

## REST-for-Physics Framework

### 1.3 REST-for-Physics in education

24.01.2023 - Gloria Luzon - [luzon@unizar.es](mailto:luzon@unizar.es)



Centro de Astropartículas y  
Física de Altas Energías  
Universidad Zaragoza

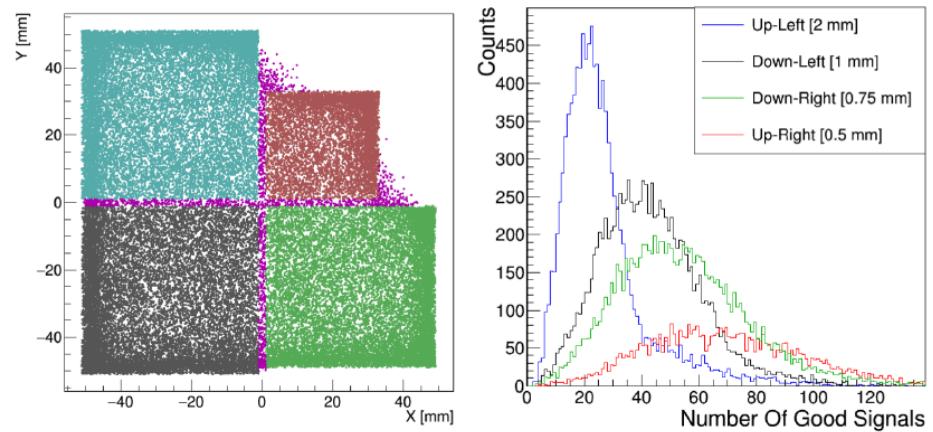
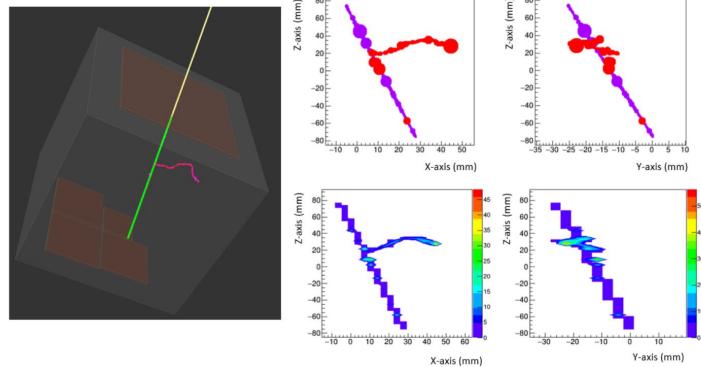


**Experiments:** IAXO, TREXDM, spherical detector

**Objectives:** Background estimates, shielding design, sensibility and efficiency studies

- Estudio y reducción de ruidos de fondo en el experimento de detección de WIMPs de Materia Oscura TREX-DM/ Martínez Miravete, Daniel 2023
- Estudio de un detector con tecnología “Segmented-Mes Microbulk” en física de sucesos raros/ Jiménez Puyuelo, María 2022
- Análisis de la respuesta del detector TREX-DM a distintas fuentes / [Pina Terraza, Javier 2021](#)
- Experimento IAXO para la detección de axiones: señal y fondo en el prototipo IAXO-D0 / [Pardo Yanguas, Tamara 2020](#)
- Búsqueda de materia oscura de baja masa: TREX-DM y otros experimentos/ [Puyó Casajús, M. José 2020](#)
- Detección de WIMPs con el detector TREX-DM / [Díez Ibáñez, David 2019](#)
- El experimento TREX-DM para la búsqueda de materia oscura de baja masa: estudio de los fondos más problemáticos / [Enguita Vileta, Víctor 2019](#)
- Estudio de fuentes radiactivas para la calibración de un detector de Materia Oscura / [Giménez Calvo, Héctor 2018](#)

## Estudio de un detector con tecnología “Segmented -Mes Microbulk” en física de sucesos raros/ Jiménez Puyuelo, María 2022



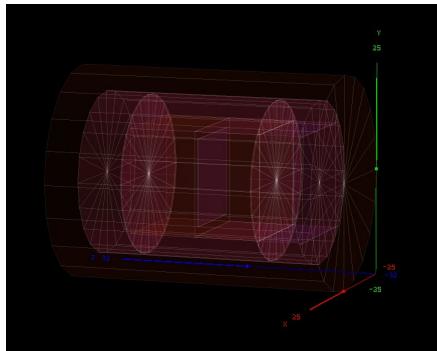
Simulation of cosmic muons in a 150mm side gas chamber

Simulation of 10 keV photons.  
2D map of the hits in different reading planes to and distribution of the number of signals depending on the granularity of the reading plane.

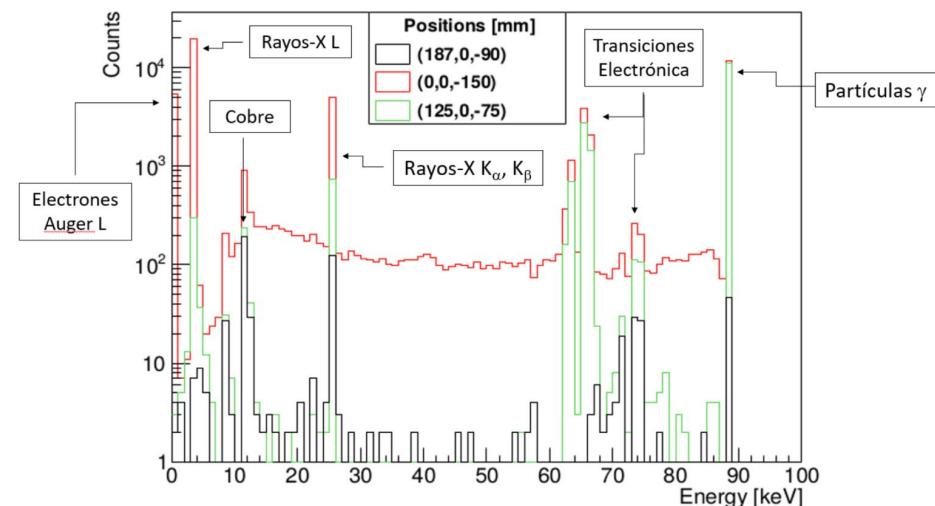
## Análisis de la respuesta del detector TREX-DM a distintas fuentes / [Pina Terraza, Javier 2021](#)

Work based on restG4 simulations and the implementation of different detector response processes:

- TRestDetectorElectronDiffusionProcess
- TRestDetectorHitsToSignalProcess
- TRestDetectorSignalToHitsProcess



