

# Introducción a los chips Medipix/Timepix: Tecnología y aplicaciones

*Rafael Ballabriga Suñé*

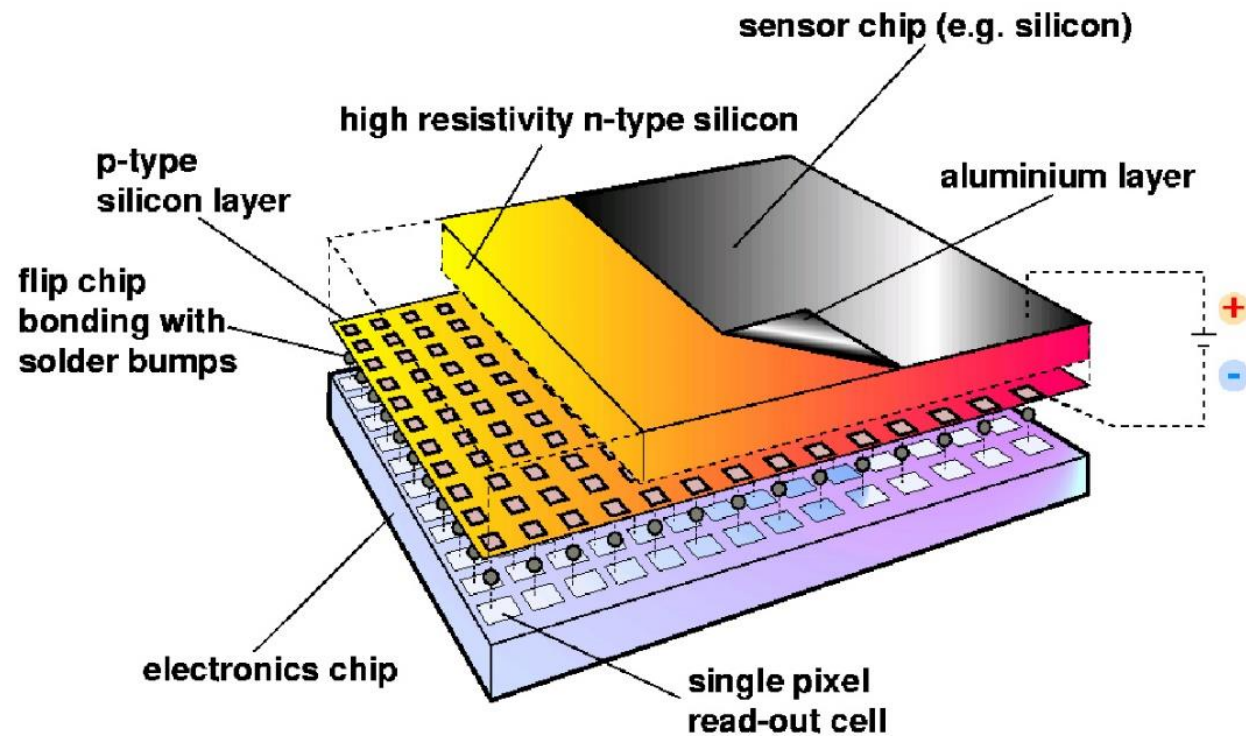
*rafael.ballabriga@cern.ch*

*Sección de Microelectrónica (EP-ESE-ME)*

*CERN*

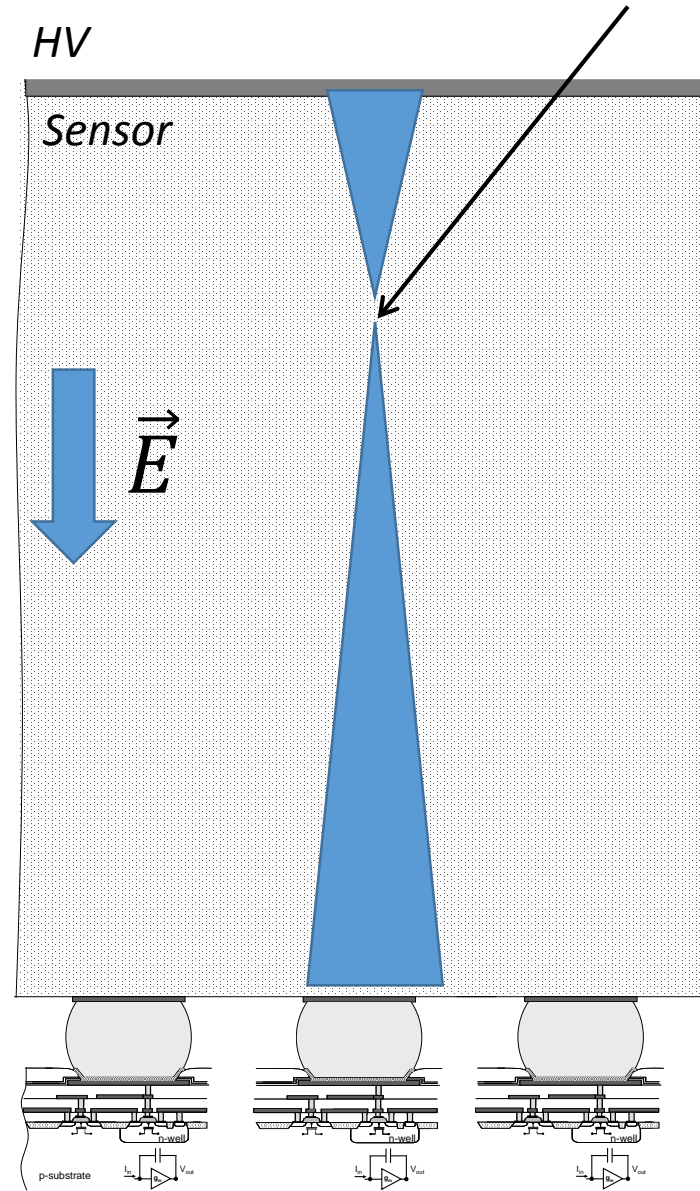
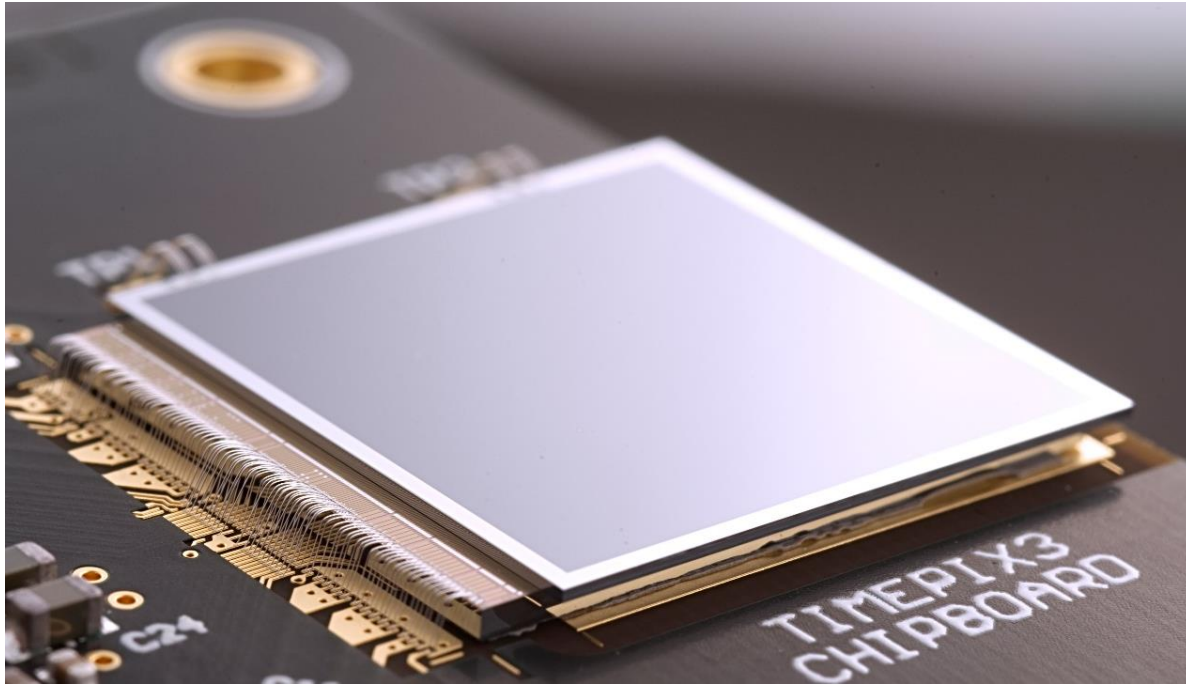
# Índice

- Introducción a los detectores híbridos
  - Tecnología
  - Identificación de partículas
- Colaboraciones Medipix
- Aplicaciones
  - Dosimetría en el espacio
  - Radiografía

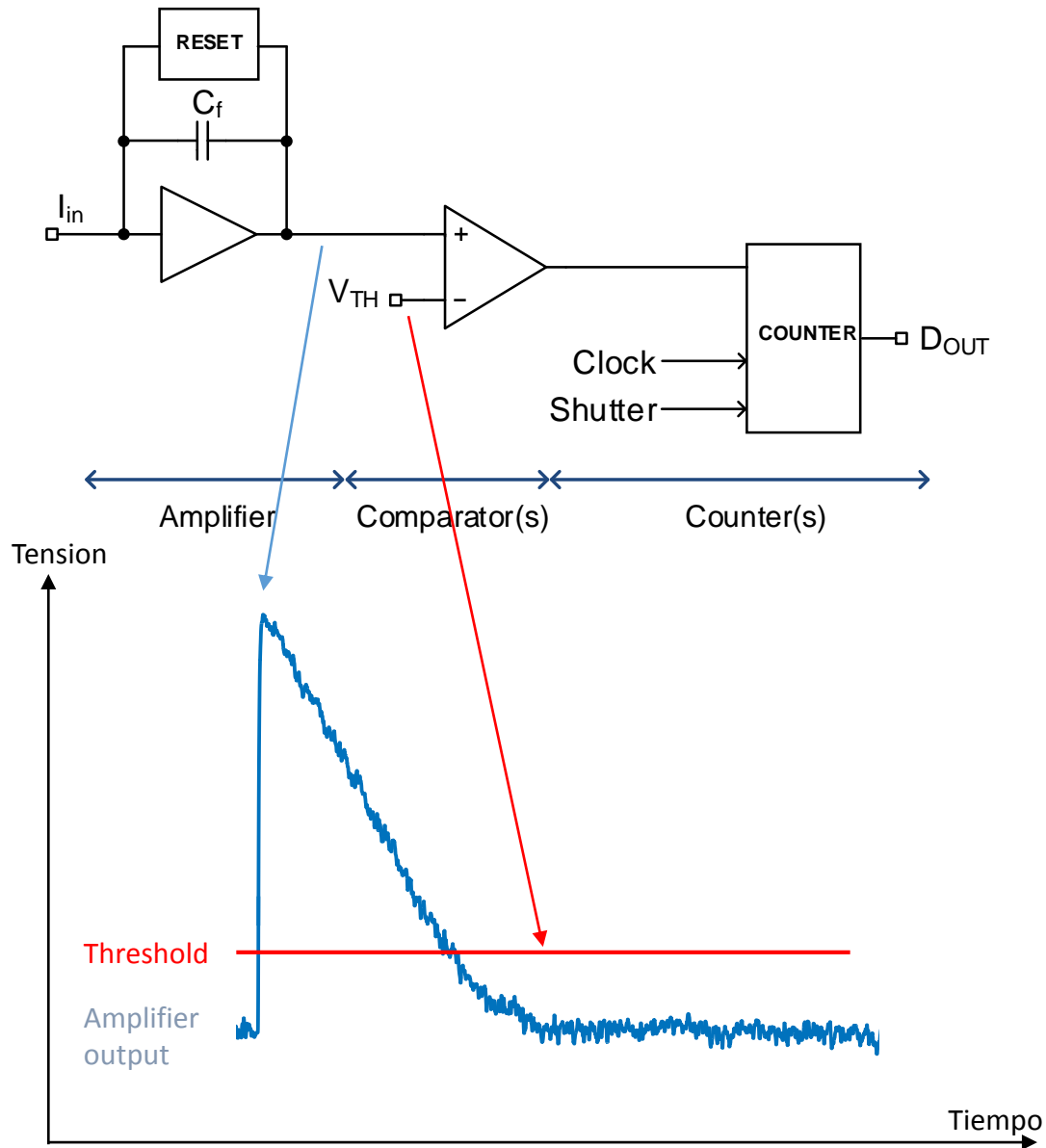


- Un detector híbrido es una matriz de elementos microscópicos sensibles a la radiación cada uno de los cuales está conectado a su propia electrónica de lectura
- El sensor y la electrónica están implementados en sustratos diferentes y se pueden optimizar por separado

