

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 I

- 1 Motivación
- 2 Introducción
- 3 Resultados preliminares
- 4 Conclusiones preliminares
- 5 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

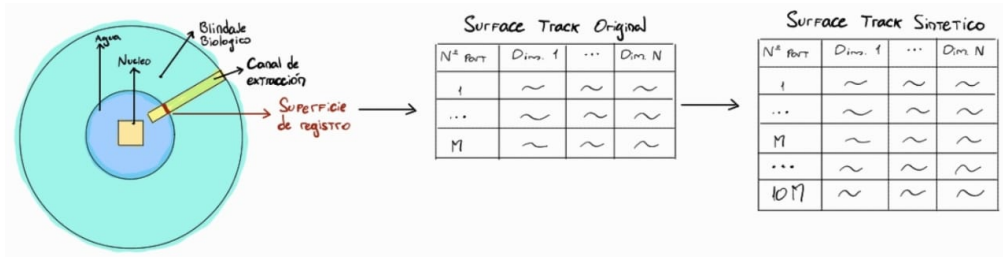
Introducción

En este trabajo se planea incorporar una:

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



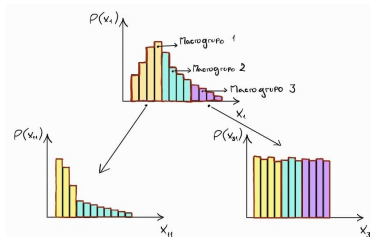
Introducción: Tecnica de muestreo



A partir de una simulacion Monte Carlo se obtiene una lista de las particulas que atraviesan una superficie de registro.

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

Introducción: Histogramas multidimensionales



Se realiza un histograma de la primer variable y se la subdivide en macro grupos. Luego se realiza subsiguientes histogramas de la siguiente variable para cada macro grupo. Se repite el proceso hasta formar un arbol de histogramas multidimensionales.

Esto se realiza para poder obtener aproximaciones de la distribucion de probabilidad de las variables de interes conservando la correlacion entre las variables.

Introducción: Codigos 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 la tesis de maestría de Inti Osiris Abbate.

3. Resultados preliminares



Resultados preliminares

- Interiorización del problema y de las técnicas a incorporar.
- Metodo para la aproximación de la distribucion de probabilidad de las variables de interes a traves de histogramas multidimensionales en Python. **Por el momento requiere del usuario para la seleccion de parametros y funciona por fuera del codigo de KDSOURCE.**
- Metodo para la generación de listas de particulas sinteticas a partir de los histogramas multidimensionales en Python. **Por el momento falta traducirlo a C para incorporarlo al codigo de KDSOURCE.**
- Resultados preliminares en un canal de extraccion de neutrones.
- Todo el trabajo se ha realizado para neutrones, excluyendo los fotones.



Resultados preliminares: Histogramas multidimensionales

Histogramas macro:

- Permiten agrupar particulas segun su similitud por variables.
- En caso de tomar menos macrogrupos se obtiene mayor estadistica, a costa de perder correlacion entre variables.
- El usuario debe seleccionar la cantidad de macrogrupos, el orden del tratamiento de las variables y, de forma opcional, limites de macrogrupos manuales. **Por ejemplo, limites geometricos del canal de extracción.**

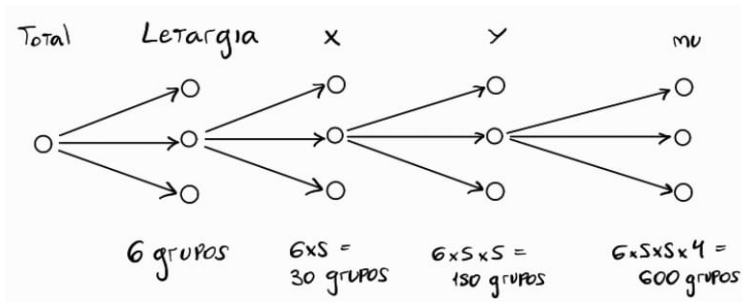
Input tipico:

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



Resultados preliminares: Histogramas multidimensionales

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



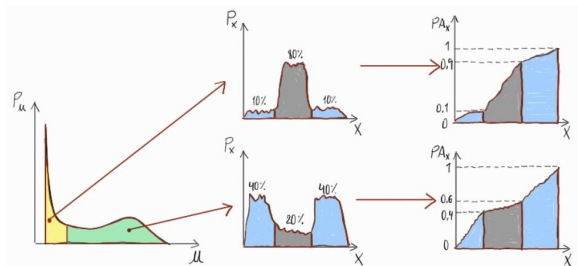
- Total: $6 + 30 + 150 + 600 = 786$ grupos macro en estructura de árbol.

