

TÉCNICAS AVANZADAS DE RECONSTRUCCIÓN DE IMAGEN NUCLEAR PET, X-CT Y SPECT

TRABAJO DEL MASTER DE FÍSICA BIOMÉDICA

JOAQUÍN LÓPEZ HERRAIZ

- **INTRODUCCIÓN**
- **OBJETIVO DEL TRABAJO**
- **MÉTODOS**
- **RESULTADOS**
- **CONCLUSIONES**

- **INTRODUCCIÓN**
- **OBJETIVO DEL TRABAJO**
- **MÉTODOS**
- **RESULTADOS**
- **CONCLUSIONES**

LA TOMOGRAFÍA POR EMISIÓN DE POSITRONES

Grupo de Física Nuclear. UCM

- Es una técnica de imagen biomédica funcional que permite estudiar el metabolismo de moléculas marcadas con un átomo emisor de positrones
- A partir de la radiación detectada se logra una imagen de la distribución de estas moléculas en el paciente, indicando cómo metaboliza ese trazador

IMAGEN
ANATÓMICA



IMAGEN
FUNCIONAL

PET

LA TOMOGRAFÍA POR EMISIÓN DE POSITRONES

Grupo de Física Nuclear. UCM

CICLOTRÓN
(^{18}F , ^{11}O ...)

Radioisótopo
+
Trazador

Inyección
en el paciente

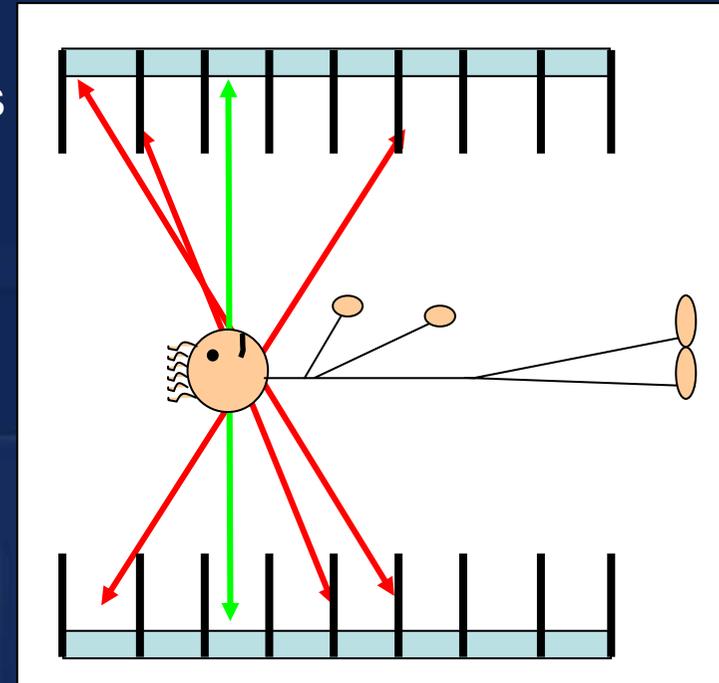
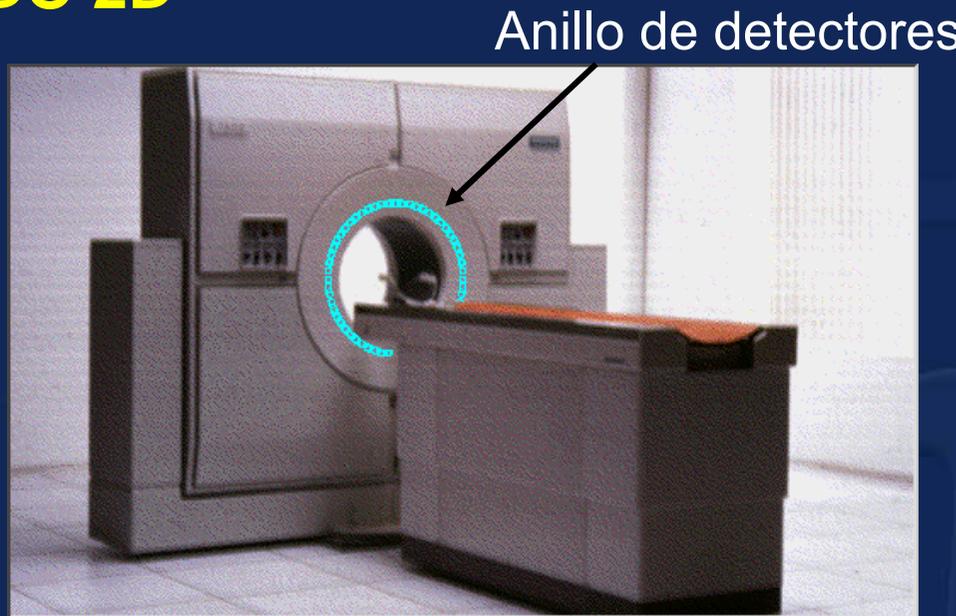
Reconstrucción
de Imagen

Detección de
2 rayos γ y en
coincidencia

Emisión β^+
y
Aniquilación (2γ)

