

pyPenred: A Python Interface for PenRed – An Extensible, Parallel Monte Carlo Framework for Radiation Transport

Vicent Giménez Alventosa¹, Sandra Oliver Gil²

¹ Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad

² Instituto de Seguridad Industrial Radiofísica y Medioambiental, (ISIRYM)



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Introducción

Los métodos de Monte Carlo son utilizados en gran variedad de campos científicos para resolver problemas de transporte de radiación a través de la materia.



Las simulaciones MC presentan una serie de desventajas

- Elevados tiempos de computación
- Conocimiento profundo de los parámetros involucrados
- Sintaxis propia de cada código para generar los ficheros de configuración
- Diferentes métodos para construir geometrías y/o aceptar formatos

Introducción

Algunas de estas dificultades desembocan en:

- Preparación de los ficheros larga y costosa
- Construcción de las geometrías tediosa
- Proceso de configuración de la simulación propenso a errores



pen_main



disc.geo



config.in



Cu.mat

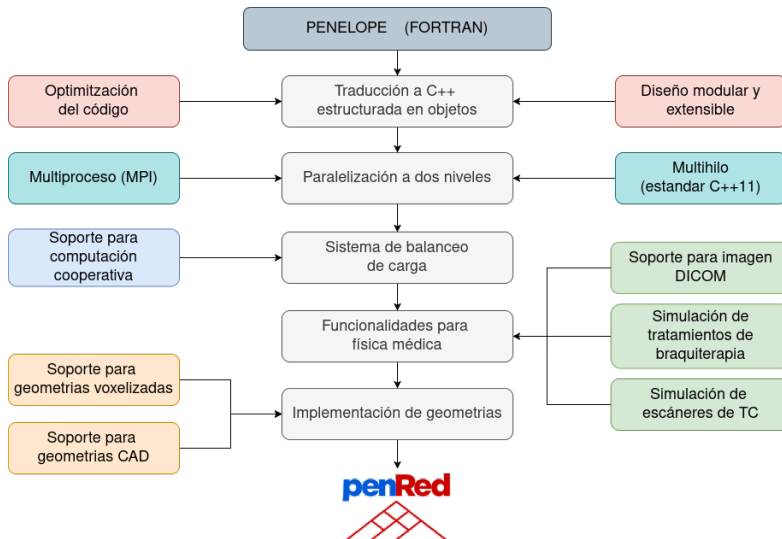
Objetivo

Simplificar el proceso de construcción de geometría y fichero de configuración en penRed mediante un plug-in de Blender y el desarrollo de pyPenred que permita realizar simulaciones en el entorno de Python.



Introducción

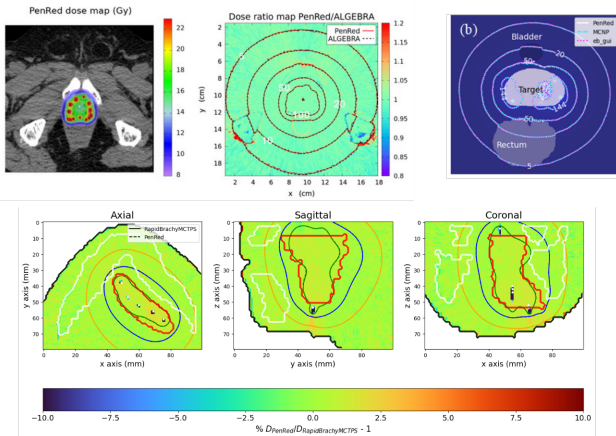
¿Qué es penRed?