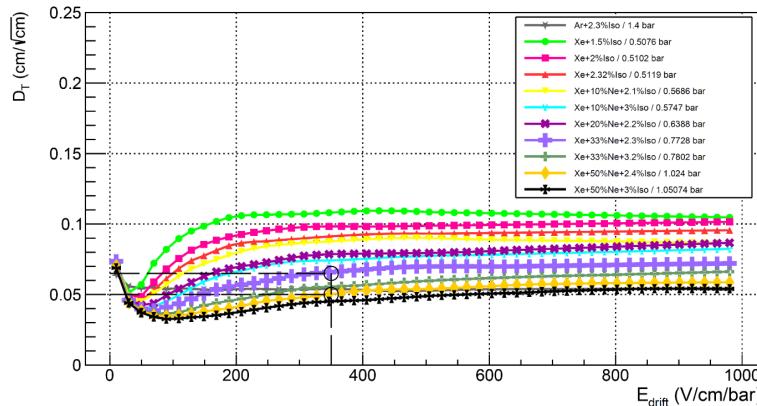
TREX-DM geometry



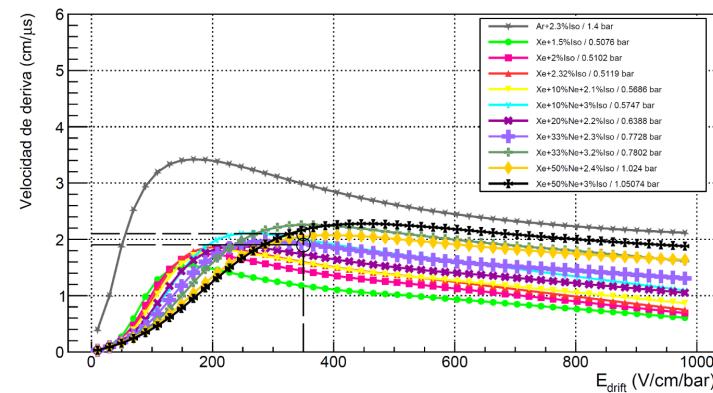
Spectra caused by a Cd109 placed at different positions (detector energy resolution not included)

## Experimento IAXO para la detección de axiones: señal y fondo en el prototipo IAXO-D0 / [Pardo Yanguas, Tamara 2020](#)

TRestDetectorGas to study gas effect on detector performance



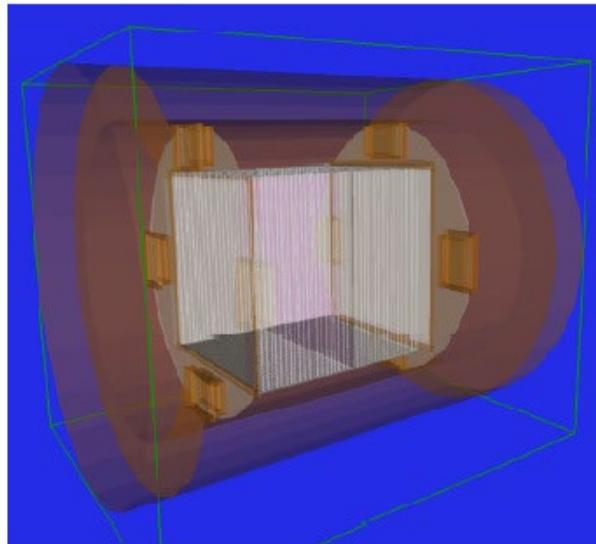
Drift velocity of the electrons obtained from Magboltz as a function of reduced drift field for different gas mixtures



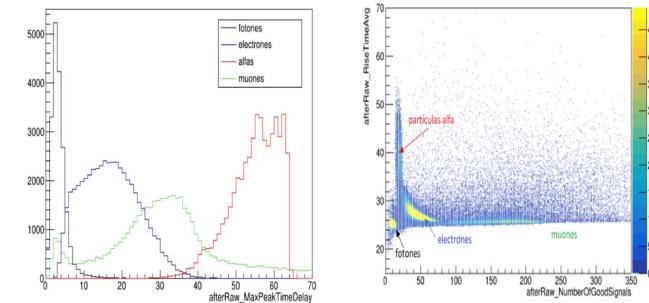
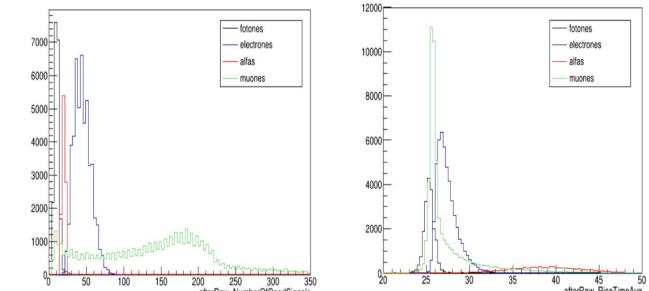
Transversal diffusion coefficients obtained from Magboltz with respect to the reduced drift field for different gas mixtures.

## Búsqueda de materia oscura de baja masa: TREX-DM y otros experimentos/ Puyó Casajús, M. José 2020

Recreation of TREXDM operation to study its potential for the search of low mass wimps



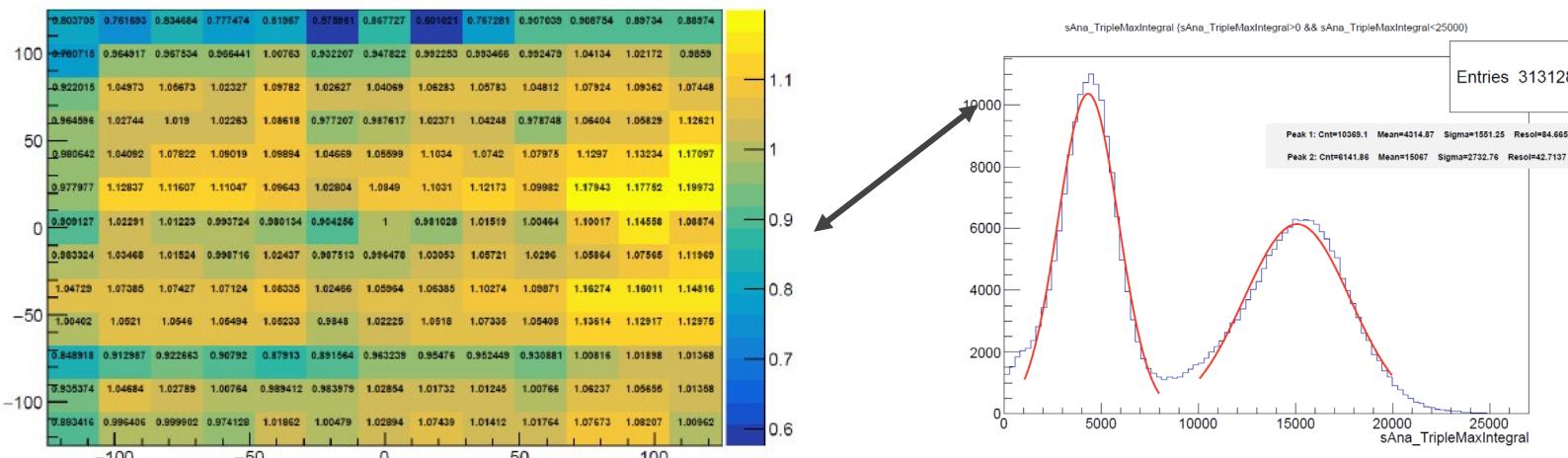
TREXDM geometry



Histograms of the observables NumberOfGoodSignals, RiseTimeAvg and MaxPeak-TimeDelay (Z-Width) for each particle