COLIMACIÓN
ELECTRÓNICA

MODO 2D

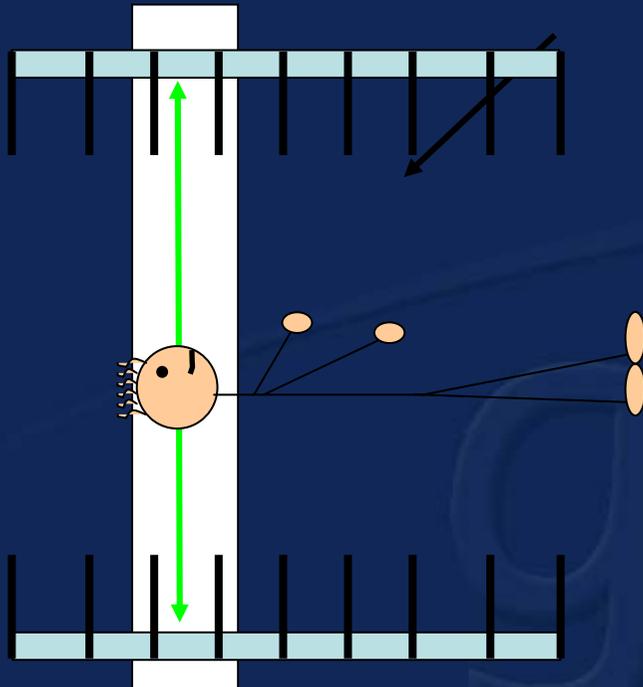


- Inicialmente los datos PET se adquirirían en modo 2D
- Sólo se permiten pasar rayos gamma perpendiculares al eje axial
- Se van adquiriendo cortes transversales del paciente

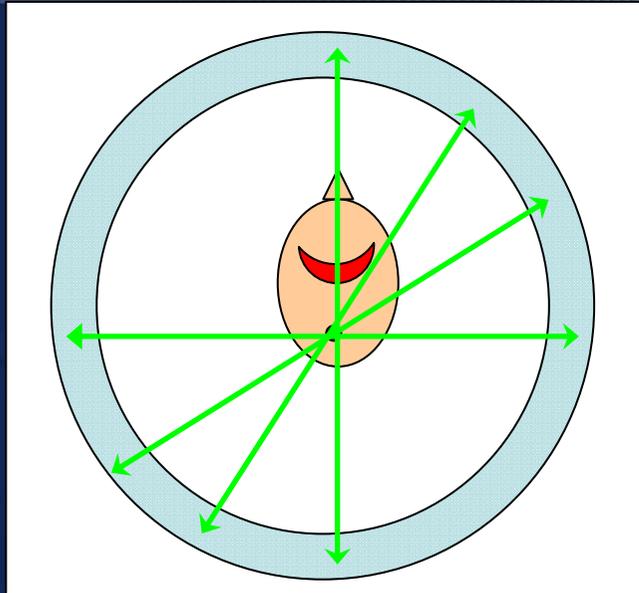
RECONSTRUCCIÓN TOMOGRÁFICA

Grupo de Física Nuclear. UCM

MODO 2D

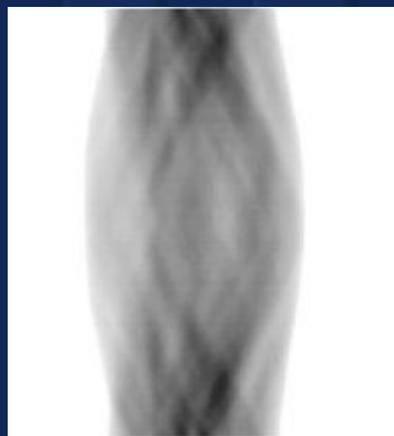


Los datos 2D de cada corte transversal se reconstruyen de manera independiente obteniendo una imagen

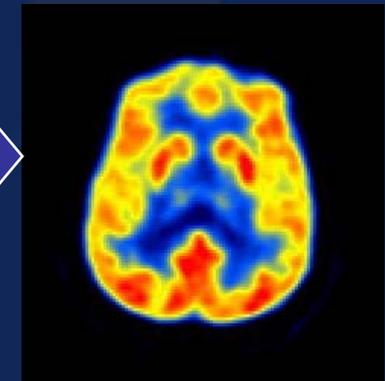


Las coincidencias detectadas se organizan según las coordenadas de su línea de respuesta

