



FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS

Final proyect - Linac Medico

PRESENTS

Luis Carlos Arenas Villamizar

PROFESSOR

Alex Marcelo Tapias

Universidad De Medellín

2024-1

Introducción

Un acelerador médico lineal (LINAC) es el dispositivo que se usa más comúnmente para dar radioterapia de haz externo a enfermos con cáncer. Suministra rayos X de alta energía, o electrones, a la región del tumor del paciente.

El acelerador lineal médico, comúnmente conocido como LINAC (por sus siglas en inglés, Linear Accelerator), es una herramienta fundamental en la radioterapia moderna. Este dispositivo sofisticado utiliza tecnología de aceleración de partículas para generar haces de radiación de alta energía, los cuales son utilizados en el tratamiento de cáncer y otras enfermedades malignas. El objetivo principal del LINAC es entregar dosis precisas de radiación a tumores o áreas específicas del cuerpo, minimizando al mismo tiempo la exposición y el daño a los tejidos sanos circundantes. El LINAC personaliza los rayos X de alta energía, o electrones, para que se ajusten a la forma de un tumor y destruyan las células cancerosas sin afectar el tejido normal circundante. Cuenta con varios sistemas de seguridad incorporados para asegurar que emitirá la dosis de la forma indicada, y un físico médico lo revisa periódicamente para asegurarse de que funcione correctamente.

Geant4 permite la simulación detallada de los componentes del LINAC, desde la fuente de electrones hasta la generación y propagación del haz de radiación. Con G4, es posible replicar las condiciones físicas exactas dentro del acelerador, incluyendo la configuración geométrica y los materiales involucrados, así como los procesos físicos que gobiernan la aceleración y colimación de los electrones y fotones. Además, G4 facilita el análisis de la distribución de dosis en modelos anatómicos complejos, permitiendo una evaluación precisa de la efectividad y seguridad de los tratamientos de radioterapia.

Entonces el acelerador lineal médico es un pilar en la oncología moderna, proporcionando un enfoque de tratamiento preciso, adaptable y altamente efectivo, pero para su uso debemos de modelar antes de tener pruebas con un paciente, por ese caso usaremos G4 para este modelo, cabe recalcar que su desarrollo y perfeccionamiento continúan avanzando, con investigaciones y mejoras tecnológicas que buscan optimizar aún más los resultados terapéuticos y reducir los efectos secundarios para los pacientes.

En este artículo veremos como modelar una cabeza humana con su cerebro y bombardearla con partículas como positrones entre otras, y estas que nacen desde una particle gun y tendremos un modelo básico de LINAC.

Geant4

Por que la radiación sería util sobre celulas cancerigenas? Sucede que todas las celulas puede ser dañadas o puede ser "Matadas" por la radiación , pero las celulas cancerigenas son más propensas a ello, tal que la terapia de radión usa ese principio para matar a las celulas cancerigenas, Uno de los problemas más grandes sobre estas terapias es que su efectividad depende del acelerador linear (LINAC) para dar una dosis exacta de radiación al cuerpo en respecto.

Como es creado el X-Beam

El X-beam es creado cuando los electrones golpean e interactuan con un "Tungsten target" Cuando golpean este objetivo la energia de los electrones se convierte en photons o rayos-x, estos fotones sales disparados en una cantidad de direcciones y el colimador principal hace que solo pasen fotones creando o simulando un cono, este colimador ayuda a filtrar exceso de fotones y que no logren llegar al cuerpo, además ayuda a minimizar el tamaño del haz de radiación clínica resultante.

Simulación

Cerebro y Cabeza

1. **Cabeza** La cabeza esta compuesta por "G4 MUSCLE WITHOUT SUCROSE" diseñado para el cultivo de células musculares sin la inclusión de sacarosa, adaptado para satisfacer las necesidades específicas de estos tipos celulares y los requisitos experimentales de los investigadores.

Y en este caso vamos a usarlo para modelar la cabeza de un humano para que sea el target o el blanco de la prueba.