Introducción

penRed

Participación en benchmarks de braquiterapia contra TOPAS, rapidBrachy, MCNP

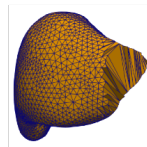
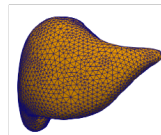
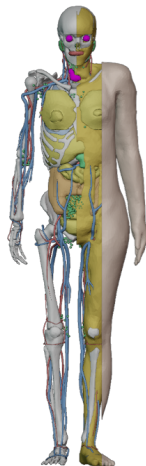


S. Oliver et al., Benchmark of the PenRed Monte Carlo framework for HDR brachytherapy, Zeitschrift für Medizinische Physik, 2022 <https://doi.org/10.1016/j.zemedi.2022.11.002>

Introducción

penRed: CAD

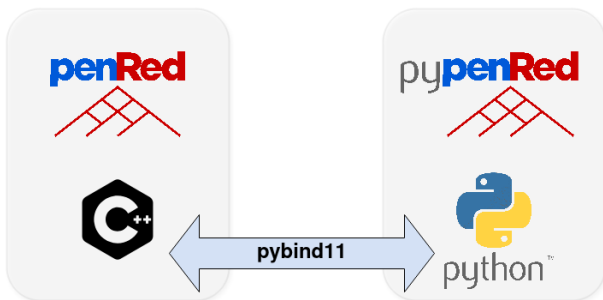
- Implementación del transporte de radiación en mallas triangulares
- Exportables desde Blender
- Compatible con múltiples formatos: STL, OBJ, GLTF, etc



S. Oliver, S.Rodríguez Bosca, V. Giménez-Alventosa, Enabling Particle Transport on CAD-Based Geometries for Radiation Simulations with penRed. Computer Physics Communications, 2024, <https://doi.org/10.1016/j.cpc.2024.109091>

Materiales y métodos

pyPenred



<https://penred.github.io/PenRed/pyPenred/>

Materiales y métodos

pyPenred

pyPenred's API documentation



pyPenred API

Search

CONTENTS:

[Simulation Module](#)

Materials Sub-Module

X-Ray Sub-Module

[PSF Module](#)

pyPenred's API



ON THIS PAGE

[plotResults\(\)](#)
[readConfigFile\(\)](#)
[runFromFile\(\)](#)
[writeConfigFile\(\)](#)

pyPenred.plotResults

```
simObj  
tallyName: str  
prefix: str = ''  
titles: list = []  
fontSize: int = 20  
labelPad: int = 20  
width: int = 12  
height: int = 9  
markerSize: int = 6  
capSize: int = 5  
aspect: str = 'auto'  
vrangle: list = []  
erangle: list = []  
grid: bool = False  
show: bool = False
```

[\[source\]](#)

Read and plot the results from a simulation object with a finished simulation. This function requires the matplotlib module, which will be installed in the system if it is not.

Materiales y métodos

pyPenred

Características principales

- Compatibilidad entre diferentes Sistemas Operativos (Windows, Linux, macOS)
- Instalación simple:
 - Distribución de ficheros pre-compilados
 - Scripts de instalación: *installPyPenred.sh*, *installPyPenred.bat*
 - Instalación como un paquete de Python: `pip install pyPenred`
- Ejecución en pocas líneas:

```
import pyPenred  
pyPenred.runFromFile("config.in")
```

Materiales y métodos

pyPenred



[Help](#) [Docs](#) [Sponsors](#) [Log in](#) [Register](#)

pyPenred 1.14.0.2

`pip install pyPenred`

 [Latest version](#)

Released: Sep 28, 2025

Python interface for penRed framework

Navigation

 [Project description](#)

 [Release history](#)

 [Download files](#)

Project description

pyPenred - Python Bindings for PenRed

[PenRed logo](#)

<https://penred.github.io/PenRed/pyPenred/> Python interface for the [PenRed](<https://github.com/PenRed/PenRed>) Monte Carlo radiation transport simulator, enabling programmatic control and automation.