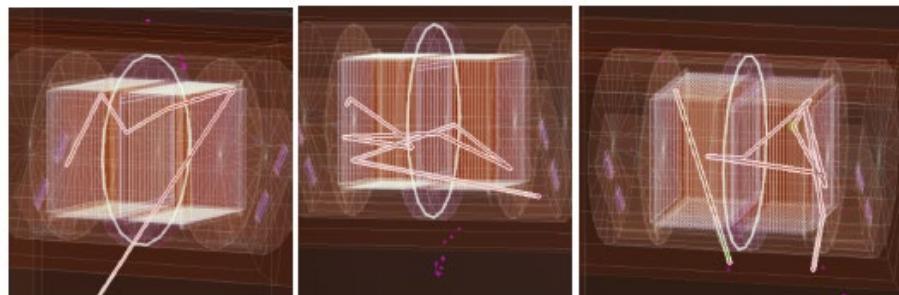
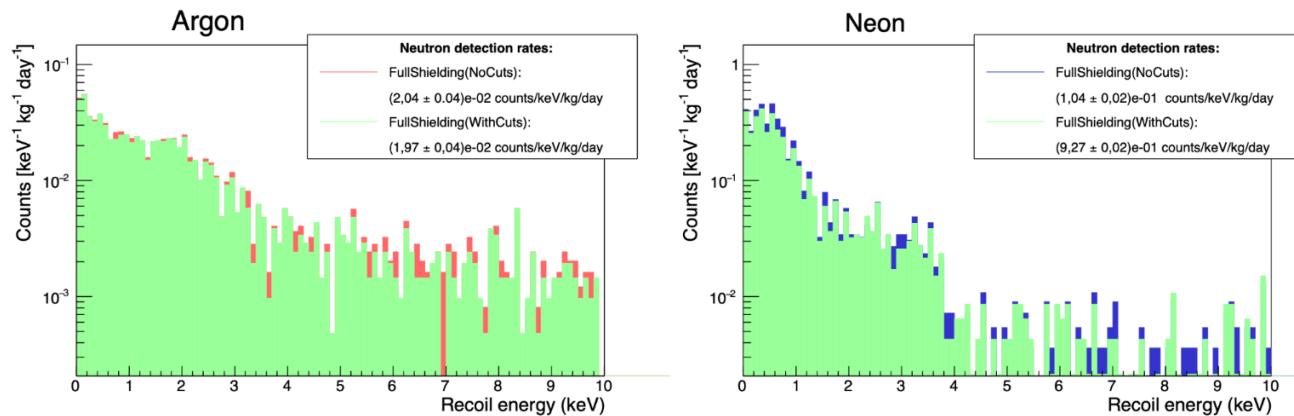
## Detección de WIMPs con el detector TREX-DM / Díez Ibáñez, David 2019

Preliminary study of the gain uniformity of one of the two Micromegas detectors using first calibrations carried out in TREX-DM



Cu and Cd109 peak fit to obtain a 13x13 readout  
gain map, exp. data,

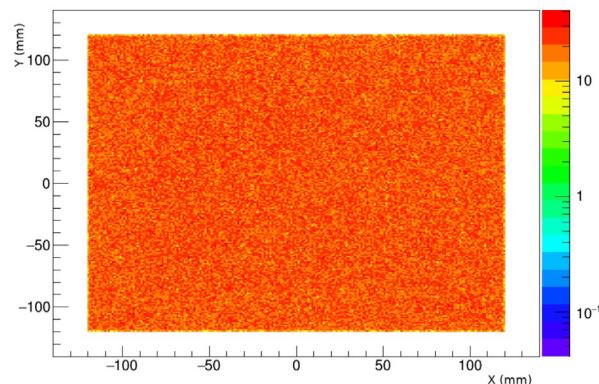
## El experimento TREX-DM para la búsqueda de materia oscura de baja masa: estudio de los fondos más problemáticos / Enguita Vileta, Víctor 2019



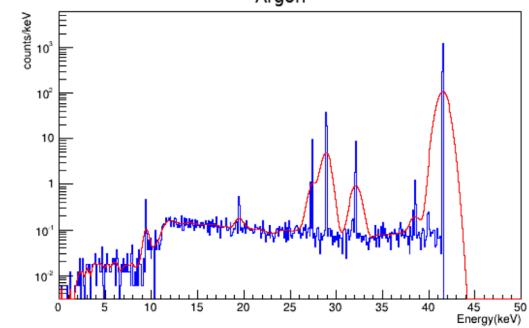
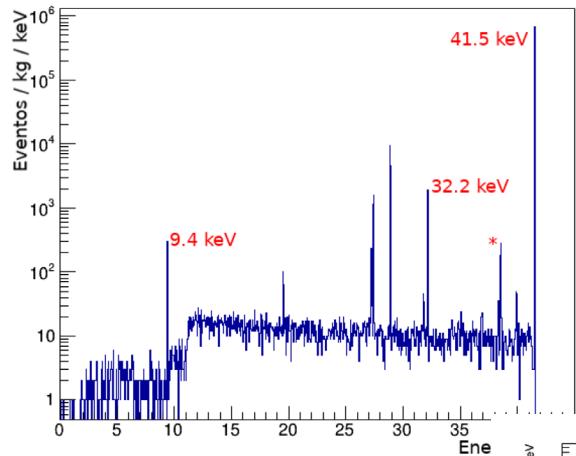
Simulated neutron background events  
and rate in TREXDM

Estudio de fuentes radiactivas para la calibración de un detector de Materia Oscura / [Giménez Calvo, Héctor 2018](#)

## Improving the system calibration of the TREX-DM detector



Kripton calibration (12% FWHM at 6keV)  
in TREXDM,



**Lines:** Imaging (PET, Compton Camera), radiotherapy, poisoning

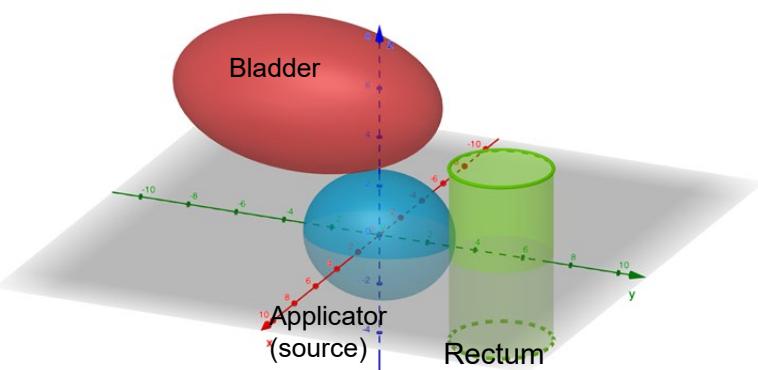
**Objectives:** imaging reconstruction, energy deposition, radioactive contamination

- Estudio de dosis entregada en tratamientos de hadronterapia en el cerebro/ Domínguez Gajate, Lidia 2023.
- Estudio de dosis entregada en tratamientos de radioterapia interna en la mama/ Rubio Esparcia, Andrea Victoria 2023.
- Medida de contaminación de Pb210 en huesos y tejidos vivos/ Cubillas Murguia, Naroa 2023.
- Estudio de dosis entregada en tratamientos de radioterapia interna/ Iranzo Martínez Cristina, 2022.
- Diseño de un sistema PET basado en triple coincidencia aniquilación positrón-emisión gamma / [Gayán Tisner, Daniel 2019](#).
- Diseño de un sistema PET basado en detectores gaseosos / [Vicente Amatriain, Javier 2018](#).
- Experimentación con detectores gaseosos en una cámara de proyección temporal (TPC) / [Garcés Pérez, Juan José 2014](#).

