

Estimación y Evaluación de Eficiencia de Atenuación en Elementos de Protección Mediante Simulación en Geant4.

Isabel Alejandra Morales Salamanca

1 de agosto de 2020

1. Antecedentes

Los efectos perjudiciales que causaba la exposición a la radiación se conocen desde la época en que se crea el primer Congreso Mundial de Radiología (1928) llamado “*Comité Internacional de Protección para los Rayos X y el Radio*”. Posteriormente, años mas tarde (1950), el Comité se reestructuro en lo que hoy se conoce como “*Comisión Internacional de Protección Radiológica*”, un referente a nivel mundial que establece conceptos, principios y normativas internacionales y nacionales de un Sistema de Protección.

Los primeros reportes de prendas para protección de radiación datan de los años ochenta (1980), estos elementos eran para el uso en personas expuestas potencialmente a energías de tipo radiactivo.

Uno de los primero estudios enfocados a generar sistema de protección, corresponde a un análisis cuyo objetivo es caracterizar una prenda de uso corporal de dos piezas continuas y verticales (chaleco ajustable y falda) construido bajo la estructura de multicapas de material resistente a la radiación [Gayle J. Maine,1980].

Posteriormente en el año 1994, se crea y se estructura una prenda protectora o chaleco que hace uso de materiales que resisten la radiación, se caracteriza su forma y diseño con la finalidad de disminuir el agotamiento en la parte superior del cuerpo de quien la use [Terry Simpkin,1994].

Años mas tarde, se adelanta la construcción de un delantal frontal con correas para los hombros y alerones (aletas cruzadas) que permiten la distribución del peso de la parte frontal del mismo sobre los hombros de quien lo usará [EE. UU. 4.441.025].——— SE CITAN DE ESTA FORMA:UN EJEMPLO,COMO EN LOS OTROS PARRAFOS LO HICE, PERO ESTAS DOS NO LAS HE PODIDO ENCONTRAR DE NUEVO,POR ESO LAS DEJE ASI,YA LE HABIA MENCIONADO EL POR QUE Y TE HABIA PEDIDO EL FAVOR SI POR SI LAS ENCONTRABAS,GRACIAS EJEMPLO InventorLastName, FirstInitial. (YearOfPatentIssue). PatentIdentifier No.. State, city: PatentOfficeName

En este mismo enfoque, esta relacionado con prendas hechas con el fin de proteger el cuerpo contra la radiación, incluye un cinturón con características elásticas condicionado para usarse alrededor de dicha prenda a la altura de la cintura, cuyo objetivo es ceder parte del peso de la prenda a la cintura [EE. UU 4.766.608].

Años mas adelante (2010) se analizan y describen las tres nuevas técnicas de radioterapia con radiación sincrotrón que se desarrollan en la Línea Biomédica de la Instalación Europea para la Radiación Sincrotrón (ESRF). Con el objetivo de tratar aquellos tumores radiorresistentes, como los gliomas donde la radioterapia es sólo una solución paliativa. [Revista de Física Médica, ISSN-e 1576-6632, Vol. 11, N.º. 1, 2010, págs. 27-34]

Trabajos mas recientes, desarrollados en el año 2014, se realizan enfocados al estudio de aquellos materiales que se encuentran libres de plomo y que son capaces de atenuar la radiación ionizante en lo que respecta a la protección radiológica. En este estudio se expone la fase de simulación y análisis teórico para construir material físico de protección, con el fin de usarlos en los servicios de Medicina Nuclear y Radio diagnóstico. Esta investigación incluye además una base de datos proveniente del Instituto Nacional de Estándares y Tecnología utiles para su estudio y construcción teórica de dichos. ESTA SITA LA HABIA ARREGLADO SEGUN LA INFORMACION QUE ME DIO,COMO LA MEJORO? [M.Mayorga, S.Plazas, E.Salazar, Ingenium, vol,15, n.30, pp,39 – 49, octubre, 2014.]

