



**UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES**  
**FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES**  
PINMATE - Departamento de Industrias



# Mezclado de sólidos en un reactor con lecho en suspensión

María Sol Fraguío<sup>1</sup>, Gabriel Salierno<sup>1</sup>, Miryan Cassanello<sup>1</sup>,  
María Angélica Cardona<sup>2,3</sup>, Daniel Hojman<sup>2</sup>, Héctor Somacal<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Programa de Investigación y Desarrollo de Fuentes Alternativas de  
Materias Primas y Energía – PINMATE

Ciudad Universitaria - Pabellón de Industrias C1428BGA - Buenos Aires - ARGENTINA  
TE: (+54-11) 45763383 // FAX: (+54-11) 45763366

<sup>2</sup>TANDAR - Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA)

Centro Atómico Constituyentes, Buenos Aires, Argentina  
TE: (+54-11) 6772-7070 / 7076 / 7856 // FAX: (+54-11) 6772-7121

<sup>3</sup>Escuela de Ciencia y Tecnología, UNSAM

San Martín, Argentina



**UNSAM**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE  
SAN MARTÍN



**UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES**  
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES  
PINMATE - Departamento de Industrias



## *Esquema de la presentación*

- Introducción:
  - Reactores con lecho en suspensión
  - Técnicas de análisis no-invasivas
    - Técnica de Radioactive Particle Tracking (RPT)
- Equipo implementado y procedimiento
- Ejemplo de Resultados
- Conclusiones



**UNSAM**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE  
SAN MARTÍN

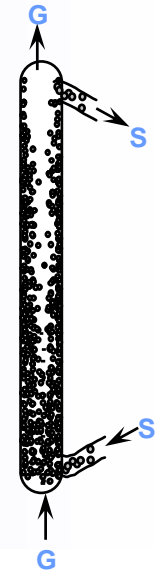
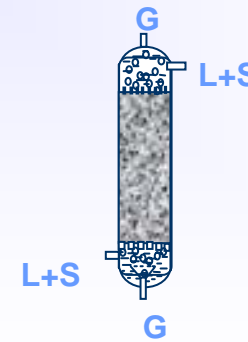
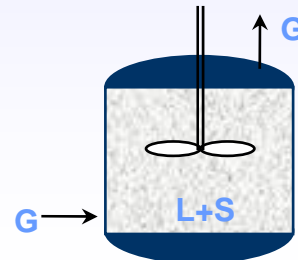
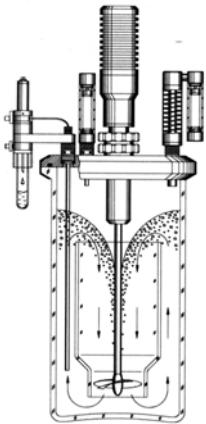


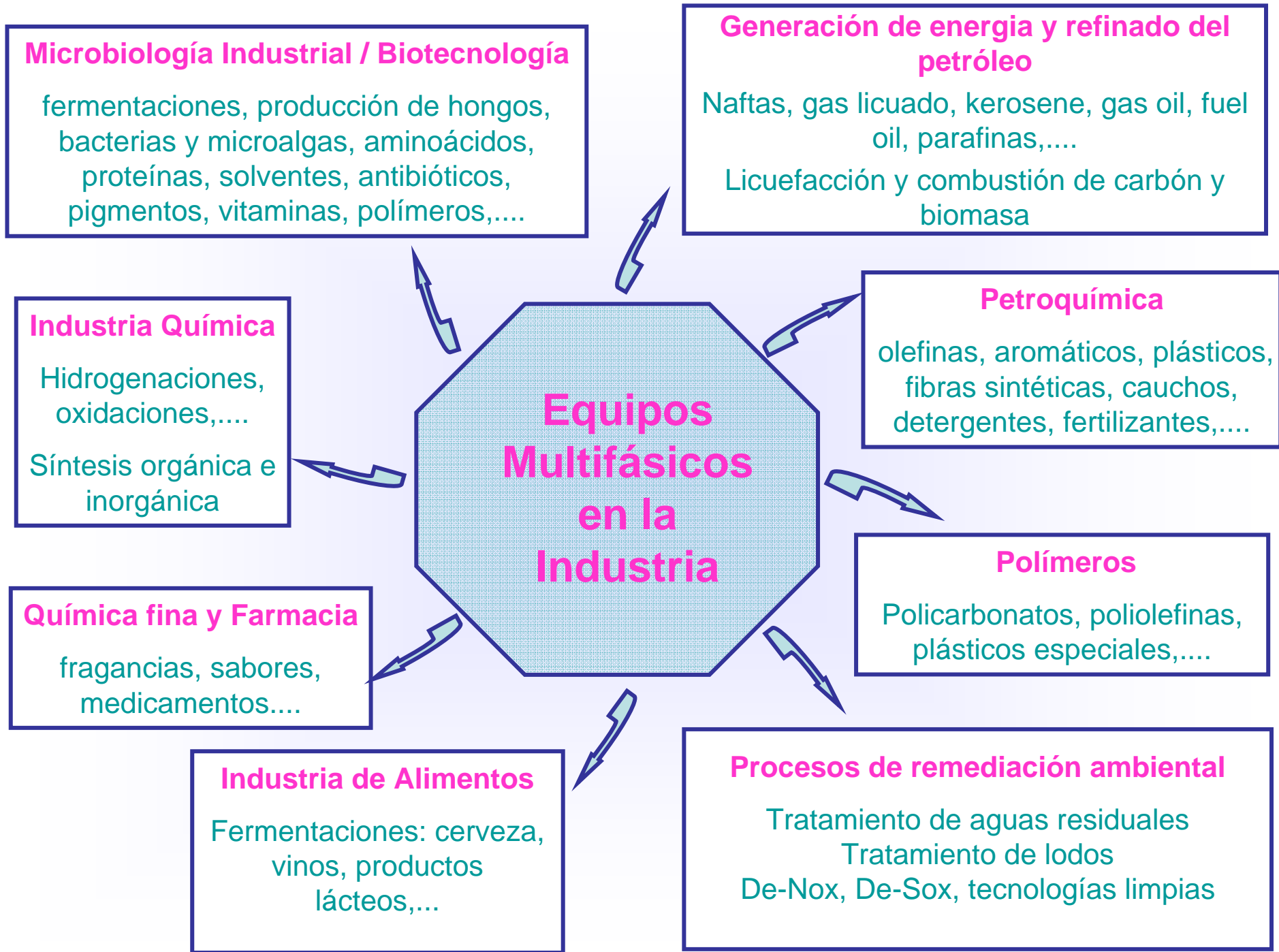
## **INTRODUCCION**

### *Equipos multifásicos con lecho en suspensión*

*Se emplean en infinidad de procesos industriales:*

- para operaciones (secado, coating, separación de partículas....)*
- en procesos catalíticos y heterogéneos en general dado que el movimiento del sólido promueve el mezclado y el contacto entre fases fluidas*
- aplicaciones...*

