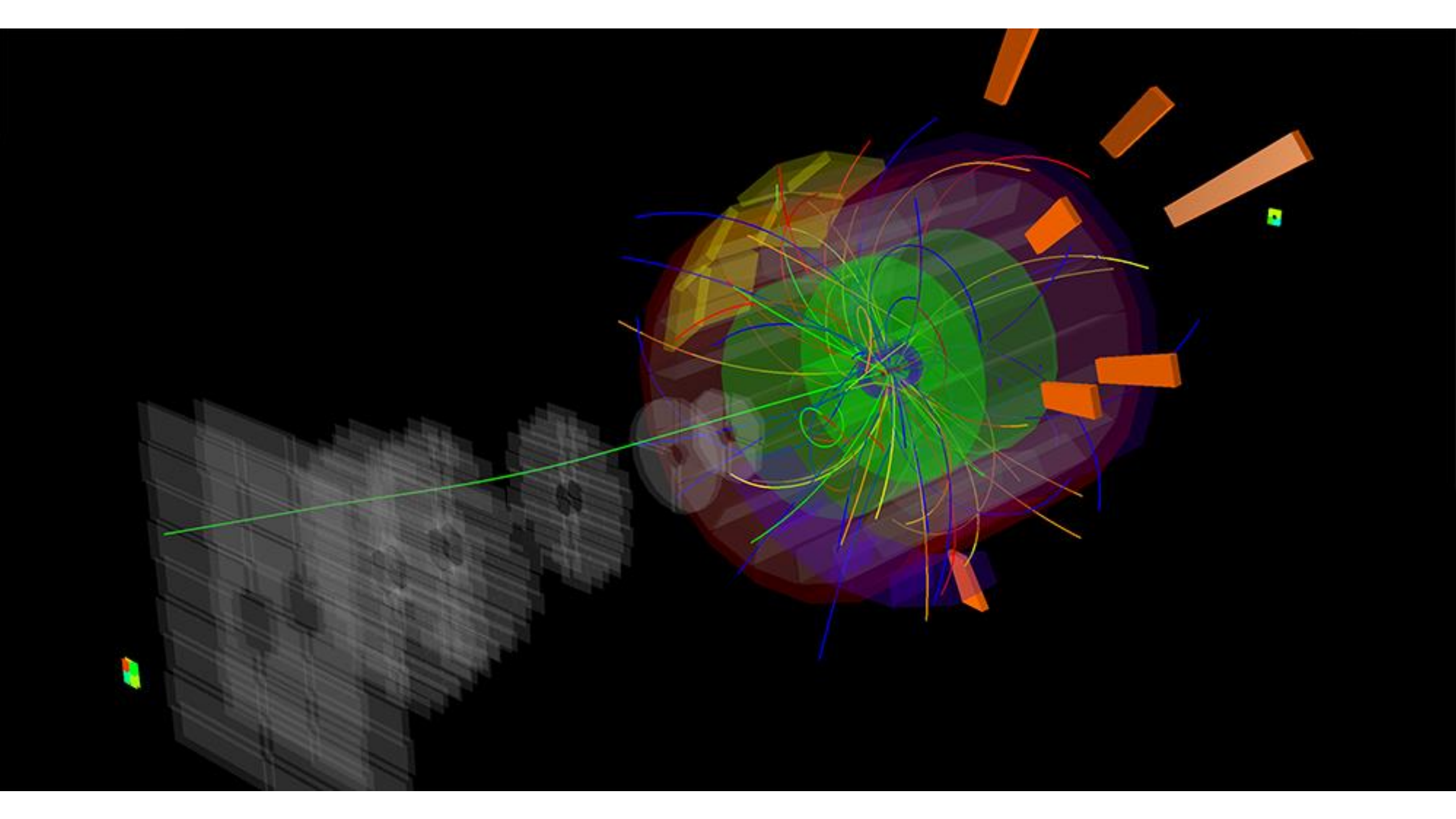
Phi: 0.798954







Cuba, Perú, España

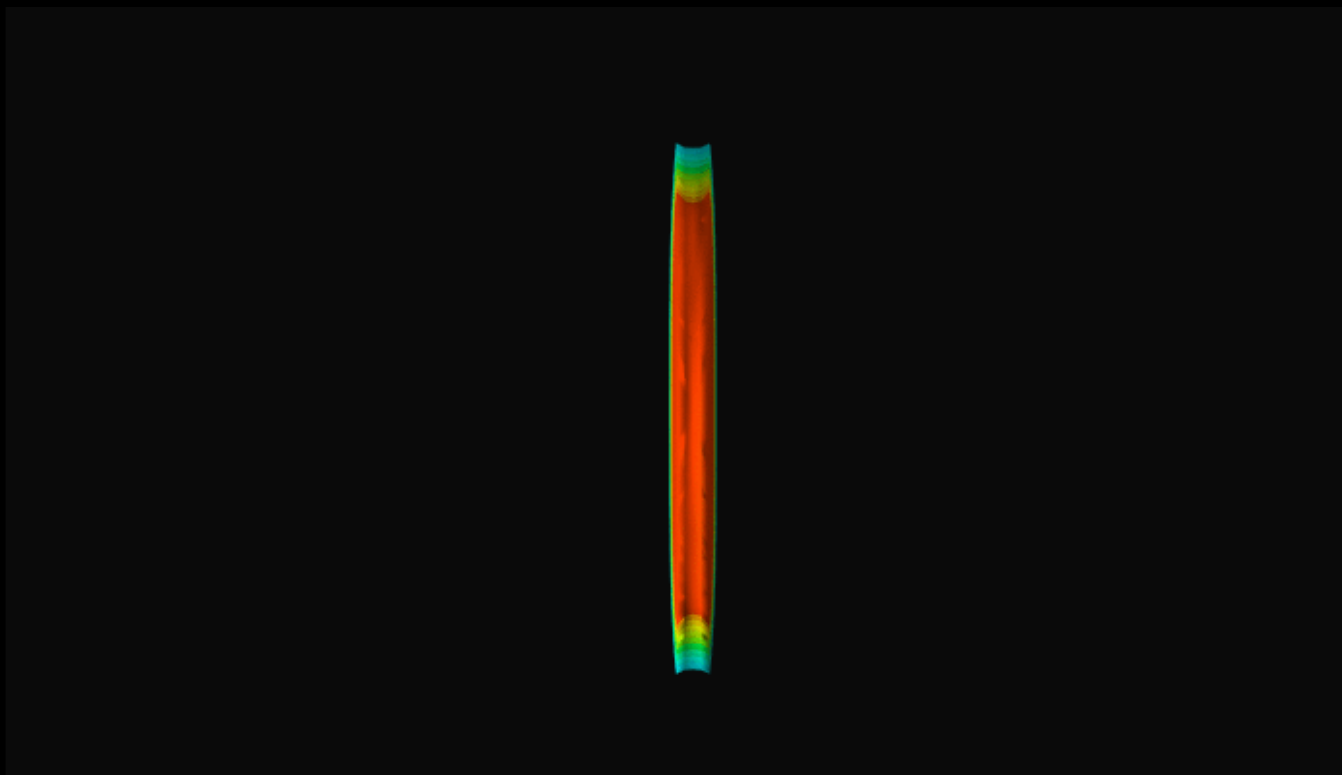


# Colisión de iones pesados ultrarelativistas

Pb+Pb  $E_{cm}=5.5$  TeV

$t=-19.00$  fm/c



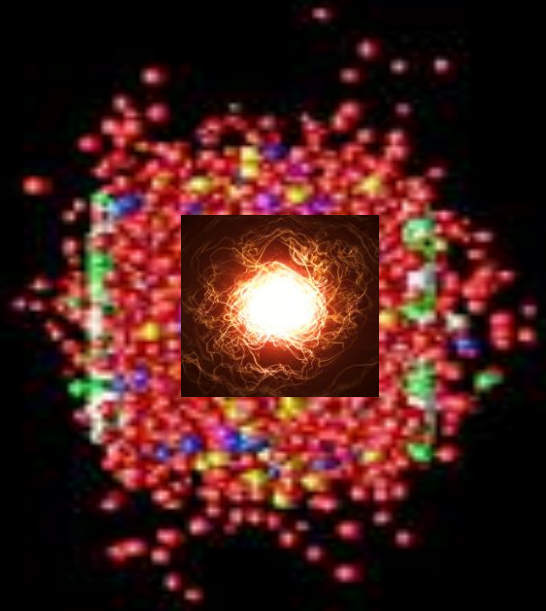


Hidro-simulación de la colisión Au + Au con parámetro de impacto de 2.4 fm usando la ecuación de estado de Lattice. Se muestran los contornos de temperatura constante que van de 130 MeV (azul) to 240 MeV (rojo). [arXiv:1004.1408](https://arxiv.org/abs/1004.1408).