El conjunto total de datos se reconstruye con métodos tomográficos



CONJUNTO DE PROYECCIONES PET



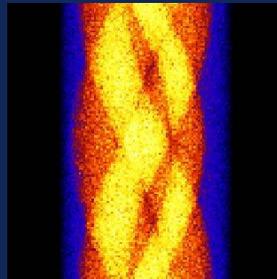
IMAGEN

RECONSTRUCCIÓN TOMOGRÁFICA

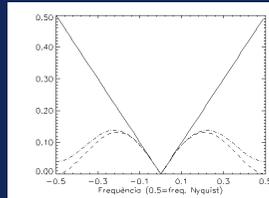
Grupo de Física Nuclear. UCM

FBP

MÉTODOS ANALÍTICOS



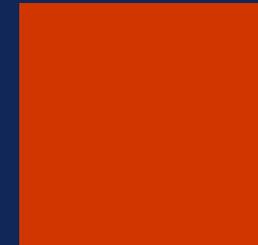
DATOS PET



FILTRO

MODELO SIMPLE DEL SISTEMA

RETRO-PROYECCIÓN

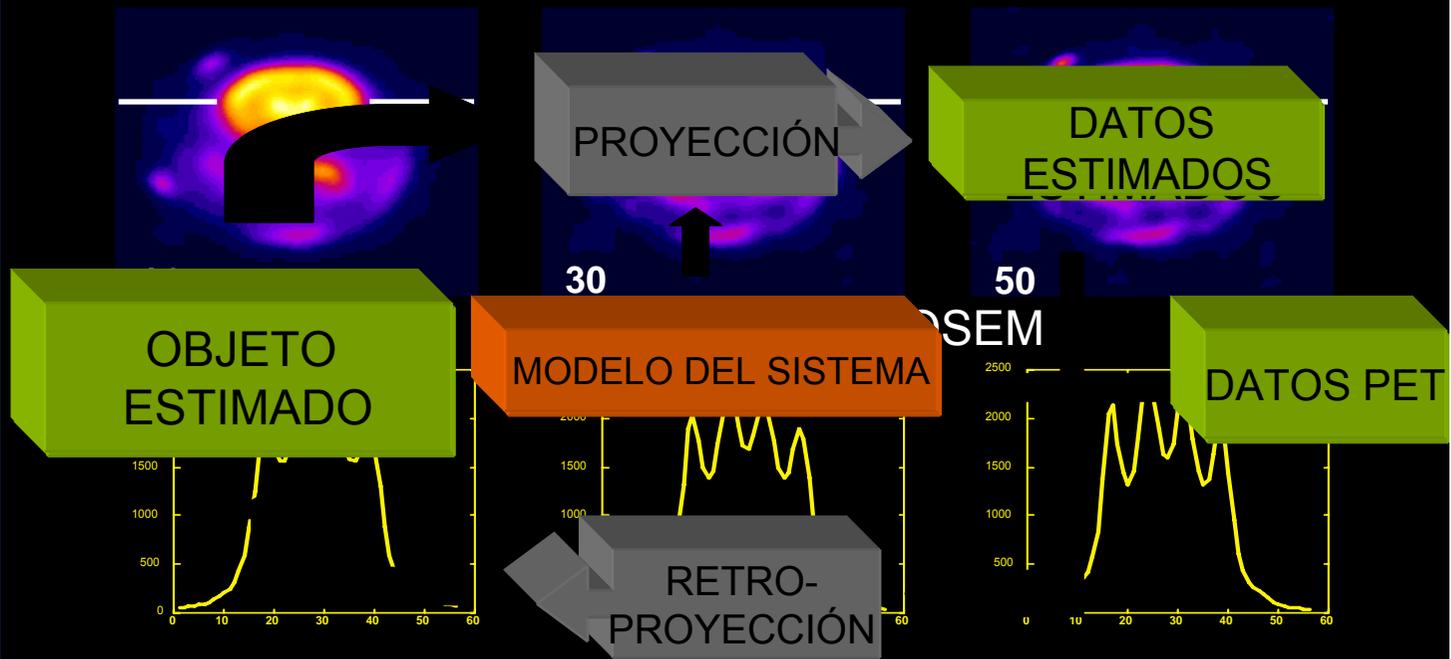


IMAGEN

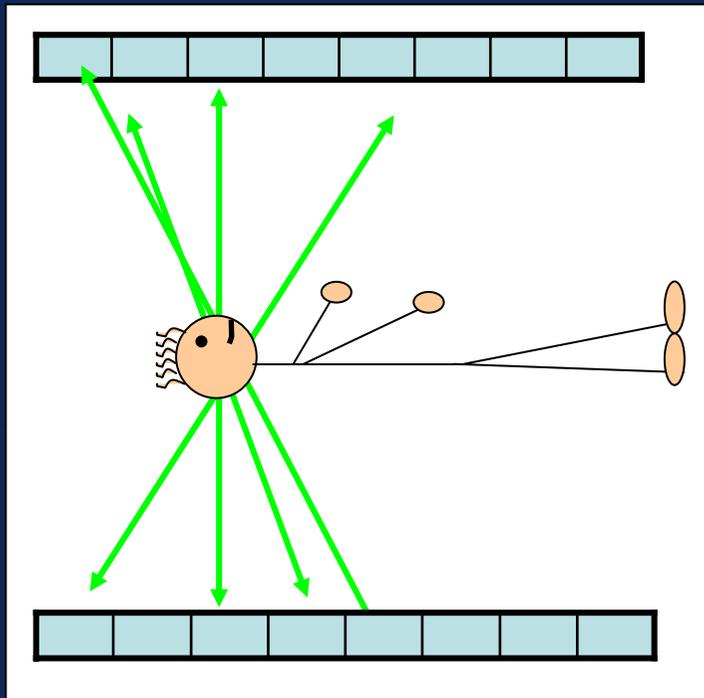
ITERATIVO 2D (OSEM)

BASADO EN MÉTODOS ESTADÍSTICOS

REQUIERE UN MODELO DEL SISTEMA



MODO 3D



Los datos se adquieren no solo en cortes transversales. Se disponen de muchos más datos pero su reconstrucción es más compleja.

OPCIÓN 1:

DATOS 3D → DATOS 2D Y RECONSTRUCCIÓN 2D

SSRB

FORE

Colapsar los datos 3D en datos 2D implica una cierta pérdida de resolución

OPCIÓN 2:

RECONSTRUCCIÓN 3D

PROYECCIÓN Y RETROPROYECCIÓN EN 3D

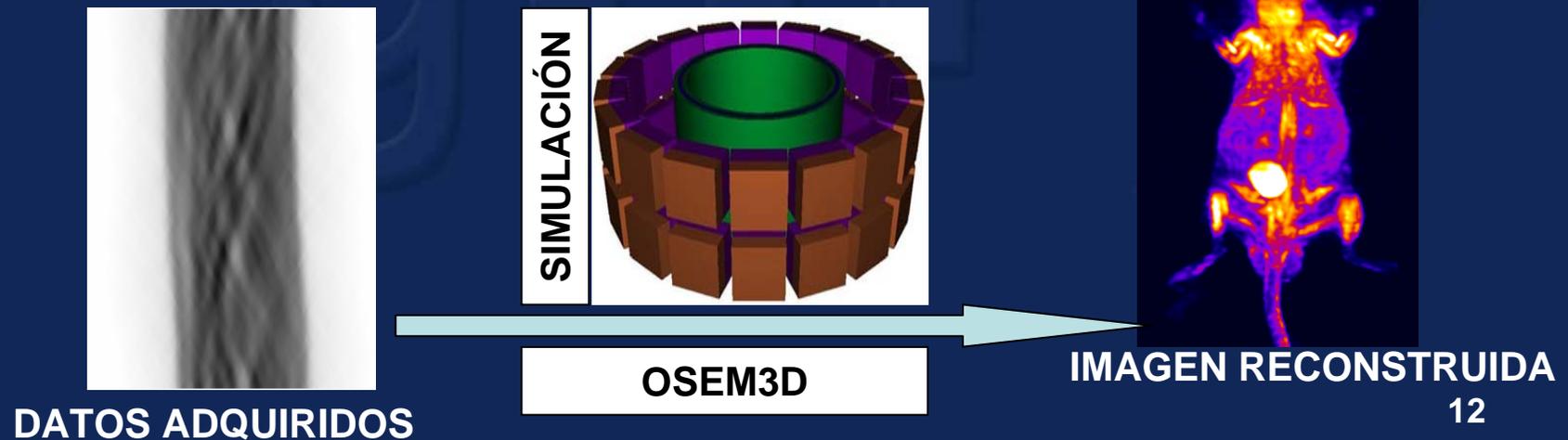
RECONSTRUCCIÓN TOMOGRÁFICA

Grupo de Física Nuclear. UCM

		MODO DE ADQUISICIÓN			
		MODO 2D	MODO 3D → MODO 2D	MODO 3D	
M É T O D O	ANALÍTICO	FBP	FORE +FBP	3DRP	MODELO SIMPLE DEL SISTEMA
	ESTADÍSTICO	ITER. 2D	FORE +ITER. 2D	ITER. 3D	MODELO REALISTA DEL SISTEMA
		BAJA SEÑAL- RUIDO	PÉRDIDA DE RESOLUCIÓN	+ CALIDAD + COMPLEJO	

- INTRODUCCIÓN
- **OBJETIVO DEL TRABAJO**
- MÉTODOS
- RESULTADOS
- CONCLUSIONES

- 1) Obtener mediante simulaciones un modelo realista de un escáner PET de pequeños animales
- 2) Desarrollar un programa de reconstrucción iterativa completamente 3D basado en dicho modelo realista
- 3) Optimizar este programa para que a partir de adquisiciones reales pueda reconstruir imágenes de gran calidad (resolución de 1mm y con poco ruido) en menos de 2 horas

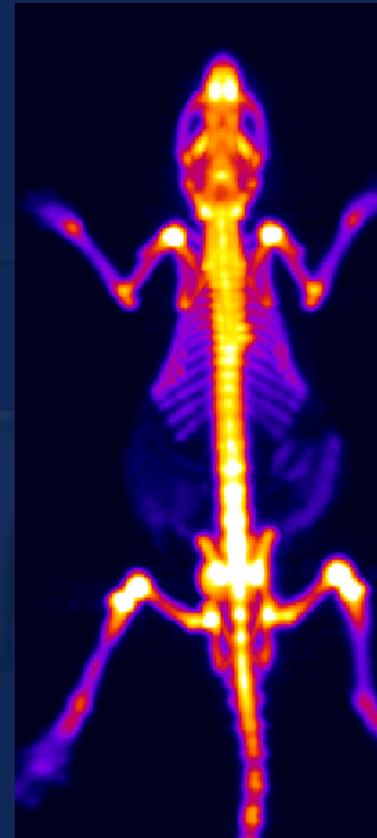


HIPÓTESIS PRINCIPAL

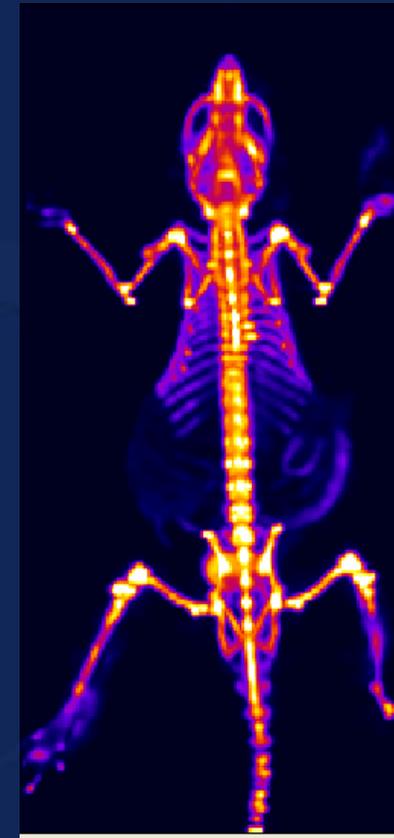
“La calidad de las imágenes reconstruidas se ve mejorada considerablemente si se tiene en cuenta un modelo físico realista de la emisión y la detección de la radiación”

La reconstrucción iterativa OSEM3D permite hacer uso de este modelo físico

IMÁGENES DE UN RATÓN OBTENIDAS MEDIANTE ESTUDIOS CON ^{18}F



RECONSTRUCCIÓN ANALÍTICA FORE+FBP



RECONSTRUCCIÓN ITERATIVA OSEM3D

- INTRODUCCIÓN
- OBJETIVO DEL TRABAJO
- **MÉTODOS**
- RESULTADOS
- CONCLUSIONES

(1)
CREACIÓN DE
MÉTODOS DE
RECONSTRUCCIÓN
2D

(2)
SIMULACIÓN
REALISTA
DEL SISTEMA

(3)
ALMACENAMIENTO
DE LA MATRIZ
DEL SISTEMA

(4)
CREACIÓN DEL
CÓDIGO DE
RECONSTRUCCIÓN
OSEM3D

(1) CREACIÓN DE MÉTODOS DE RECONST. 2D

Antes de crear un código complejo OSEM3D conviene implementar métodos más sencillos