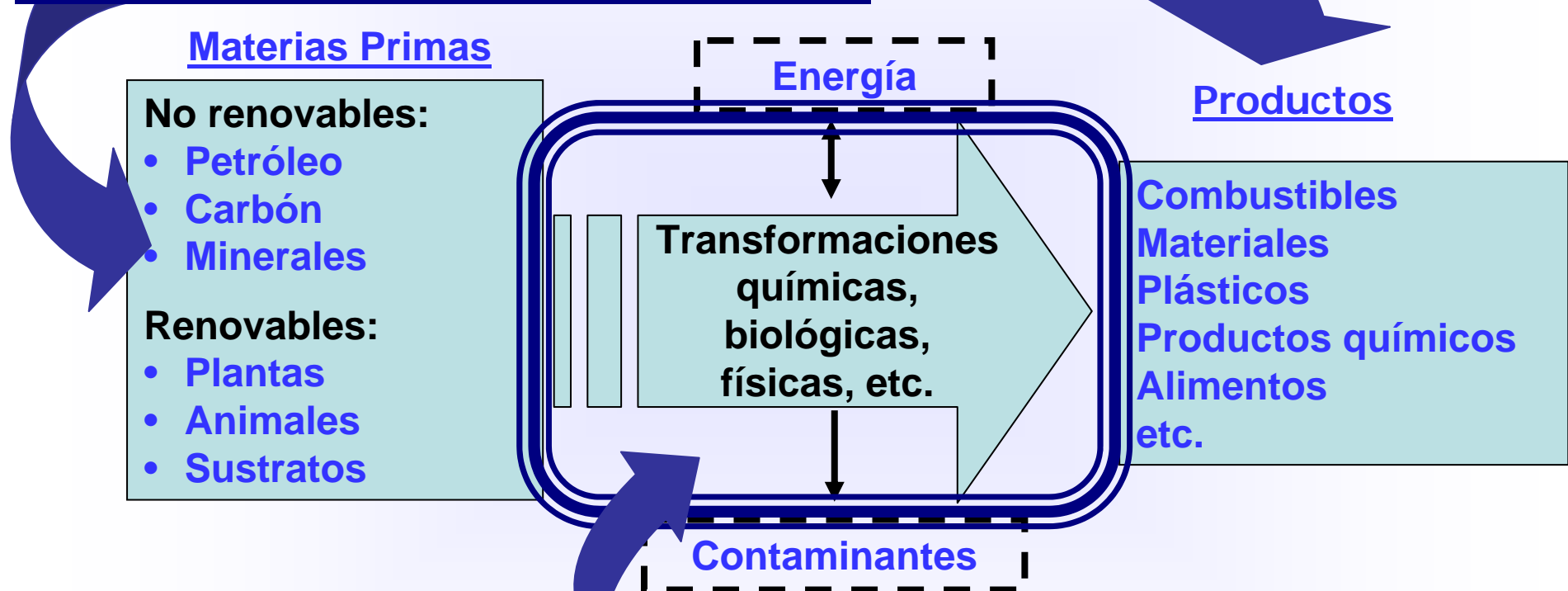




# Un proceso industrial involucra....

**EQUIPOS DE ACONDICIONAMIENTO DE LAS MATERIAS PRIMAS Y DE SEPARACION/PURIFICACION DE PRODUCTOS**

és de reacciones (que pueden ser to.) que cambian la que generan productos secundarios...ados que hay

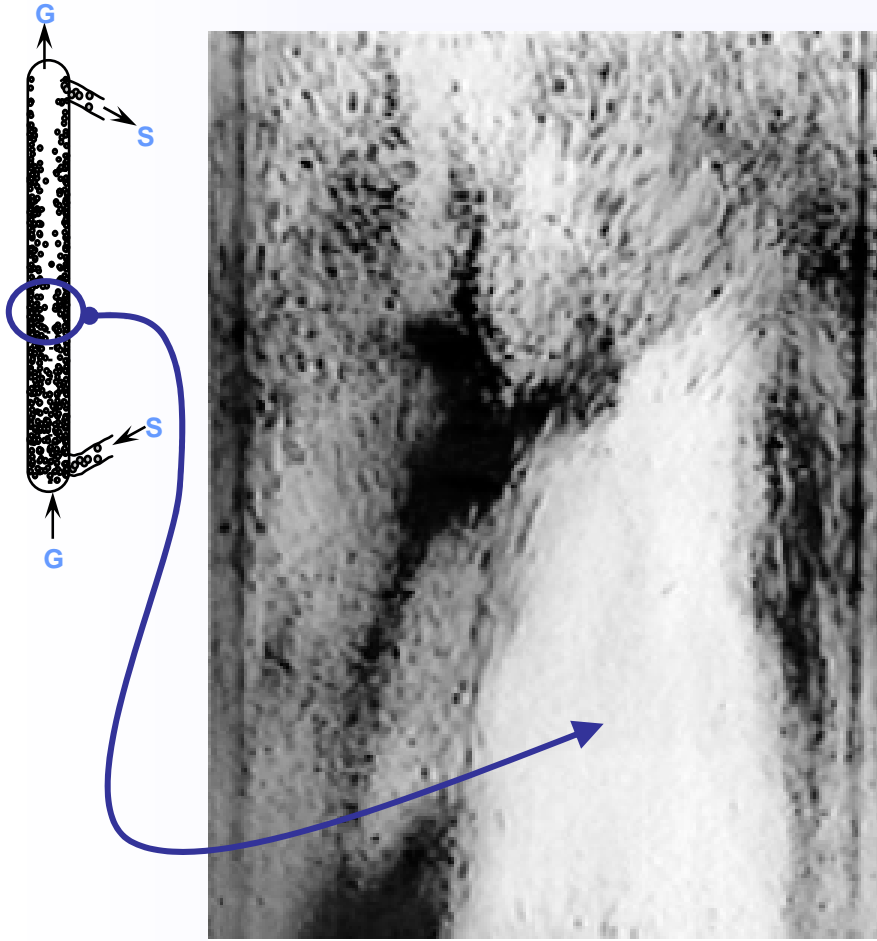


**EQUIPOS DONDE OCURREN LAS TRANSFORMACIONES: "REACTORES"**

**Desafíos actuales:** Tecnología... cuando la eficiencia de consumo de energía y de especies atómicas

➔ es necesario mejorar nuestra habilidad de escalar los procesos

*Fluidodinámica y/o movimiento del sólido puede ser extremadamente complejo...*



- **Estudiar la fluidodinámica de estos equipos**  $\Rightarrow$  obtener información sobre el **movimiento y la distribución** de las distintas fases