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100.

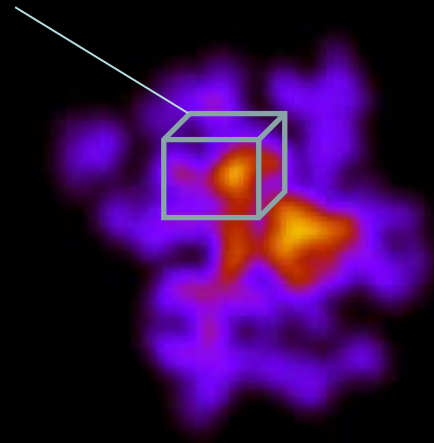
1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100.





1 cm<sup>3</sup>

40 mil millones  
de toneladas



$t = 0.5 \text{ fm}/c$

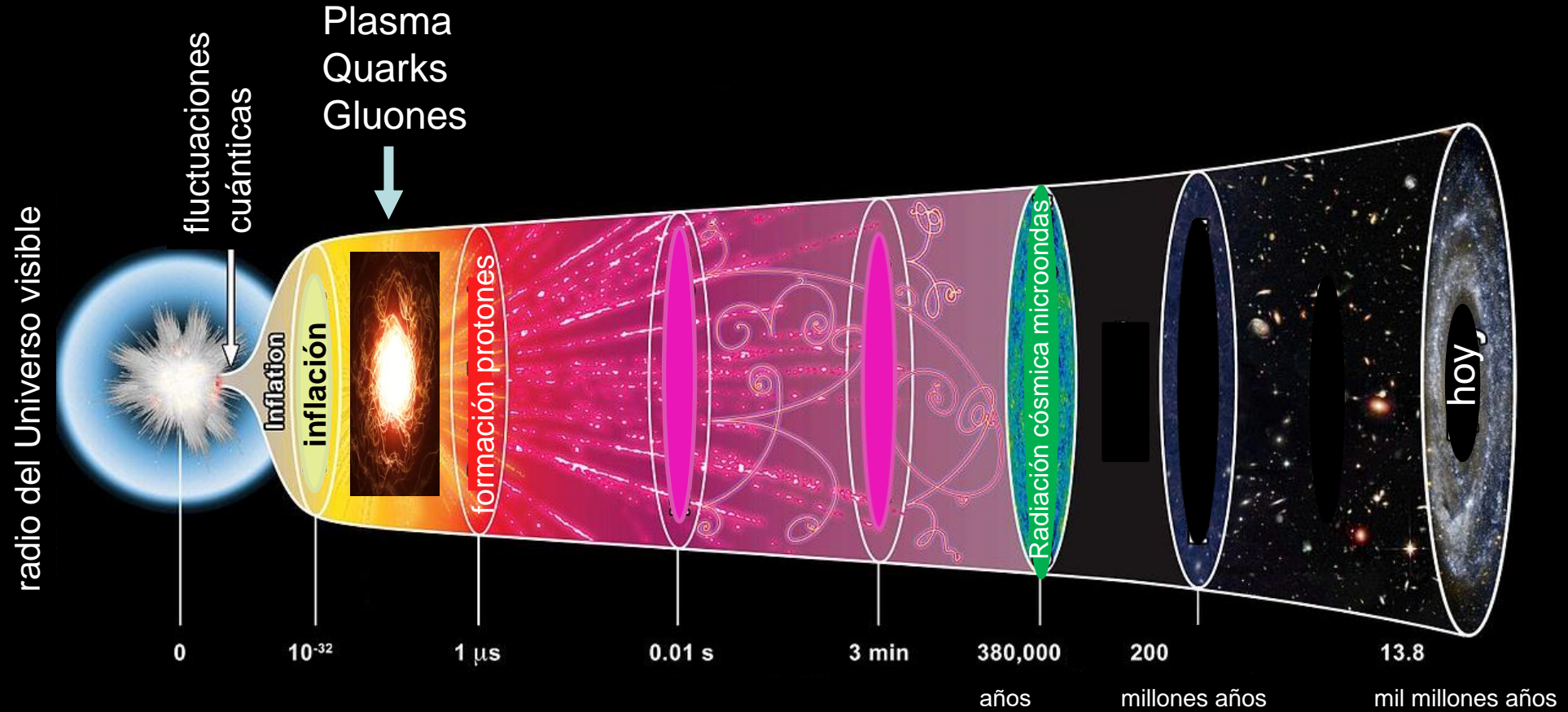


**un  
líquido  
perfecto**

**Primer contacto con la teoría de cuerdas**



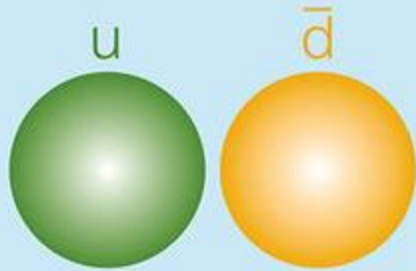
# Historia del Universo



conocidos

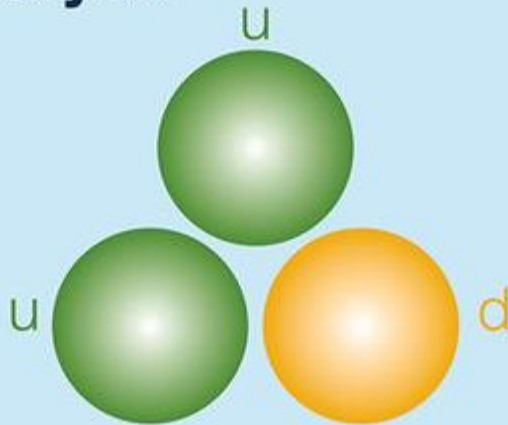
nueva especie

meson



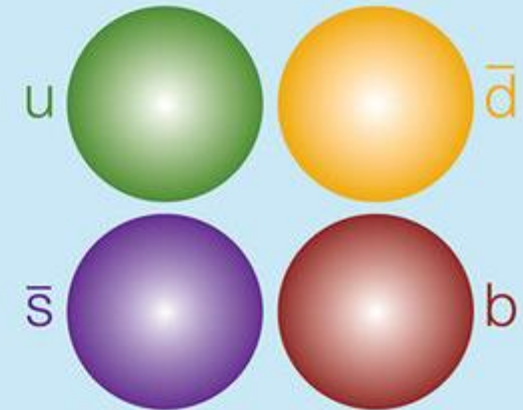
pion

baryon

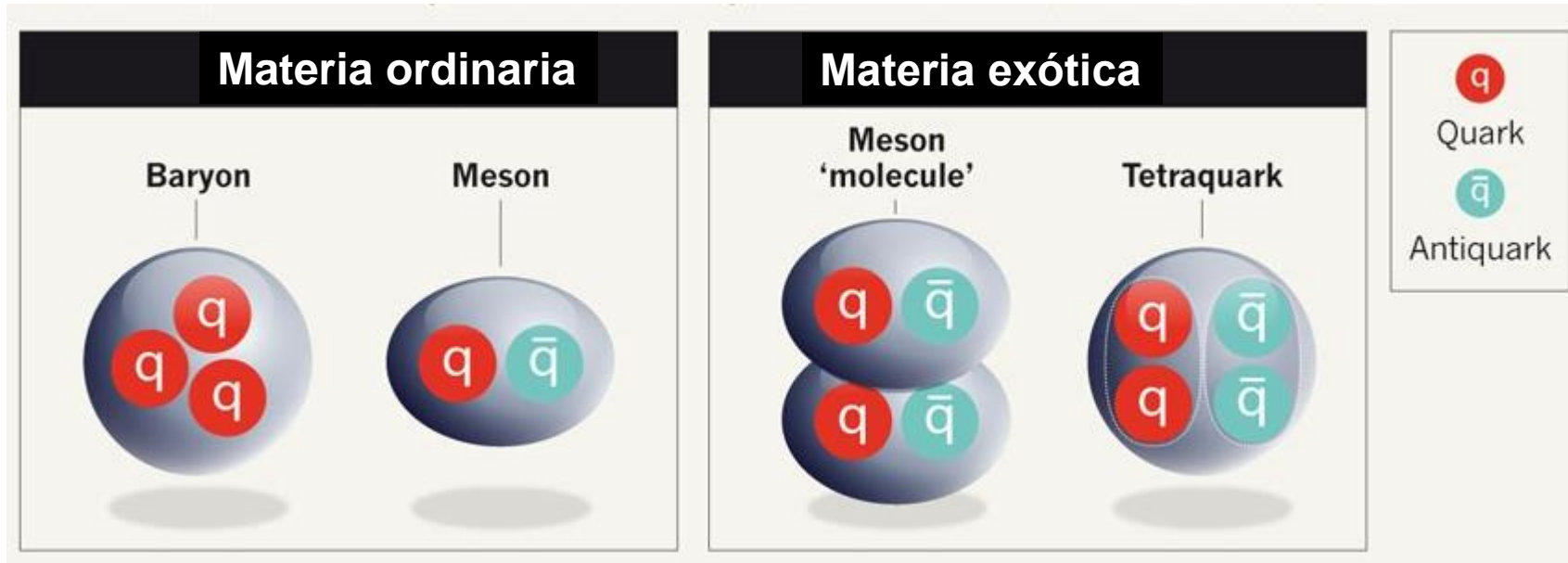


protón

tetraquark



X(5568)