# Los detectores híbridos



# Los detectores híbridos



- Sistema “noise hit free” (sin detecciones falsas)
- Medidas posibles:
  - Presencia de partícula en intervalo de tiempo

• Cámara: Número de cuentas durante el tiempo en el que el obturador esta abierto

\*Medipix

- Energía (Midiendo la amplitud o la duracion)
- Tiempo de llegada

\*Timepix

- Limitación: tiempo muerto (“dead time”)

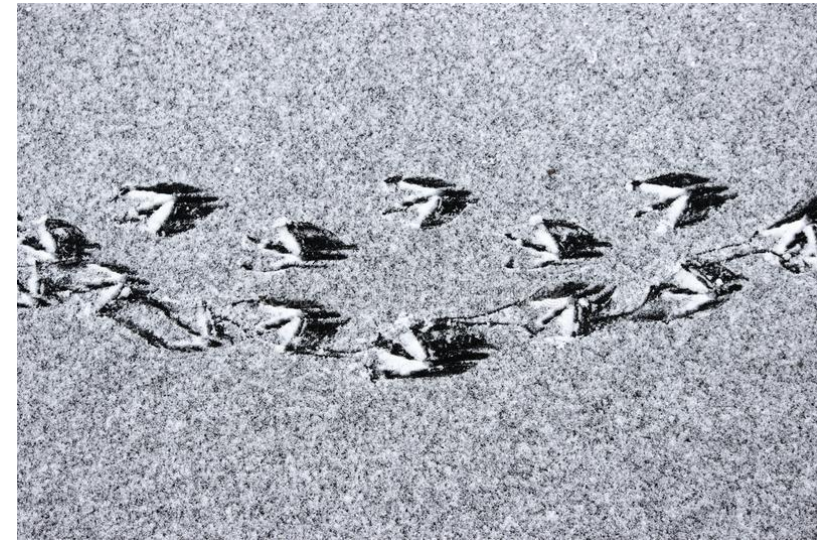
\* Simplificación, para mas información, ver transparencias adicionales



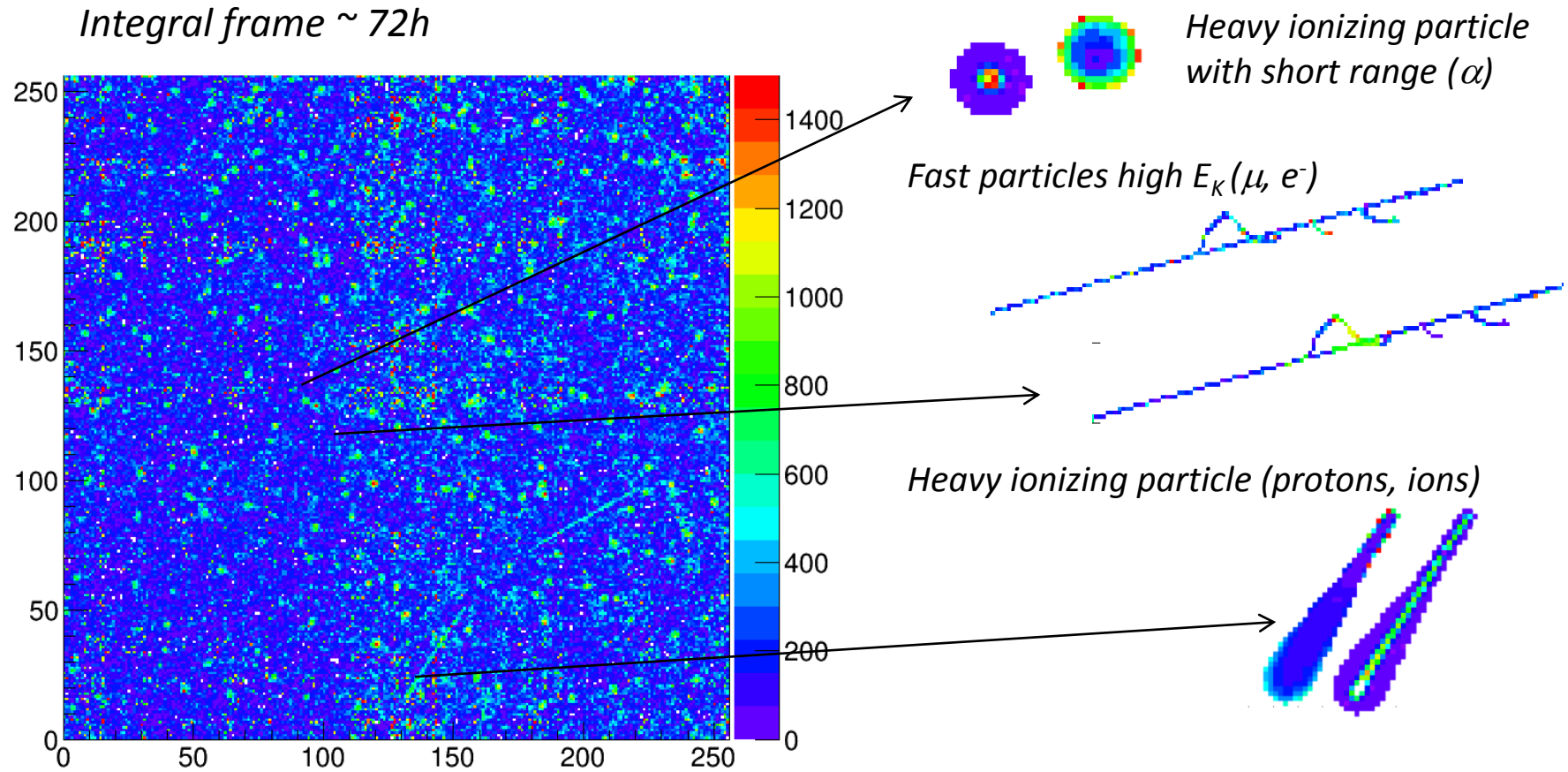
“Detector: instrumento que sirve para descubrir la presencia de alguna cosa a través de indicios”

# Detección de partículas

- Podemos reconocer las partículas por las "huellas" que dejan
- Estas huellas indican de qué tipo de partícula se trata, su energía, la carga eléctrica, el punto donde se creó y su trayectoria



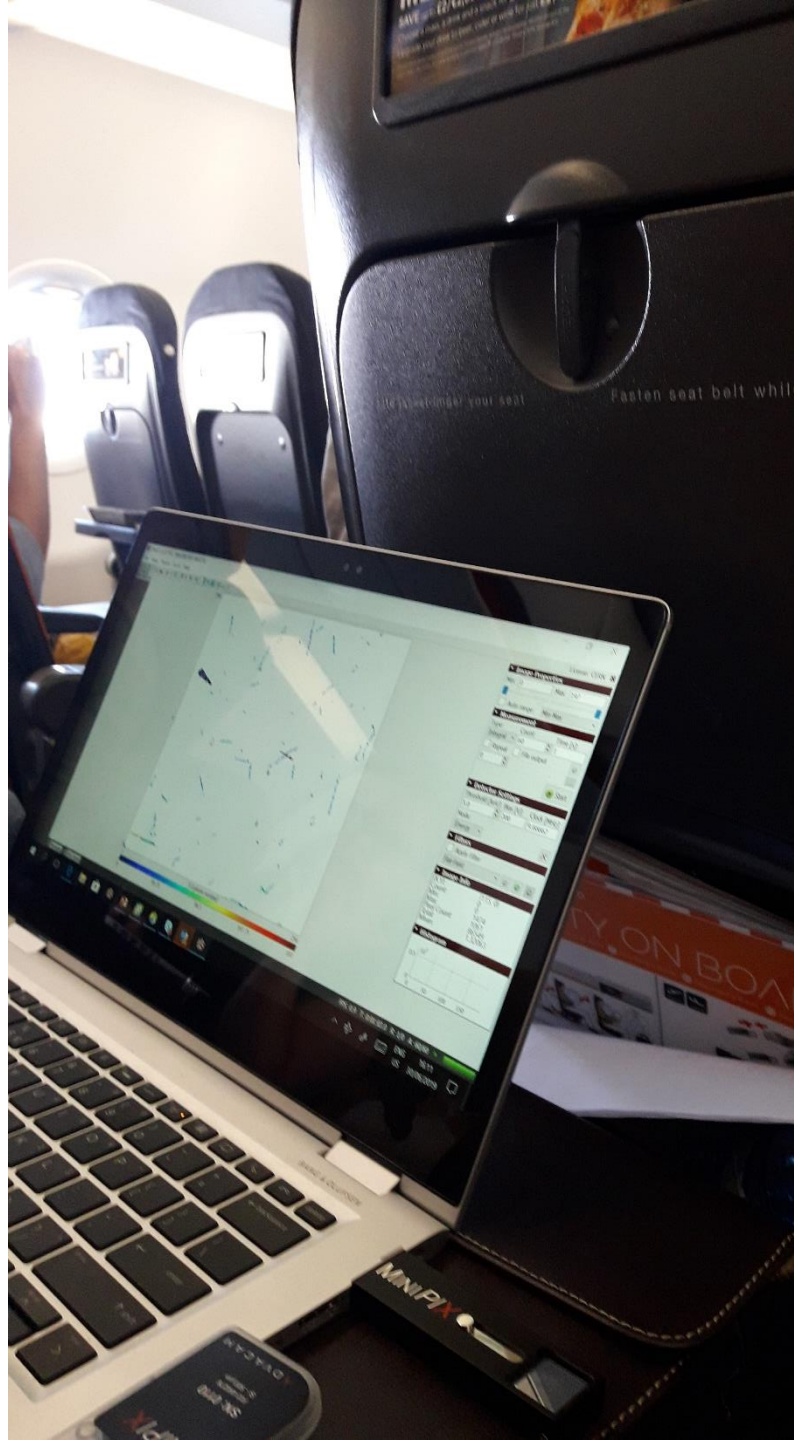
# Medida de tiempo y energía con radiación ambiente