- **Qué características deben tener las técnicas?**

Principalmente, deben ser **técnicas no-invasivas**, es decir no deben alterar el movimiento y la distribución que se quiere medir

*...e influye sobre las transferencias de calor y materia y, en consecuencia, sobre la velocidad del proceso*

## **OTRAS CARACTERISTICAS DESEABLES EN LAS TECNICAS EXPERIMENTALES EMPLEADAS PARA EL DIAGNOSTICO DE EQUIPOS MULTIFASICOS INDUSTRIALES**

- **Buena resolución espacial y temporal** tanto para determinar velocidades como distribuciones de fases
  - **Habilidad para estudiar sistemas opacos** con alta proporción de fases dispersas
  - **Reproducibilidad estadística** de los resultados obtenible en un tiempo razonable
  - **Posibilidad de automatización** a fin de minimizar la intervención humana en el proceso de recolección de datos
  - **Capacidad para proveer mediciones instantáneas (snapshot)** a fin de poder cuantificar la turbulencia y la estructura dinámica del movimiento
  - **Posibilidad de transportar y aplicar la técnica** en equipos de escala piloto e industriales
  - **Bajo riesgo de uso** para el personal involucrado en la experimentación
  - **Costo razonable**
- 
- **Hasta el presente, ninguna técnica experimental cumple todas estas características.**
  - **De todos modos hay una constante búsqueda de nuevos métodos y técnicas que cumplan el mayor número de estos requisitos**



## ***TECNICAS PARA ESTUDIOS NO-INVASIVOS DE SISTEMAS/EQUIPOS MULTIFASICOS***

**DENSITOMETRIA**

**TOMOGRAFIA DE RAYOS X (CT-X)**

**TOMOGRAFIA DE RAYOS GAMMA (CT-G)**

**TOMOGRAFIA OPTICA (OT)**

**TOMOGRAFIA DE CAPACITANCIA ELECTRICA (ECT)**

**TOMOGRAFIA DE RESISTANCIA ELECTRICA (ERT)**

**TOMOGRAFIA DE IMPEDANCIA ELECTRICA (EIT)**

**TOMOGRAFIA DE ULTRASONIDO**

**MAGNETIC RESONANCE IMAGING (MRI)**

**PARTICLE IMAGE VELOCIMETRY (PIV)**

**LASER DOPPLER ANEMOMETRY (LDA)**

**RADIOACTIVE PARTICLE TRACKING (RPT)**

**POSITRON EMISSION PARTICLE TRACKING (PEPT)**

**ETC.**

***DISTRIBUCION***

***VELOCIDAD***



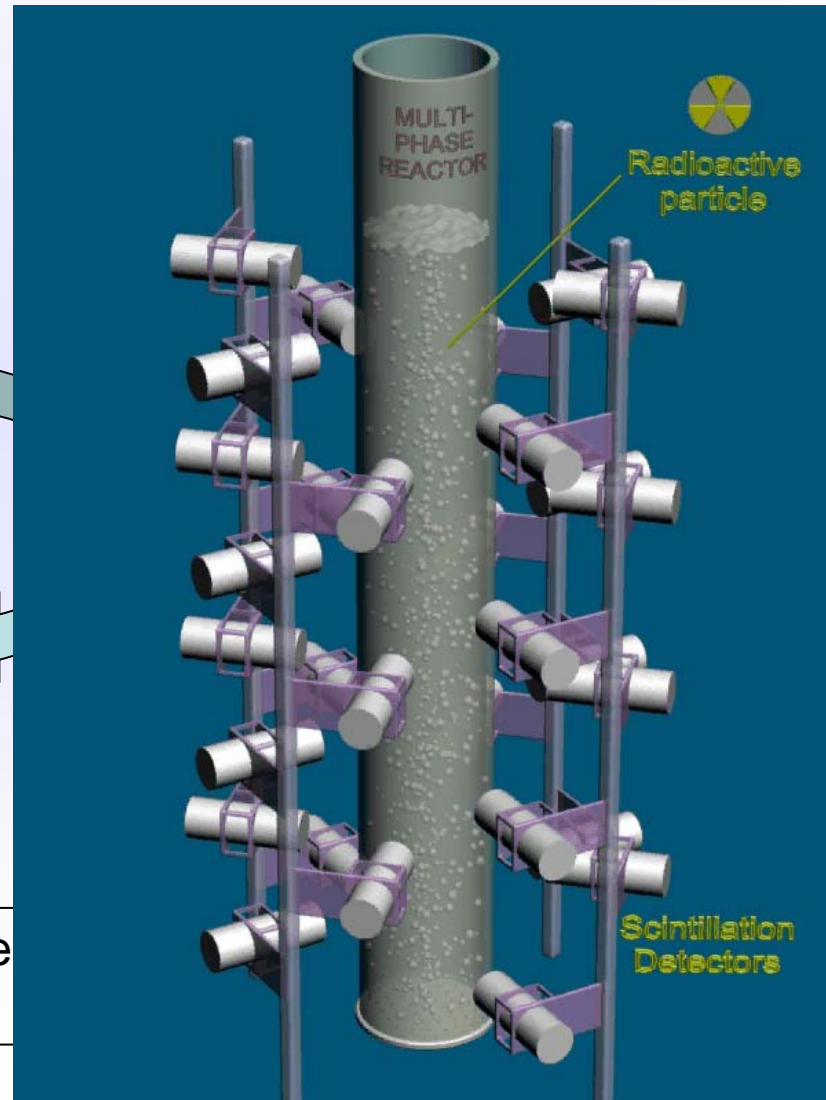
# Radioactive Particle Tracking (RPT)

técnica para **seguir el movimiento de una partícula trazadora** que representa la fase que se quiere estudiar, midiendo la distribución de intensidades de rayos  $\gamma$  emitidos por ella con un arreglo de detectores de centelleo