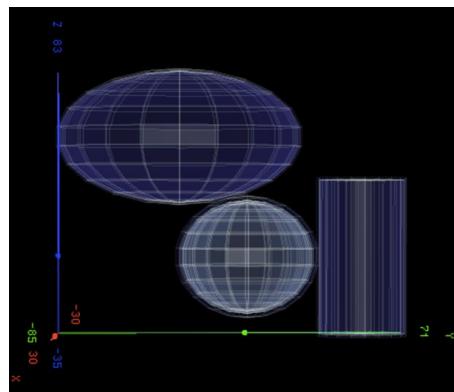
Advantages: easy to modelize volumes (and materials) and estimate energy depositions, visualization of events, ..

To improve: some difficulties with “biology”,

Estudio de dosis entregada en tratamientos de radioterapia interna/ Iranzo Martínez Cristina, 2022



Modelisation of the system  
for internal brachytherapy in  
the prostate



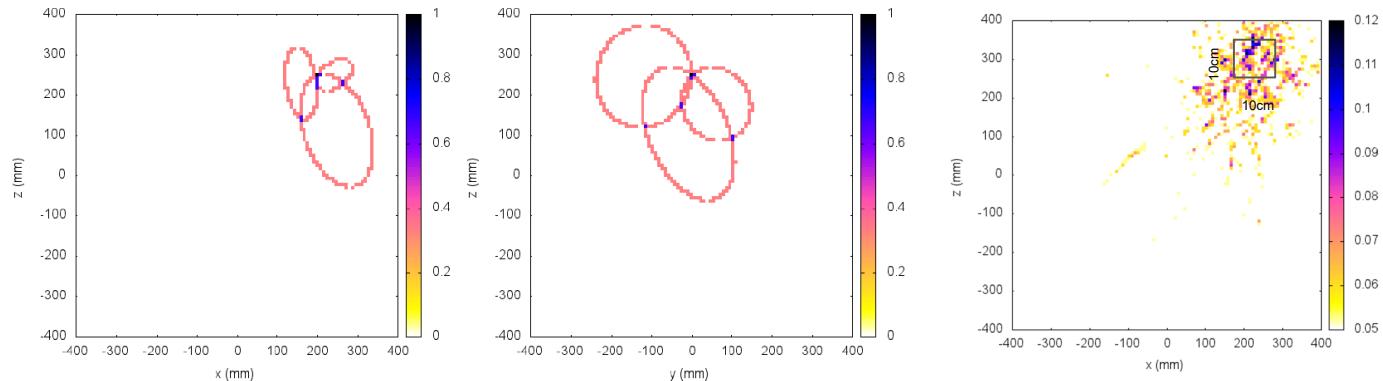
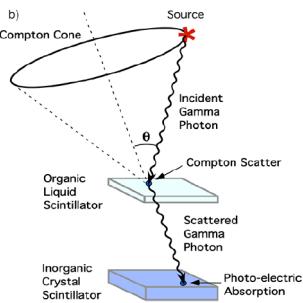
Safe estimated dosis in  
bladder and rectum

Volumen	Eventos recogidos	Energía total depositada (keV)	Dosis (Gy)
Aplicador	50560	359532	20,0
Vejiga	11889	104148	6,5
Recto	9493	80643	8,9

Advantages: easy to modelize detectors, tracking algorithms, visualization of events, ..

To improve: (up to now) just designs, ...

## Experimentación con detectores gaseosos en una cámara de proyección temporal (TPC) / [Garcés Pérez, Juan José 2014](#)



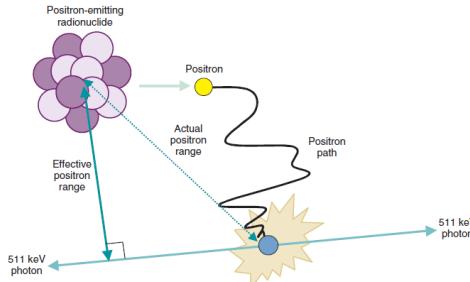
Working principle of a Compton Camera, J. Garcés 2014

Reconstruction of three events from a source placed at position (200, 0, 250)mm, showing the intersection points

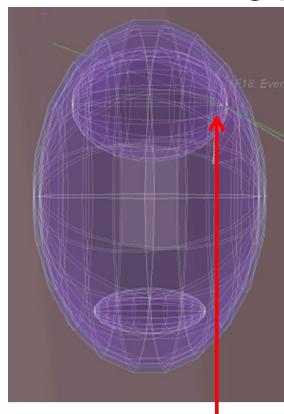
Tracking algorithms

Final reconstruction for 511 keV photons, Xe detector (NEXT-MM) with a pixelated (8x8 mm<sup>2</sup>) readout plane at 20 bars

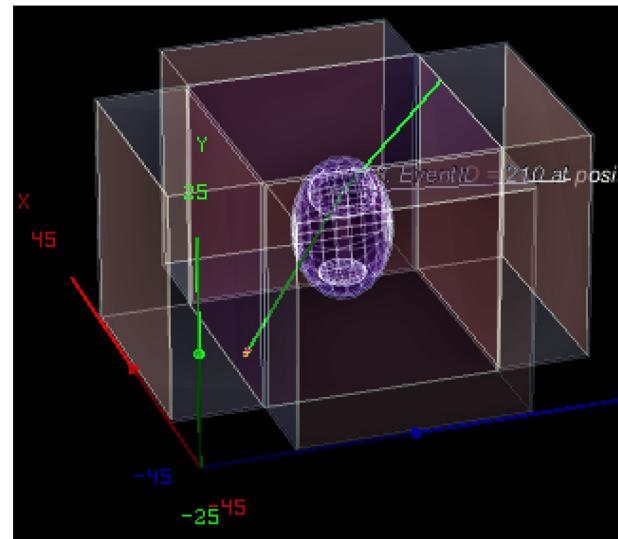
Diseño de un sistema PET basado en detectores gaseosos / [Vicente Amatriain, Javier 2018](#).



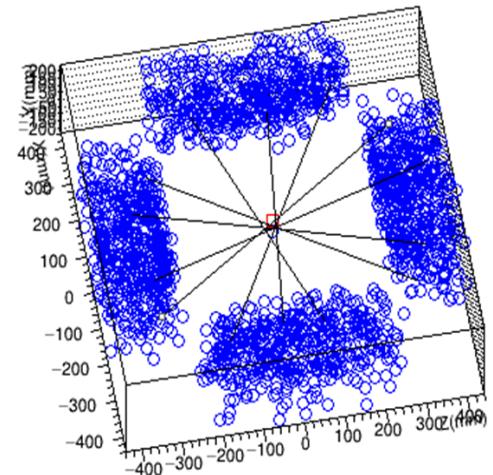
PET working principle



Example: F18, 1  
mm radius. Position  
(0, 80, 65) mm

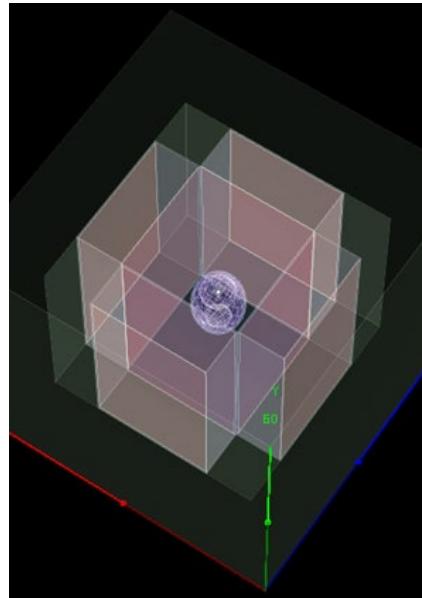


PET detector: 4 Xe gas boxes,



RestPETEvent  
analysis

Diseño de un sistema PET basado en triple coincidencia aniquilación positrón-emisión gamma / [Gayán Tisner, Daniel 2019](#)