2. **Cerebro** El cerebro estará compuesto por "G4 TISSUE SOFT ICRP" material predefinido en Geant4 que permite simular con precisión las propiedades del tejido blando humano según las recomendaciones del ICRP.

Todo esto fue para tener un modelo bueno que trate de imitar la cabeza del cuerpo humano.

Para finalizar dentro del mismo codigo la cabeza y el cerebro fueron declarados como Sensitive Detector, esto para luego de bombardearlos con radiación conocer las entradas, y todo tipo de información sobre lo sucedido a este modelo de cabeza.

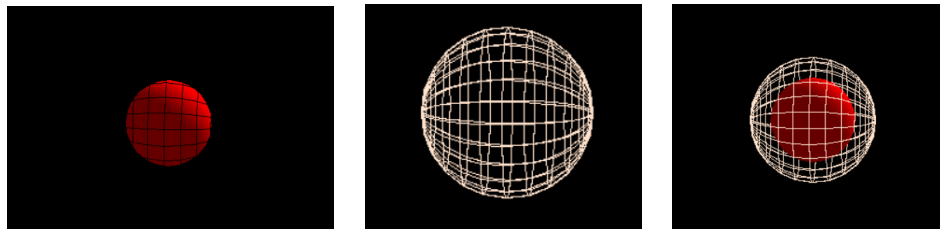


Tabla 1: Cabeza a radiar.

Linac

1. **Tungsten Target** El blanco está hecho usualmente de un material de alto número atómico (como tungsteno) y se usa para producir rayos X de alta energía (fotones) cuando es golpeado por electrones acelerados como lo había mencionado previamente.

Algunas aracteristicas son

- a) **Material** Tungsteno
- b) **Radio interno:** 0.0 cm (cilindro sólido).
- c) **Radio externo:** 1.5 cm.
- d) **Grosor:** 1 mm.

2. **Absorber** Absorbe los electrones residuales después de que interactúan con el blanco para reducir el número de electrones secundarios que pueden afectar la medición o el tratamiento.

Algunas aracteristicas son

- a) **Material** Grafito
- b) **Radio interno:** 0.0 cm (cilindro sólido).
- c) **Radio externo:** 1.5 cm.
- d) **Grosor:** 1.5 cm.

3. **Colimador** Moldea y estrecha el haz de rayos X (fotones) para asegurar que se dirija con precisión al área de tratamiento, minimizando la exposición al tejido sano circundante.

Algunas aracteristicas son

- a) **Material** Tungsteno
- b) **Radio interno :** 4.0 cm (crea una apertura) (cilindro con apertura).
- c) **Radio externo:** 12 cm.
- d) **Grosor:** 10 cm.

4. **Electrodos** Los electrodos se utilizan para crear un campo eléctrico uniforme. En el contexto de un acelerador lineal, pueden ser utilizados para guiar o acelerar partículas cargadas. Pero en nuestro caso será de acelerar las particulas, o esperar que este las acelere.

Algunas aracteristicas son

- a) **Tamaño xy:** Igual al colimador
- b) **Grosor:** 1 mm.