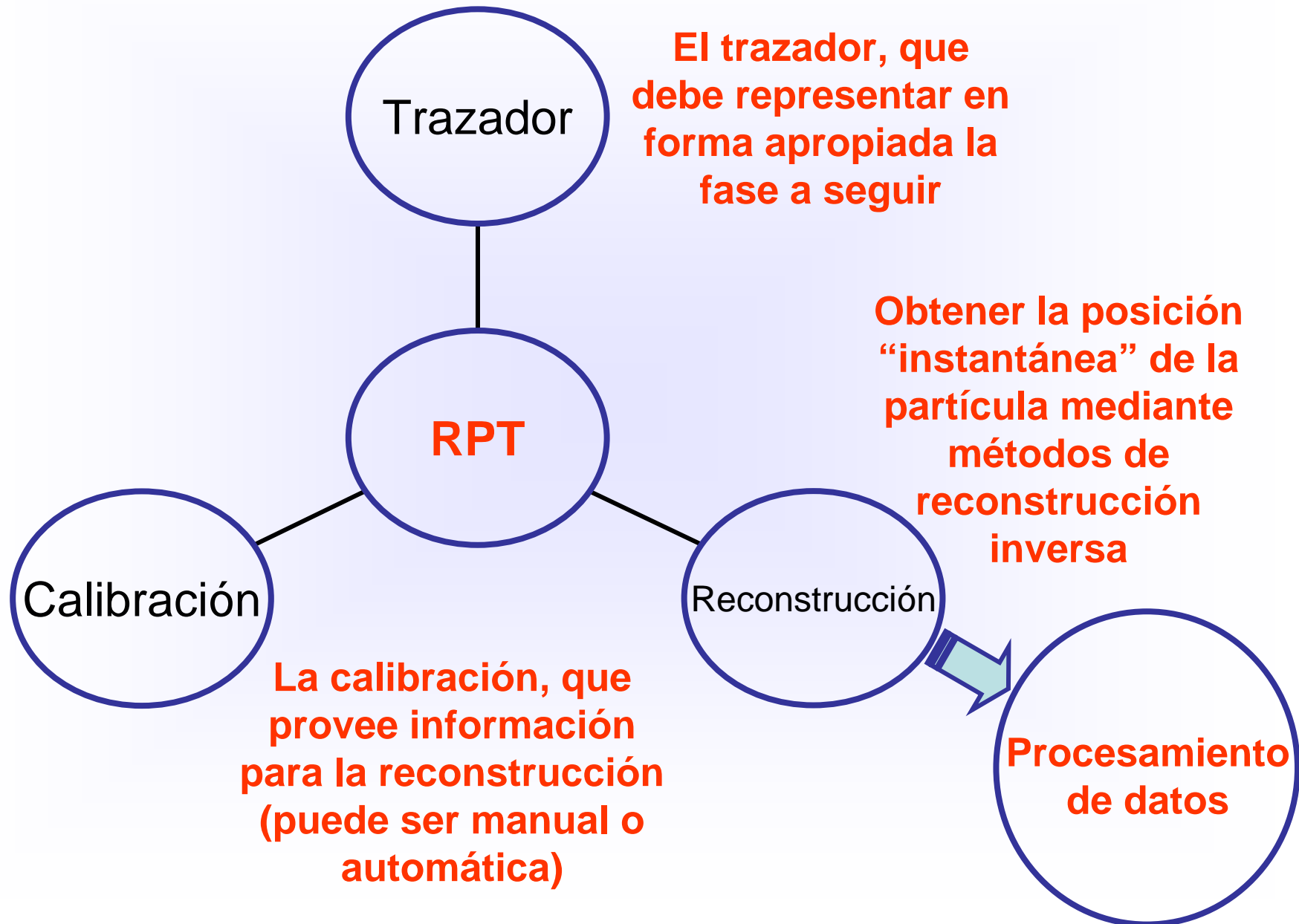
1) **Calibración in-situ:** se colectan simultáneamente en todos los detectores en uso, las cuentas emitidas por el trazador para un cierto número de posiciones conocidas en las condiciones de operación.

