

Incorporación de técnicas de muestreo mediante histogramas multidimensionales al código de simulación de fuentes de Monte Carlo KDSOURCE

Carrera: Ingeniería Nuclear

Lucas Ezequiel Ovando

Director: Dr. Ariel Marquez

Codirectora: Ing. Zoe Prieto

Jurado: Dr. Edmundo Lopasso

Jurado: Mg. Norberto Schmidt

San Carlos de Bariloche, Río Negro, Argentina. 19 de febrero de 2025



Resumen

- 1 Motivación
- 2 Introducción
- 3 Estado actual
- 4 Resultados preliminares
- 5 Conclusiones preliminares
- 6 Trabajo futuro



1. Motivación



Motivación

- **Problema:** En cálculos Monte Carlo de blindaje y extracción de haces de neutrones, se necesita determinar el flujo de radiación a grandes distancias de la fuente, en zonas de bajo flujo.
- **Solución:** Reducir tiempos de cómputo mediante técnicas de reducción de varianza.
- **Enfoque:** Incorporar técnicas de muestreo con histogramas multidimensionales en el código de simulación Monte Carlo KDSOURCE.



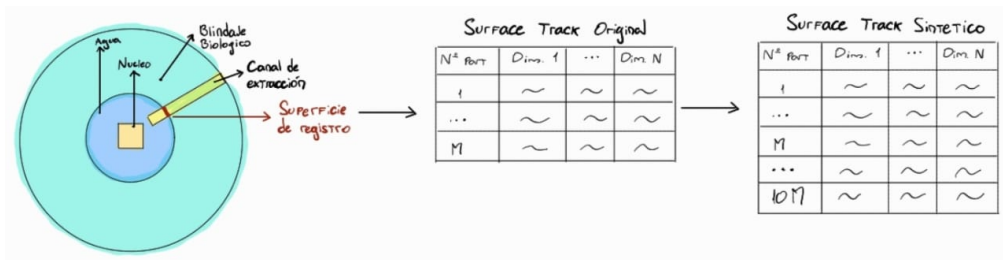
2. Introducción

Introducción

En este trabajo se planea incorporar una:

- Técnica de muestreo...
- ... mediante histogramas multidimensionales...
- ... al código de simulación de fuentes Monte Carlo KDSOURCE.

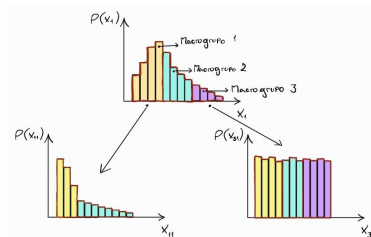
Introducción: Técnica de muestreo



A partir de una simulación Monte Carlo se obtiene una lista de las partículas que atraviesan una superficie de registro.

Luego se genera una lista de partículas de mayor tamaño para continuar la simulación desde esa superficie en adelante.

Introducción: Histogramas multidimensionales



Se realizan para poder obtener aproximaciones de la distribución de probabilidad de las variables de interés conservando la correlación entre las variables. **Se realiza un histograma de la primera variable y se la subdivide en macro grupos.**

Luego se realizan subsiguientes histogramas de la siguiente variable para cada macro grupo.

Se repite el proceso hasta formar un árbol de histogramas multidimensionales.

Introducción: Códigos Monte Carlo: OpenMC y KDSource



- Código Monte Carlo open source.
- Diseñado para simulaciones de transporte de partículas.



- Inicialmente para simular fuentes de neutrones y fotones mediante *kernel density estimation*.
- En desarrollo para incorporar histogramas multidimensionales.
- Originado en trabajos de grado y posgrado en el Instituto Balseiro.