Hasta esta altura el enfoque experimental ha sido experiemntal, sin embargo, el estudio de protecciones radiologicas tipo chaleco, en los ultimos años ha tenido otro tipo de abordajes. Desde la simulación y con la presencia en la escena de la simulación con frames como PENELOPE, GEANT4 y GEAT el estudio de la protección radiologica ha generado abordades distintos. Se toma como referencia el recurso escrito

asociado al estudio detallado de las distribuciones teóricas con respecto a las dosis para el tipo de terapia (MRT). Este tipo de radioterapia con microhaz, utiliza conjuntos casi que paralelos altamente colimados de microhaces de rayos X de energías entre 50 y 600 keV, producidos por fuentes de sincrotrón de tercera generación. [J. Spiga, E. A. Siegbahn, E. Bräuer-Krisch, P. Randaccio, A. Bravin, 2007]

Con el mismo entorno de simulación GEANT4, se referencian en la literatura otros estudios con un enfoque orientado tanto a las simulaciones en física médica [2] como a la exposición de personas (médicos) en un medio de radiación [2]. En este tipo de estudios, como el referenciado [2], la herramienta GEANT4 cumple dos propósitos novedosos, validar un sistema físico en un entorno simulado, dos, aproximar un fenómeno físico, para este caso, la exposición a la radiación de un médico en un proceso quirúrgico.

Estudiar protección radiológica con herramientas en un entorno simulado es una práctica emergente que se ha perfilado poco a poco mediante estudios que han abordado el desarrollo y el análisis de sistemas en tres dimensiones en tiempo real, construir objetos en una sala bajo fuentes de diferentes naturaleza rayos X, siendo todas estas facultades de herramientas como GEANT4. GEANT4 permite a los médicos revisar luego de cada intervención los niveles de exposición a la radiación para así tomar acciones que permitan minimizar la exposición bajo el uso de una fuente de rayos X. [J. Carrier, L. Archambault, L. Beaulieu, R. Roy, 2004] [2]

La madurez del software, el desarrollo permanente, el mejoramiento de las rutinas, el mantenimiento constante de Geant4, ha proporcionado estudios que ha permitido abordar enfoques en diferentes escenarios. Recientemente ha sido empleado para estudiar la dosis de neutrones en protección radiológica a partir de simulaciones de procesos nucleares. [Changran Geng, Xiaobin Tang, Fada Guan, Jesse Johns, Latha Vasudevan, Chunhui Gong, Diyun Shu, Da Chen, Radiation Protection Dosimetry, Volume 168, Issue 4, March 2016, Pages 433-440]

Recientemente (2019), se puede encontrar estudios realizados en GEANT4 enfocados a otras áreas de la Física Médica como las imágenes médicas [R.C.L.Silva, V. Denyakbd, H.R. Schelinad, G. Hoffc, S.A. Paschukd, J.A.P. Setti, May 2019]

Se realiza un estudio en el mismo año en la universidad Nacional de Colombia sede Bogotá se realizó un estudio sobre la determinación de parámetros de caracterizan un haz de rayos x en el área de radio diagnóstico implementando la norma de calidad RQR3. [Momento, Issue 58, p. 89-102, 2019. eISSN 2500-8013. Print ISSN 0121-4470.]

Cada uno de estos recursos aquí citados se consideran base del estudio que se desarrollara en este documento.

2. Justificación

Las amplias aplicaciones de la radiación envuelven varios aspectos en la vida actual útiles y beneficiosas para el ser humano, estas aplicaciones hacen parte de un gran avance tecnológico donde el emplearse requiere garantías sobre el cumplimiento de normas de seguridad, ya que es importante establecer que los beneficios que se obtienen de estas prácticas sean mayor en proporción a aquellos riesgos a los que puede estar expuesto el usuario, trabajador o público.

Inicialmente el uso y empleo de radiación generó antecedentes poco beneficiosos por desconocimiento sobre los efectos biológicos que se podrían presentar en las personas continuamente expuestas a este tipo de energía, los físicos en sus inicios y luego los médicos fueron los más perjudicados por los trabajos que se realizaron, [Rev haban cienc méd vol.14 no.3 La Habana mayo.-jun. 2015] y prontamente luego de estudiar y probar sus consecuencias, se toman acciones para establecer niveles aceptables a los que se puede estar expuesto sin causar daño alguno.