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



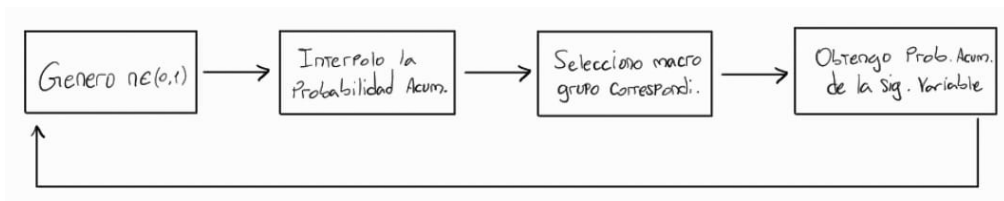
Resultados preliminares: Histogramas multidimensionales

Histogramas micro:



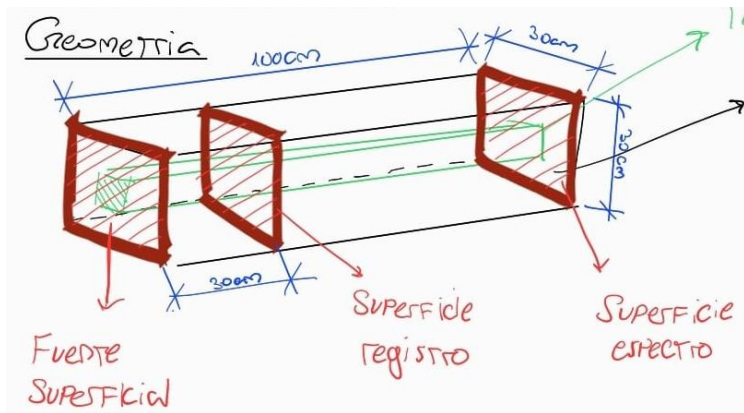
- La elección del número de microgrupos es un compromiso entre obtener una buena aproximación de la distribución de probabilidad y evitar reproducir el ruido estadístico.
- A partir de este enfoque de macro y micro histogramas se logra aproximar la correlación intrínseca entre las variables de interés.

Resultados preliminares: Muestreo de particulas



- Se generan N particulas sinteticas y se exportan con formato .h5 para poder ser leidas como fuente por OpenMC.
- Se contrasta el resultado de la simulacion de la lista de particulas original y la lista de particulas sinteticas.

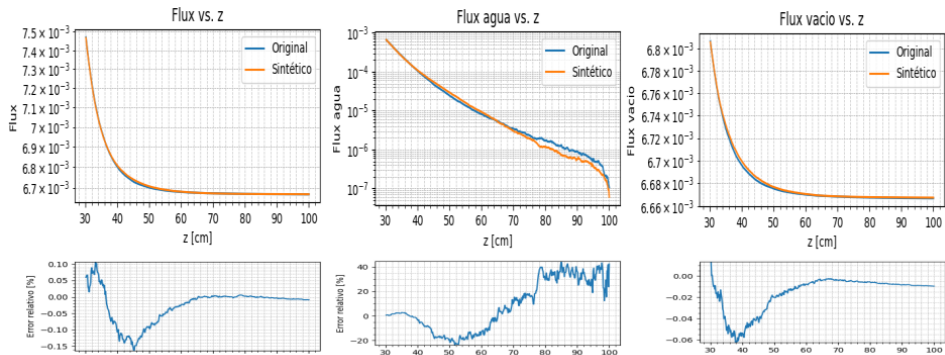
Resultados preliminares: Ejemplo de aplicación



Características de la fuente:

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

Resultados preliminares: Ejemplo de aplicacion



Falta poner los datos de esta simulacion. Pero no los puse porque despues voy a hacer estos graficos de vuelta y tal vez uso otros inputs.



Resultados preliminares: Ejemplo de aplicacion

Aca voy a poner un grafico como el anterior pero del espectro al final del tubo.

4. Conclusiones preliminares

Conclusiones preliminares

- Comentar las características delicas de la fuente que estamos utilizando (delta en mu y en letargia). Comentar que es relevante porque luego de un colimador el haz es bastante monodireccional.
- Hablar sobre la ventaja de utilizar histogramas en vez de gaussianas para seguir este tipo de fenomenos.
- Comentar la importacia de seleccionar manualmente los limites de los macrogrupos, tanto los geometricos como los de letargia.
- Comentar la importacia de seleccionar una cantidad apropiada de macro y micro bins.



5. Trabajo futuro



Trabajo futuro

- Incorporación de selección de parámetros automáticos (tal vez decir que lo de la distancia KL).
- Ver de simular un caso real donde el haz no es 100 % monodireccional sino que tiene algún grado de dispersión.
- 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.**
- Aplicación en el conducto N5 del RA6 para la simulación del CHOPPER. **En este ejemplo podemos calcular a través de la simulación del RA6 y comparar contra medición.**