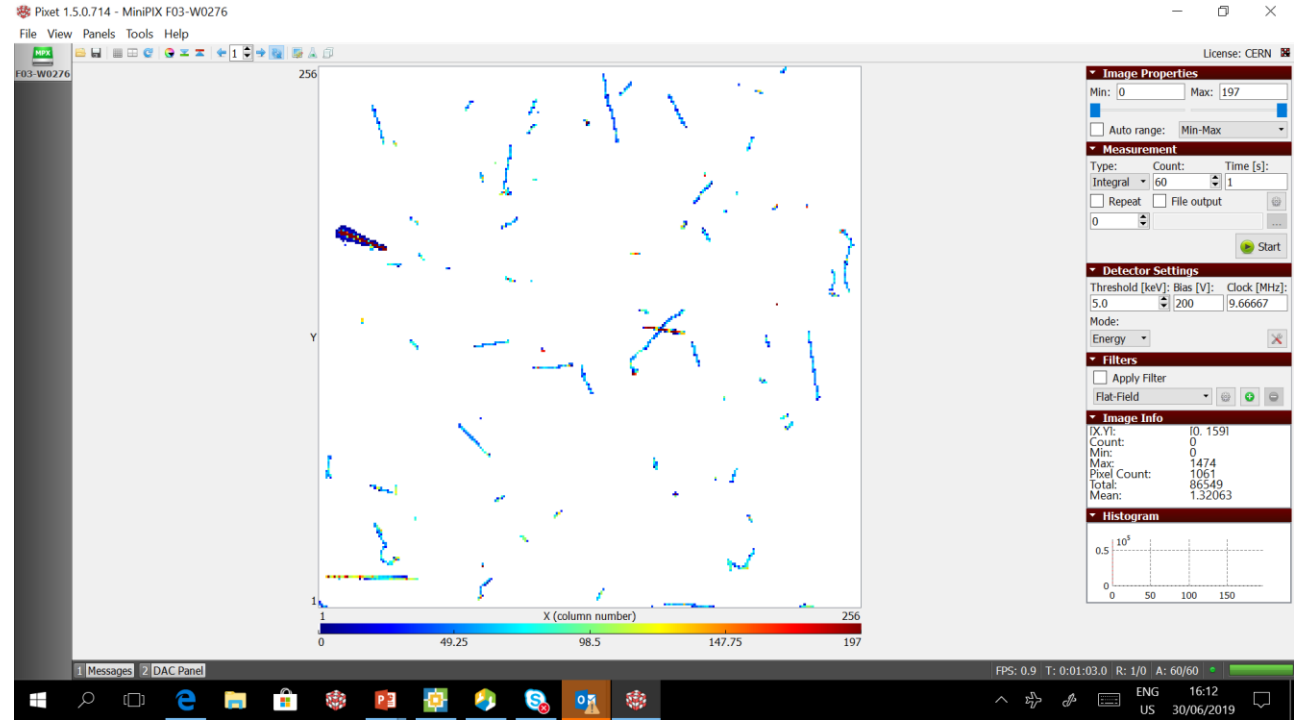
*Timepix chip: matrix of 256x256 pixels*

*Different particles present a different signature in their interaction with the pixelated semiconductor detector*