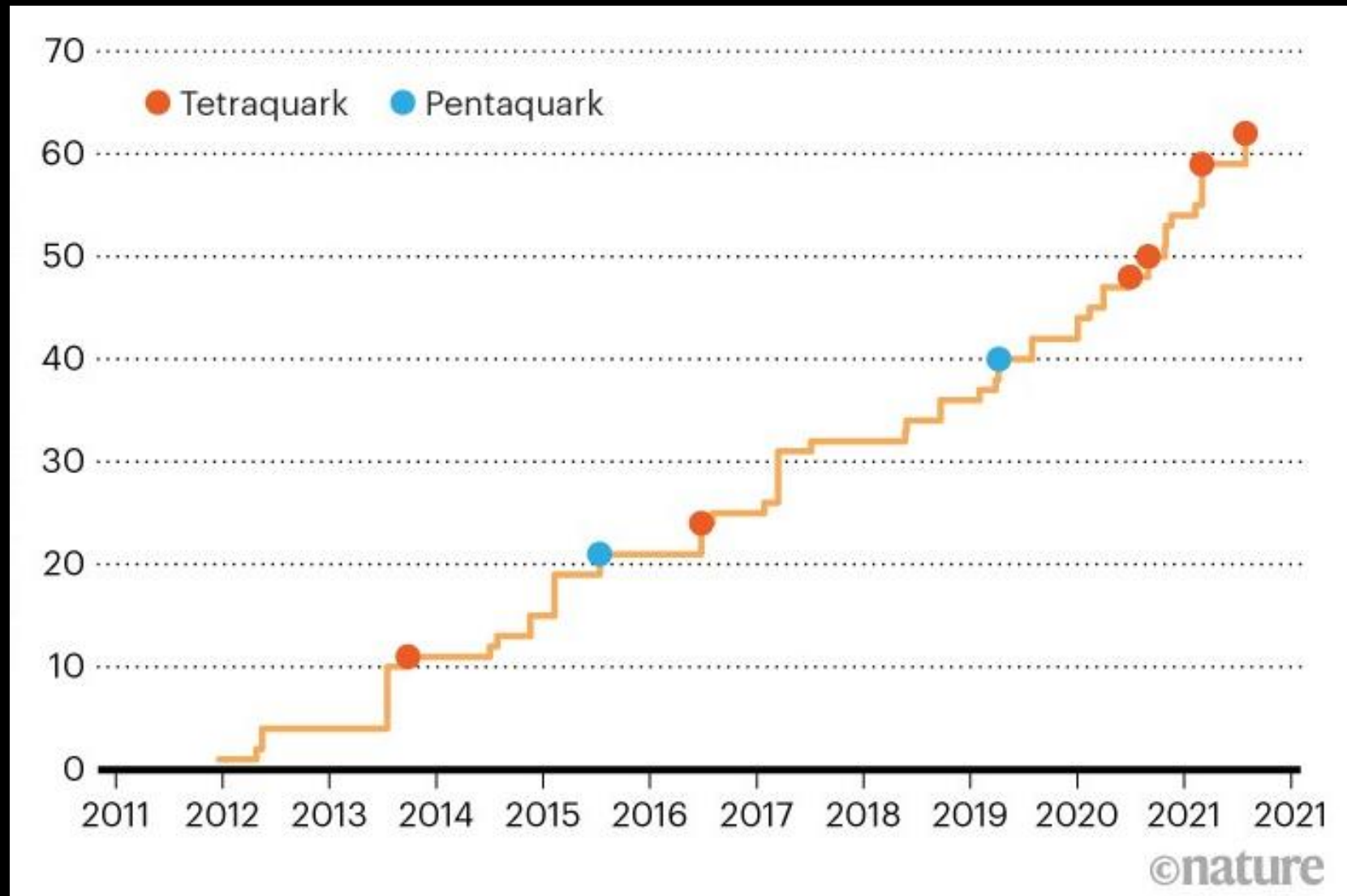
**protón**

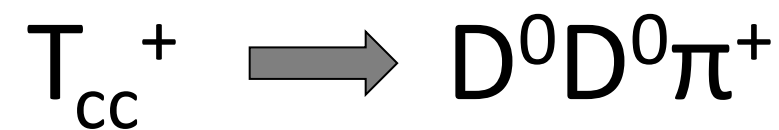
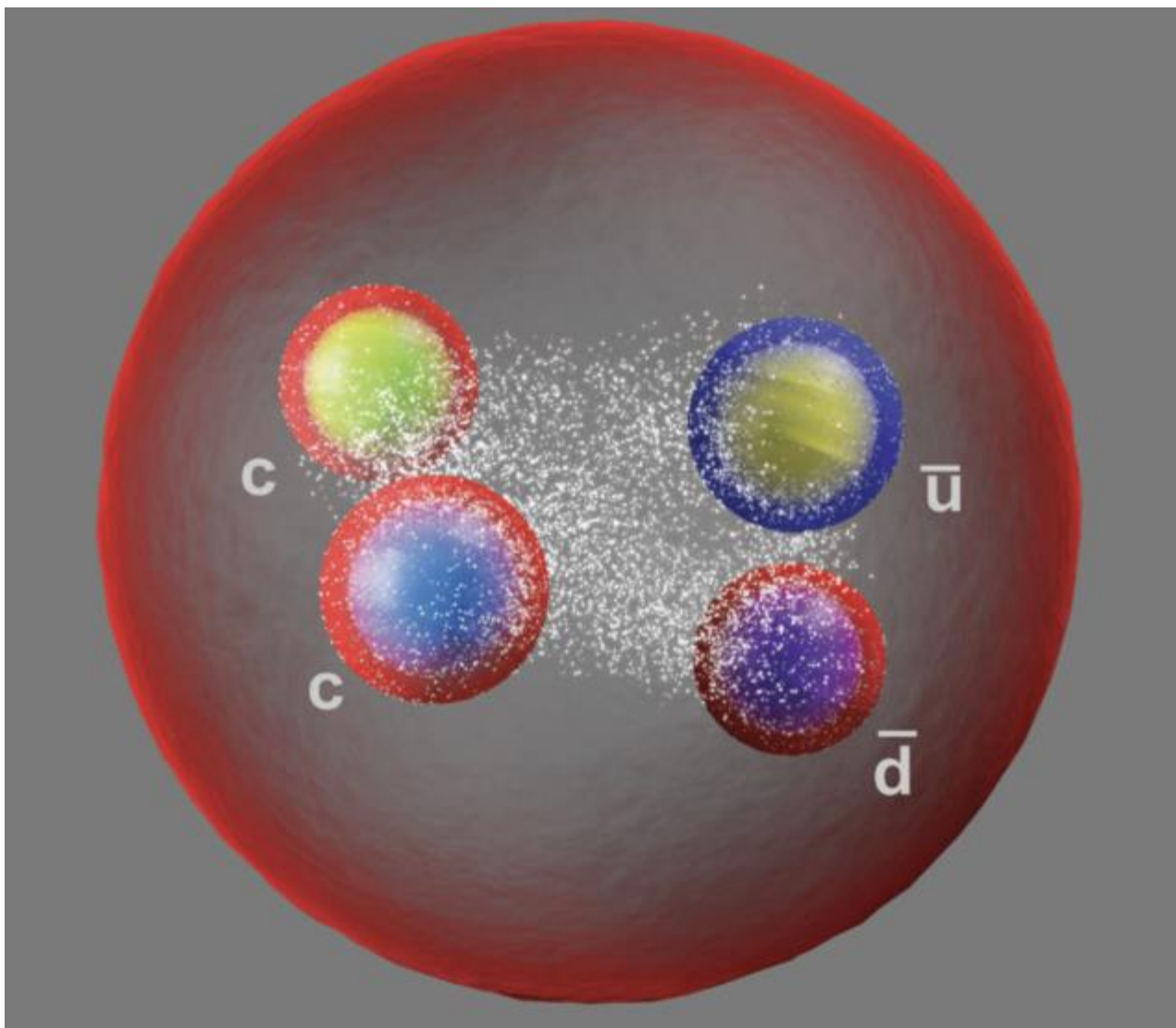


# Descubrimiento de partículas

El Gran Colisionador de Hadrones descubrió una partícula elemental – el bosón de Higgs – y además 62 partículas compuestas llamadas hadrones (hasta ahora), entre estas a los Tetraquarks y Pentaquarks.