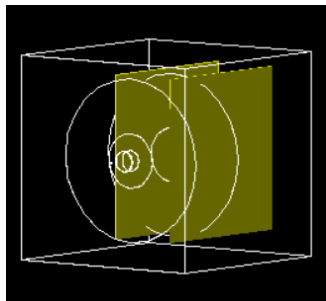


Tabla 2: Medic Linac complete view

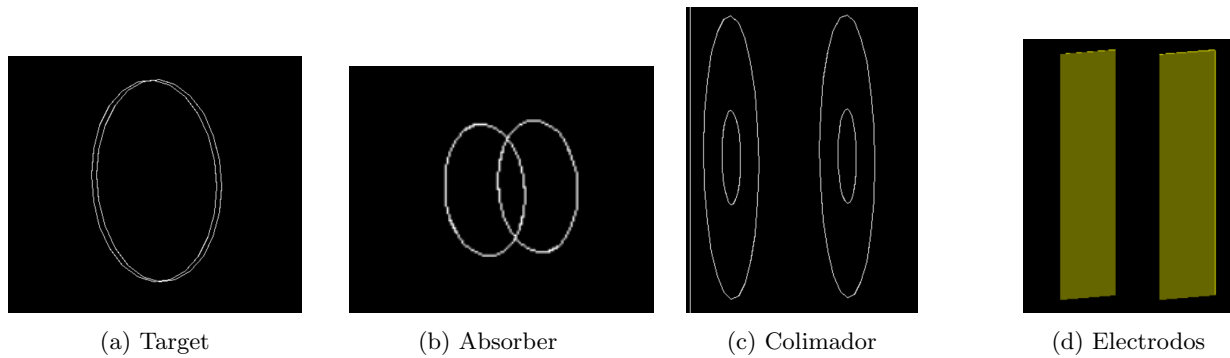


Tabla 3: Medic Linac per parts

1. Funcionamiento

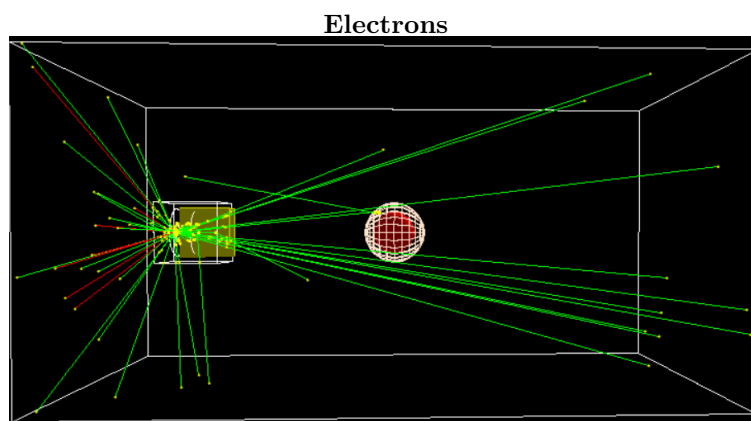
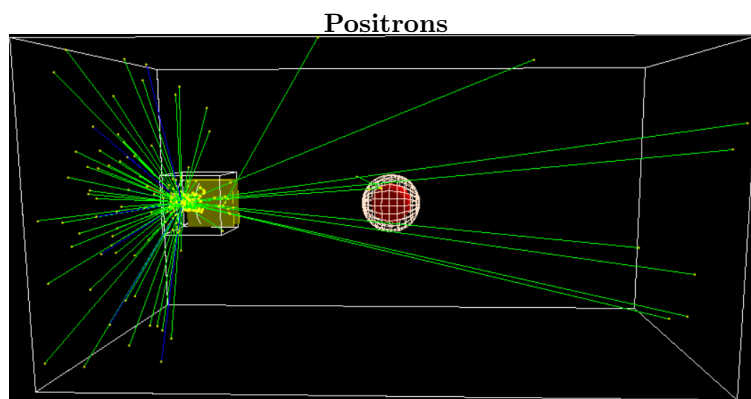
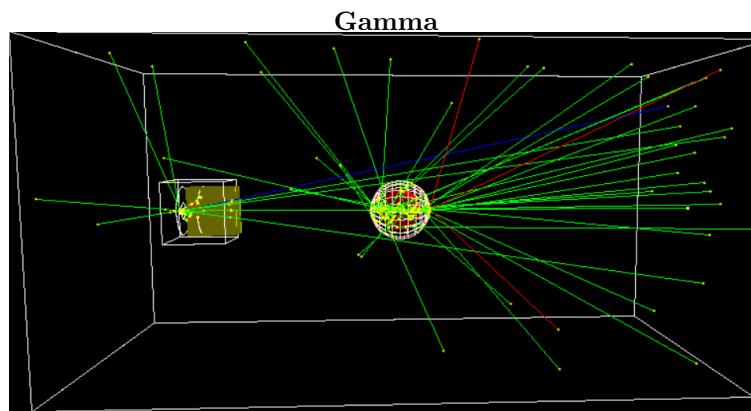
1. **Las partículas** Nacen desde el particle gun (El tipo de partícula la define propiamente el investigador, en nuestro caso usaremos partículas gamma, positrones y electrones) y son dirigidas hacia el target (El blanco de tungsteno).
2. **La interacción** con el tungsteno (Target) produce rayos - X como lo habíamos conocido o fotones, investigando más a fondo esto sucede por el proceso Bremsstrahlung, el cual no voy a profundizar.
3. **Los electrones** residuales son absorbidos por el absorbente de grafito, asegurando que el haz esté compuesto principalmente por fotones.
4. **El colimador** estrecha y moldea el haz de rayos X formando un tipo de cono, asegurando que se enfoque en el área objetivo (por ejemplo, un tumor cancerígeno en aplicaciones médicas). un tamaño promedio de donde se estrella llega a ser de 40cm x 40cm.
en los linacs de hoy en día más avanzados los colimadores llegan hasta enfocar los rayos-x de manera que se ajusten exactamente a la forma del tumor, teniendo diferentes geometrías complejas. más en este caso al ser modelo simple no será de esa manera.
5. **El detector** de dosis mide la cantidad de radiación entregada, asegurando que se administre la dosis correcta. Esto lo podríamos ver con el Sensitive detector, en este caso no fue posible la implementación de la cantidad de radiación hacia el cuerpo en concreto.
6. **Los electrodos** al formar un campo eléctrico uniforme buscamos que la partícula tenga alguna interacción con el campo y así se acelere como en los linac originales.

