

## PRÁCTICA IMAGEN GAMMA: PET Y COMPTON

### REALIZACIÓN DE LA PRÁCTICA

#### 0.- SISTEMA DE ADQUISICIÓN

- Abrir el programa *HYMNS – iTED – PetSys*, acceso directo en el Escritorio.
- Iniciar el Servidor tras asegurarse de que el detector está encendido.
- Hacer click en *CONFIGURE AND START ACQUISITION*.
- Cambiar la descripción (isotope) y el tiempo de medida (duration (s)).

HYMNS - iTED - PetSys

TAKING DATA, last file /run/media/root/BACKUP\_NTOF\_6TBI/data/data\_2019\_12\_20/na22\_pet\_D.2019\_12\_20\_T.11\_23\_02\_C.p1.10mm\_p3p4p5p6.25mm\_20191022\_4.0v\_4.0v\_20205\_30s

11:24:16 Server started Server localhost started. OK

CONFIGURE AND START ACQUISITION STOP

Acquisition Done!

PROCESSING DATA

Processes status

running --config  
running --config  
running /root/Escritorio/PETSys/run\_root\_

LOG BOOK

.singles	.coincide...	
S	C	test_D.2019_12_20_1
S	C	na22_pet_D.2019_12

WARNING!! Frame ID reversal: 3284647 -> 3284553  
WARNING!! Frame ID reversal: 3353784 -> 3353748  
WARNING!! Frame ID reversal: 3475136 -> 3475005  
WARNING!! Frame ID reversal: 3926129 -> 3926059  
WARNING!! Frame ID reversal: 3926133 -> 3926070  
WARNING!! Frame ID reversal: 4249657 -> 4249572  
WARNING!! Frame ID reversal: 4436023 -> 4435992  
WARNING!! Frame ID reversal: 5039917 -> 5039885  
WARNING!! Frame ID reversal: 5615735 -> 5615684  
WARNING!! Frame ID reversal: 5615742 -> 5615701  
WARNING!! Frame ID reversal: 5961153 -> 5961074  
WARNING!! Frame ID reversal: 5961165 -> 5961098  
WARNING!! Frame ID reversal: 6009955 -> 6009933

writeRaw: Step had 5860695 frames with 74678032 events: 12.74218v events/frame avg. 126 events/frame max  
writeRaw: some events were lost for 0 ( 0.0%) frames; all events were lost for 41398 ( 0.7%) frames  
data taking finished!

..... Building SINGLES ..... Processing step 1 of 1: (0.000000, 0.000000)  
..... Building COINCIDENCES ..... --config config\_p1.10mm\_p3p4p5p6.25mm\_20191022\_4.0v\_4.0v\_20205/config\_p1.10mm\_p3p4p5p6.25mm\_20191022\_4.0v\_4.0v\_20205.ini -i /run/media/root/BA  
..... Building COINCIDENCES ..... Processing step 1 of 1: (0.000000, 0.000000)

LOG SERVER

Channel 3 (FEB/A): 31.62 °C ( 2883 ADC or 1759.6 mV)  
Channel 2 (FEB/S): 29.58 °C ( 1549 ADC or 945.4 mV)  
Channel 3 (FEB/A): 33.58 °C ( 2848 ADC or 1738.3 mV)

- SELECCIONAR: Auto-build .singles

#### 1.- CALIBRACIÓN EN ENERGÍA DE LOS DETECTORES:

La calibración en energía se realiza con 6 transiciones gamma del decay del Eu-152. Para calibrar los 10 detectores (S + 4 A de i-TED A y B).

Las calibraciones finales que se utilizarán en la práctica ya se han realizado con anterioridad para pero se realizará una medida a modo de ejemplo. Realizaremos una

medida de 5 minutos de la fuente de **Eu-152** situada entre absorber y scatterer de **i-TED A**.