Número de hadrones descubiertos





Estado:  $cc\bar{u}\bar{d}$

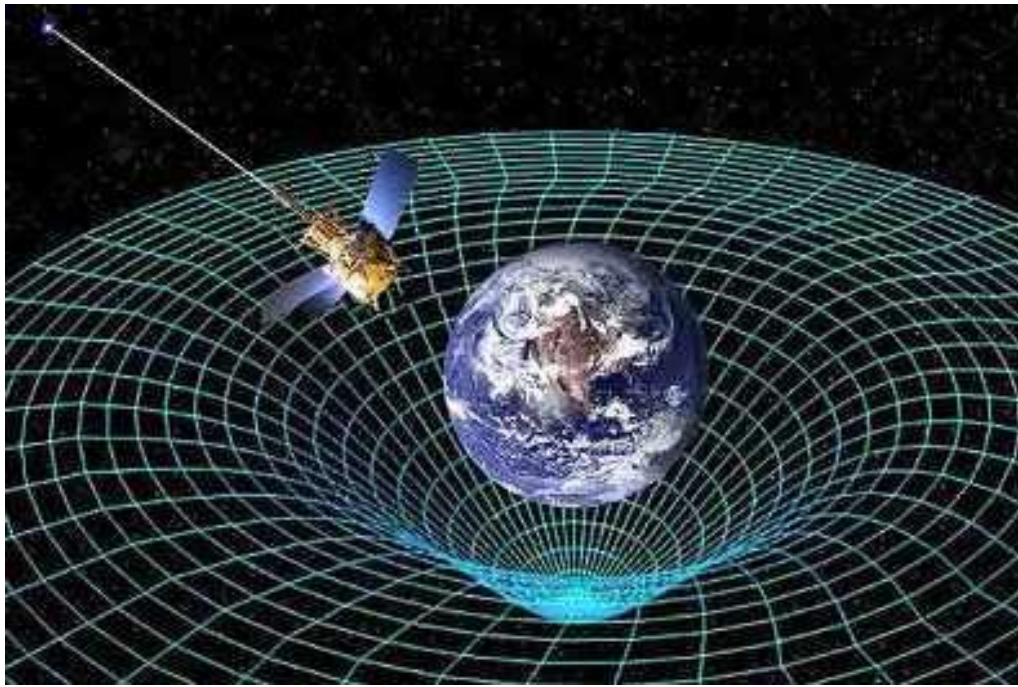
tetraquark

Nombre:  $T_{cc}^+$

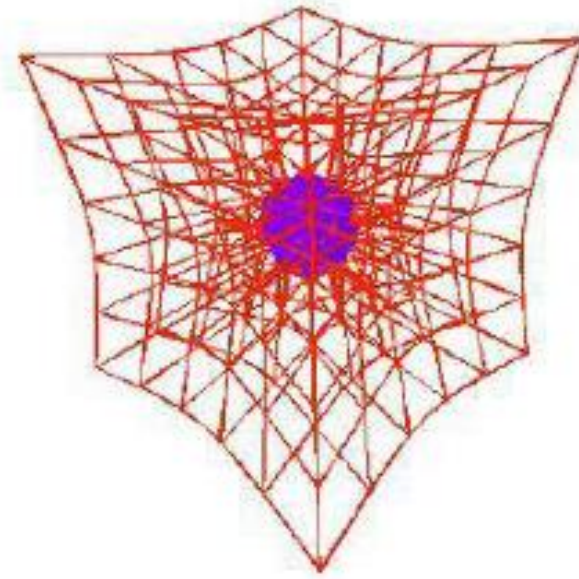


Los misterios por descubrir

dimensiones extras



2D



3D

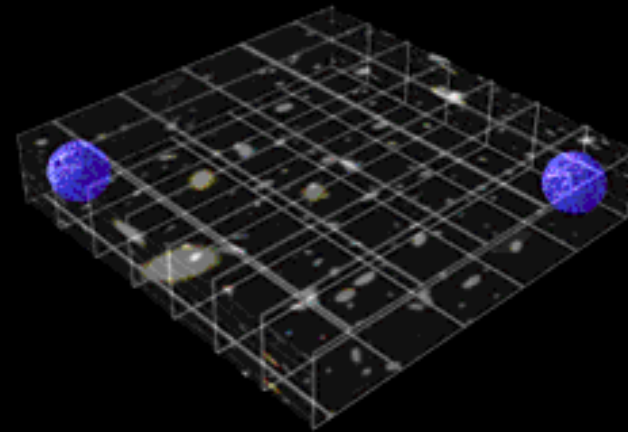
¿ Una 5ª dimensión ayudaría a explicar otras interacciones en términos similares a la Gravedad ... ?



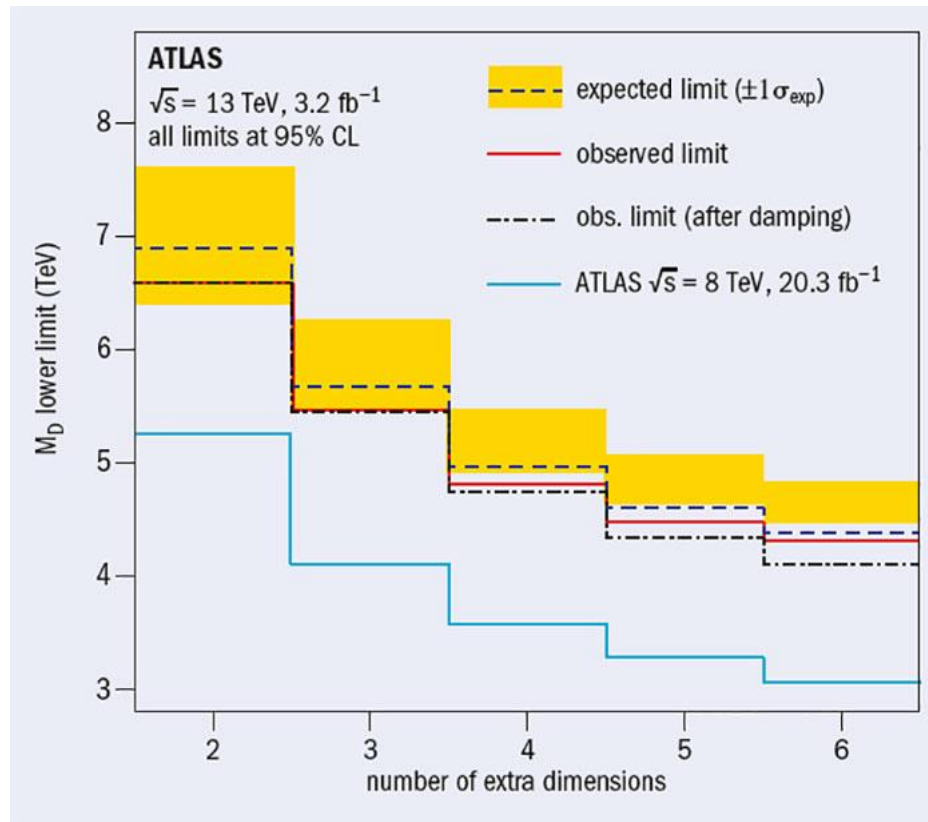
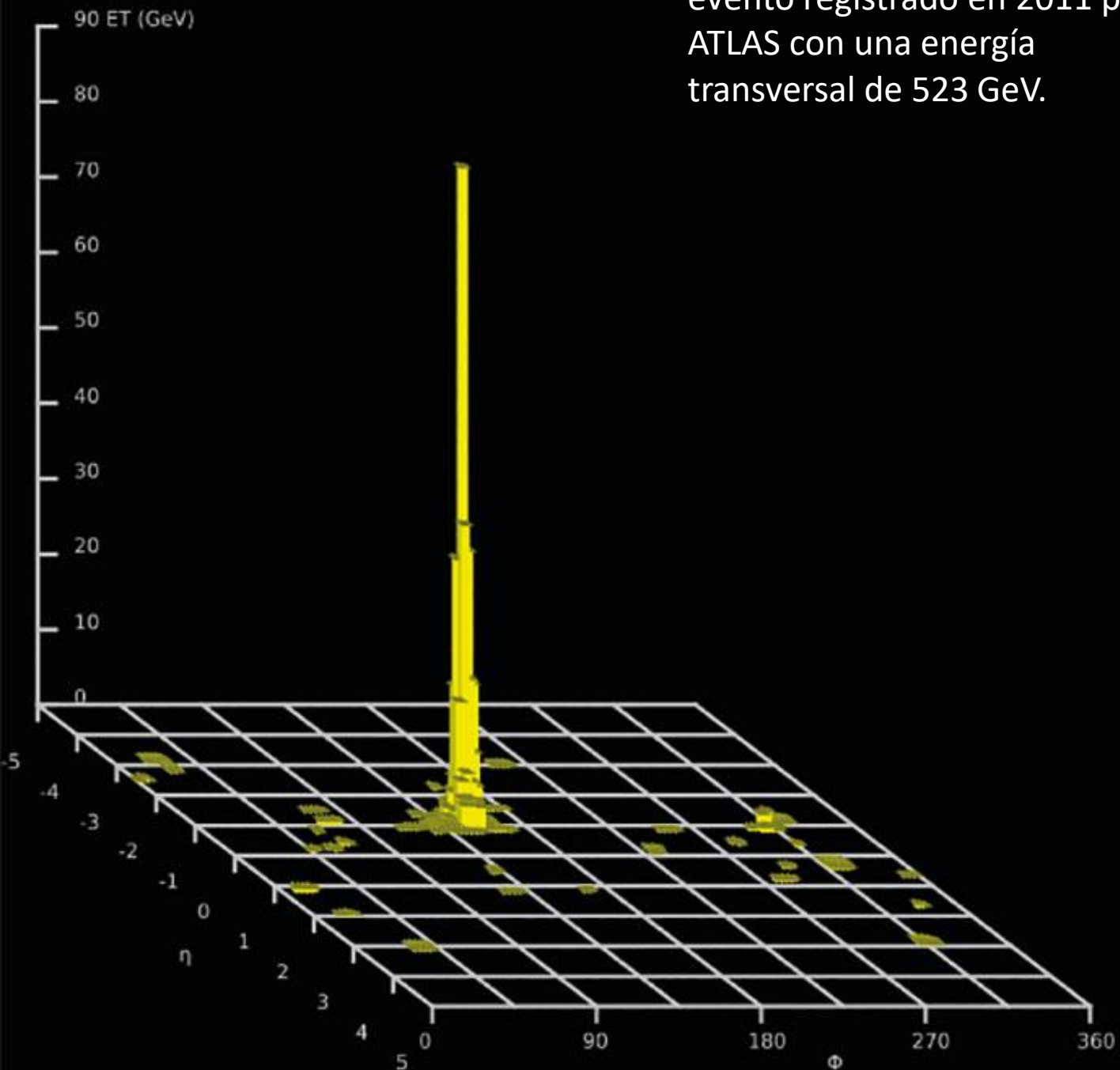
# La quinta dimensión en el Gran Colisionador de Hadrones