Adding vetoes around the setup to detect a third gamma, D. Gayán 2019

Working with different isotopes and improving the biological studies

	Dosis recomendada (MBq)	Actividad total calculada (MBq)
<b><sup>18</sup>F</b>	185 - 370	8,9 – 11,5
<b><sup>68</sup>Ga</b>	150 – 150.000	8,9 – 9,7
<b><sup>94m</sup>Tc</b>	2.220 – 2.775	126,5 – 316,3

## Industrial applications

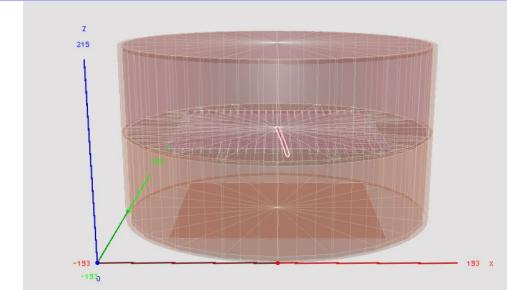
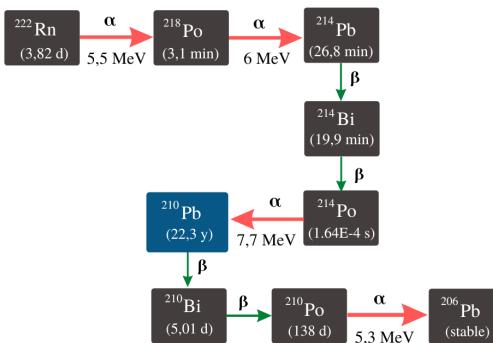
**Lines:** Detector design, Cosmic rays studies

**Objectives:** Design of dedicated detectors, cosmic rays and their effects

- Detección de alfas para medidas de radio-pureza con detectores Micromegas/ Escanciano Fernández, Lidia 2022
- Rayos cósmicos sobre la superficie terrestre/ Moreno Alzate, Leire 2022
- Diseño de un detector de neutrones ambientales/ [Muñoz Rueda, Pablo 2021](#)
- Tomografía con muones [Lansaque Vivanco, Eneko 2021](#)
- Rayos cósmicos. Activación en materiales debida a neutrones cósmicos./ [Cintas González, David 2016](#)
- Diseño de un detector de neutrones basado en BN/ Galino Pueyo, Héctor 2016

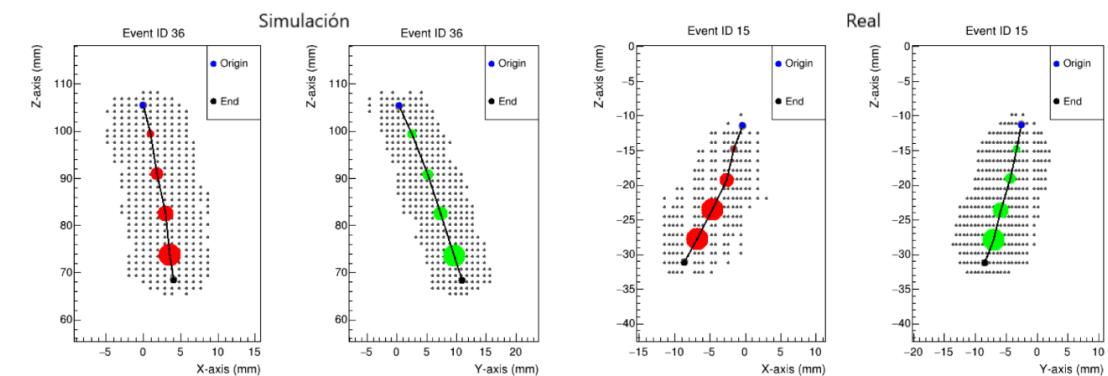
Advantages: easy to modelize visualization of events, ...

## Detección de alfas para medidas de radio-pureza con detectores Micromegas/ Escanciano Fernández, Lidia 2022



AlphaCAMM geometry

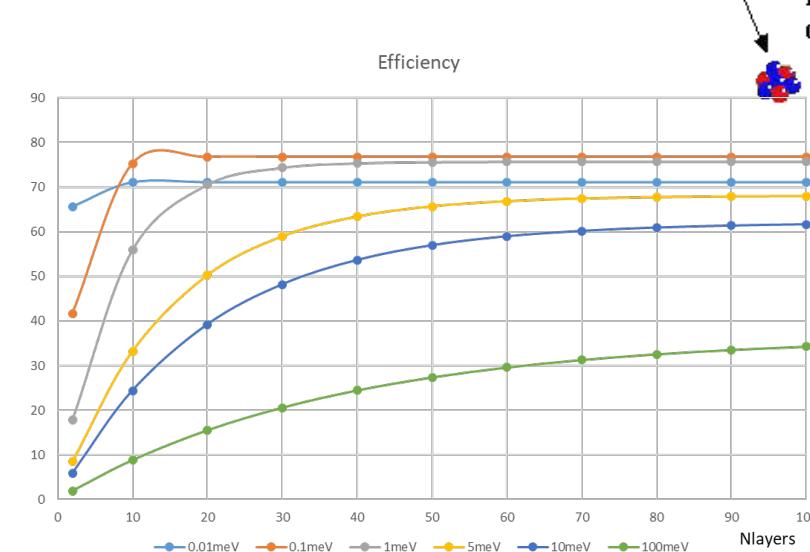
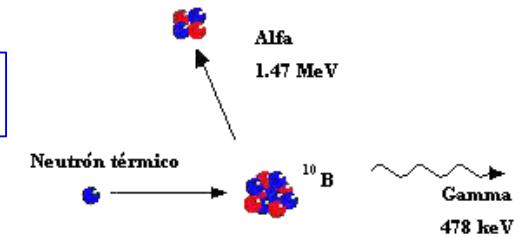
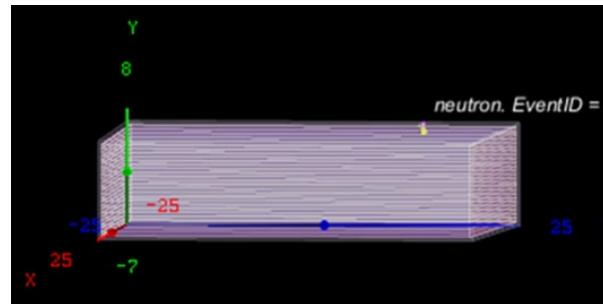
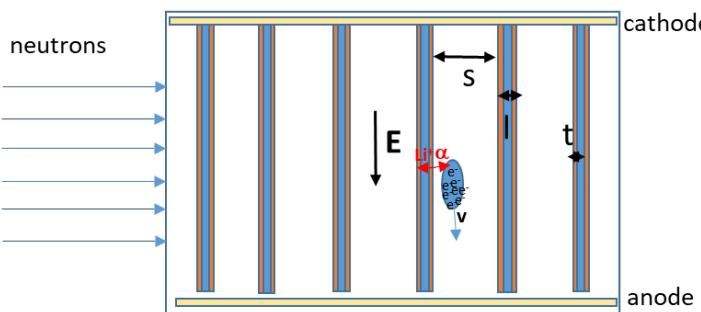
Rn222 decay chain



# Industrial applications: neutron detectors

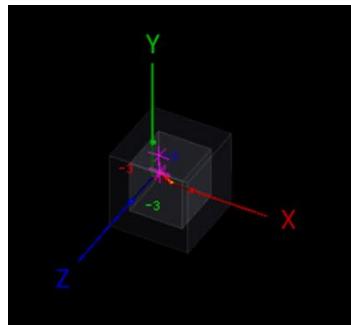
Advantages: easy to modelize visualization of events, ...