Calibración:  $(x,y,z)$   
Experimento  $(x,y,z,t)$

Velocidades instantáneas, fluctuante promedio

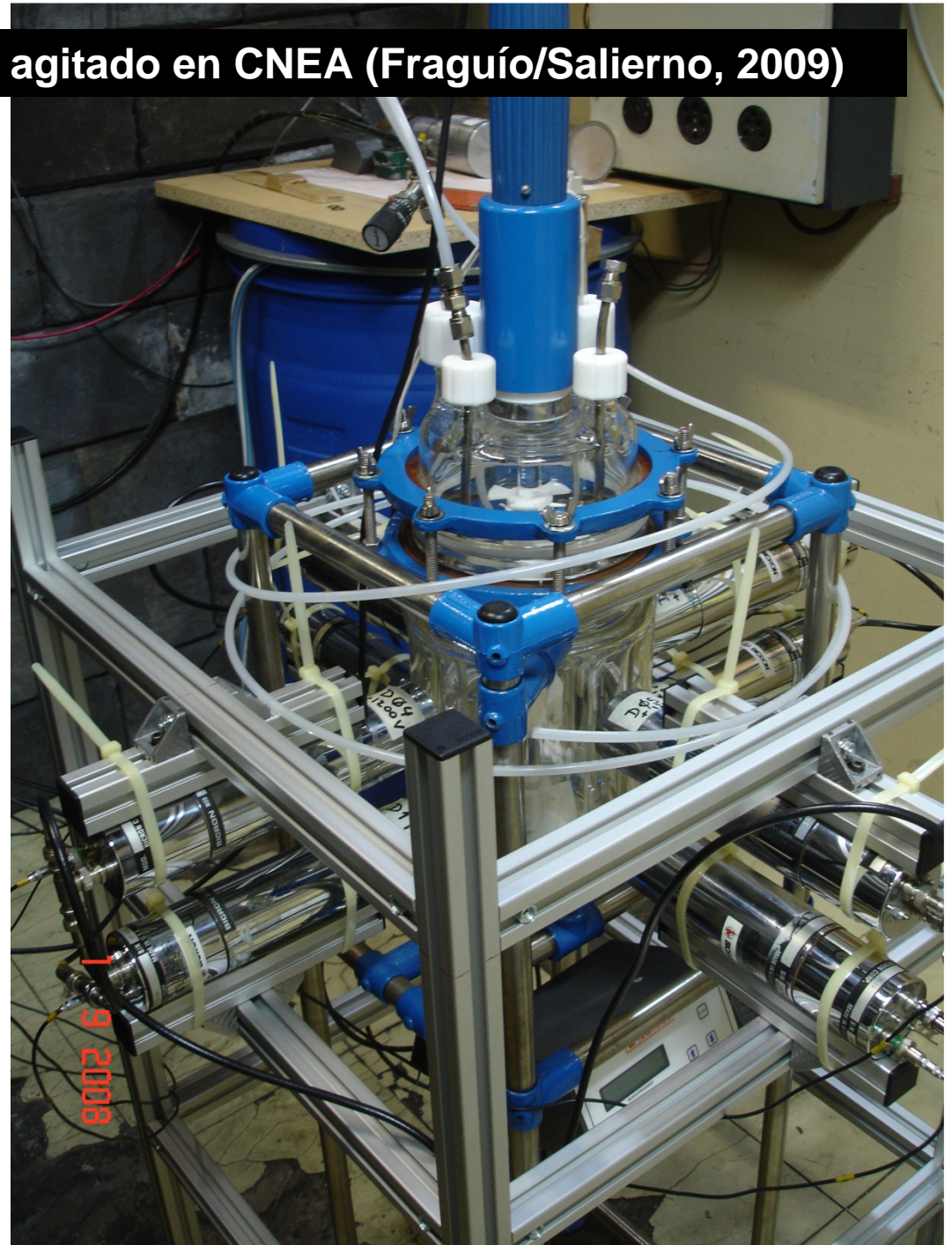
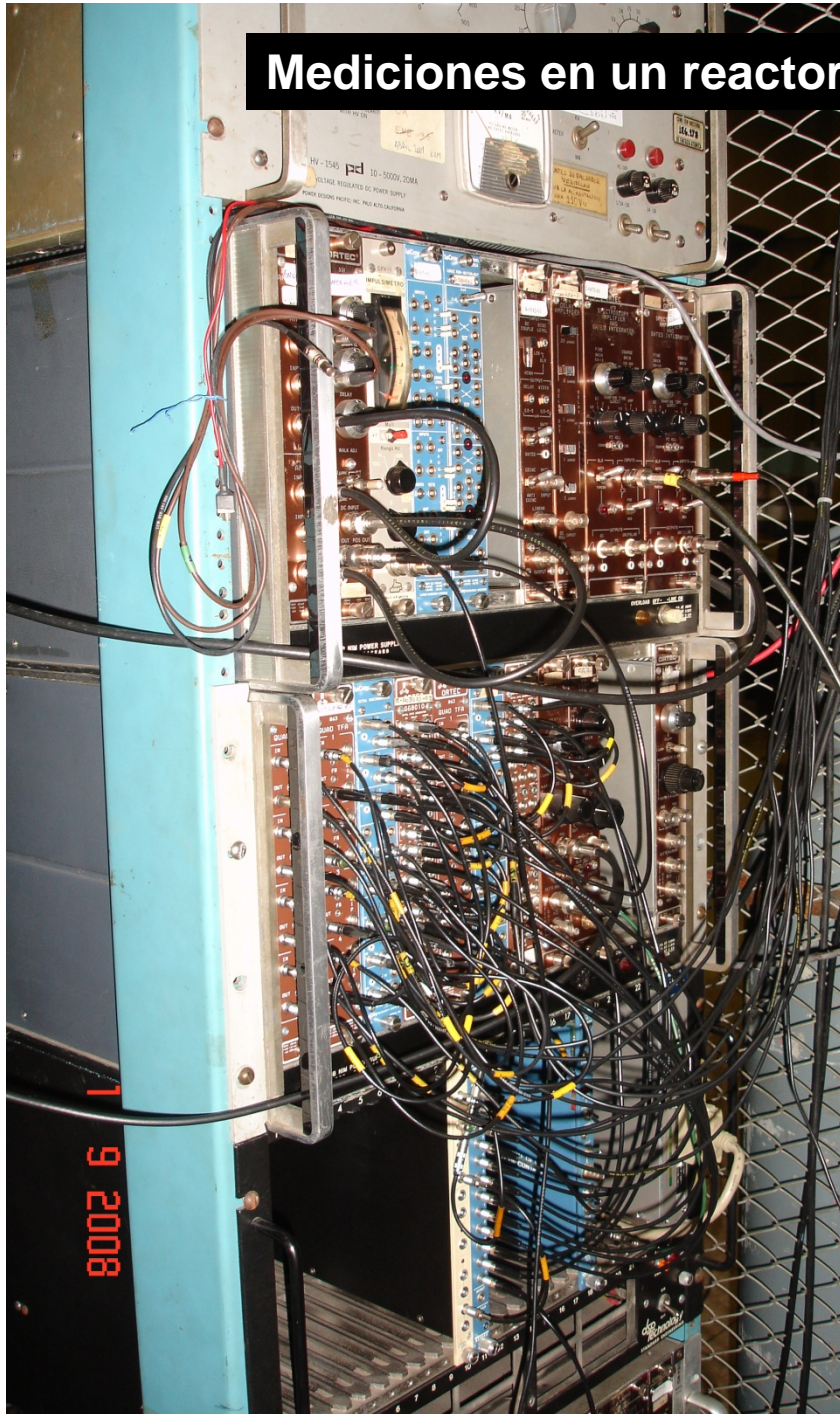


• • **La técnica de RPT consiste brevemente en:**





Mediciones en un reactor agitado en CNEA (Fraguío/Salierno, 2009)