El acelerador mas grande jamás construido...



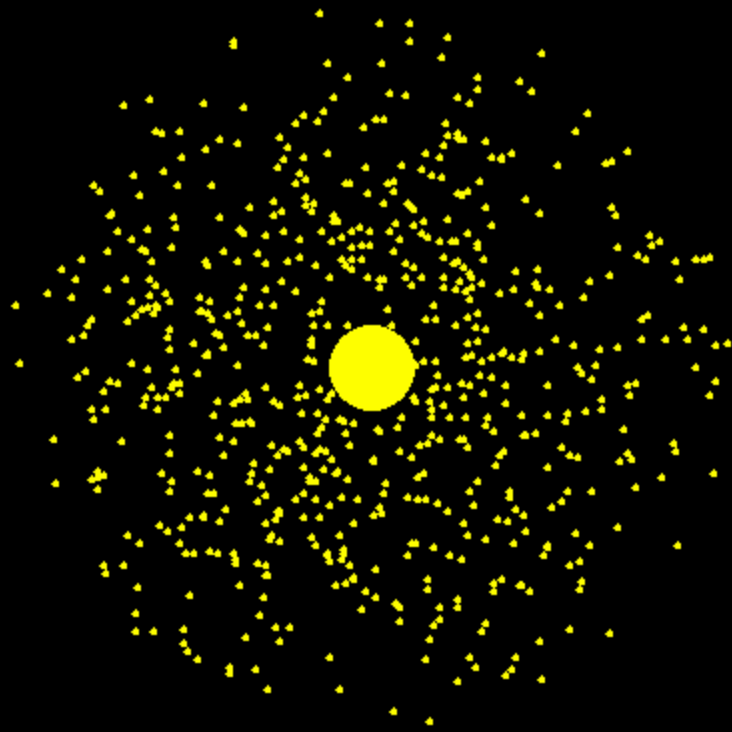
evento registrado en 2011 por ATLAS con una energía transversal de 523 GeV.



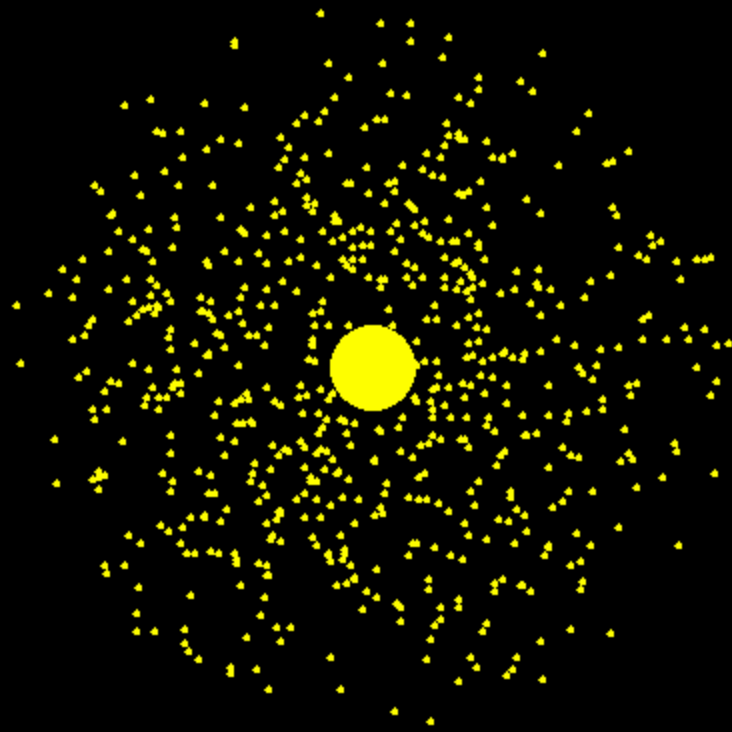
Búsqueda de monojets en ATLAS. El límite bajo está ahora entre 5 y 7 TeV