3. Estado actual

Estado actual

- Interiorización del problema y de las técnicas a incorporar.
- Método para la aproximación de la distribución de probabilidad de las variables de interés a través de histogramas multidimensionales en Python. **Por el momento requiere del usuario para la selección de parámetros y funciona por fuera del código de KDSOURCE.**
- Método para la generación de listas de partículas sintéticas a partir de los histogramas multidimensionales en Python. **Por el momento falta traducirlo a C para incorporarlo al código de KDSOURCE.**
- Resultados preliminares en un canal de extracción de neutrones.
- **Todo el trabajo se ha realizado para neutrones, excluyendo los fotones.**



Histogramas multidimensionales

Histogramas macro:

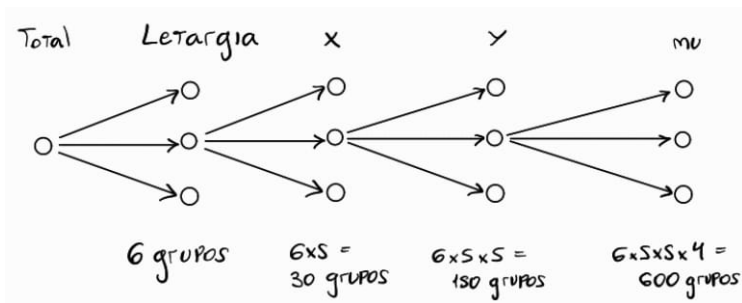
- Permiten agrupar partículas según su similitud por variables.
- En caso de tomar menos macrogrupos se obtiene mayor estadística, a costa de perder correlación entre variables.
- El usuario debe seleccionar la cantidad de macrogrupos, el orden del tratamiento de las variables y, de forma opcional, límites de macrogrupos manuales. **Por ejemplo, límites geométricos del canal de extracción.**

Input típico:

```
orden_columnas = ['letargia', 'x', 'y', 'mu', 'phi']  
macro_grupos = [6,5,5,4]
```

Histogramas multidimensionales

```
orden_columnas = ['letargia', 'x', 'y', 'mu', 'phi']  
macro_grupos = [6,5,5,4]
```



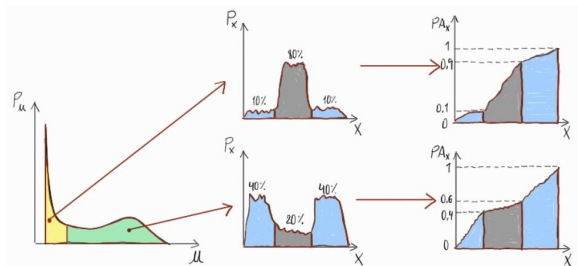
- Total: $6 + 30 + 150 + 600 = 786$ grupos macro en estructura de árbol.

Luego, para cada grupo macro se obtiene un histograma micro de la variable de interés.



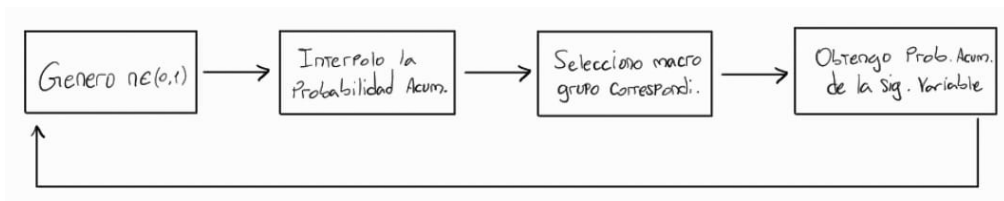
Histogramas multidimensionales

Histogramas micro:



- La elección del número de microgrupos es un compromiso entre obtener una buena aproximación de la distribución de probabilidad y evitar reproducir el ruido estadístico.
- A partir de este enfoque de macro y micro histogramas se logra aproximar la correlación intrínseca entre las variables de interés.

Muestreo de partículas

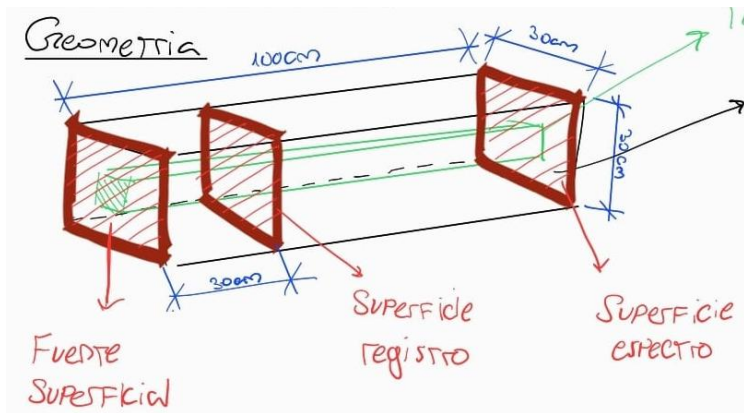


- Se generan N partículas sintéticas y se exportan con formato .h5 para poder ser leídas como fuente por OpenMC.
- Se contrasta el resultado de la simulación de la lista de partículas original y la lista de partículas sintéticas.