SSRB / FORE

SECCIÓN 2.6

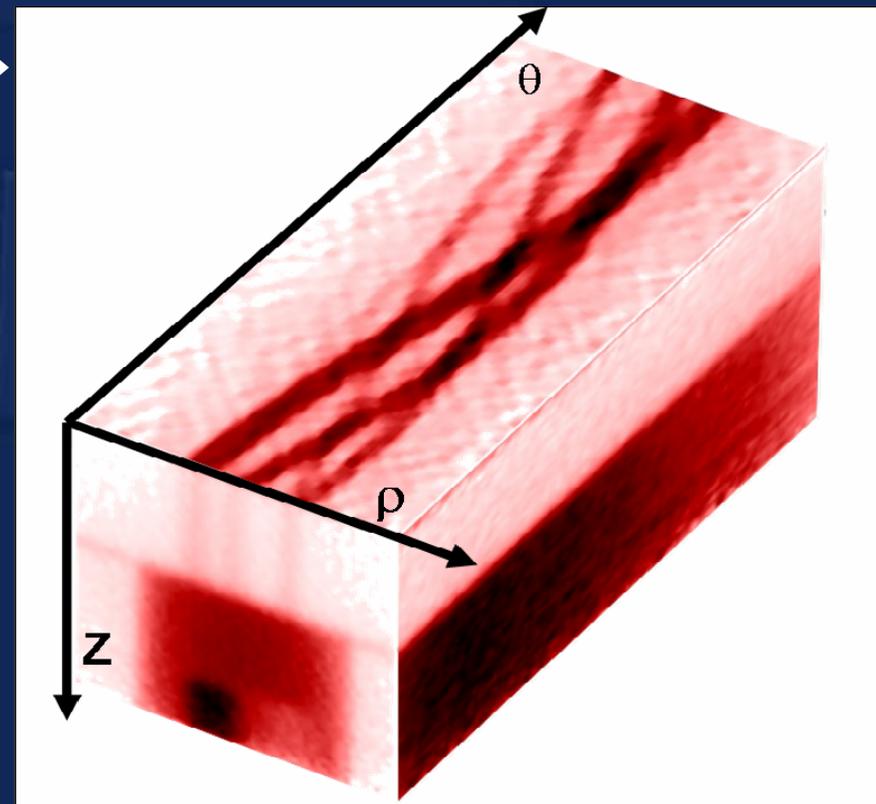
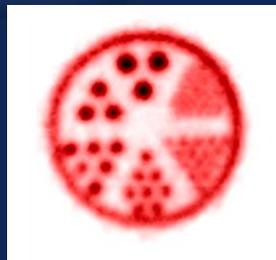
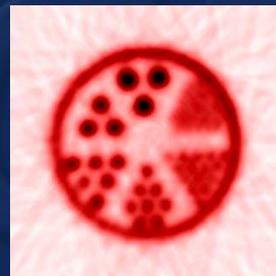
FBP

SECCIÓN 2.4

ITERATIVO 2D

SECCIÓN 4.3

DATOS3D → DATOS2D



(2) SIMULACIÓN
REALISTA DEL
ESCÁNER

SECCIÓN 4.7, 4.8

PROCESOS
FÍSICOS



PeneloPET – Programa de simulación Montecarlo para PET basado en PENELOPE

(2) SIMULACIÓN
REALISTA DEL
ESCÁNER

Desarrollado por el grupo de Física Nuclear de la UCM

SECCIÓN 4.7, 4.8

Se basa PENELOPE, un programa de simulación de la interacción con la materia de fotones y electrones en el rango de energías desde 1 keV hasta cientos de MeV (F.Salvat et al., Univ. Barcelona)

PROCESOS
FÍSICOS
EN PET

Permite considerar los principales procesos físicos de PET:

- Rango del positrón
- No colinealidad
- Interacción de los rayos gamma dentro de los cristales
- Determinación de la posición de interacción en el cristal
- Electrónica

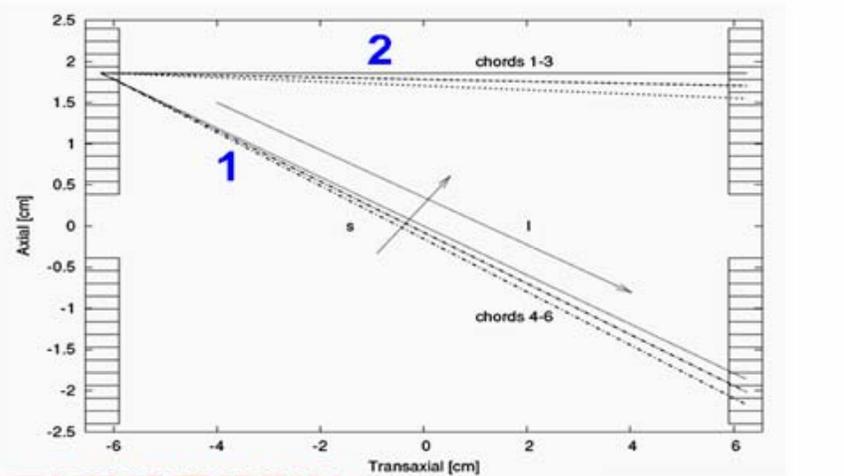
SIMULACIÓN
MONTECARLO

**Es más flexible y más rápido que otros
simuladores para PET**

¿Cuál es la probabilidad de que un positrón emitido en un determinado punto, genere una coincidencia en un determinado par de cristales?