nuevas partículas

Normal

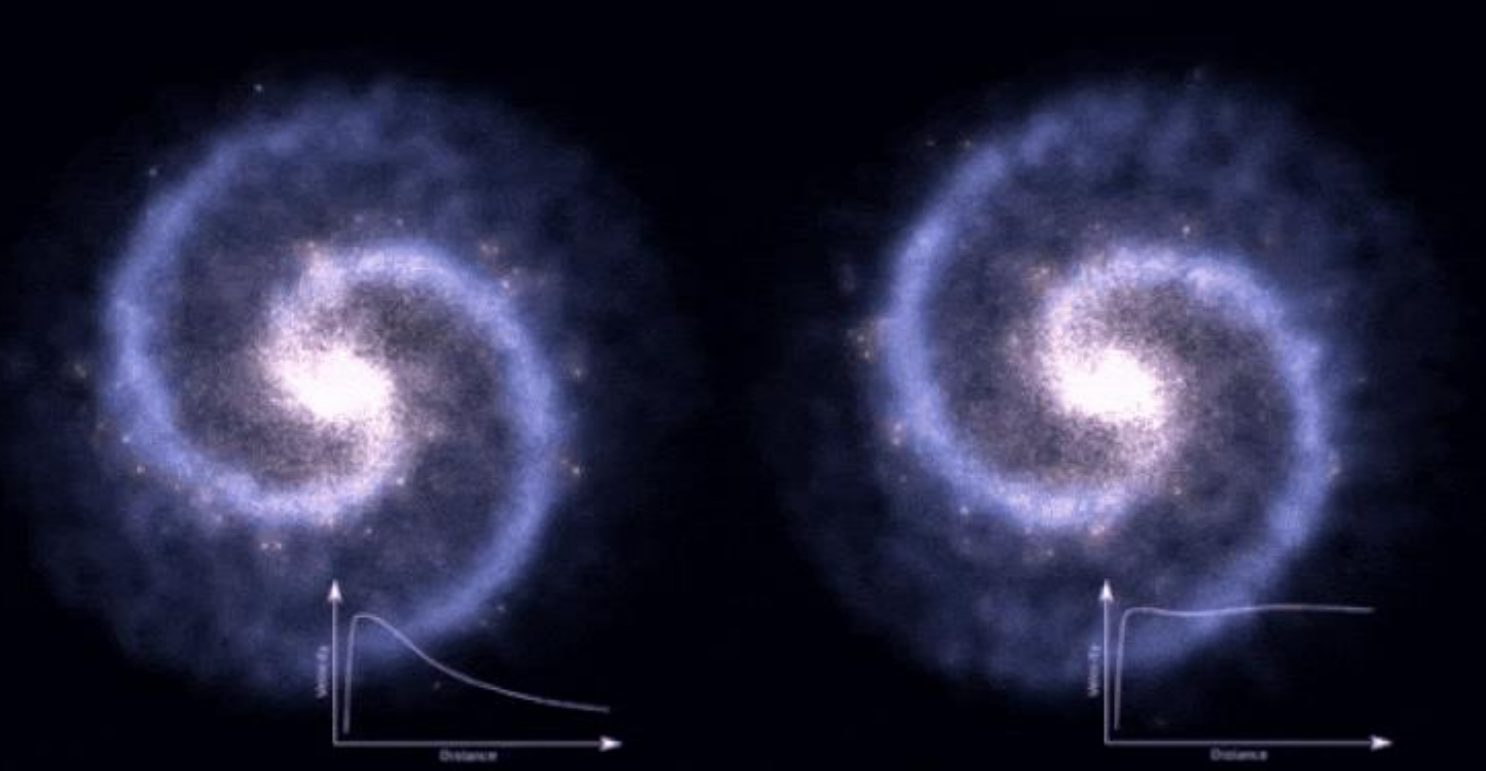


Con materia oscura



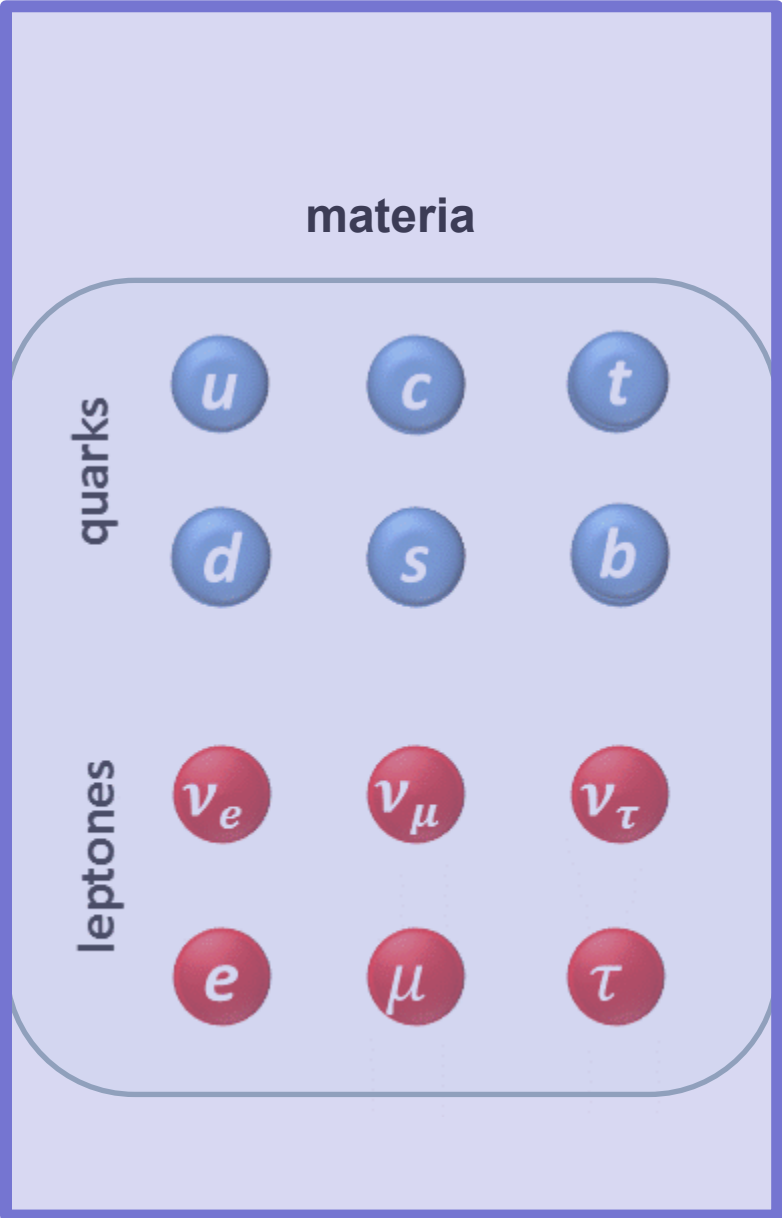
Normal

Con materia oscura

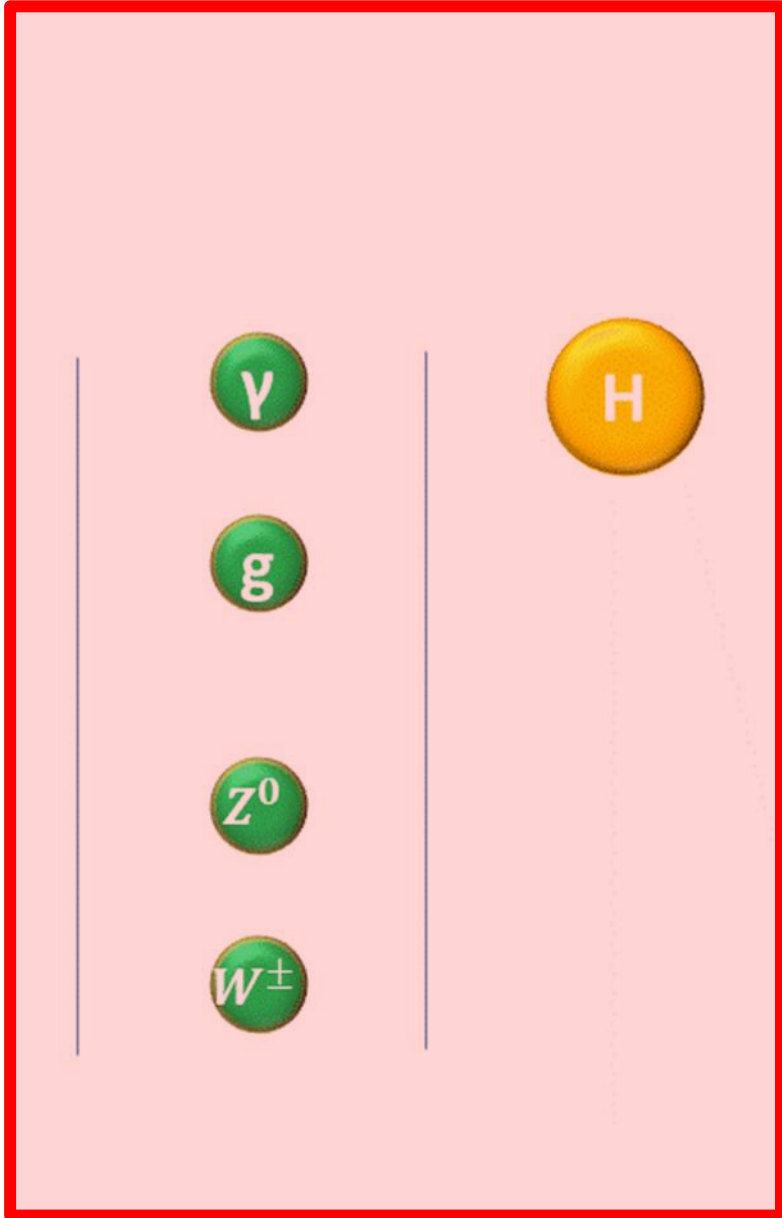


# Supersimetría

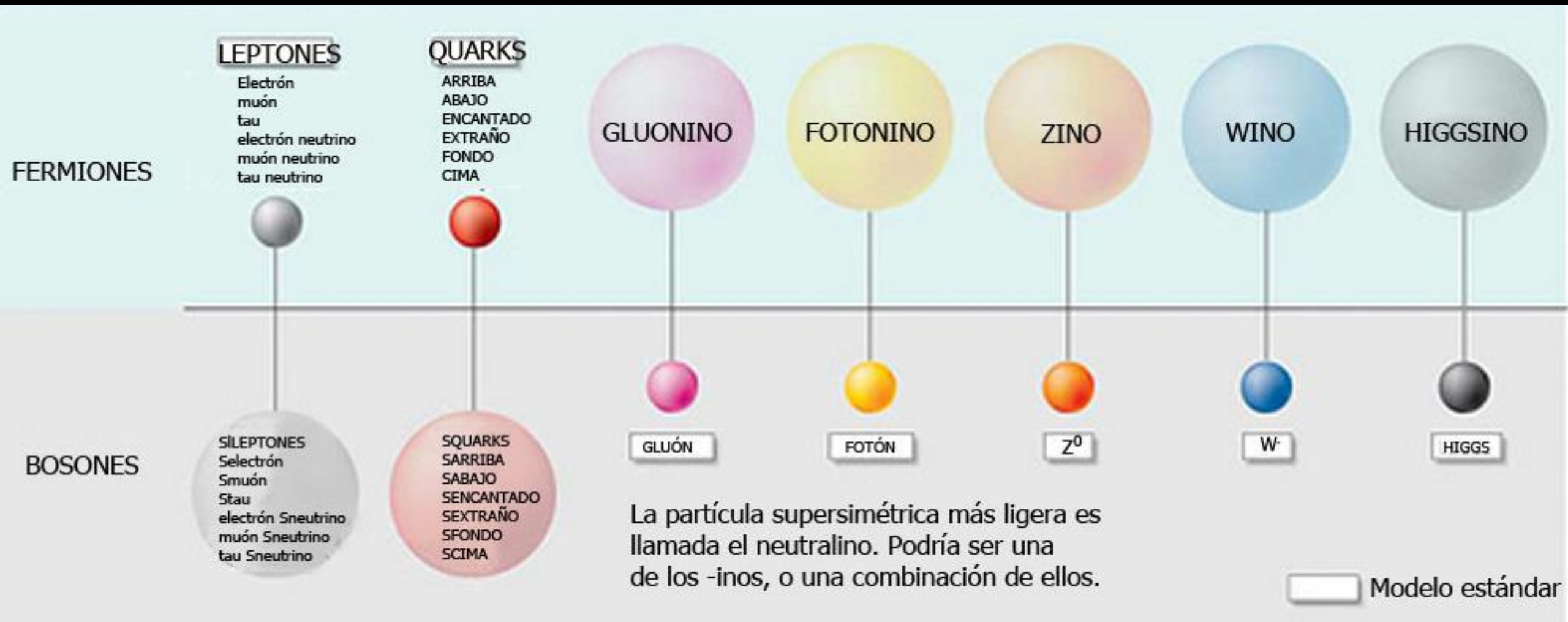
# Fermiones



# Bosones



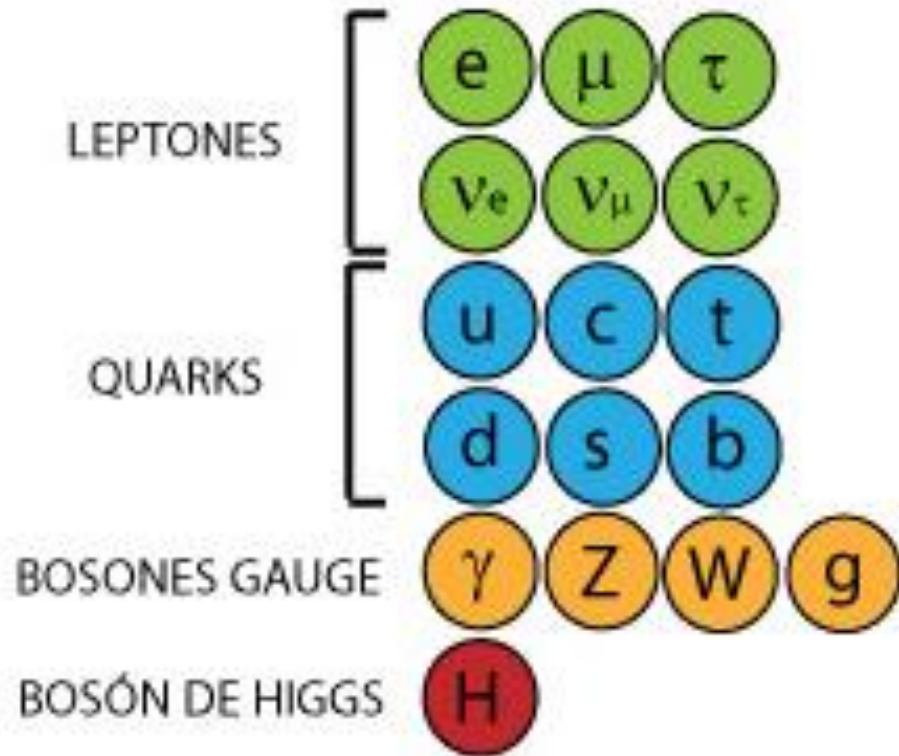
# Súper simetría





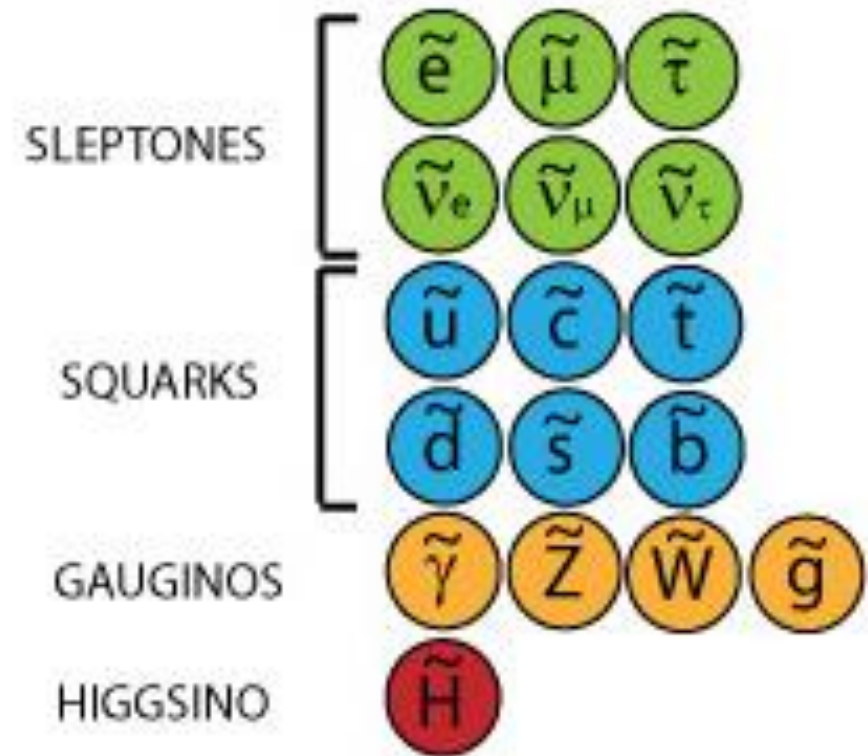
# Observadas

PARTÍCULAS FUNDAMENTALES  
EN EL MODELO ESTÁNDAR



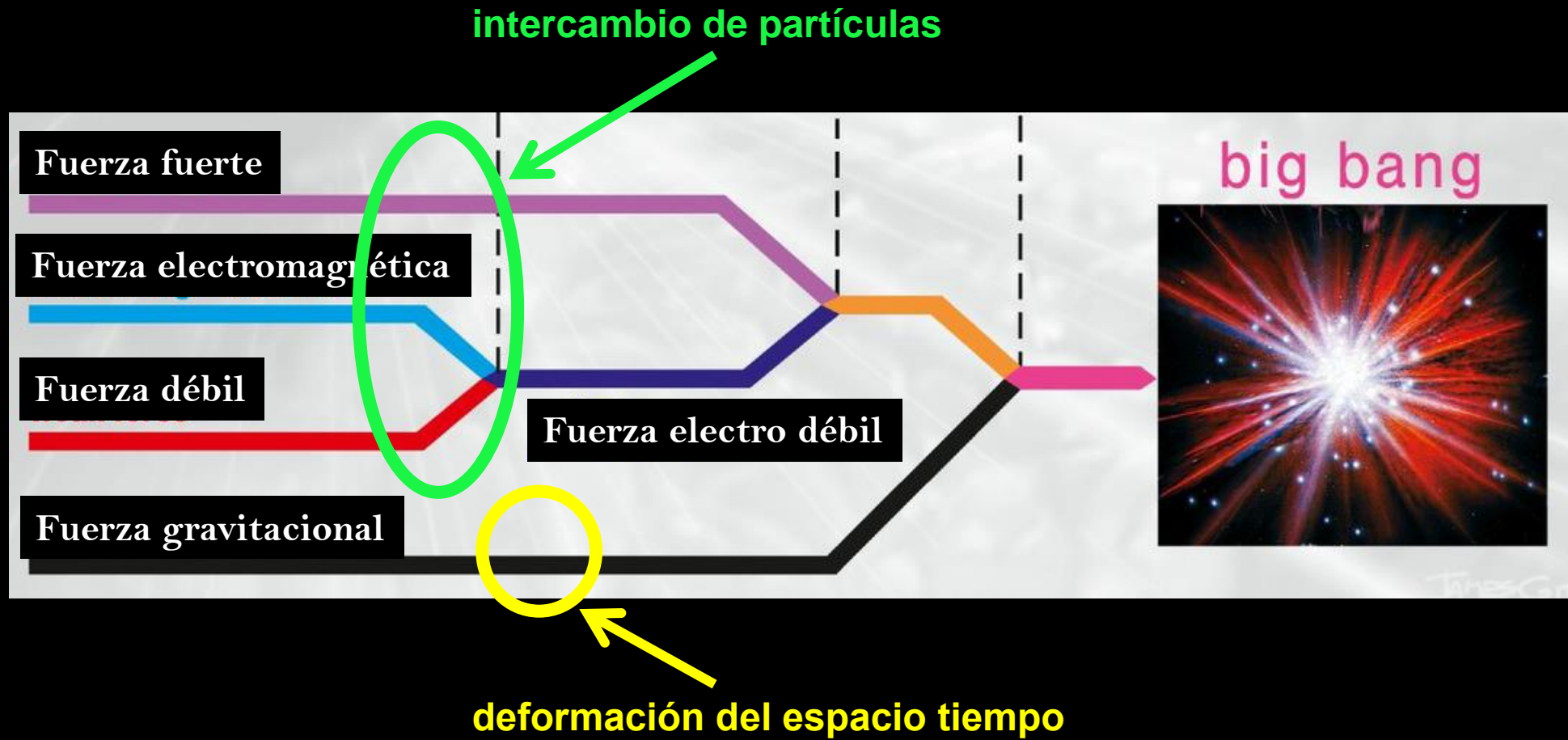
# Nunca vistas

PARTÍCULAS COMPAÑERAS  
SUPERSIMÉTRICAS



unificación