La exposición permitió desarrollar líneas de interés, como la protección radiológica, diseñada y desarrollada para proteger a los individuos y a el medio ambiente de los efectos nocivos que trae el uso de radiación, sin limitar las prácticas que generan un beneficio para la sociedad. CITAR-ME FALTA COLOCAR UN DOC.

Para disminuir los riesgos asociados a su uso, potencialmente en áreas como la medicina y la industria, es necesario tomar acciones que minimicen los daños a la exposición, donde es necesario tener en cuenta por ejemplo, factores como; distancias entre la fuente y el receptor, tiempo de exposición a la radiación, contención y tipo de blindaje específico para la práctica, factor importante y de interés principal en este estudio, considerar las características del elemento de protección radiológica (**chaleco o delantal con una equivalencia de plomo establecida por el fabricante**) para reducir en un porcentaje considerable la exposición a dosis de radiación no indispensable.

Actualmente la aplicación de herramientas tecnológicas son un mecanismo de trabajo y avance que han permitido fundamentar mediante la investigación procesos en áreas aplicadas como la medicina, en el caso particular donde se usan radiaciones ionizantes, puesto que es importante establecer mecanismos de protección radiológica de las personas expuestas a la misma, justificando la importancia de la relación de riesgo beneficio para el paciente o en el caso de aplicaciones médicas lo beneficioso del procedimiento para ambas partes.

Con el uso de tecnologías los procesos científicos, han mejorado en gran proporción; en el caso del área médica las aplicaciones tecnológicas de punta cooperan con el quehacer médico, puesto que propician la toma de decisiones en procedimientos que ameritan resultados eficaces y efectivos que no impliquen gastos físicos y/u operacionales que existirían en el caso de repetir procedimientos en búsqueda de buenos y óptimos resultados. El uso de herramientas computacionales en la actualidad han sido de gran ayuda no solo en áreas donde se involucre la medicina, teniendo en cuenta toda la información que nos arroja es analizada según el área en la cual se centre la investigación de la práctica clínica.

3. Problema

Tener acceso a procedimientos médicos que hacen uso de la radiación es hoy en día para el ser humano necesario y en algunos casos inevitables prescindir del mismo. Por su uso, en este trabajo se realiza de forma virtual una evaluación de eficiencia de Atenuación de una prenda de protección radiológica (chaleco) mediante Geant4 para analizar la mejor configuración de la prenda que permita poca exposición ante la radiación.

4. Objetivos

4.1. Objetivo General

Estudiar la atenuación presente en una estructura de plomado mediante simulación en Geant4 mediante configuraciones relacionadas con los parámetros de espesor y energía.

4.2. Objetivo Específicos

1. Simular en Geant4 una fuente con haces mono energéticos dirigidos a un blanco.
2. Testear y validar las configuraciones optimas para la captura de mediciones mediante el laboratorio virtual.
3. Encontrar la tasa de atenuación para un chaleco con diferentes configuraciones(espesor-energía).
4. Comparar el porcentaje de atenuación obtenida en el laboratorio simulado con el rango de porcentaje de atenuación establecido por el proveedor del chaleco.

5. Marco Teórico

6. Metodología

1. Revisión de antecedentes. Aquí se realiza una breve descripción de los estudios que se ha realizado acerca del tema
2. Demarcar los principios físicos asociados a la solución del problema. Aquí se explica brevemente los fundamentos físicos teórico que permiten el análisis y desarrollo del problema.
3. Proponer modelo físico.
4. Realizar una simulación la herramienta Geant4.
5. Establecer parámetros y distintas configuraciones para estudiar el problema.
6. Analizar e interpretar resultados obtenidos.

7. Desarrollo de la propuesta

Constantemente nos encontramos expuestos a uno u otro tipo de radiación que puede traer consigo efectos dañinos para el ser humano, es por esto que es de gran importancia hacer uso de herramientas eficientes que permitan mantener control sobre la misma. En este trabajo se destaca una de esas herramientas, la simulación, quien posibilita el estudio de los diferentes parámetros que se involucran en la interacción radiación-materia en el problema del porcentaje de atenuación de un chaleco (prenda de protección radiológica) con un equivalente de plomo cotidiano usado en el área médica. Esta herramienta es un software de distribución libre diseñado precisamente para simular la interacción radiación-materia empleada en áreas como Ingeniería, Física Nuclear, Biología y Medicina con base en la cual se han creado programas para fines tales como Penelope, GATE, y GEANT4 (GEometry AND Tracking) nuestra herramienta.