## **2.- OBTENCIÓN DE LAS FUNCIONES DE CALIBRACIÓN EN ENERGÍA**

Cuando la adquisición haya terminado y se haya procesado el fichero, se habrá creado un fichero `.root` en la carpeta (en el PC itedws3):

```
/run/media/root/CMAM2/Master_TEAFN_2026/data_2026_02_XX_M/T
```

En el PC itedws3, abre una terminal y ve a la carpeta de trabajo:

```
cd ~/Escritorio/Master_TEAFN_2026
```

Comprueba cual es el último fichero en dicho directorio:

```
ls -lrt /run/media/root/CMAM2/Master_TEAFN_2026/data_2026_02_XX_M/T/*
```

Parar correr el programa de calibración:

```
cd /root/NetBeansProjects/Diagnostic_And_Imager
```

Para ajustar la posición de los picos y poder calibrar los detectores, es necesario editar el fichero de configuración:

```
gedit config/config_calibration.txt
```

Y para correr el programa:

```
./diagnostic_and_imager --CrystalCalibration  
/run/media/root/CMAM2/Master_TEAFN_2026/data_2026_02_XX_M/T/Calibration_file_name.root
```

## **3.- MEDIDAS PARA IMAGEN PET y COMPTON**

Se realizarán 3 medidas de ~10 minutos cada una con la fuente de **Na-22** en una posición del soporte posicionador situado entre **i-TED A** y **B**.

Para cada una de las medidas, cuando la adquisición y los programas de procesado haya terminado se habrá creado un fichero `.root` en la carpeta:

```
/run/media/root/CMAM2/Master_TEAFN_2026/data_2026_02_XX_M/T
```

## **4.- RECONSTRUCCIÓN DE IMÁGENES PET INDIVIDUALES**

Las imágenes PET se reconstruyen en el directorio del máster en el escritorio:

```
cd /root/Escritorio/Master_TEAFN_2026/PET_Images/
```

- Abrid el fichero de configuración para la imagen PET para discutir su contenido:

**gedit input\_Master\_TEAFN\_2026.inp &**

Para reconstruir una de las imágenes es necesario:

- Cambiar el título de Output.
- Cambiar el fichero de input (final del fichero de configuración)
- Ajustar la ventana de energía PET en coincidencia (Suma de los dos detectores):

Para alguna de las medidas, durante la práctica vamos a reconstruir las imágenes PET con dos selecciones en energía distintas:

- 1) Una ventana que seleccione todo el espectro:

**E\_RANGE\_PET[MeV] 0.5e0 1.2e0**

- 2) Una ventana que restrinja la selección al pico de 1022 keV (511 + 511 keV).

**E\_RANGE\_PET[MeV] 0.9e0 1.15e0**

En los ejercicios se pedirá que analicéis qué impacto tiene la ventana de energías seleccionada sobre la imagen PET.

- Una vez editado el fichero de input, corred el programa:

**./iteds\_imaging\_Master\_2026 input\_Master\_TEAFN\_2026.inp**

Una vez procesada la imagen PET, vamos a abrir el fichero de output, que se habrá generado en

**~/Escritorio/Master\_TEAFN\_2026/PET\_Images/**

El fichero contiene 25 imágenes PET y 25 espectros de energía suma en coincidencia (con la selección aplicada y sin selección en energía).

**root [1] \_file0->ls()**

```
TFFile**      PET_Images/Results_PET_Only511keV_Peak/22Na_pos0.root
TFFile*       PET_Images/Results_PET_Only511keV_Peak/22Na_pos0.root
KEY: TH2D     h1_Image;1   hPET_0_10
KEY: TH1D     h1_Selected_Deposited_Energy;1   hPET_0_10_Selected_Edep
KEY: TH1D     h1_Selected_Total_Energy;1   hPET_0_10_Total_Edep
KEY: TH2D     h2_Image;1   hPET_0_11
KEY: TH1D     h2_Selected_Deposited_Energy;1   hPET_0_11_Selected_Edep
```

**KEY: TH1D h2\_Selected\_Total\_Energy;1 hPET\_0\_11\_Total\_Edep**

...