# La historia de las fuerzas que controlan el Universo



Instituciones participantes

# MÉXICO EN ALICE



**Cinvestav**



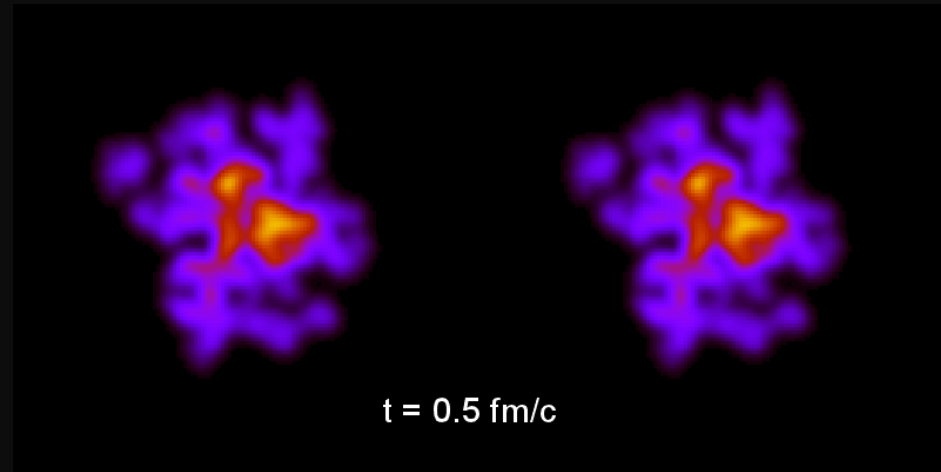
**CONACYT**

*Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología*



# México – ALICE

|  |           |
|--|-----------|
| Benemérita Universidad Autónoma de Puebla                                    | BUAP      |
| Centro de Investigación y de Estudios Avanzados                              | CINVESTAV |
| Universidad Autónoma de Sinaloa  | UAS       |
| Instituto de Ciencia Nucleares de la Universidad Nacional Autónoma de México | IC-UNAM   |