Diseño de un detector de neutrones basado en BN/ Galino Pueyo, Héctor 2016

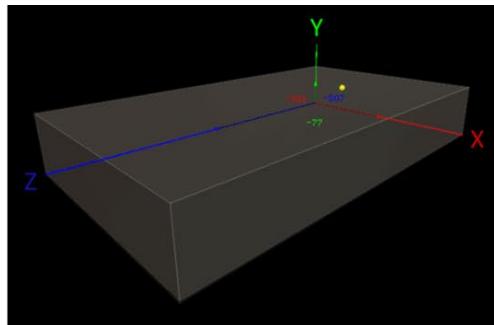


## Diseño de un detector de neutrones ambientales/ P. Muñoz Rueda, 2021

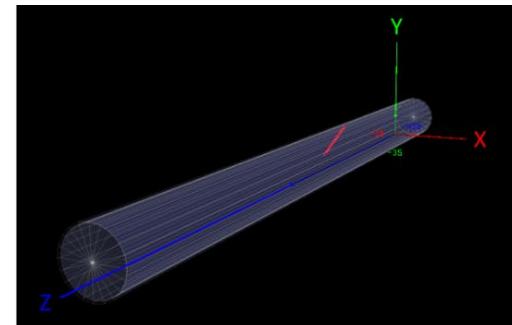
$^6\text{LiI}$



BC-408



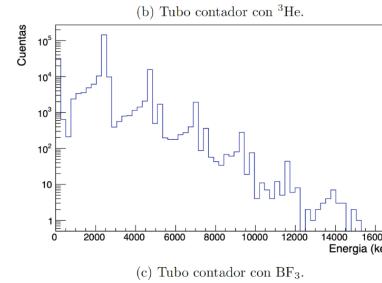
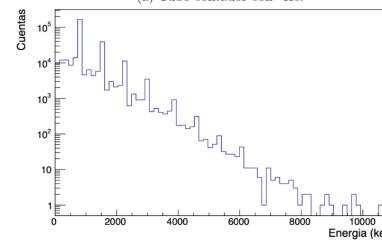
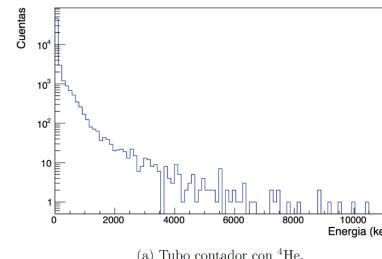
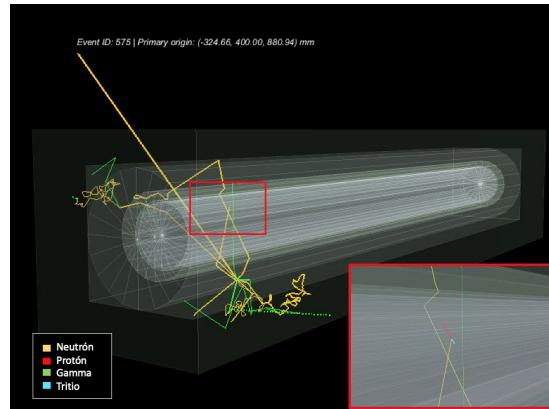
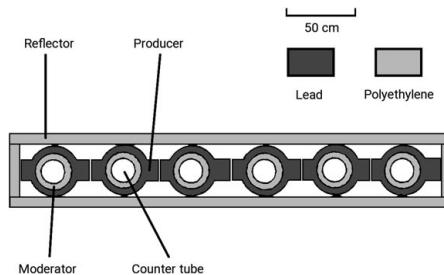
$^4\text{He}$



Calibration: AmBe + Cs137 sources  
Cosmic neutrons (and gamma ) studies  
Environmental neutrons

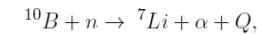
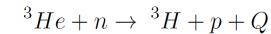
	Radiación:	Ambiental	Cósmica
1) Detector de $^6\text{LiI}$	~	X	
2) Detector BC-408	✓	✓	
3) Detector de $^4\text{He}$	X	X	

## Rayos cósmicos sobre la superficie terrestre/ Moreno Alzate, Leire 2022

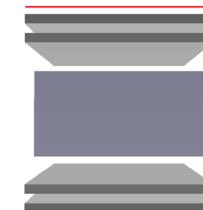
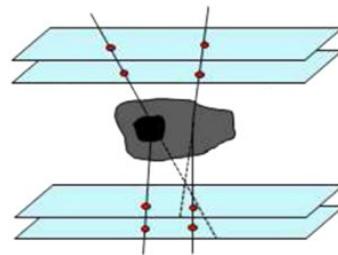


Elastic interactions  
+ captures

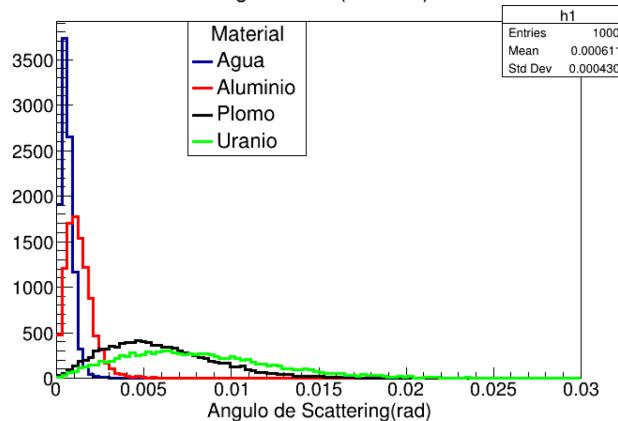
Only  
elastic



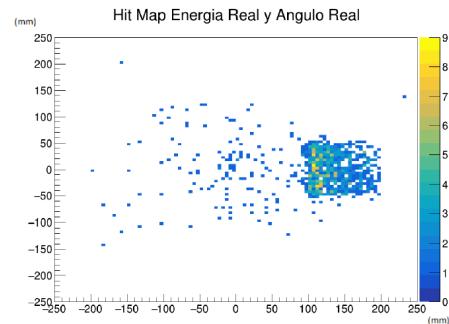
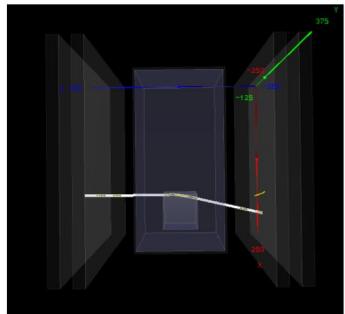
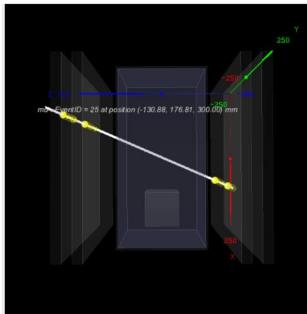
## Tomografía con muones / E. Lansaque Vivanco 2021