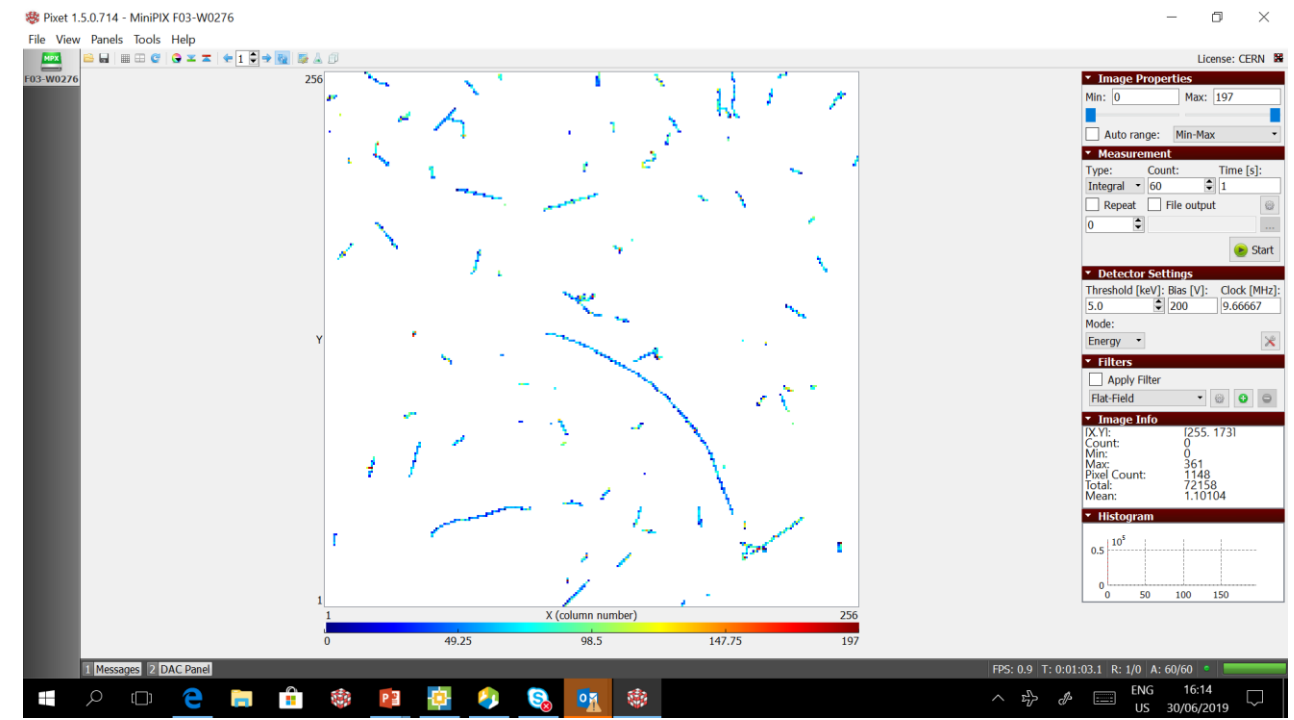


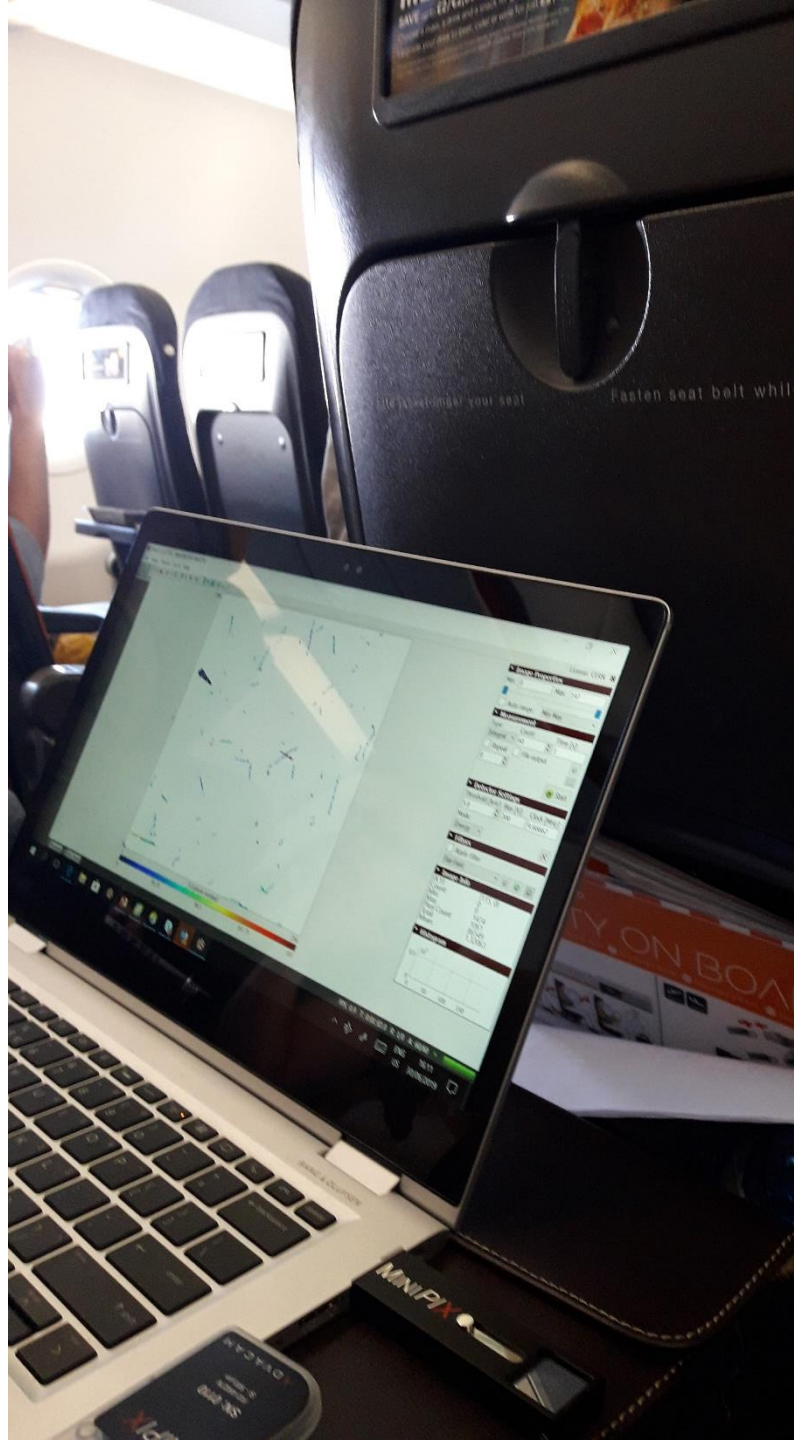


~5000m



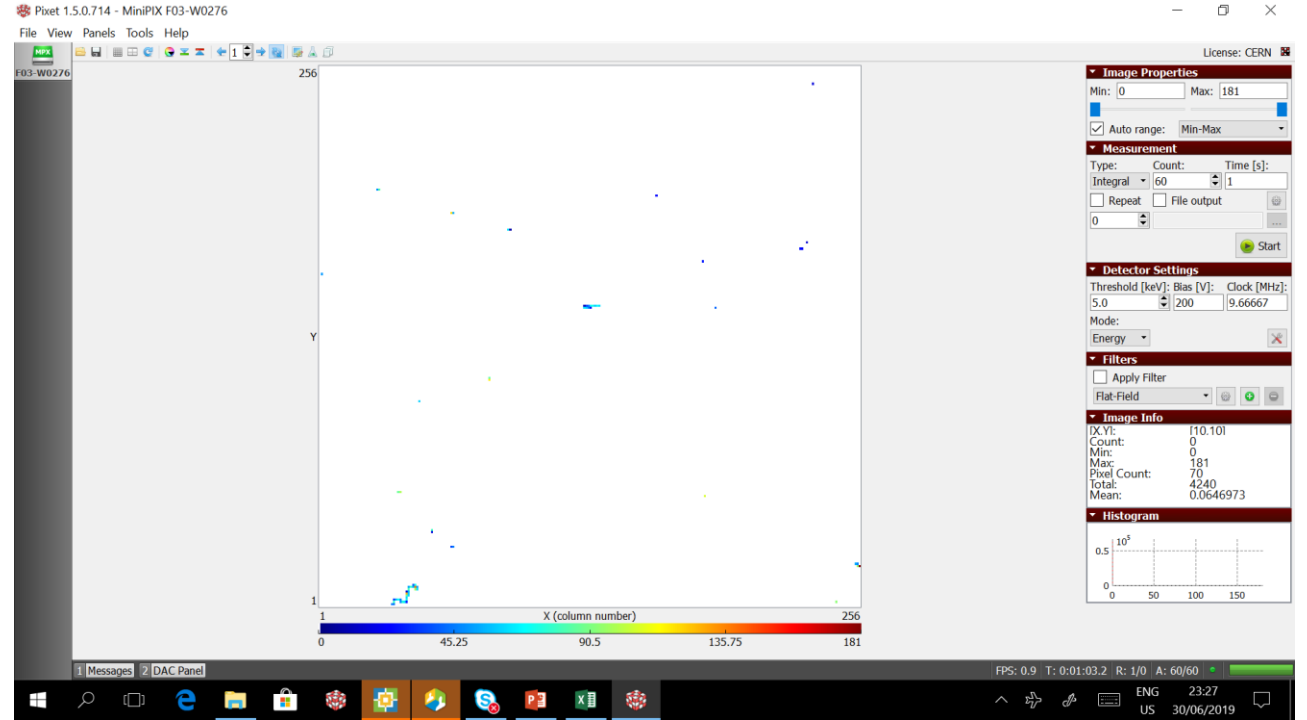
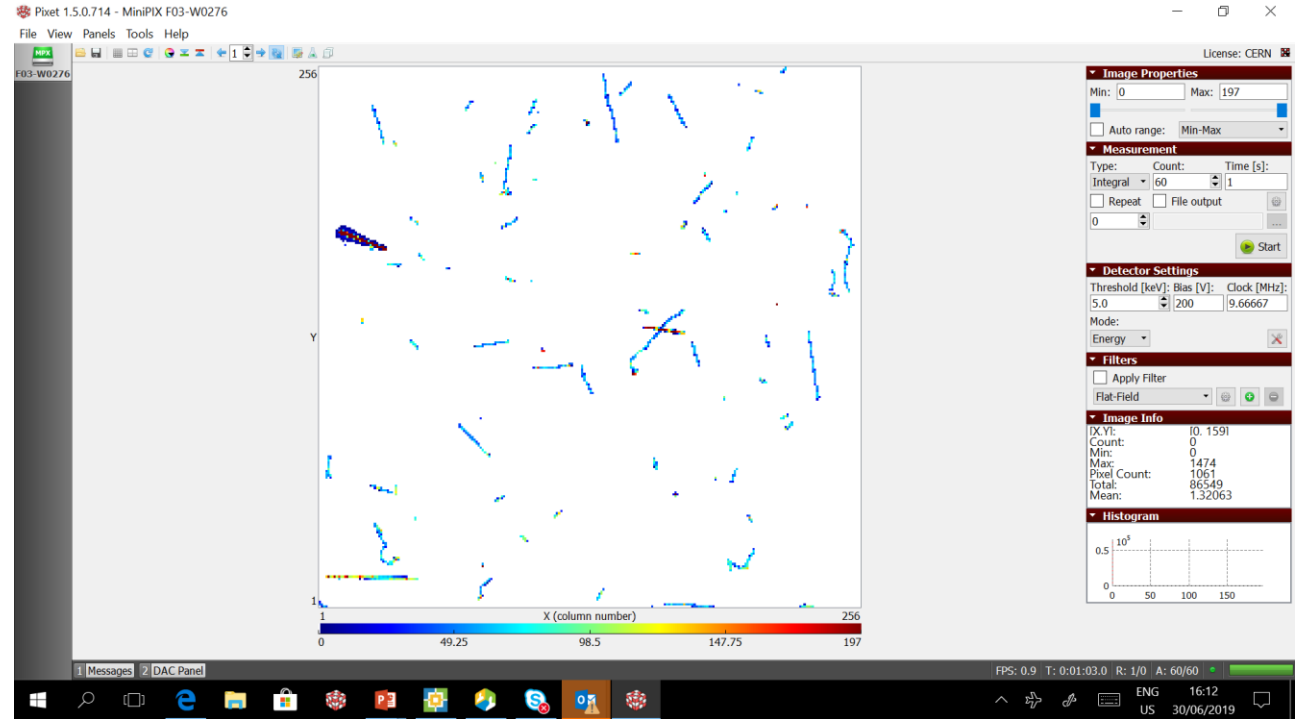
~5000m





~5000m

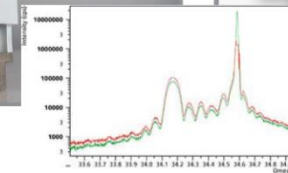
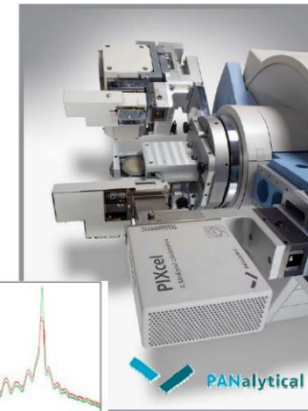
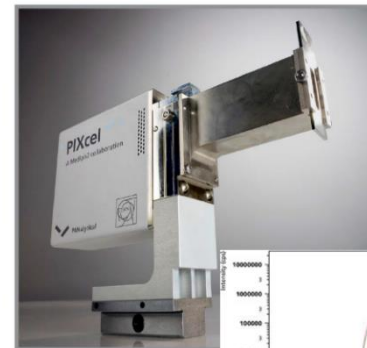
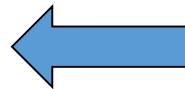
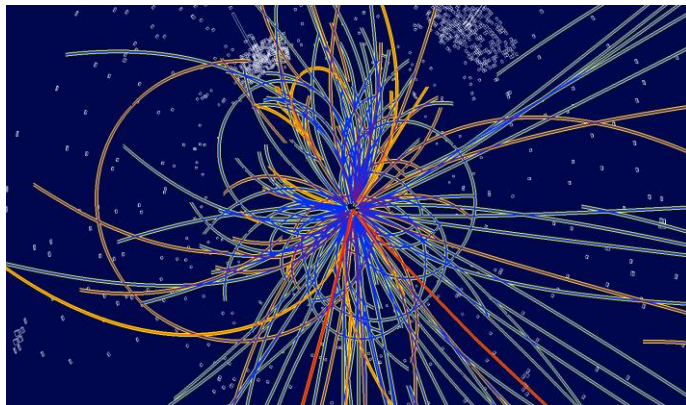
Nivel del mar



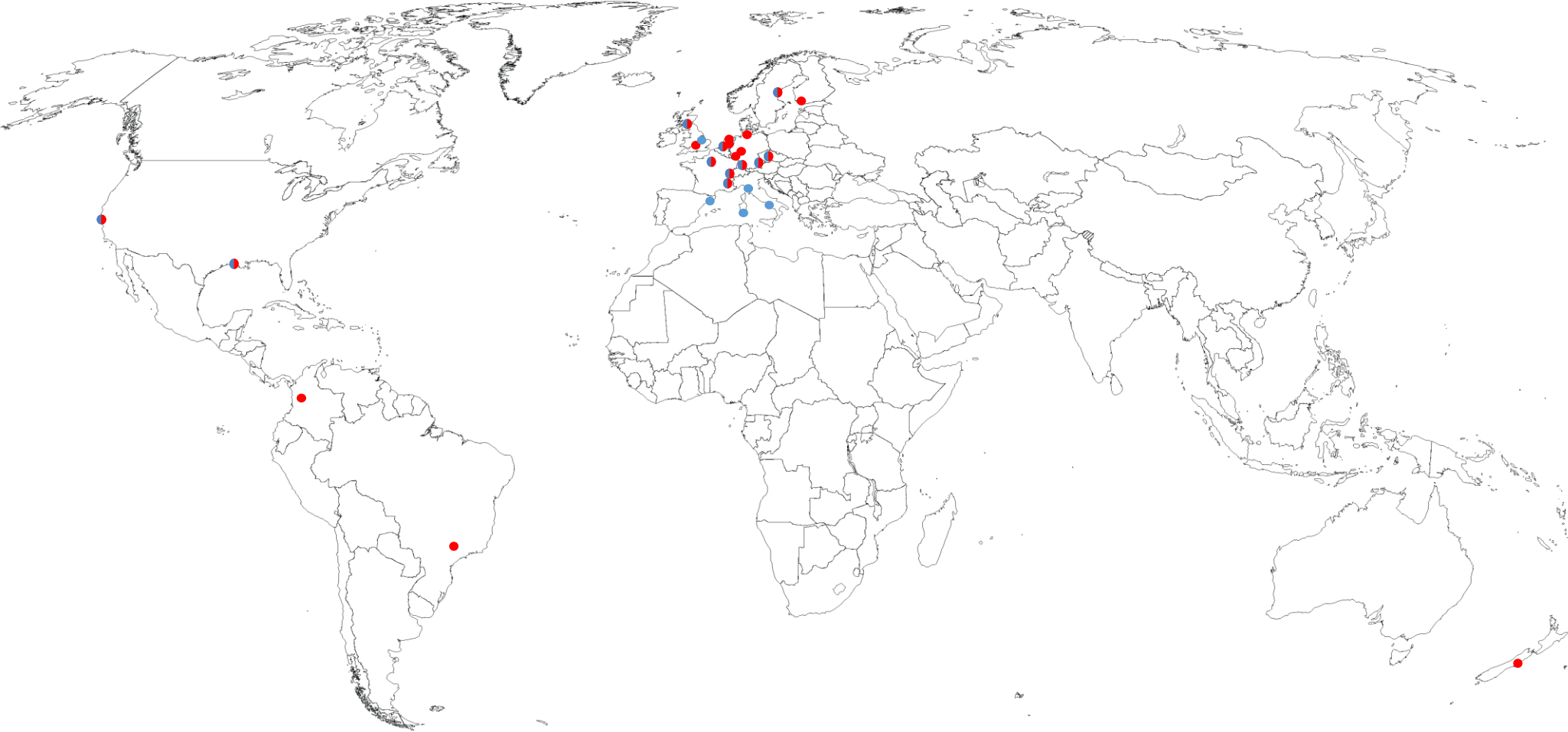
# Las colaboraciones Medipix

# Las colaboraciones Medipix

- Se crearon para desarrollar detectores híbridos (inventados inicialmente en el CERN) y sus aplicaciones
  - Chips Medipix: cámara/procesado rápido de la información en el pixel
  - Chips Timepix: procesado “off-line” (más información por cada evento, flujo inferior)
- Science driven!
  - Diseños “state of the art”
  - Cuando los chips están bien caracterizados se pueden otorgar licencias (e.g. Medipix3: 2 licencias de exclusividad, 5 de no exclusividad)
- Los chips se diseñan en la sección de microelectrónica del CERN
- Nuestros colaboradores desarrollan sistemas de lectura e instalan los detectores en sus aplicaciones
- Ejemplo de spin-off y spin-back hacia la física de altas energías