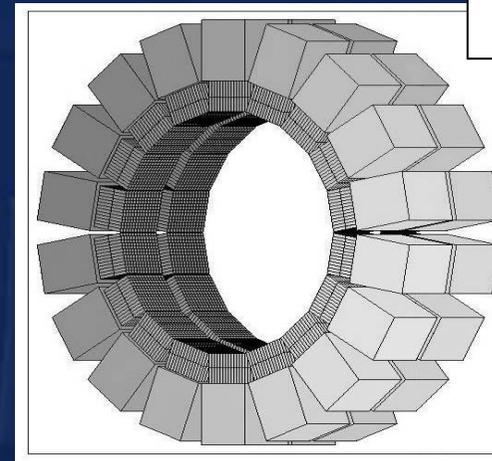
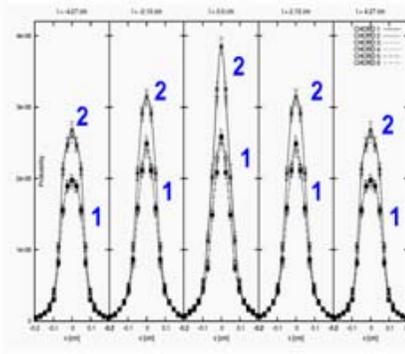
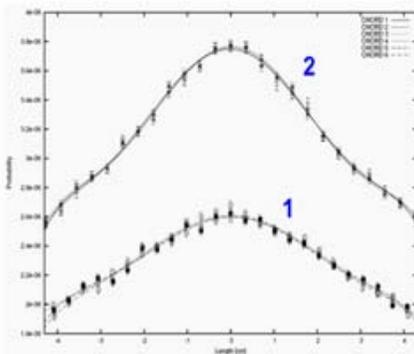
(2) SIMULACIÓN REALISTA DEL ESCÁNER

SECCIÓN 4.7, 4.8



LONGITUDINAL

TRANSVERSAL



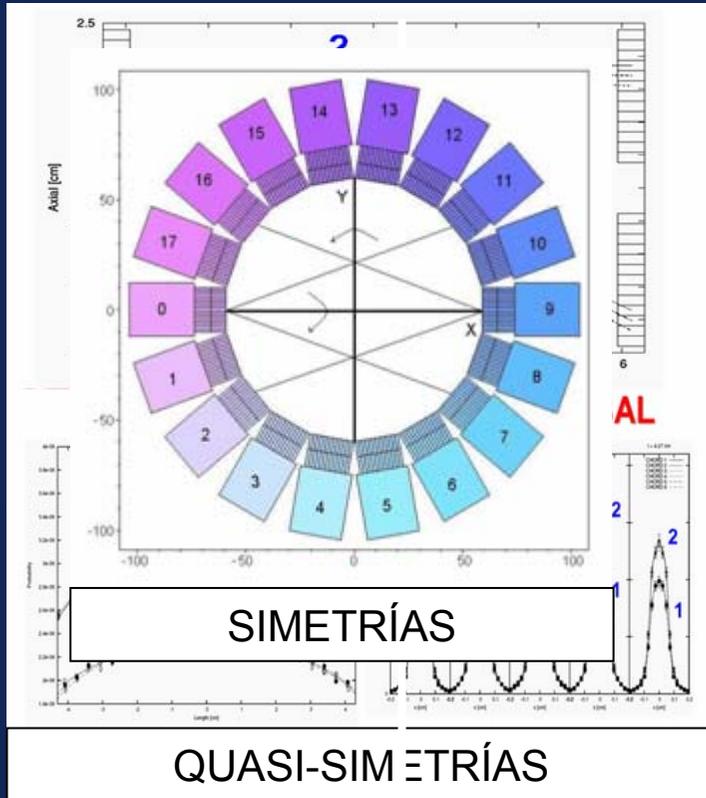
eXplore Vista escáner (GE)

Se puede apreciar cómo es la forma y el ancho de las probabilidades para este escáner

PROCESOS FÍSICOS EN PET

SIMULACIÓN MONTECARLO

PROBABILIDADES



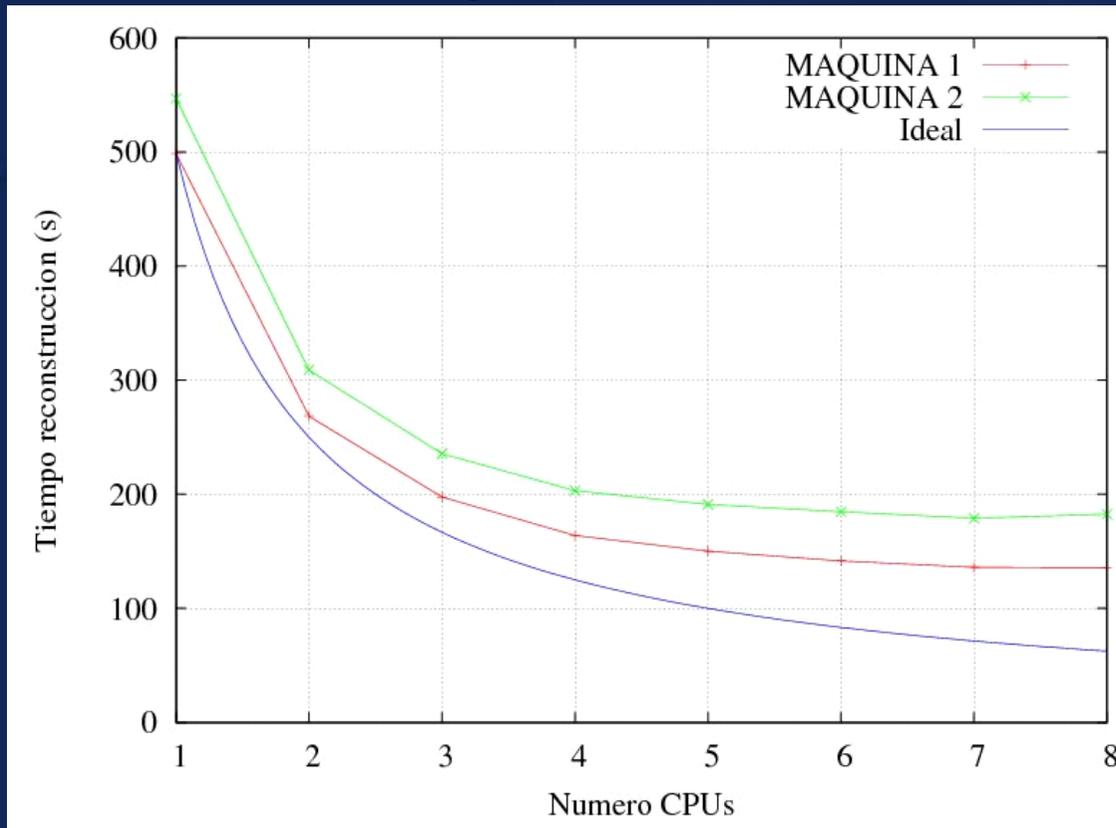
	Tamaño Modelo del Escáner
Todos los coeficientes	>10TB
No Nulos y Sin simetrías	>100GB
No Nulos y Con simetrías	2.5GB
No Nulos y Con simetrías y Quasi-simetrías	300MB