Key Features

Currently pyPenred offers:

- **Direct Simulation Control**
Run PenRed simulations directly from Python scripts
- **Configuration management**

Verified details

These details have been [verified by PyPI](#)

Maintainers

 [vignial](#)

V. Giménez-Alventosa, S. Oliver

pyPenred

Thursday 30 Oct 2025

10 / 28

Funcionalidades implementadas

Sub-módulo de materiales

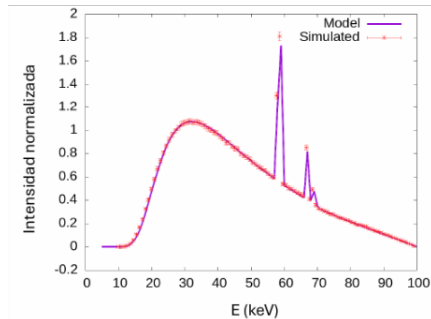
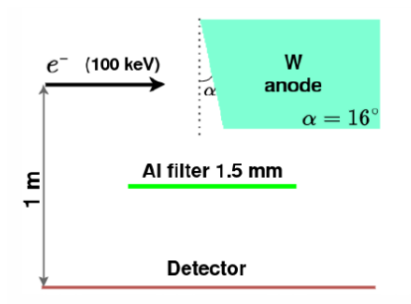
- `create`: material a partir de Z , *weight fraction*, ρ
- `createListed`: material a partir de ID de la base de datos de PENELOPE
- `mutren`: coeficiente μ_{en} para el material (`mutren.f` de PENELOPE)
- `range`: rango de las partículas en cm para el material especificado.

```
mu=pyPenred.simulation.materials.mutren(energies=E, density=1.0,  
composition=((1,0.112), (8,0.888)), tolerance=0.1, simTime=30)
```

```
range=pyPenred.simulation.materials.range(energies=[100e3,200e3],  
density=1.0, composition=((1,0.112), (8,0.888)), verbose=1)
```

Funcionalidades implementadas

Sub-módulo de rayos X



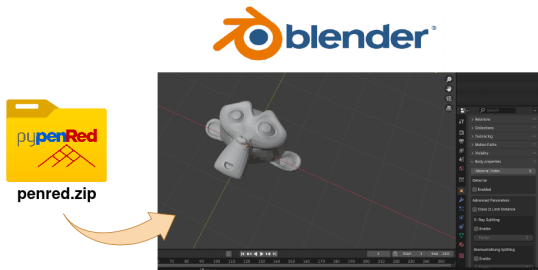
Materiales y métodos

Plug-in Blender

Integración en Blender para simulaciones con penRed

Desarrollo de un plug-in en Blender para integrar en un mismo entorno:

- construcción de geometrías
- configuración de parámetros de simulación
- ejecución de simulaciones



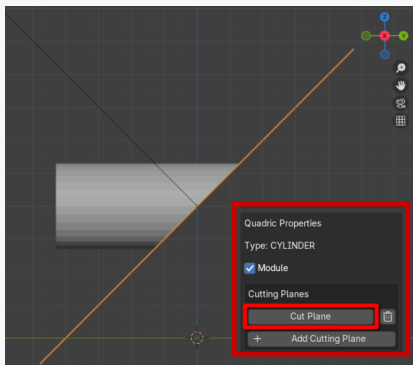
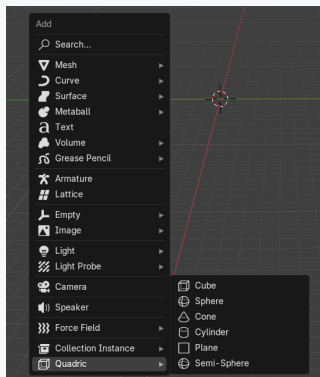
`src/utilities/Blender/version/penred.zip`

Materiales y métodos

Plug-in Blender

Quadric and meshed geometries

El plug-in proporciona un conjunto de objetos de **cuádricas** predefinidos, mientras que en **mallas** se aprovechan las herramientas de modelado de Blender