# Medipix 2/3 collaborations



- Medipix2 collaboration member
- Medipix3 collaboration member
- Medipix2 and 3 collaboration member

# Dosimetria en el espacio

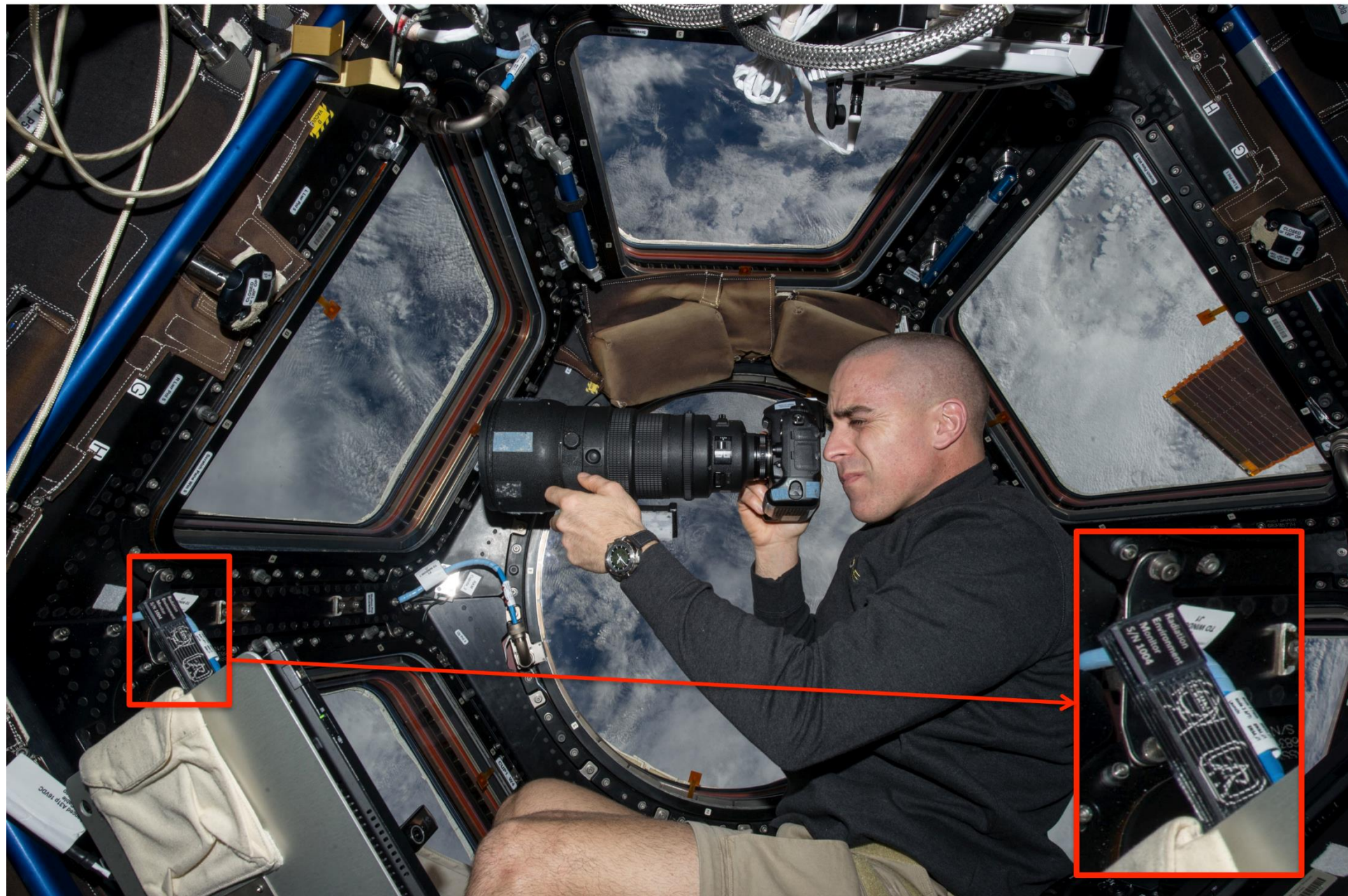
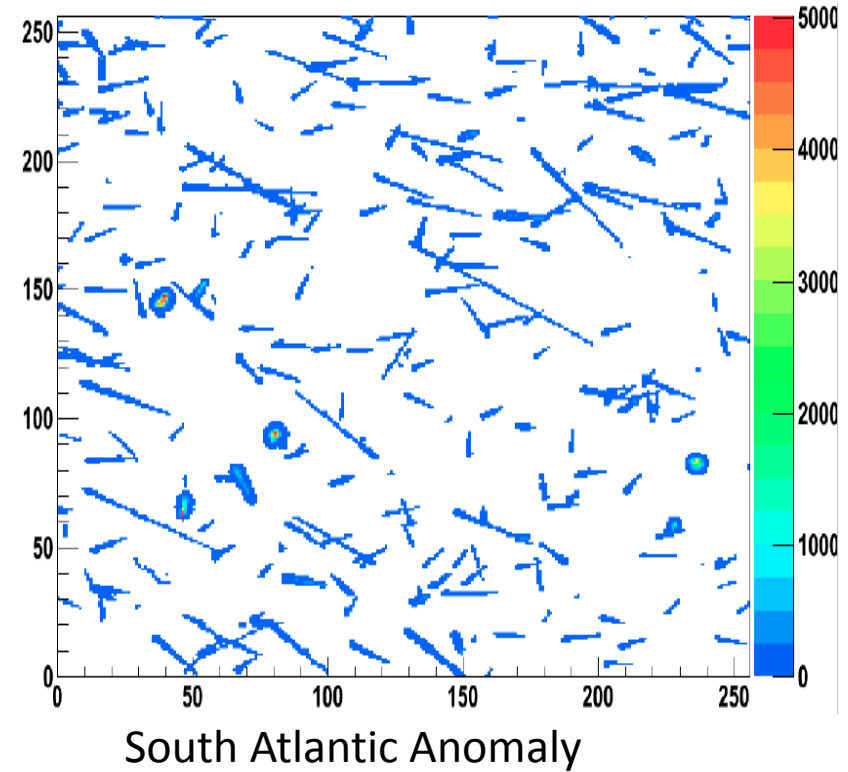
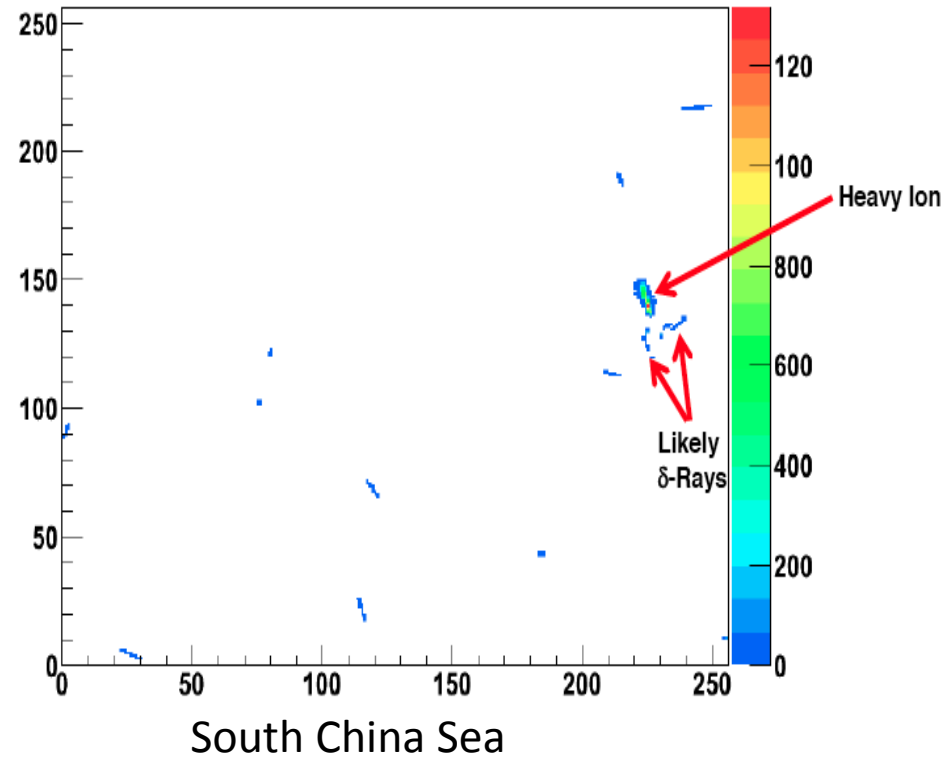


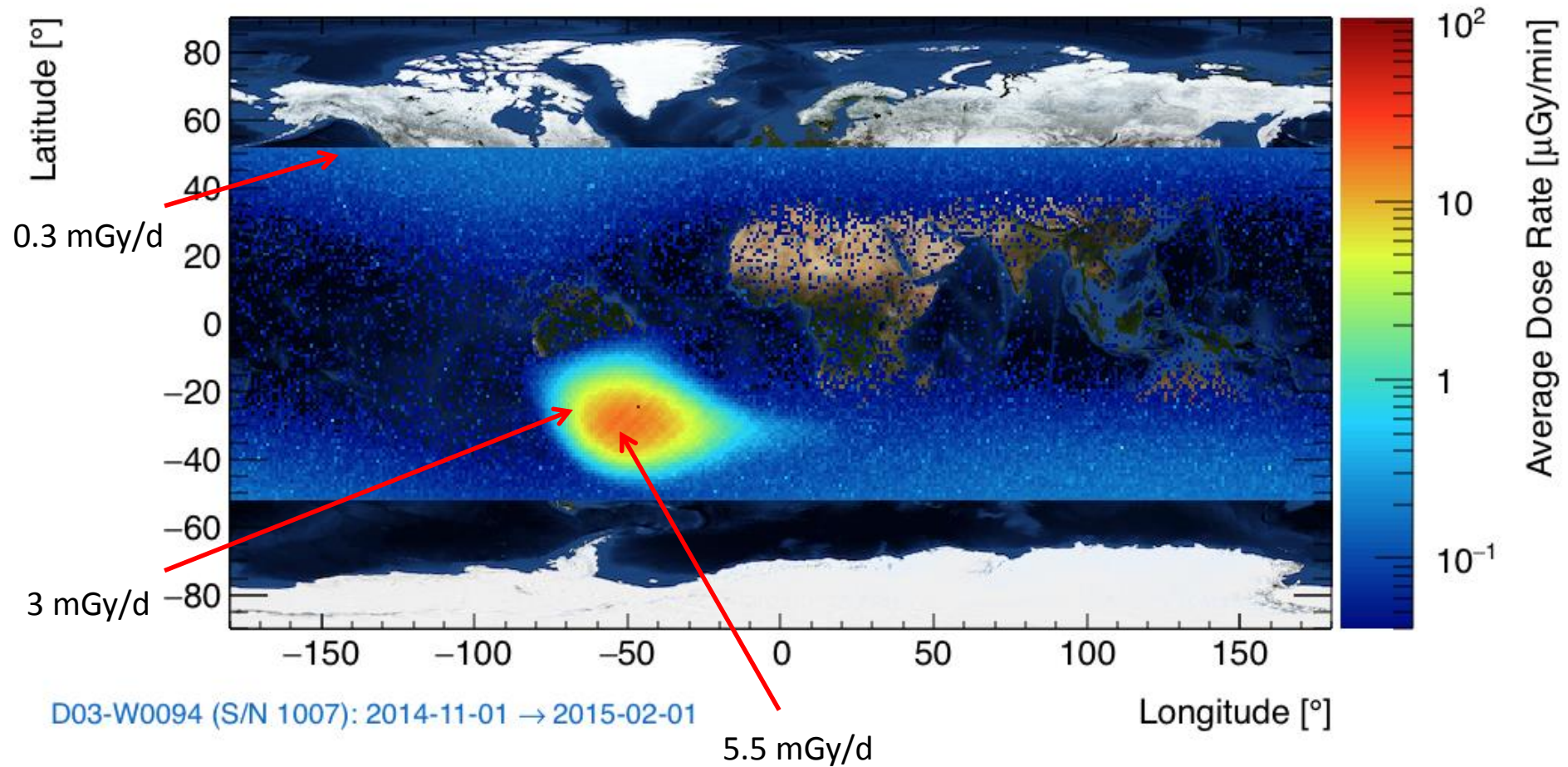
Image of the astronaut Chris Cassidy working near the Timepix USB on the International Space Station (Courtesy of NASA, photo ref. no. iss036e006175)