4. Resultados preliminares



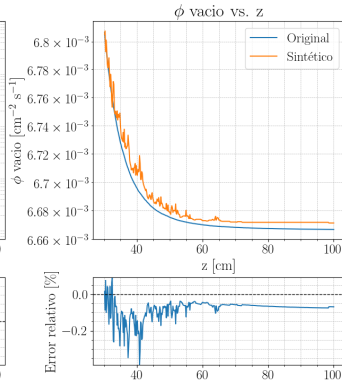
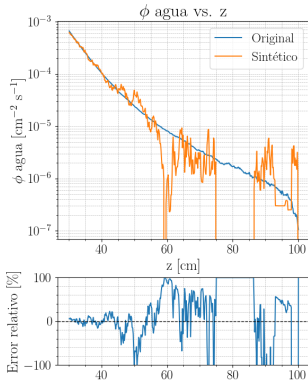
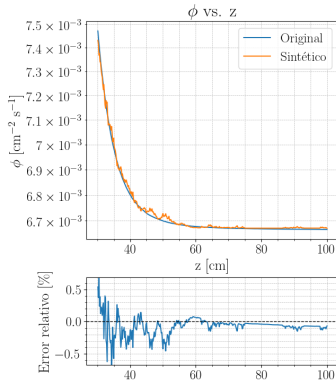
Ejemplo de aplicación



Características de la fuente:

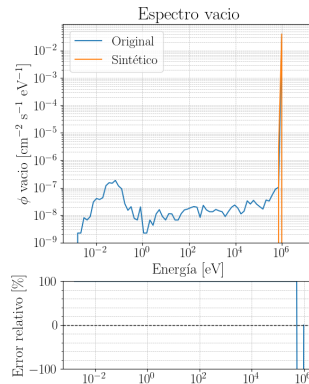
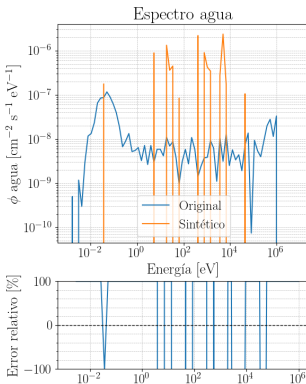
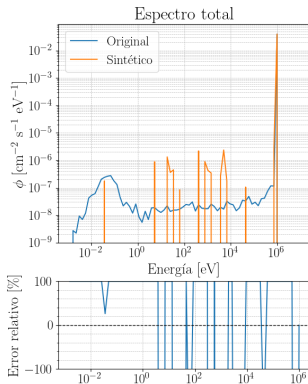
- Monoenergética de 1 MeV
- Uniforme en el plano XY
- Colimada en $\mu = 1$

Ejemplo de aplicación



Falta poner los datos de esta simulación. Pero no los puse porque después voy a hacer estos gráficos de vuelta y tal vez use otros inputs.

Ejemplo de aplicación



5. Conclusiones preliminares

Conclusiones preliminares

- Compromiso en la elección de macro y micro bins.
- Incorporación de límites manuales para aproximar la distribución de probabilidad en interfaces vacío/agua y partículas sin colisiones/con colisiones.
- Comentar que es relevante porque luego de un colimador el haz es bastante monodireccional.
- Ventaja relativa frente al método basado en KDE.

6. Trabajo futuro

Trabajo futuro

- Incorporar algoritmo de selección de parámetros automáticos.
- Incorporar a la API de KDSOURCE los métodos de histogramas multidimensionales.
- Incorporar a la API de KDSOURCE el método de muestreo de partículas sintéticas. **Esto incluye traducirlo a C y el acople on the fly.**
- Aplicar el método a la simulación del CHOPPER en el conducto N5 del RA6. **En este ejemplo podemos calcular a través de la simulación del RA6 y comparar contra medición.**