| Instituto de Física de la Universidad Nacional Autónoma de México            | IF-UNAM   |



Gracias

Gracias

Gracias

Gracias

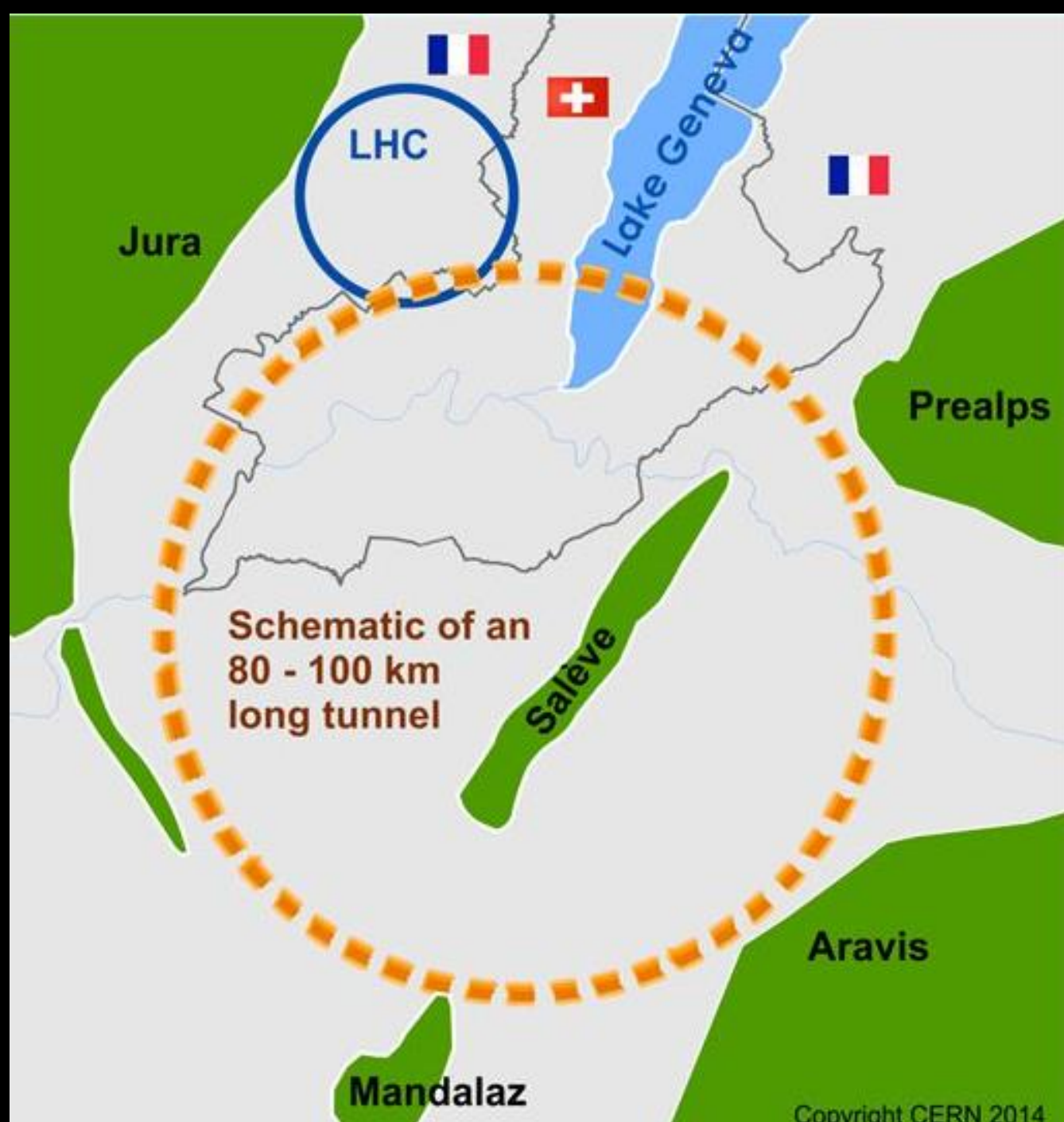
Gracias

Gracias

Gracias

# Gracias







- **Future Circular Collider (FCC)**

Circumference: 90 -100 km

Energy: 100 TeV (pp) 90-350 GeV ( $e^+e^-$ )

- **Large Hadron Collider (LHC)**

- **Large Electron-Positron Collider (LEP)**

Circumference: 27 km

Energy: 14 TeV (pp) 209 GeV ( $e^+e^-$ )

- **Tevatron**

Circumference: 6.2 km

Energy: 2 TeV (pp)