# Timepix - 4s exposures





# REM Dose Rate Data ( $\mu\text{G}/\text{min}$ )

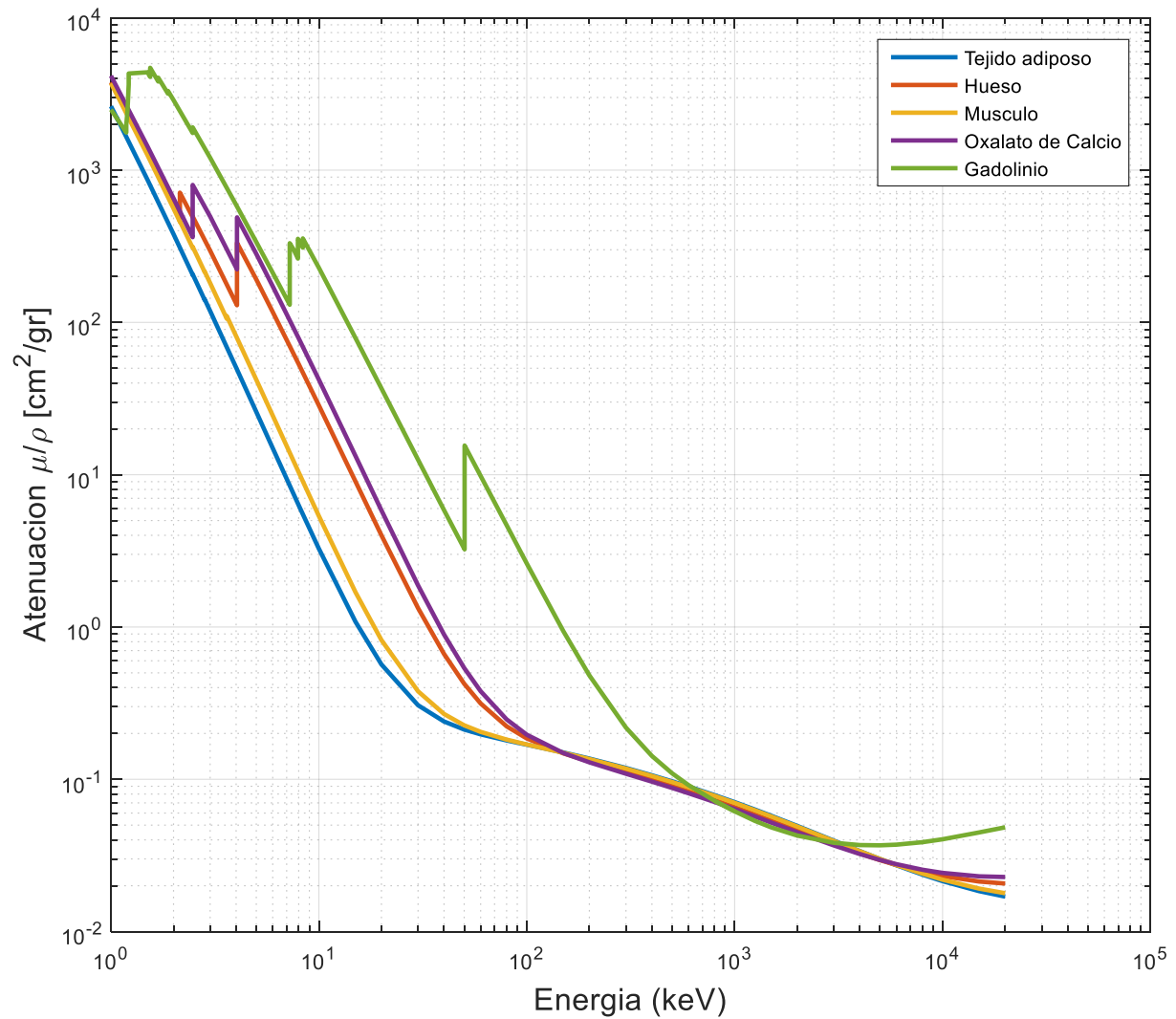
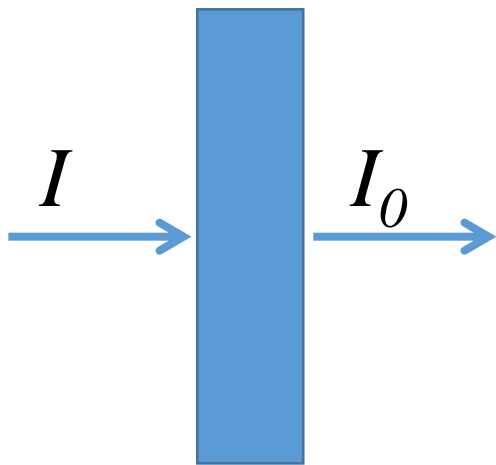


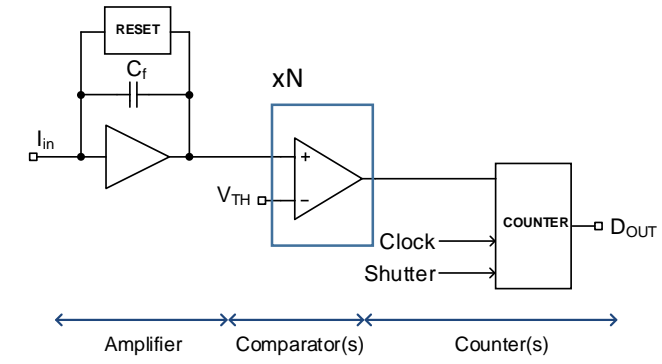
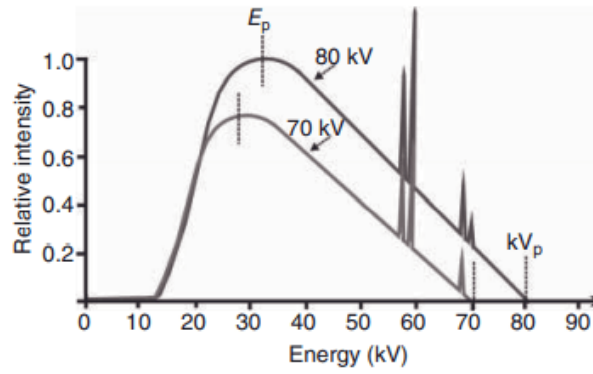
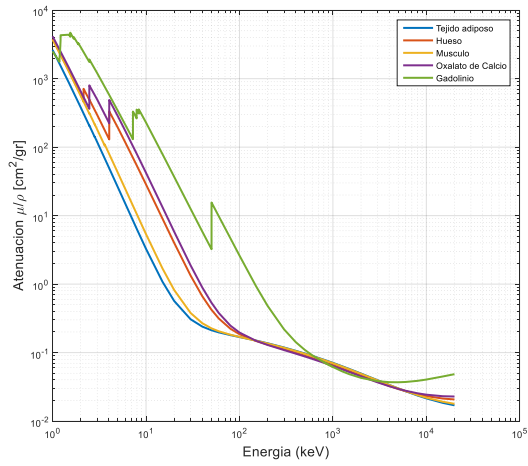
Dosis → Dosis equivalente

# Radiografia

# Mass attenuation coefficient

$$\frac{I}{I_0} = e^{-(\mu/\rho)\rho x}$$





*Dependencia de coeficientes con energia, unica para cada material*

*Tubos de rayos-X son policromaticos*

*Pixeles capaces de clasificar fotones segun energia*

*Identificacion de materiales*

BBC Click on Fake Art – InsightART's X-ray colour imaging of art!