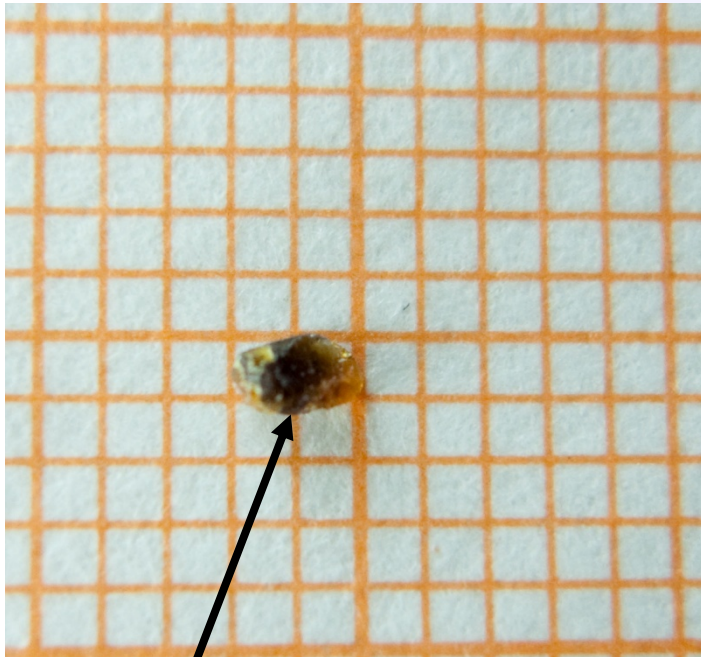






**Mediciones en un reactor agitado en CNEA (Fraguío/Salierno, 2009)**

# Trazador radiactivo



Granito de sal gruesa  
activado a  $^{24}\text{Na}$

## CARACTERISTICAS

- ★ **representar la fase en estudio:** similar tamaño, forma, densidad y propiedades colisionales.
- ★ ser **inerte** y **resistente** a la temperatura y abrasión
- ★ **intensidad** tal que se pueda contar un número estadísticamente significativo de fotones con la mayoría de los detectores, en un tiempo de muestreo corto (30ms)
- ★ **pureza** para facilitar la detección
- ★ **vida media** entre 10hs y 3 meses
- ★ **energía** relativamente alta para tener suficiente capacidad de penetración





**UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES**  
**FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES**  
PINMATE - Departamento de Industrias



# *Ejemplo de Resultados*



**UNSAM**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE  
SAN MARTÍN

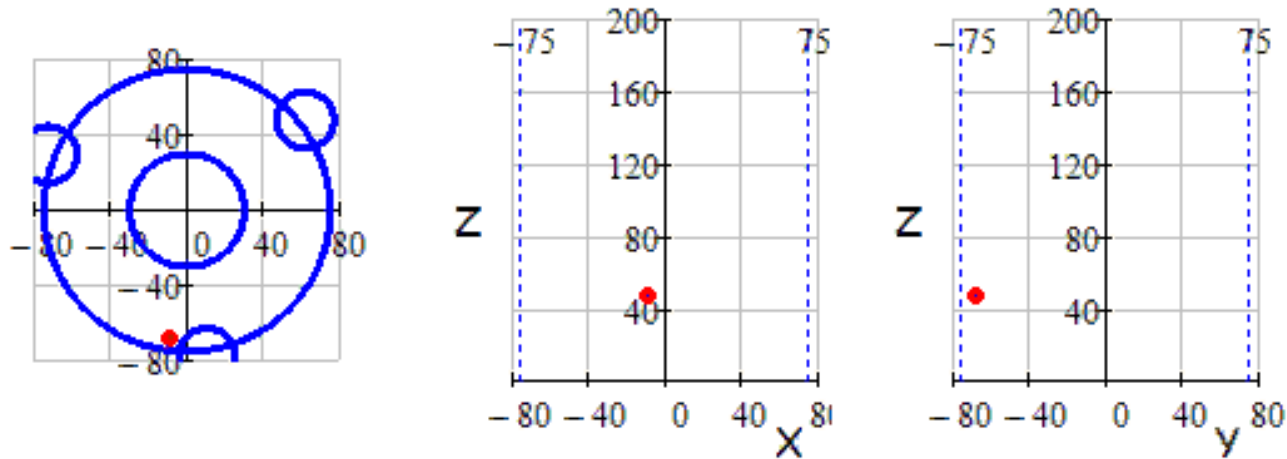


**UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES**  
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES  
PINMATE - Departamento de Industrias



