

**Guía para la implementación de un sistema dosimétrico adecuado de la técnica
braquiterapia en pacientes con cáncer de mama**

Angie Natalia Ariza Carreño

Bryan Julián Granada Oviedo

Ivonne Rocio Rodríguez Díaz

María Vanessa Atuesta Camacho

Asesor

Luis Fernando Gómez

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias de la Salud (ECISA)

Tecnología en Radiología e Imágenes Diagnosticas

2023

Dedicatoria

Dedico este trabajo primeramente a Dios por darme la oportunidad de cumplir este lindo sueño que tenía desde niña, a mi familia por apoyarme desde un inicio, a mi compañero de vida que a pesar de todas las dificultades nunca dejó de apoyarme y acompañarme en este gran logro que así como es mío también va por él, con este nuevo triunfo me doy cuenta que puedo lograr todo aquello que me proponga, gracias Dios por hacerme una mujer fuerte.

También dedico este proyecto a todas aquellas personas que, de alguna manera, han contribuido a mi formación académica y personal. Su influencia positiva y sus enseñanzas siempre serán recordadas y valoradas en mi vida.

(Angie Natalia Ariza Carreño)

Dedico este proyecto de investigación a Dios primeramente por haberme permitido vivir todo este proceso por permitirme ver sus promesas cumplidas en mí y por poder ver su gran misericordia y amor hacia a mí. A mis padres por su apoyo incondicional porque muchas veces trasncharon conmigo (pasándome el tintico para que no me durmiera) a mi hijo el cual es el motor de todo este sueño y porque quise superarme, mi motivación mi inspiración y mi mayor orgullo. a mi compañero de vida que siempre con una palabra de aliento, de motivación me ha hecho ver que puedo con esto y con muchas cosas más como él siempre me lo ha dicho. a ellos y a mi hago esta dedicatoria la cual me ha permitido ver una evolución como persona, como mujer, como madre saber que soy un ser humano que puede servir a la comunidad proceso del cual no ha sido fácil pero que cada día me permitió superarme a mí misma y darme cuenta que los sueños se cumplen con esfuerzos y disciplina.

(Maria Vanessa Atuesta Camacho)

Agradezco a todas aquellas personas que de una u otra manera dejaron sus enseñanzas en mi proceso formativo, a dios y mi familia por estar siempre apoyándome y guiándome

(Ivonne Rodriguez)

Hoy, con profunda gratitud en mi corazón, dedico los frutos de esta actividad a ustedes, fuente inagotable de inspiración y apoyo. A Ti, Señor, agradezco por darme la fortaleza y la sabiduría para llevar a cabo esta labor. Tu luz ha iluminado mi camino en cada paso. A mi familia, mi refugio y mi razón de ser, les dedico los logros alcanzados en esta actividad. Su amor incondicional ha sido mi motor, y cada esfuerzo se ha tejido con los valores que juntos compartimos. Gracias por ser mi mayor incentivo y por sostenerme en los momentos desafiantes. Que esta actividad sea testimonio de nuestra unidad, fe y perseverancia. Agradezco a Dios por bendecirnos con la oportunidad de compartir juntos este camino.

Con amor y agradecimiento,

(Bryan Granada)

Agradecimientos

Queremos agradecer primeramente a Dios por ser nuestra guía, fortaleza y compañía durante todo el proceso de investigación. Su amor y misericordia han sido una fuente de inspiración y motivación constante en nuestra vida académica y personal. Agradecemos su protección y bendición, que nos han permitido alcanzar esta meta. Sin su presencia divina, nada de esto habría sido posible. Le damos gracias a Dios por todas las oportunidades y bendiciones que ha puesto en nuestro camino, y por permitirnos usar nuestras habilidades y talentos para contribuir al bienestar de la sociedad. Que este trabajo de investigación sea un reflejo de su amor y sabiduría, y que pueda ser utilizado para mejorar la vida de las personas.

En la culminación de esta etapa de aprendizaje como Tecnólogos en Radiología, agradecemos inmensamente a los tutores, amigos y compañeros que hicieron parte de este proceso a lo largo de nuestra formación, llevándonos recuerdos, vivencias, nuevas amistades, conocimientos y momentos inolvidables los cuales vivirán por siempre en nuestra memoria y harán parte de nuestra nueva fase como tecnólogos graduados en radiología e imágenes diagnósticas.