<https://youtu.be/1xUD0BUzgtQ>

Signed

Vincent van Gogh

La Crau with Montmajour in  
the background

~1888

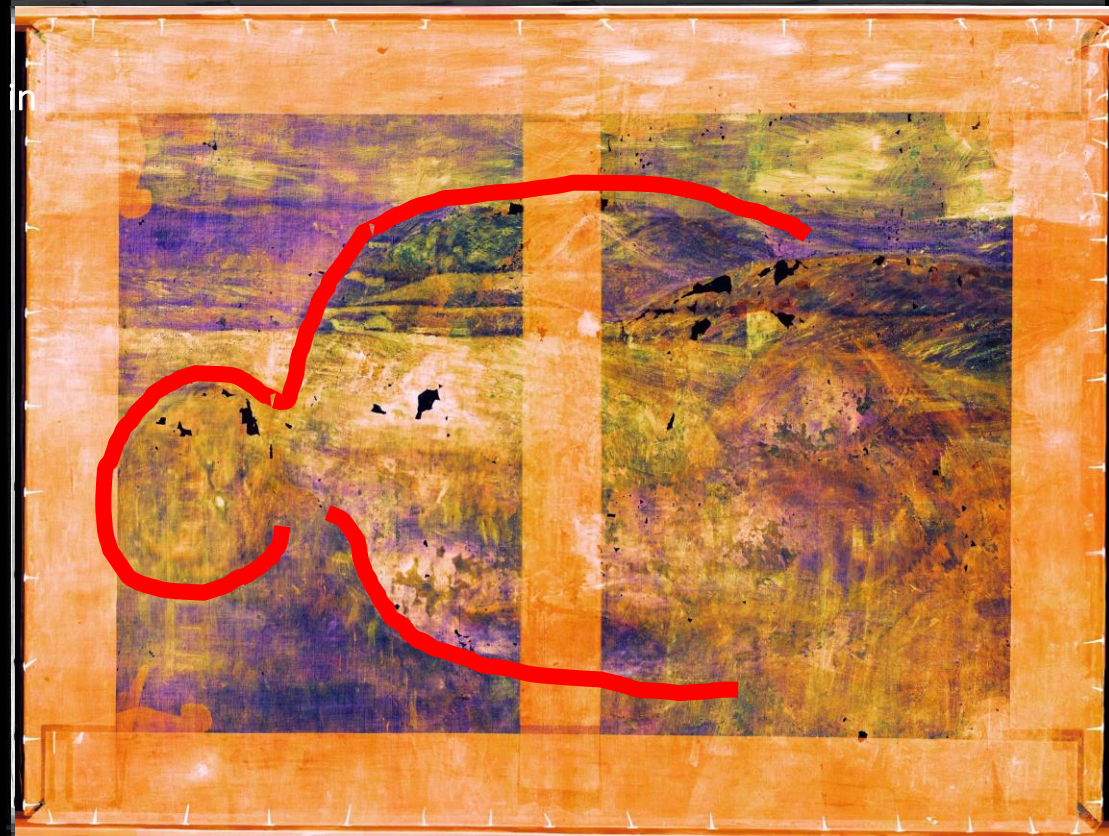


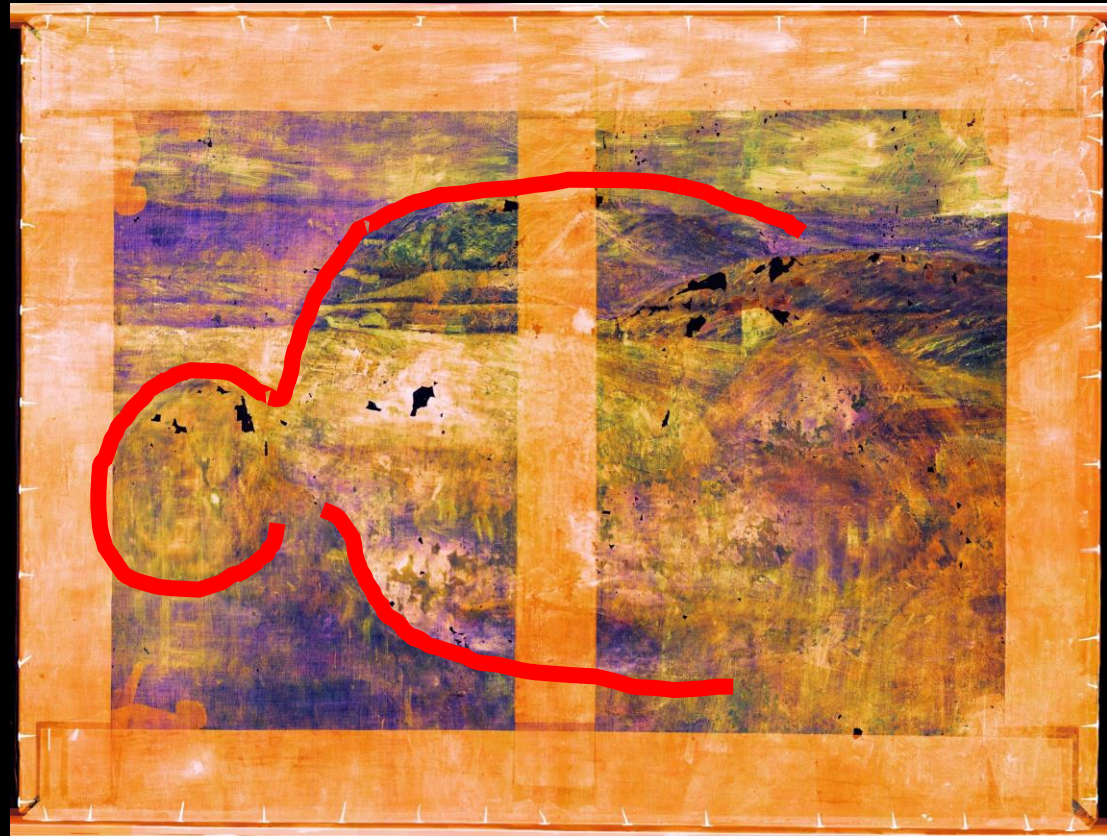
BBC Click on Fake Art – InsightART's X-ray colour imaging of art!  
<https://youtu.be/1xUD0BUzgtQ>

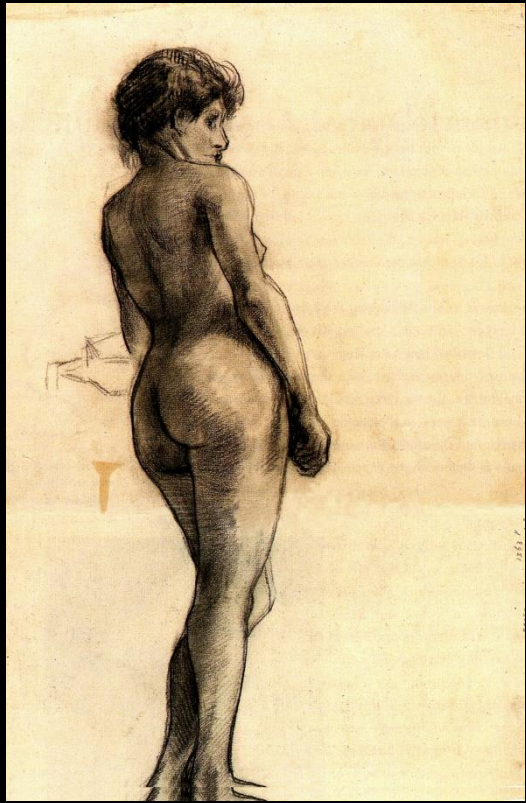
Signed  
Vincent van Gogh

La Crau with Montmajour in  
the background

~1888

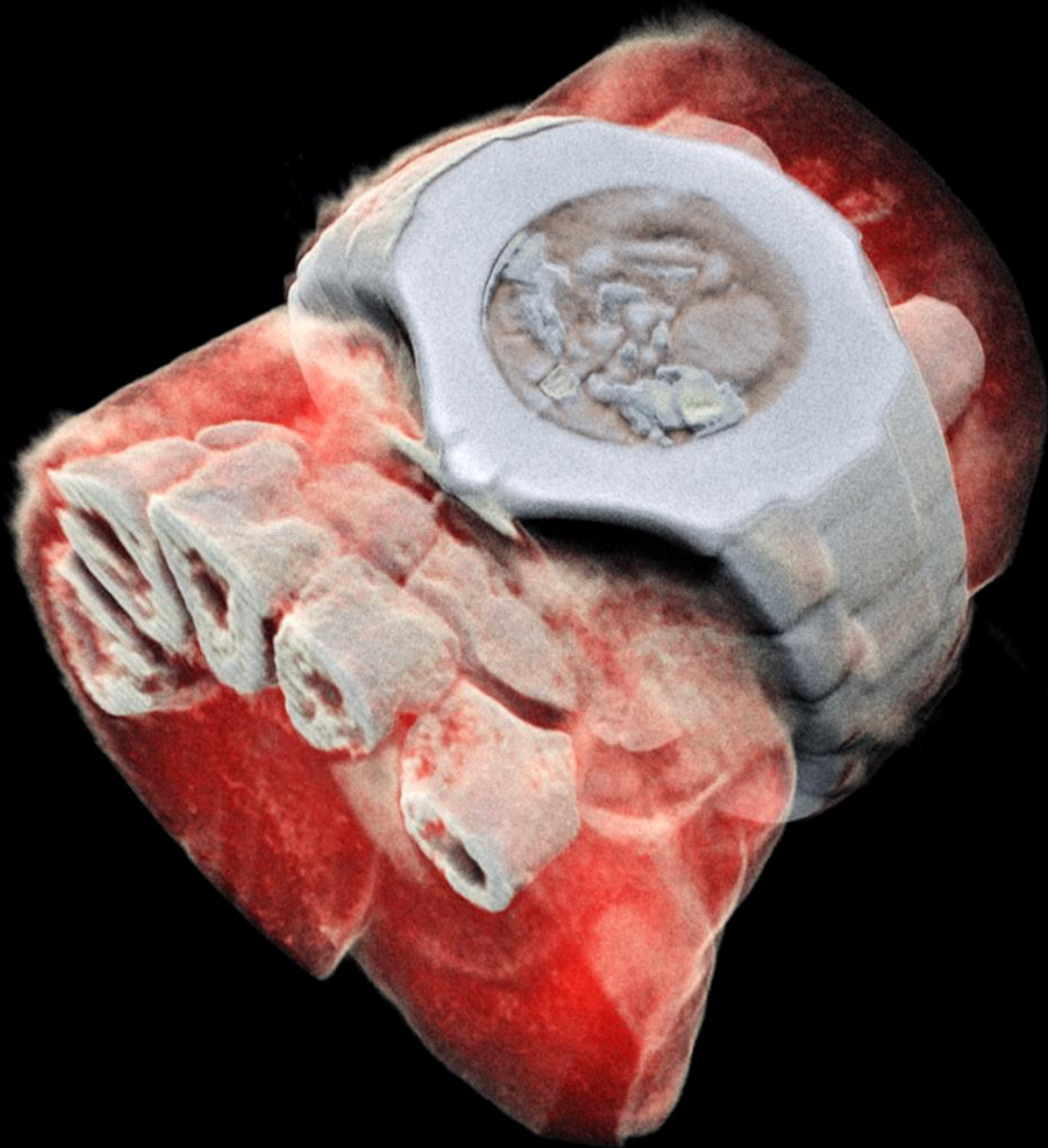






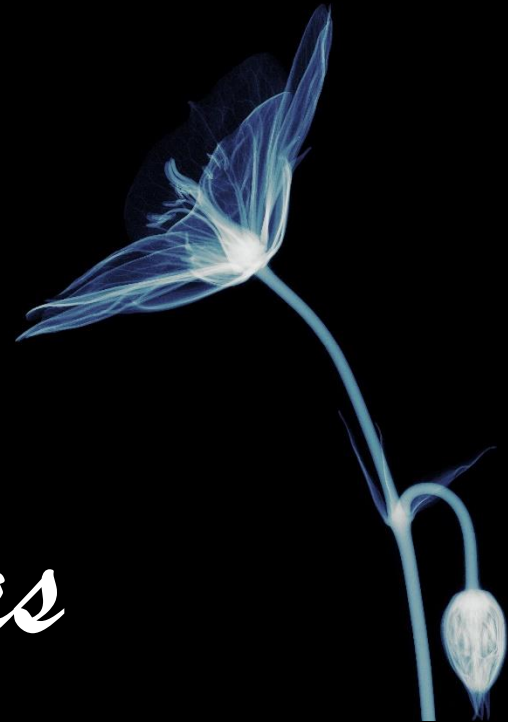




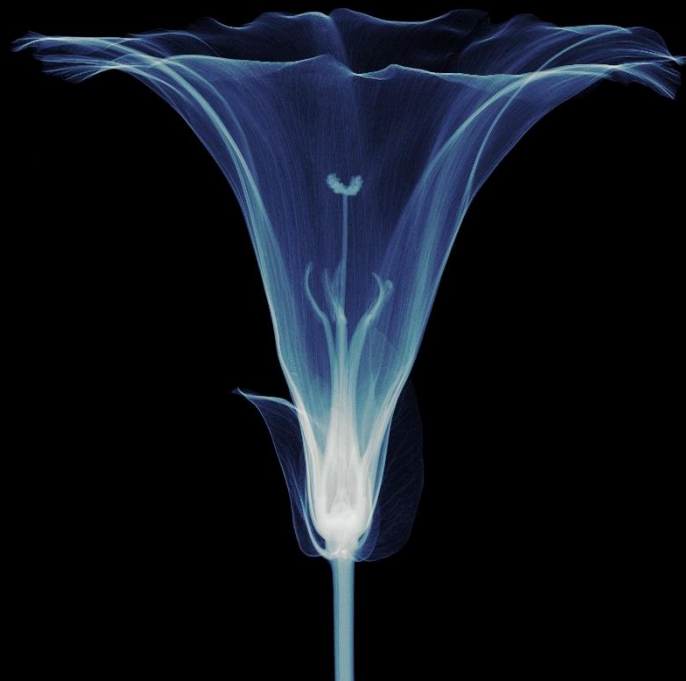


# Índice

- Introducción a los detectores híbridos
  - Tecnología
  - Identificación de partículas
- Colaboraciones Medipix
- Aplicaciones
  - Dosimetría en el espacio
  - Radiografía