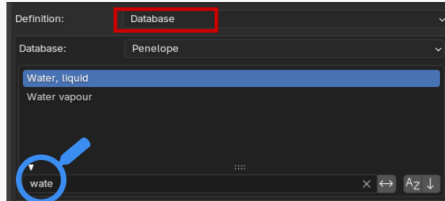
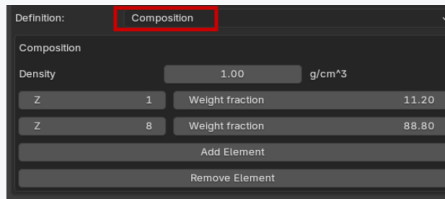
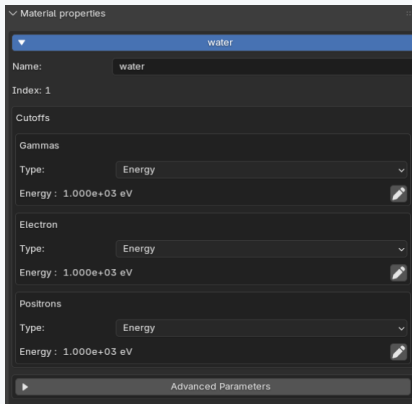


Materiales y métodos

Plug-in Blender

Parámetros de simulación

Definición de materiales

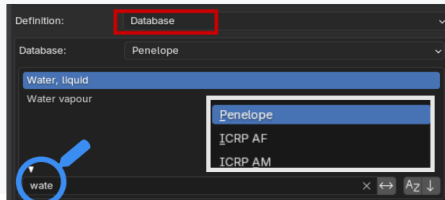
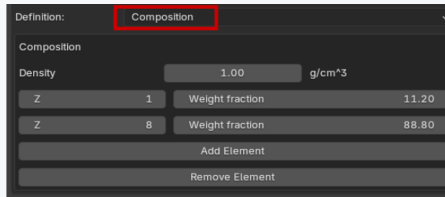
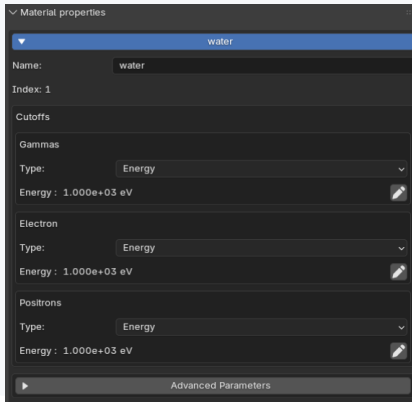


Materiales y métodos

Plug-in Blender

Parámetros de simulación

Definición de materiales

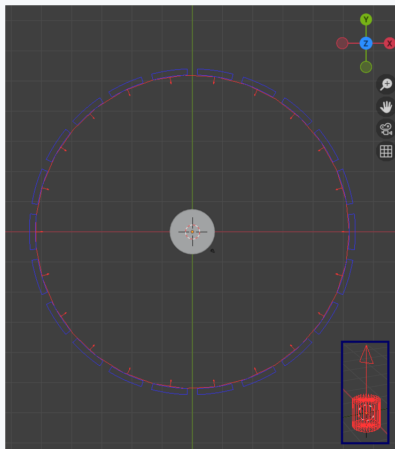
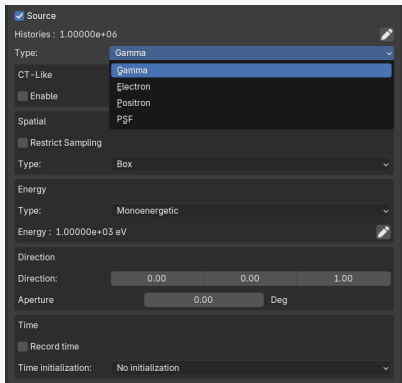


Materiales y métodos

Plug-in Blender

Parámetros de simulación

Definición de la fuente

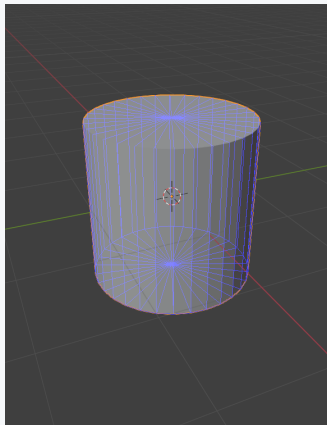
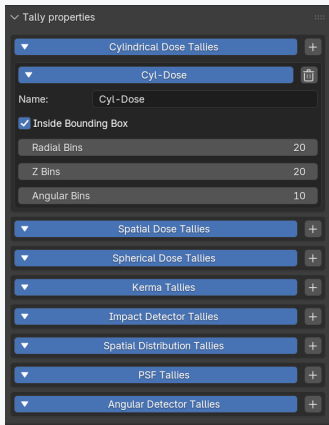