## Trayectoria del radio-trazador

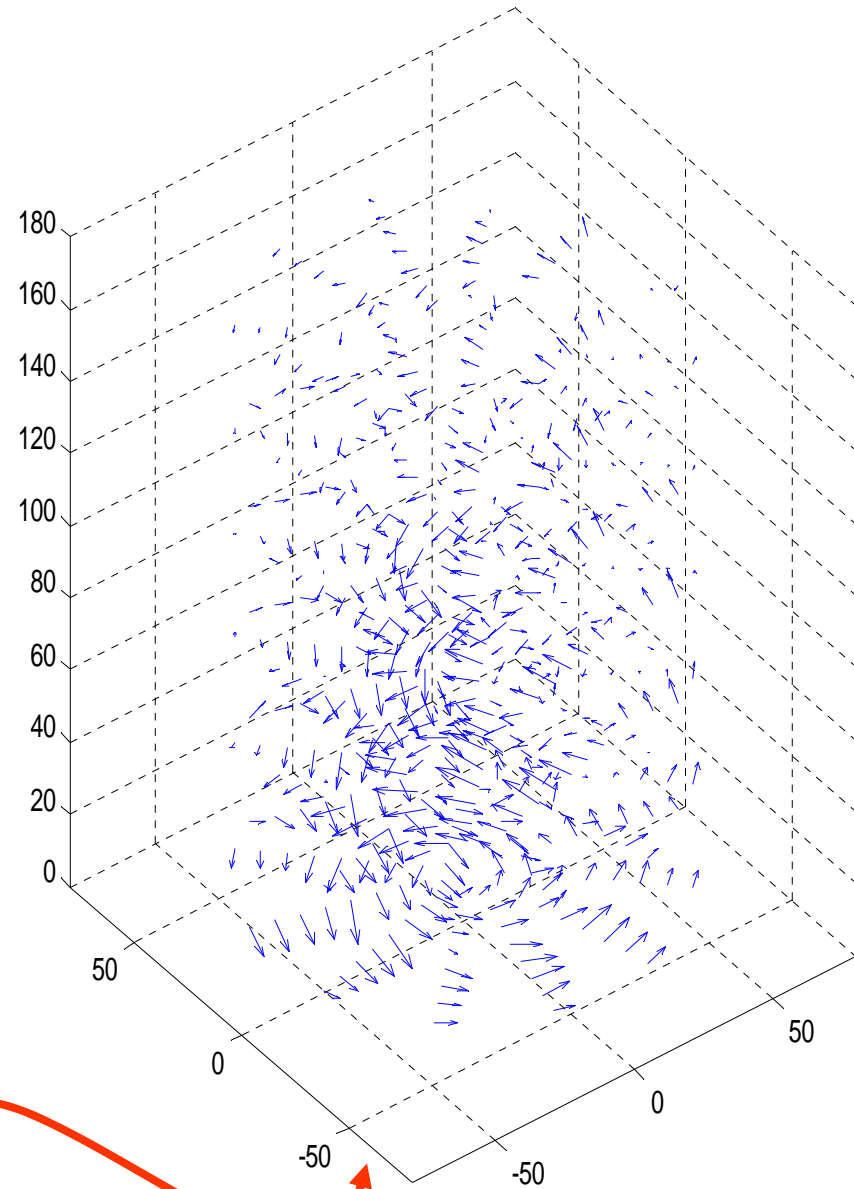
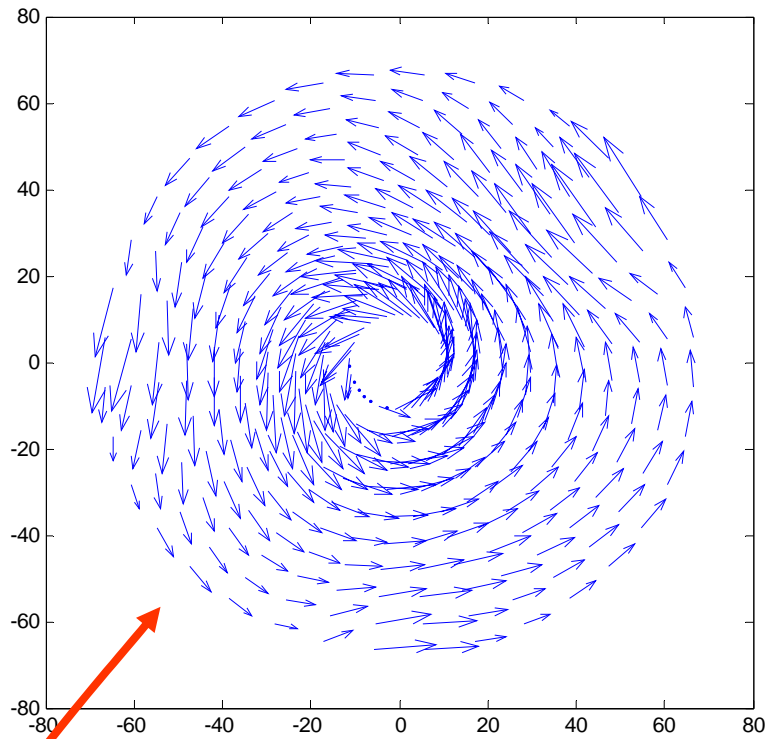
$t = 300\text{ s}$



**UNSAM**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE  
SAN MARTÍN



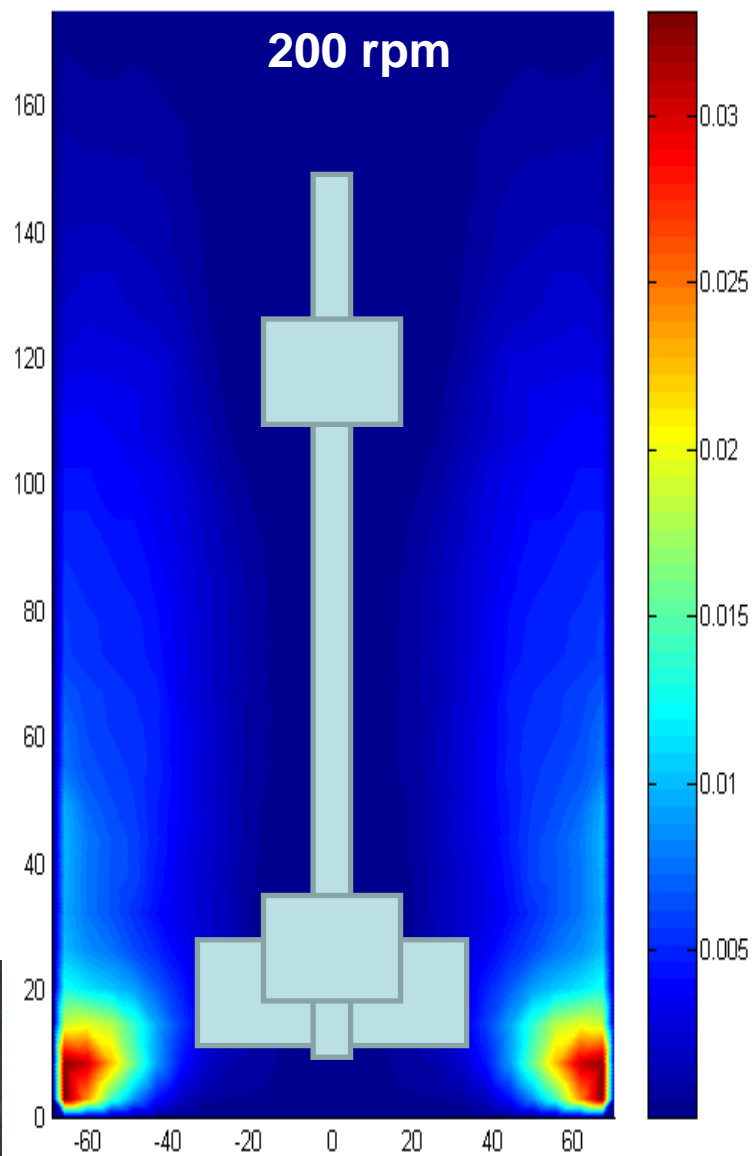
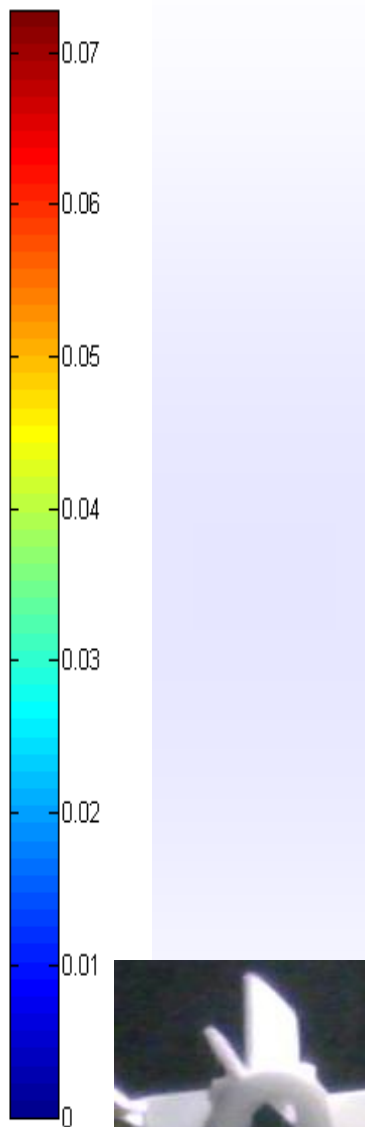
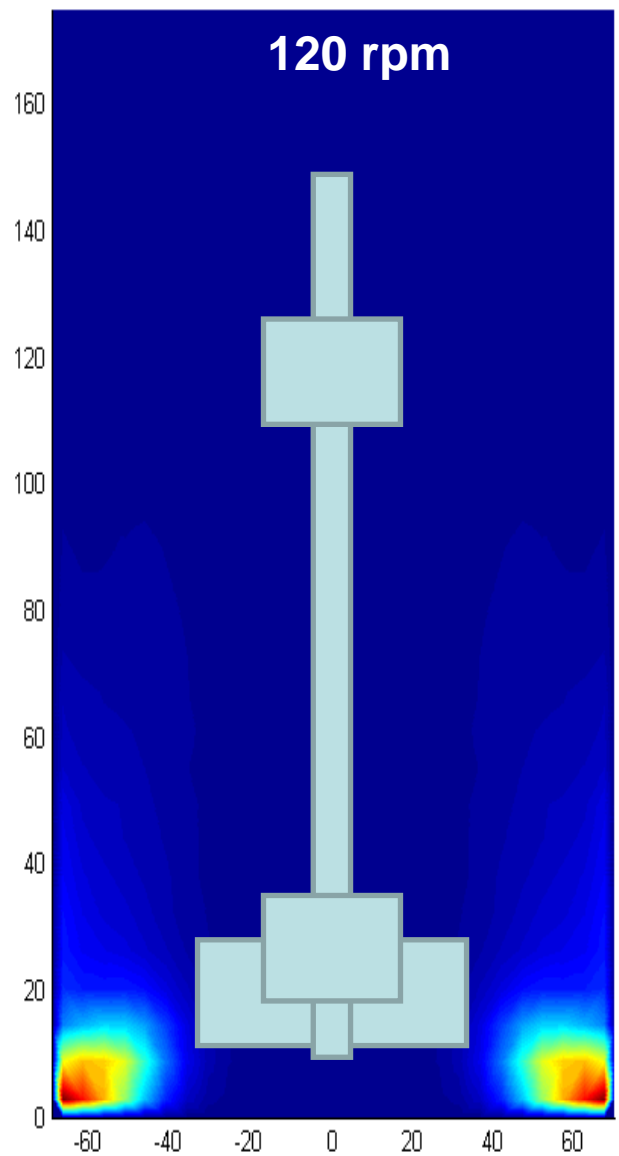
# Campo de velocidades