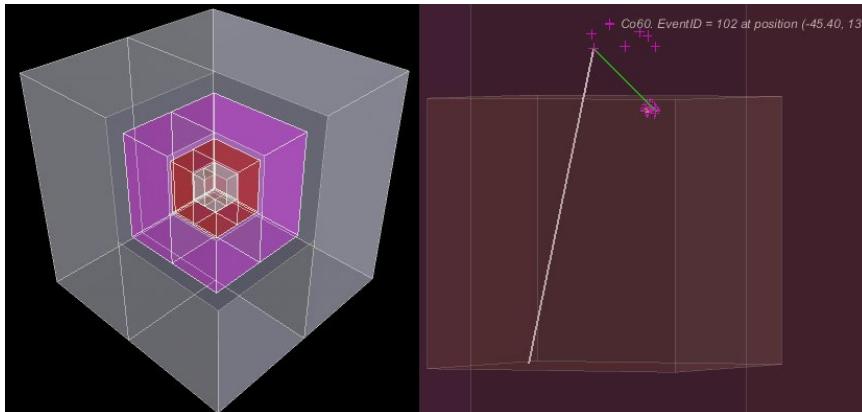
Angulo del U (Material)



Discovery of a block of uranium hidden in a truck



Rayos cósmicos. Activación en materiales debida a neutrones cósmicos,  
D. Cintas González, 2016



Isótopo	LE	HE	Total	Desintegración	$E_\gamma$	$E_\beta^*(keV)[2]$
H3	4580	1900	6480	$\beta^-$	19*	
C11	1320	30	1350	$\beta^+, CE$	1983*	
C14	800	200	1000	$\beta^-$	156*	
Be7	490	190	680	$\gamma, CE$	478, 862*	
Be10	370	250	620	$\beta^-$	556*	
C10	60	420	480	$\gamma, \beta^+, CE$	718, 2929*	
B12	360	50	410	$\gamma, \beta^-$	13369*	
Li8	170	170	340	$2a, \beta^-$	12964*	

Activation in lead, copper and other materials for IAXO -D0 in nuclei/kg/day

Isótopo	LE	HE	Total	Desintegración	$E_\gamma (keV)[2]$
Pb203	22680	400	23080	$\gamma, CE$	279
Pb201	11840	300	12140	$\gamma, \beta^+, CE$	331
Pb200	10100	340	10440	$\gamma, \beta^+, CE$	148
Pb199	6470	220	6690	$\gamma, \beta^+, CE$	367
Pb198	4290	200	4490	$\gamma, \beta^+, CE$	290
Tl199	4300	50	4350	$\gamma, \beta^+, CE$	455
Tl200	4160	160	4320	$\gamma, \beta^+, CE$	368
Tl202	3730	130	3860	$\gamma, \beta^+, CE$	440

Isótopo	LE	HE	Total	Desintegración	$E_\gamma (keV)[2]$
Cu64	3230	50	3280	$\gamma, \beta^+, CE$	1345
Cu62	1060	20	1080	$\gamma, \beta^+, CE$	1172
Cu66	760	10	770	$\gamma, \beta^-$	1039
Co58	270	20	290	$\gamma, \beta^+, CE$	811
Cu61	250	20	270	$\gamma, \beta^+, CE$	656
Ni59	220	10	230	$\beta^+, CE$	-
Co57	170	10	180	$\gamma, CE$	122
Co60	160	10	170	$\gamma, \beta^-$	1173, 1333

**Lines:** Education

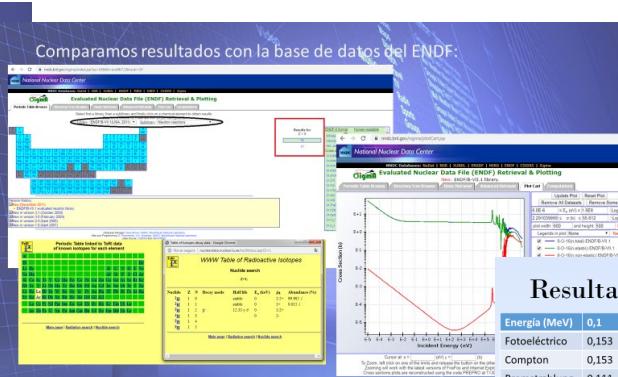
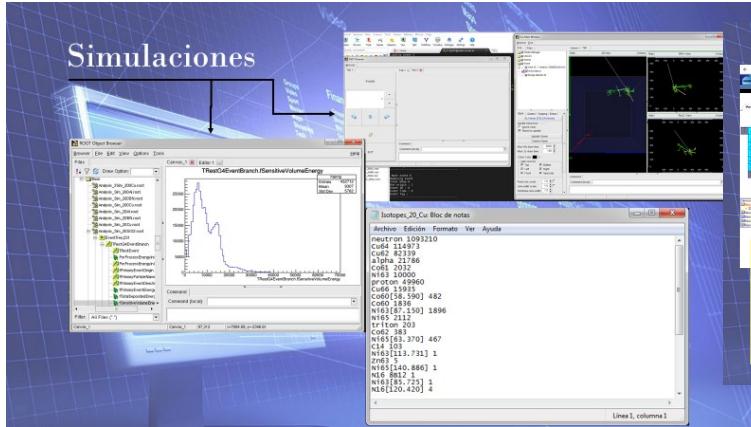
**Objectives:** Use the software to propose activities

- Módulo educativo sobre interacciones nucleares utilizando el entorno "RestSoft" / [Tomás Alías, Luis Miguel 2020](#)
- Módulo educativo sobre imagen médica (PT) utilizando el entorno "RestSoft"/ [Rodríguez Iglesias, Elisabeth 2020](#)
- Módulo educativo sobre rayos cósmicos utilizando el entorno "RestSoft" / [Moreno Gómez de Segura, Cristina 2019](#)

Advantages: easy to propose activities

To improve: no too much time for the TFG author to learn the software

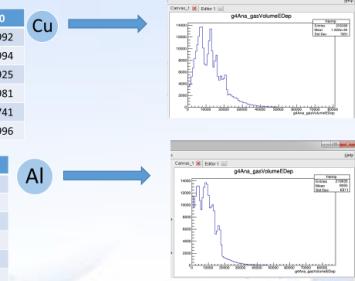
## Módulo educativo sobre interacciones nucleares utilizando el entorno "RestSoft" / L.M. Tomás Alías, 2020



### Resultados y Conclusiones

Energía (MeV)	0,1	20	200
Fotoeléctrico	0,153	0,971	0,992
Compton	0,153	0,982	0,994
Bremstrahlung	0,111	0,600	0,925
Elástica	0,994	0,855	0,981
Captura	0,156	0,283	0,741
Inelástica	0	0,992	0,996

Energía (MeV)	20	200
Fotoeléctrico	0,900	0,976
Compton	0,962	0,988
Bremstrahlung	0,372	0,806
Elástica	0,814	0,957
Captura	0,048	0,250
Inelástica	0,990	0,997