Materiales y métodos

Plug-in Blender

Parámetros de simulación

Definición de los tallies

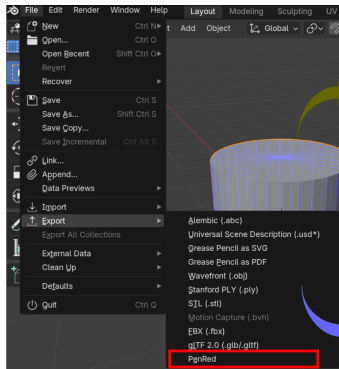
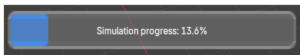
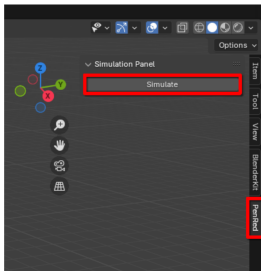


Materiales y métodos

Plug-in Blender

Exportación y simulación

- Ejecución directa en el entorno Blender → *Simulate*
- Exportación para simulación fuera del entorno Blender



disc.geo



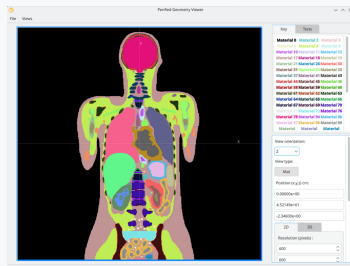
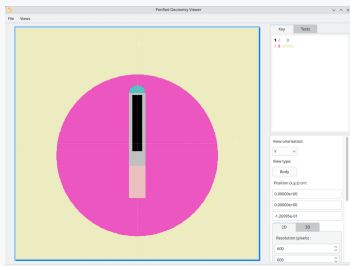
disc.in

Materiales y métodos

Visor de geometrías

Desarrollo de un visor de geometría dedicado

- Disponible en GitHub
- Compilación desde el código fuente o descarga de binarios precompilados (Release)
- Utiliza las librerías de geometría de penRed → depuración



Materiales y métodos

Tests de validación

Reproducción de un conjunto de tests del paquete de penRed

Para un conjunto de casos se proporciona en el paquete de penRed, el correspondiente fichero .blend junto con un notebook de Jupyter

Se han ejecutado tres casos para validación y evaluación de tiempo:

- penRed C++ nativo
- instalación de pyPenred via script de instalación
- instalación de pyPenred via `pip install pyPenred`



1-disc-novr.ipynb



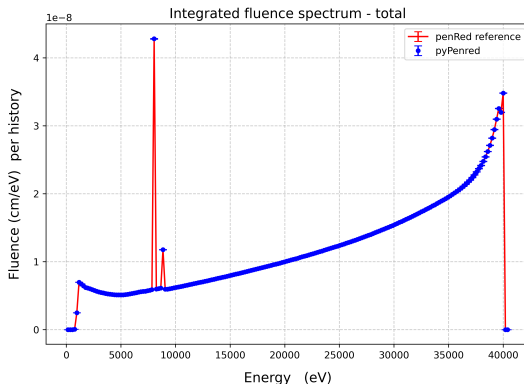
1-disc-novr.blend

Resultados

Validación

1-disc

Fuente puntual de electrones de 40 keV irradiando un cilindro de cobre.