2. Algunos datos sobre G4

Geant4 tiene una visualización sobre como representa las partículas mediante colores, así que sería oportuno conocer mejor estos colores antes de visualizar resultados.

1. **Red** Para electrones o cargas negativas.
2. **Green** Carga neutra o fotones.
3. **Blue** Cargados positivamente.

3. Simulación con partículas.



Bombardeamos la cabeza con positrones, electrones y partículas gamma para ver la reacción de estos sobre el cuerpo luego de pasar por un el linac.

Vemos que la mejor reacción realmente es en las partículas gamma ya que no reacciona tanto con el tungsteno.

4. Conclusiones

1. En este artículo podemos modelar para tener una visión más detallada de un LINAC como en la radioterapia, usando de modelo una cabeza humana. Este para tratar de modelar el tratamiento contra tumores cancerígenos.
2. Hoy en día la radioterapia es muy importante sobre tratamientos de ciertas enfermedades por su eficacia y modernidad, y hacer un modelo proporciona una forma precisa y controlada de cuanta dosis de radiación hacia los tumores, y tal como lo vimos antes encontrar cual es esta dosis para minimizar el daño a células sanas y únicamente matar a las células cancerígenas.
3. Geant4 es una herramienta demasiado poderosa para este tipo de modelos ya que nos ayuda a tener un modelo bastante preciso del linac, pero además de partes del cuerpo como lo son los músculos y partes más sensibles como los órganos (En este caso el cerebro) y el uso partículas (como positrones, electrones y fotones gamma) bombardeadas en este tipo de cuerpos nos hace posible evaluar y optimizar la distribución de dosis y la efectividad del tratamiento.
4. El uso de modelos puede ayudar a futuras optimizaciones para ayudar a maximizar la radiación hacia células cancerígenas y minimizar a células sanas.
5. El documento valga la redundancia puede ser útil ayudando tipo herramienta educativa.

References

- [1] Acelerador lineal (LINAC) - Radiologyinfo.org
- [2] recovered <https://github.com/john9francis/g4-medical-linac/releases/tag/v0.1.0>
- [3] recovered <https://www.youtube.com/watch?v=jSgnWfbEx1A>