## Módulo educativo sobre rayos cósmicos utilizando el entorno "RestSoft" / C. Moreno Gómez de Segura 2019

Guía educativa: Rayos Cósmicos

Página principal Teoría Práctica Ejercicios Extras Encuentra

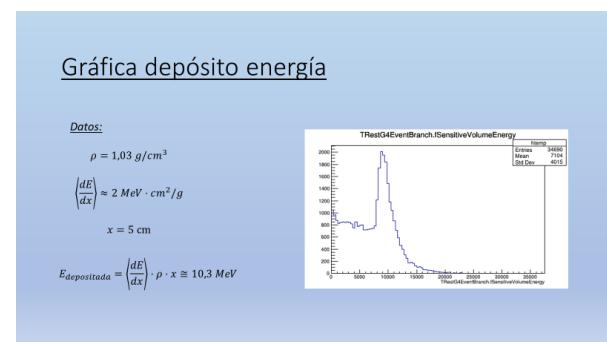
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26

</h1>  
<!-- NAV BEGIN -->  
<nav>  
  <ul>  
    <li><a href="#">HOME</li>  
    <li><a href="#">Mujeres</li>  
    <span>  
    <li><a href="#">DEPORTES</li>  
    <li><a href="#">MARCAS</li>

Práctica

Explicación sobre el programa utilizado para las simulaciones: RestSoft

Breve explicación de ROOT y Geant4



Explicación rápida de como utilizar y lanzar las simulaciones en el programa

EXPLICACIÓN SIMULACIONES

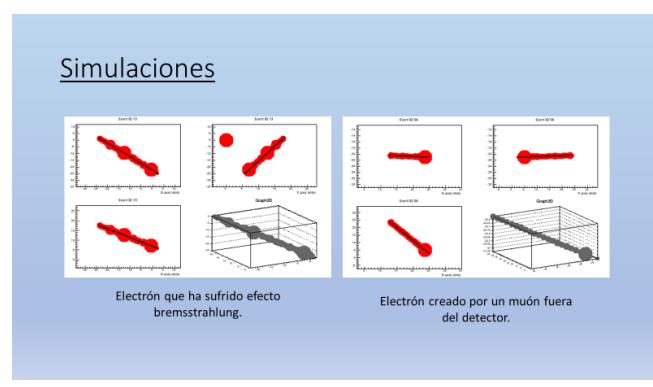
Archivos que encontramos en el programa y que vamos a utilizar para nuestras simulaciones.

Los mismos a los que hicemos referencia en el archivo de la explicación de RestSoft.

materiales que tenemos

lanzar las simulaciones

geometría que estamos



## Módulo educativo sobre imagen médica (PET) utilizando el entorno "RestSoft"/ E. Rodríguez Iglesias, 2020

### Lanzar simulaciones

1. Abrir el fichero "PETSim.rml" en: PET-REST/G4Sim/restSim

Podemos cambiar:

a. Radioisótopo de la fuente

```
<variable name="REST_ISOTOPE" value="F18" overwrite="true" />
```

b. Número de sucesos que se va a lanzar

```
<variable name="REST_NEVENTS" value="10000000" overwrite="true" />
```

c. Nombre del fichero de salida

```
<parameter name="outputFile" value="F18_1.root" />
```

### Procesado de los datos

1. Abrimos el fichero "Processes.rml" en:

PET-REST/G4Sim/restProcesses

Cambiamos la energía mínima de cada traza para que la consideremos válida

```
<parameter name="petThresholdEnergy" value="250keV" />
```

2. Abrimos el fichero "restPETSimManager.rml" y cambiamos el isótopo de la simulación y los ficheros de entrada y salida.

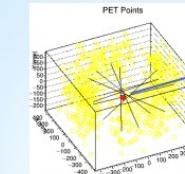
```
<parameter name="runTag" value="F18"/>
```

```
<parameter name="outputFile" value="Analysis_F18_7.root" />
```

```
<parameter name="inputFile" value="${PET_DATAPATH}/F18_7.root" />
```



### Análisis final de los datos



5. Ejecutamos:

```
REST_PetAnalysis("Analysis_F18_7.root", 2, 0.5, 0, 900, 0)
```

```
total entries 900, 434 with energy higher than 0, and veto energy higher than 0, to perform 2 fit ...  
FCN=19.9467 FROM MIGRAD STATUS:CONVERGED 61 CALLS 62 TOTAL
```

```
EXT PARAMETER          VALUE           STEP SIZE      DERIVATIVE
```

```
NO.   NAME        VALUE          ERROR          STEP          FIRST
```

```
1 Constant    4.30968e+01  2.58027e+00  4.68221e-03  3.44220e-05
```

```
2 Mean         7.03917e-01  2.00491e-03  4.46347e-06  7.51512e-04
```

```
3 Sigma        3.95889e-02  1.49304e-03  2.30038e-05  3.61950e-03
```

```
PET point [2.44384,65.0616,-3.62792] and error (sigma) in distances 0.0395688 for a mean distance...
```

```
FCN=19.9467 FROM MIGRAD STATUS:CONVERGED 59 CALLS 68 TOTAL
```

```
EXT PARAMETER          VALUE           ERROR          STEP          FIRST
```

```
NO.   NAME        VALUE          ERROR          STEP          FIRST
```

```
1 Constant    4.30968e+01  2.58027e+00  4.68221e-03  3.44220e-05
```

```
2 Mean         7.03917e-01  2.00491e-03  4.46347e-06  7.51512e-04
```

```
3 Sigma        3.95889e-02  1.49304e-03  2.30038e-05  3.61950e-03
```

```
PET point [2.44384,65.0616,-3.62792] and error (sigma) in distances 0.0395688 for a mean distance...
```

```
(int) 0
```

Trabajo de Fin de Grado. Elisabeth Rodriguez

27

16/01/2023

**Experiments:** IAXO, TREXDM, spherical detector

**Objectives:** Background estimates, shielding design, sensibility and efficiency studies

- Diseño y test del sistema de blindaje activo para muones y neutrones cósmicos de IAXO -D0 / [Chueca Minguillón, Natalia 2021](#)
- Diseño de un detector de neutrones cósmicos / [Pardo Yanguas, Tamara 2021](#)
- Diseño de un detector de contaminación superficial de alfas de alta sensibilidad / [Lupón Monge, Elisa 2021](#)
- Estudios de sensibilidad a SN utilizando un detector TPC esférico / [López Gómez, Francisco 2021](#)
- Análisis de una señal de WIMPs de baja masa en el experimento TREX -DM / [Díez Ibáñez, David 2020](#)
- Estudio de fondo y señal en BabylAXO, prototipo del experimento IAXO (International AXion Observatory) / [Obis Aparicio, Luis Antonio 2020](#)
- Modelo de fondo para IAXO -D0, prototipo del experimento IAXO (International Axion Observatory) / [Margalejo Blasco, Cristina 2018](#)
- Desarrollo de software de análisis y reconstrucción de sucesos en Cámaras de Proyección Temporal / [Pons Valencia, Pablo 2014](#)
- Estudio de fondos de un detector gaseoso esférico para la búsqueda de materia oscura / [Consejo Vaquero, Alejandra 2012](#)

- Rest-for-Physics is an extraordinary tool to be used in education
- Its basics features are easy to learn and use by the students
- It provides tools to define volumes, detectors, materials, ...
- Interesting visualization of events
- It helps to the understanding of particle physics process
- Useful to learn detector working principle
- It allows defining new analysis processes
- ...