Esta plataforma de simulación fue desarrollada por el (CERN), la Organización Europea de Investigaciones Nucleares, la cual esta escrita en lenguaje C++ que usa una estructura basada en programación orientada a Objetos (POO), enfocando sus algoritmos de calculo al manejo del método Monte Carlo.

A partir de cada una de las clases que contiene la herramienta GEANT4, se establece una geometría específica con base en el problema planteado(Un chaleco plomado expuesto a una fuente de radiación), inicialmente se definen las dimensiones y la forma del volumen mas apropiado del chaleco, lo mas cercano posible a los que se encuentran en el mercado. Luego se establecen el tipo de partículas implicadas en la simulación, definiendo las partículas que genera la fuente primaria de radiación. El enfoque del trabajo se dará bajo el uso de una fuente que proporciona haces en una sola dirección. para este caso se realiza la simulación variando los parámetros, espesores entre 100um y 1000um y energías tales como: F18 (Fluor), I131 (yodo), Tc99m (Tecnecio), RX40KVp, RX100KVp, RX180KVp ,para establecer bajo estas condiciones cual es la caracterización mas eficiente y adecuada que se debe usar en los procesos médicos donde es necesario e imprescindible atenuar la radiación.

8. Resultados esperados

- Obtención de porcentaje de atenuacion de radiación correspondiente a cada configuración, estableciendo que configuración es mas optima en el procedimiento médico.

9. Bibliografía

- Validation of GEANT4, an objectoriented Monte Carlo toolkit, for simulations in medical physics
J.F. Carrier, L. Archambault, L. Beaulieu, R. Roy
- <http://geant4.web.cern.ch/support>
- <https://www.mscbs.gob.es/normativa/audiencia/docs/Rdproteccionradiologica.pdf>
- <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/099/htm/laradser.htm>
- <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/094/htm/radia2.htm>
- <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/112/htm/electr.htm>
- <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/120/htm/pioneros.htm>
- <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/32/html/laluz.html>
- <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/37/htm/fis.htm>
- <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/42/htm/radiacti.htm>
- <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/23/htm/desarro.htm>
- <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/08/htm/radiacio.htm>
- Justificación de uso de radiaciones ionizantes para protección radiológica con ocasion de esposiciones medicas R.D. 815/2001

- GEANT4 for breast dosimetry: parameters optimization study C Fedon, F Longo , G Mettivier and R Longo.
- Impact of detector simulation in particle physics collider experiments. V. Daniel Elvira
- On the design of experiments based on plastic scintillators using GEANT4 simulations G. Ros, G. Sáez-Cano, G.A. Medina-Tanco, A.D. Supanitsky
- The Geant4 Simulation Toolkit and Applications For the Geant4 Collaboration. John Apostolakis
- Advanced Monte Carlo for Radiation Physics, Particle Transport Simulation and Applications.A. Kling F. Barao, M. Nakagawa L.TavoraP.Vaz (Eds.)
- Geant4 Installation Guide : Building and Installing Geant4 for Users and Developers by Geant4 Collaboration. Version: geant4 10.2. Publication date 4 December 2015
- Radiation Physics for Medical Physicists. Ervin B. Podgorak. Third Edition
- M. Mayorga, S. Plazas, E. Salazar, Ingenium, vol. 15, *n.* 30, pp. 39 – 49, octubre, 2014.
- J. Spiga,E. A. Siegbahn,E. BräuerKrisch,P. Randaccio, A. Bravin,2007
- J. Carrier,L. Archambault,L. Beaulieu,R. Roy,2004
- Changran Geng, Xiaobin Tang, Fada Guan, Jesse Johns, Latha Vasudevan, Chunhui Gong, Diyun Shu, Da Chen, Radiation Protection Dosimetry, Volume 168, Issue 4, March 2016, Pages 433440
- R.C.L.Silva,V.Denyakbd, H.R.Schelinad, G.Hoffc, S.A.Paschukd, J.A.P.Setti,May 2019