Cada uno de los 25 ficheros corresponde a una pareja de detectores. Los detectores 0-4 son de i-TED A y los detectores 5-9 son de i-TED B.

Por ejemplo, la imagen h1\_Image; hPET\_0\_5 es la imagen PET construida entre el scatter de i-TED A (0) y el scatter de i-TED B (5).

En la práctica, vamos a representar varias imágenes PET reconstruidas entre parejas de detectores individuales y discutiremos los resultados.

## **5.- SUMA IMÁGENES PET Y ANÁLISIS DE RESOLUCIÓN**

En el punto anterior hemos visualizado las imágenes PET reconstruidas a partir de parejas de detectores.

Para sumar las 25 imágenes y analizar la resolución, hemos preparado un macro de ROOT:

```
cd ~/Escritorio/Master_TEAFN_2026/PET_Images/
```

Para correr este macro:

1) Entrar en root y escribir en la terminal

```
root -l
```

2) Cargar y compilar el script de root. Para ello escribe dentro de root:

```
.L MacroPET.hh+
```

3) Correr la función Plot\_PET. Escribe dentro de root:

```
Plot_PET("22Na_pos0.root");
```

Al correr este macro, obtendrás tres tipos de output:

- Fichero root con todos los histogramas de output: **22Na\_pos0.root\_Sum.root**
- Figuras espectro en coincidencia PET y selección en energía, imagen PET suma y proyecciones X, Y de la imagen PET. Se guardan en el directorio **Plots\_PET/**
- Fichero texto resultados resolución XY PET: **22Na\_pos0.root\_analysis\_image.dat**

- Las figuras y el fichero de output se guardan en el directorio **Plots\_PET/**

Durante la práctica, vamos a generar las imágenes PET sumadas de las medidas que se hayan realizado en algunas posiciones.

## **6.- RECONSTRUCCIÓN DE IMÁGENES COMPTON**

La reconstrucción de imágenes Compton se realizará en la práctica con el mismo programa que hemos utilizado para las calibraciones, `Diagnostic_And_Imager`, que también tiene integrados los algoritmos de reconstrucción Compton.

Para reconstruir las imágenes Compton, nos iremos a:

```
cd /root/NetBeansProjects/Diagnostic_And_Imager
```

Antes de correr el programa abrimos el fichero de configuración para comentar los parámetros más importantes:

```
gedit config/config_Compton.txt
```

Y para correr el programa:

```
./diagnostic_and_imager --Compton /ruta/al/fichero/Fichero_medida_Imagen.root
```

Durante la práctica, obtened para varias medidas, los espectros en coincidencia Compton (Scatter + absorber) de i-TED A y reconstruid las imágenes, utilizando los dos algoritmos disponibles, Back-projection.

Reconstruid alguna de las imágenes Compton con dos ventanas de energía en coincidencia Compton distintas para seleccionar cada uno de los gammas emitidos por la fuente de Na-22. Se modifica en el fichero `config/config_Compton.txt`

```
ELIM 1.2 1.4 → 1.27 MeV
```

```
ELIM 0.4 0.6 → 0.511 MeV
```

## **7.- ANÁLISIS DE RESOLUCIÓN COMPTON**

Al igual que en PET, se ha preparado un Macro de ROOT para poder analizar cuantitativamente los resultados de las imágenes Compton. El macro se encuentra en:

```
cd ~/Escritorio/Master_TEAFN_2026/Compton_Images/
```

Para correr este macro:

1) Entrar en root: escribe en la terminal

**root -l**

2) Cargar y compilar el script de root escribe dentro de root:

**.L MacroCompton.hh+**

3) Correr la función Plot\_Compton. Escribe dentro de root:

**Plot\_Compton("Name\_Compton\_Image\_File.root");**

xpos es la posición en mm donde se espera visualizar el máximo de la imagen y se usa para obtener la proyección.

Por ejemplo, para la imagen en la posición +8cm del soporte posicionador, el máximo de la imagen se reconstruye en ypos = -60 (mm).