Campo tridimensional

Proyección sobre el eje x,y

# Distribución de probabilidades de localización de la partícula





**UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES**  
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES  
PINMATE - Departamento de Industrias



## *Conclusiones*

El mezclado de sólidos en equipos con lecho en suspensión se puede caracterizar empleando la técnica no-invasiva de “Radioactive Particle Tracking”, contribuyendo al diseño y control de la operación de estos equipos en la industria

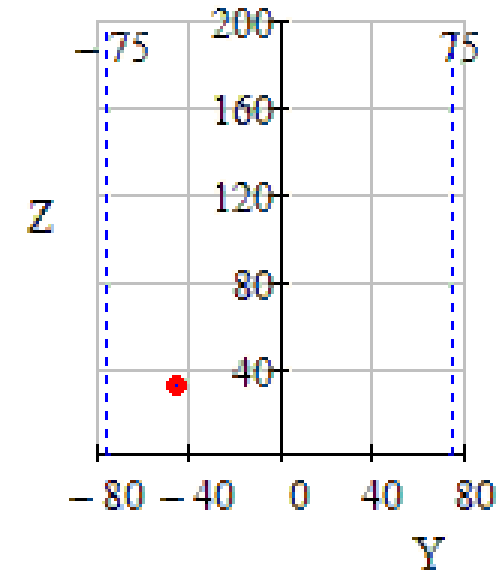
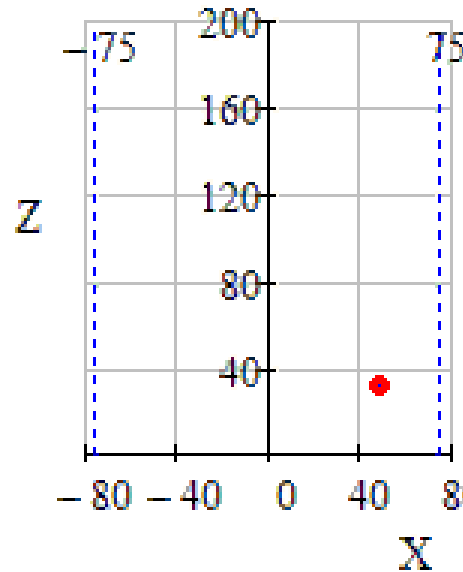
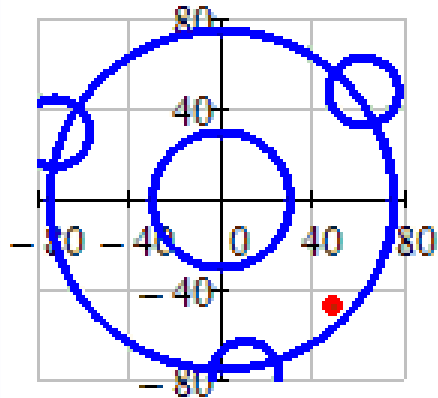


**UNSAM**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE  
SAN MARTÍN



## Trayectoria del radio-trazador

$t = 900 \text{ s}$



*Muchas gracias!*

*Preguntas?*