(3) ALMACENAR MODELO DEL ESCÁNER

SECCIÓN 4.9

Almacenar todas las probabilidades es imposible → Usar simetrías y métodos de compresión del modelo

- Optimización de acceso a las probabilidades
- Optimización de la proyección y de la retroproyección
- Paralelización del código



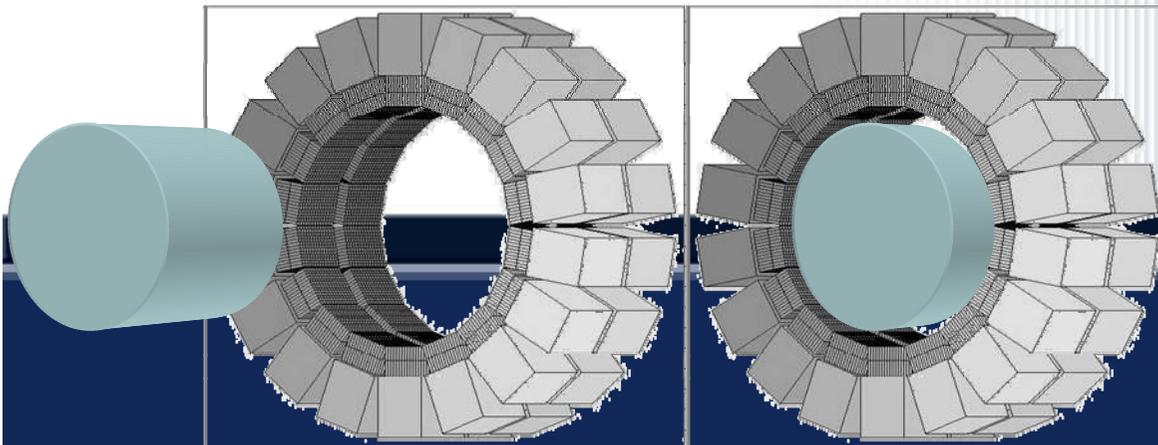
(4) CREACIÓN
OSEM3D

SECCIÓN 4.9, 4.10

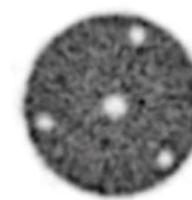
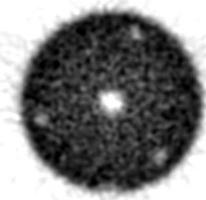
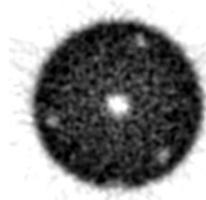
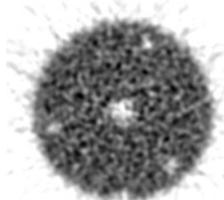
- INTRODUCCIÓN
- OBJETIVO DEL TRABAJO
- MÉTODOS
- **RESULTADOS**
- CONCLUSIONES

RESULTADOS

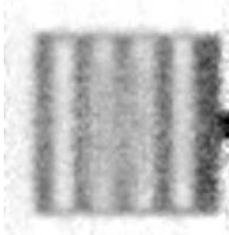
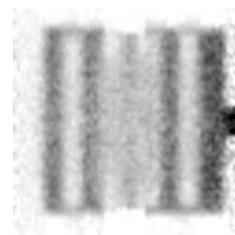
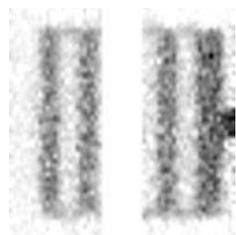
Grupo de Física Nuclear. UCM



TRANSVERSAL



SAGITAL



**Datos 2D
+ FBP**

**SSRB
+ FBP**

**FORE
+ FBP**

OSEM3D

RECONSTRUCCIÓN CON DISTINTOS MÉTODOS DE UNA
ADQUISIÓN REAL EN EL ESCÁNER EXPLORE VISTA
DEL MANIQUÍ DEFRISE RELLENO DE FDG

Imágenes reconstruidas con OSEM3D de ratón de 20g (Izda.) y rata de 200g (Dcha.) inyectadas con FDG