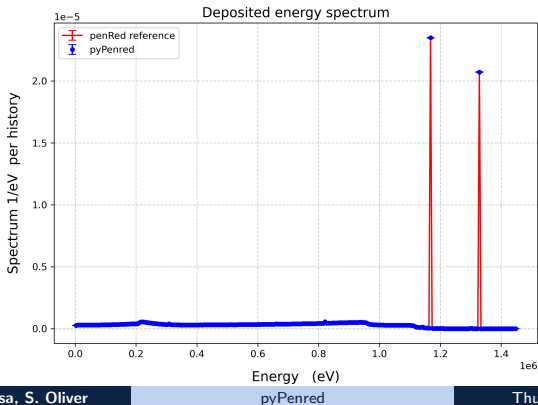


Resultados

Validación

3-detector

Fuente Co-60 emitiendo fotones hacia un detector de NaI con una placa de hierro.

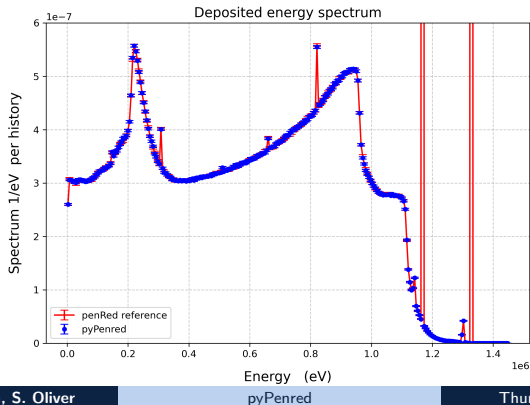


Resultados

Validación

3-detector

Fuente Co-60 emitiendo fotones hacia un detector de NaI con una placa de hierro.



Resultados

Comparación de tiempos

Para 3 ejemplos seleccionados

Example	Execution	Histories/s	Relative difference (%)
1-disc-novr	penRed native	59909	-
	pyPenred native	58988	1.54
	pyPenred pip	58035	3.13
2-plane	penRed native	38053	-
	pyPenred native	37408	1.70
	pyPenred pip	36808	3.27
4-x-ray	penRed native	2227	-
	pyPenred native	2197	1.30
	pyPenred pip	2128	3.10

pyPenred y Blender

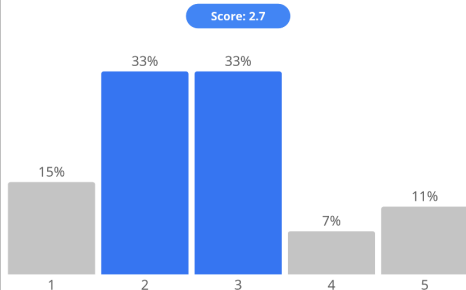
- pyPenred ofrece simplicidad de instalación y fácil integración en flujos de trabajo complejos
- Se mantienen buenas prestaciones, con una caída máxima del 3 – 3.5% para los pre-compilados.
- Mediante Blender se simplifica tanto la construcción de geometrías como la configuración de simulaciones complejas, eliminando fuentes de error

Conclusiones



Curso Simulación Monte Carlo Aplicada a la Física Médica con PenRed (1/29)

Queremos conocer su grado de satisfacción con el curso. Su opinión es de gran ayuda para mejorar los futuros cursos. Valore cada una de las cuestiones en una escala de 1 a 5: - Su nivel de conocimientos previos sobre los temas tratados en el curso



Conclusiones

Feedback alumnado

- Accesibilidad de penRed para nuevos usuarios Monte Carlo
- Facilidad para construir geometrías comparado con códigos que conocían previamente
- Satisfacción con la asimilación de los temas del curso (4.1/5)
- Respuesta del curso a sus expectativas (4.6/5)
- Probabilidad que recomiende este curso a algún colega (4.7/5)
- Satisfacción global del curso (4.7/5)

Trabajo futuro

PenRed

- Movimiento de geometrías
- Módulos específicos para dispositivos médicos (PET, CT, SPECT)
- Incorporación de penH

pyPenred y Blender

- Incorporación de utilidades y módulos ya presentes en penRed
- Incorporar soporte para visualizar y segmentar geometrías DICOM

Agradecimientos

- Conselleria de Educación, Universidades y Empleo (GVA), CIPROM/2021/64
- Conselleria d'Innovació, Universitats, Ciència i Societat Digital (GVA), CIPROM/2022/38