Al correr este macro, obtendrás un output:

- Figura con la imagen Compton y las proyecciones X, Y de la imagen Compton en torno a el máximo de la imagen.
- Fichero texto resultados resolución XY Compton:  
**Name\_Compton\_Image\_File.root\_analysis\_image.dat**
- Las figuras y el fichero de output se guardan en el directorio **Plots\_Compton/**

Probad durante la práctica a generar imágenes de las medidas que se hayan realizado en distintas posiciones y discutid la diferencia entre las imágenes generadas para el gamma de 511 keV y 1274 keV.

## **8.- EJERCICIOS Y MEMORIA**

- Para evitar los problemas de falta de tiempo durante la sesión, los resultados con los que se realizará la memoria se entregarán tras la realización de la práctica.
- Comparar la resolución espacial PET y Compton para las imágenes que se han obtenido en la práctica.
- Comparar la resolución Compton para las dos líneas gamma ( $E_g = 511$  keV y  $E_g = 1274$  keV) para las imágenes que se han obtenido en la práctica.

Memoria: únicamente contestar brevemente a las siguientes cuestiones y justificar las respuestas con las figuras de resultados de la práctica:

1. ¿Qué condiciones (detectores seleccionados, coincidencias temporales, cortes energéticos) se aplican para reconstruir la imagen PET y Compton con el dispositivo experimental?
2. ¿De la comparativa PET - Compton: qué técnica proporciona mejor resolución? ¿Qué ventajas tiene la técnica Compton respecto de la PET?
3. Para las imágenes con la fuente situada en  $X > 6$  cm, ¿por qué no se reconstruye imagen PET pero sí Compton?
4. ¿Con qué energía gamma de la fuente de Na-22 se obtiene mejor resolución Compton y por qué? Analizad las imágenes obtenidas con el algoritmo “Backprojection (BP)” y el algoritmo mejorado “Analytical (AA)”
5. Ejercicios extra (nota 8+):
  - Utilizando el script de ROOT que se proporciona **PET\_Images/MacroPET.hh**, extraed la imagen suma PET, las proyecciones y las resoluciones para las imágenes PET construidas con la selección optimizada,  $E_d + E_a = [0.9 \text{ MeV}, 1.15 \text{ MeV}]$  (los ficheros se llaman **PET\_Images/22Na\_posXcm\_511keVPeak.root**).

Comparad las imágenes obtenidas con los resultados obtenidos con la selección de energía inicial que están disponibles en la carpeta **PET\_Images/Plots\_PET/** . ¿Afecta la ventana de energía a la resolución PET?

- Utilizando los ficheros root que se proporcionan con las imágenes Compton y los histogramas de energía en coincidencia temporal (**Compton\_Images/Na22\_Xcm\_OutputFile\_ComptonImage.root**) discutid si cambia la eficiencia Compton con la posición de la muestra. Para ello, cuantificad el número de eventos seleccionados para la imagen para las 4 medidas de la fuente de Na-22 en distintas posiciones, calculando la integral de los picos de 511 keV (0.4-0.6 MeV) y 1274 keV (1.2-1.4 MeV) del histograma de energía suma scatter-absorber en coincidencia temporal, llamado **hTotalEnergy**.

Para la realización de los ejercicios se puede usar ROOT instalado en vuestros ordenadores o la máquina virtual proporcionada en la práctica de Geant4.

## **9. Contacto para tutorías y entrega de memorias**

Preferiblemente, contactad por email a vuestro profesor:

**Técnicas Experimentales Avanzadas en Física Nuclear**  
**Instituto de Física Corpuscular (IFIC)**  
**Máster Interuniversitario de Física Nuclear**  
**2025/26**

[jorge.lerendegui@ific.uv.es](mailto:jorge.lerendegui@ific.uv.es),  
[victor.babiano@ific.uv.es](mailto:victor.babiano@ific.uv.es),  
[pablo.torres@ific.uv.es](mailto:pablo.torres@ific.uv.es)