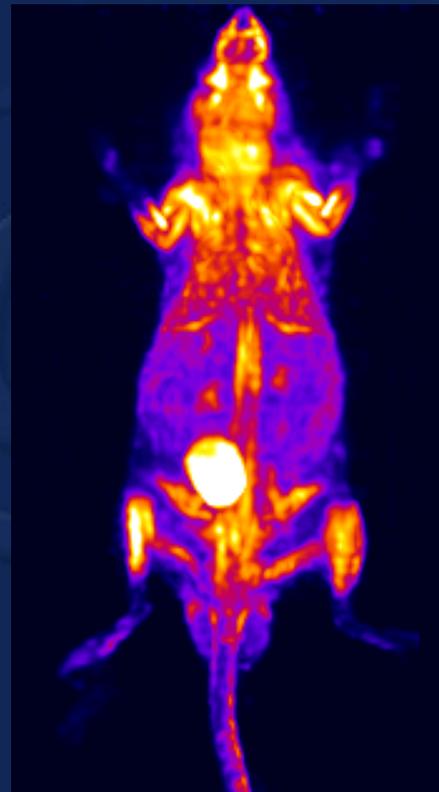
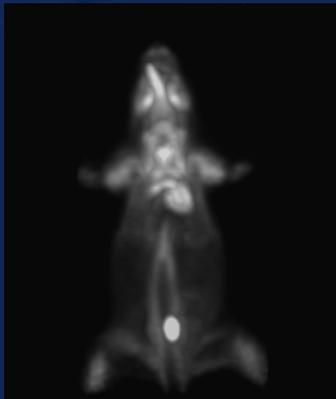
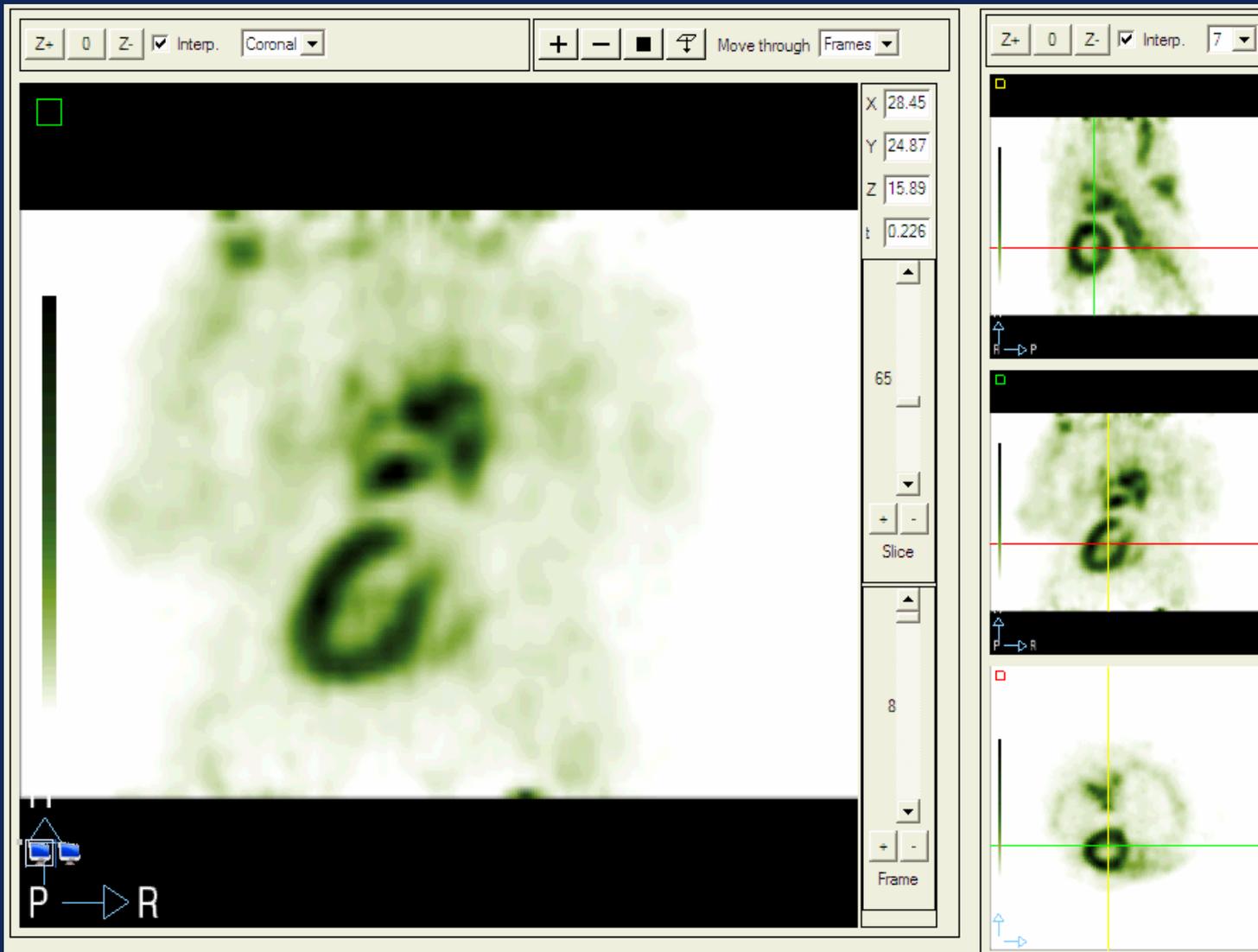


Imagen reconstruida con OSEM3D de una rata inyectada con ^{18}F en fluorina





**RECONST.
OSEM3D
DE UNA
ADQUISICIÓN
DINÁMICA
(GATED
CARDIACO)
ADQUISICIÓN
REALIZADA
EN EL HGGM**

- **INTRODUCCIÓN**
- **OBJETIVO DEL TRABAJO**
- **MÉTODOS**
- **RESULTADOS**
- **CONCLUSIONES**

- Los objetivos de este trabajo se han cumplido ampliamente
- En la actualidad disponemos de un modelo realista de escáneres PET de pequeños animales, y el programa de reconstrucción iterativa OSEM3D que se ha implementado necesita tan sólo 2 minutos en un ordenador con dos quads-CPU para reconstruir imágenes con resolución submilimétrica y con bajo nivel de ruido
- Esta calidad de las imágenes se logra incluso en adquisiciones de muy bajo número de cuentas, donde el algoritmo 3D es muy superior a cualquier otro

gfn