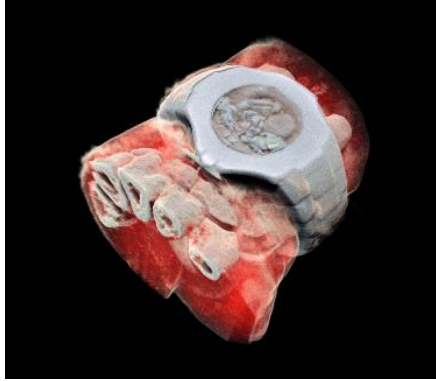
*Muchas gracias*



Medipix2 (1999 -> )	Medipix3 (2005 -> )	Medipix4 (2016 -> )
Albert-Ludwig Universität Freiburg, Germany	Albert-Ludwig Universität Freiburg, Germany	CEA, Paris, France
CEA, Paris, France	AMOLF, Amsterdam, The Netherlands	CERN, Geneva, Switzerland
CERN, Geneva, Switzerland	Brazilian Light Source, Campinas, Brazil	DESY-Hamburg, Germany
Czech Academy of Sciences, Prague, Czechia	CEA, Paris, France	Diamond Light Source, England, UK
ESRF, Grenoble, France	CERN, Geneva, Switzerland	IEAP, Czech Technical University, Prague, Czechia
IEAP, Czech Technical University, Prague, Czech Republic	DESY-Hamburg, Germany	IFAE, Barcelona, Spain
IFAE, Barcelona, Spain	Diamond Light Source, England, UK	JINR, Dubna, Russian Federation
Mid Sweden University, Sundsvall, Sweden	ESRF, Grenoble, France	NIKHEF, Amsterdam, The Netherlands
MRC-LMB Cambridge, England, UK	IEAP, Czech Technical University, Prague, Czech Republic	University of California, Berkeley, USA
NIKHEF, Amsterdam, The Netherlands	KIT/ANKA, Forschungszentrum Karlsruhe, Germany	University of Canterbury, Christchurch, New Zealand
University of California, Berkeley, USA	Mid Sweden University, Sundsvall, Sweden	University of Geneva, Switzerland
Universität Erlangen-Nurnberg, Erlangen, German	NIKHEF, Amsterdam, The Netherlands	University of Glasgow, Scotland, UK
University of Glasgow, Scotland, UK	Univesridad de los Andes, Bogota, Columbia	University of Houston, USA
University of Houston, USA	University of Bonn, Germany	University of Maastricht, The Netherlands
University and INFN Section of Cagliari, Italy	University of California, Berkeley, USA	University of Oxford, England, UK
University and INFN Section of Pisa, Italy	University of Canterbury, Christchurch, New Zealand	INFN, Italy
University and INFN Section of Napoli, Italy	Universität Erlangen-Nurnberg, Erlangen, German	
	University of Glasgow, Scotland, UK	
	University of Houston, USA	
	University of Leiden, The Netherlands	
	Technical University of Munich, Germany	
	VTT Information Technology, Espoo, Finland	

# Transferencia tecnológica

## Spectroscopic X-ray imaging

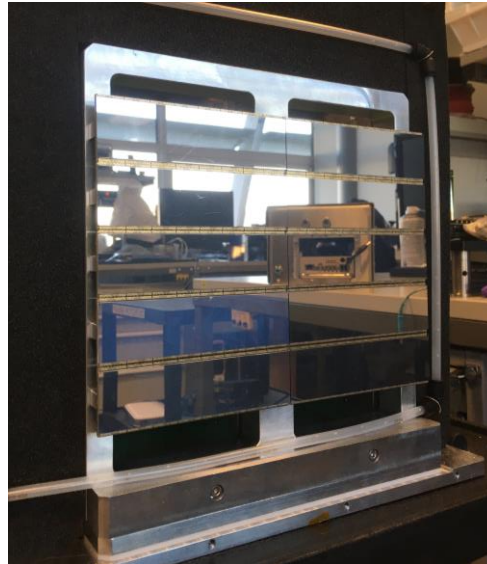


Mars Bio-imaging



InsightArt

## Time resolved X-ray imaging

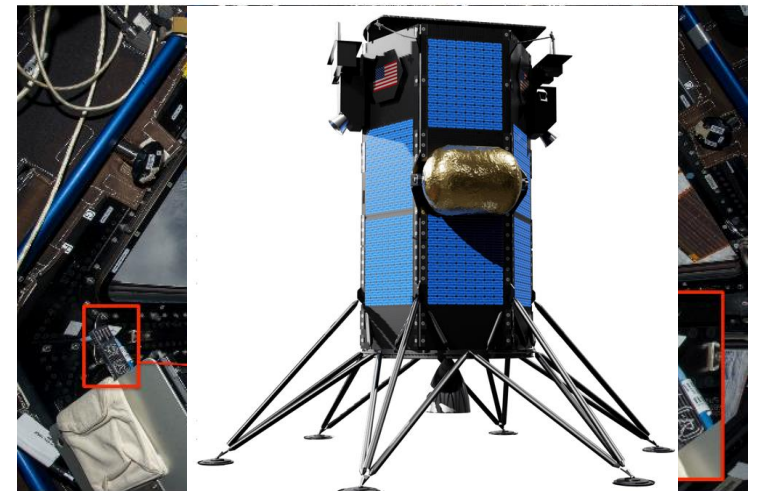


Diamond Light Source

## Background radiation measurements

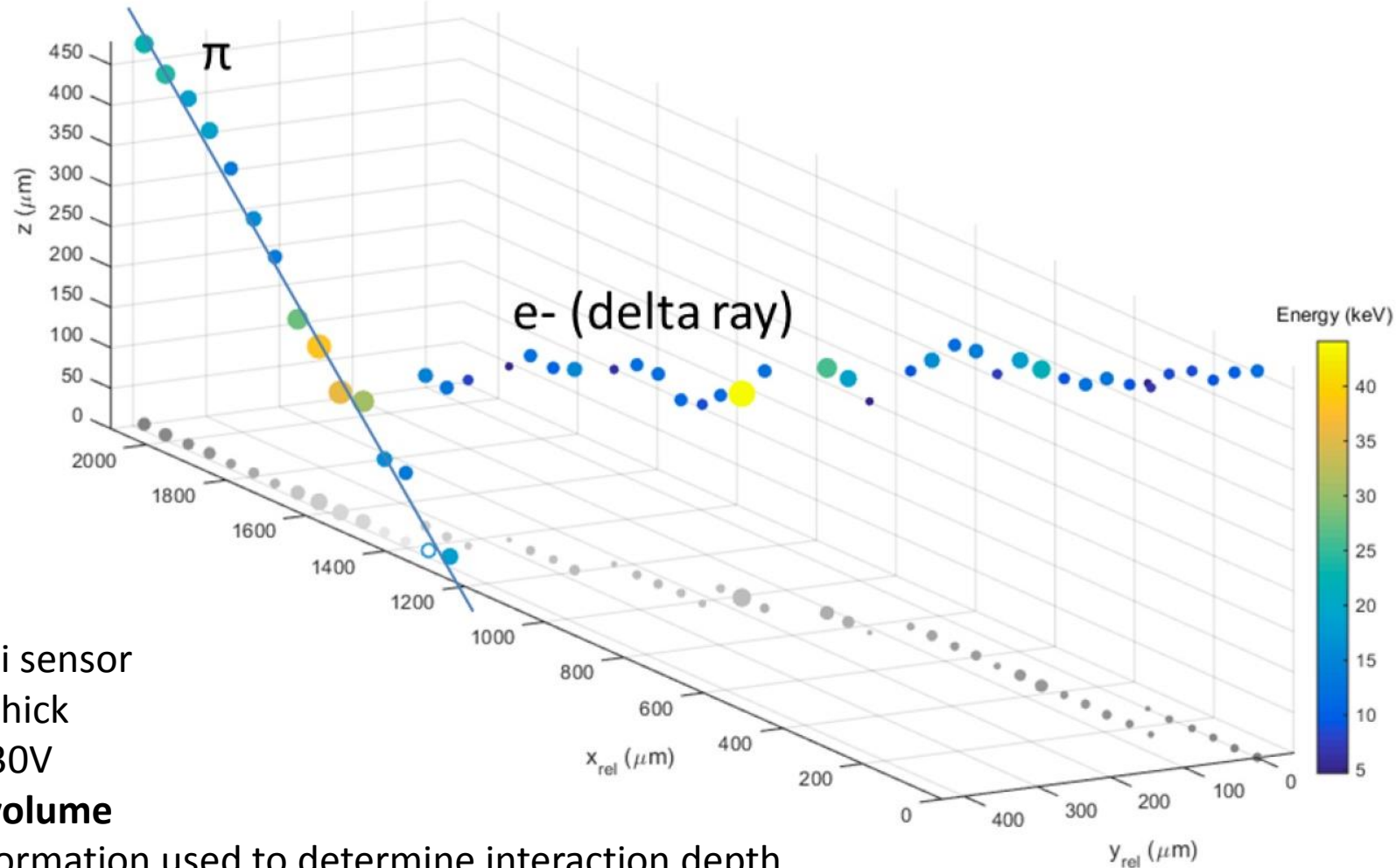


ADMIRA Project



Advacam, Houston, IEAP, NASA

# Ejemplo de tracking de una particular en el interior del detector de silicio



$p^+$  in n Si sensor

500 $\mu\text{m}$  thick

$V_{\text{bias}} = 130\text{V}$

**Sensor volume**

Time information used to determine interaction depth

Colour (and diameter) indicate energy deposited

Measured  $z$  resolution  $\sim 50\mu\text{m}$

*Slide courtesy of B. Bergmann, S. Pospisil, IEAP, CTU, Prague*