Resumen

El cáncer de mama es una enfermedad que ha cobrado millones de muertes de mujeres en todo el mundo. A lo largo de los años, la medicina ha buscado inalcanzablemente tratamientos que ayuden a reducir las tasas de mortalidad y a su vez para dar un manejo a la enfermedad que pueda prolongar la vida de los pacientes que padecen de ella. El objetivo del trabajo de profundización fue diseñar una guía para la implementación de un sistema dosimétrico adecuado de la técnica braquiterapia en pacientes con cáncer de mama. Para lograrlo, se propuso una metodología que planteó un enfoque cualitativo, con análisis de contenido como la técnica para analizar la información. Al final del trabajo se pudo concluir principalmente que no hay un sistema dosimétrico estándar para la aplicación de la técnica de braquiterapia en Colombia. Los existentes describen un procedimiento y una dosimetría que en muchas ocasiones depende de determinadas características como (estado de la enfermedad, edad del paciente, y otros factores), que de una u otra forma hacen que el proceso o la dosis a aplicar no se pueda estandarizar.

Palabras clave: Sistema dosimétrico, Braquiterapia, Cáncer de mama.

Abstract

Breast cancer is a disease that has claimed millions of women's lives worldwide. Throughout the years, medicine has searched unattainable treatments that help to reduce mortality rates and in turn to give a management to the disease that can prolong the life of patients suffering from it. The objective of this work was to design a guide for the implementation of an adequate dosimetric system of the brachytherapy technique in patients with breast cancer. To achieve this, a qualitative approach was proposed, with content analysis as the technique to analyze the information. At the end of the work it was possible to conclude that there is no standard dosimetric system for the application of the brachytherapy technique in Colombia. The existing ones describe a procedure and a dosimetry that in many occasions depends on certain characteristics such as (state of the disease, age of the patient, and other factors), which in one way or another make that the process or the dose to be applied cannot be standardized.

Key words: Dosimetric system, Brachytherapy, Breast cancer.

Tabla de Contenido

Introducción	11
Planteamiento del Problema.....	13
Justificación	16
Objetivos	19
Objetivo General.....	19
Objetivos Específicos	19
Marco Teórico.....	20
Metodología.....	24
Desarrollo del Proyecto	26
Conclusiones.....	30
Referencias Bibliográficas.....	32
Apéndices.....	35
Apéndice A. Propuesta de Guía.....	35

Lista de Tablas

Tabla 1	<i>Literatura encontrada sobre dosimetría utilizada en la técnica de braquiterapia.....</i>	<i>27</i>
----------------	---	-----------

Lista de Figuras

Figura 1 *Creación de imágenes y planificación de la braquiterapia intersticial multicatéter....37*

Figura 2 *Incisión en la mama donde se inserta el balón MammoSite.....38*

Lista de Apéndices

Apéndice A <i>Propuesta de Guía</i>	34
--	----

Introducción

El presente trabajo de profundización es acerca de una guía para la implementación de un sistema dosimétrico adecuado de la técnica braquiterapia en pacientes con cáncer de mama. Una guía se puede considerar en este caso, como un apoyo a las instituciones de salud como hospitales o clínicas para que tengan un documento, recurso o medio que les permita tener con mayor claridad un procedimiento y una dosimetría mucho más clara a la hora de aplicar la técnica de braquiterapia como tratamiento en pacientes con cáncer de mama. El interés por indagar en el objeto de estudio surgió de revisar la literatura concerniente a los diferentes tipos de cáncer y encontrar que, el cáncer de mama es una de las enfermedades más frecuentes en las mujeres a nivel mundial, que es una de las que más muertes produce cada año globalmente, y que no se tiene mucha claridad sobre cuál es el tratamiento más efectivo y menos perjudicial para los pacientes que padecen de ella. Por esta razón el trabajo tuvo como objetivo diseñar una guía para la implementación de un sistema dosimétrico adecuado de la técnica braquiterapia en pacientes con cáncer de mama. El plan metodológico propuesto incluyó un enfoque cualitativo con un análisis de contenido como técnica para analizar la información. Durante el desarrollo del trabajo se contemplaron 4 fases, las cuales se articularon con los objetivos del trabajo.

El documento en general se estructura con 5 apartados principalmente: 1, el planteamiento del problema en donde se resaltó el vacío de conocimiento encontrado. 2, la justificación en la que se sustenta la relevancia de haber realizado el trabajo sobre la guía para la implementación de un sistema dosimétrico de la técnica de braquiterapia en aquellos pacientes. 3, los objetivos, tanto el general como los específicos que guiaron para durante el proceso para alcanzar el objetivo principal. 4, el marco metodológico en el que se describe el enfoque y la

técnica utilizada para el análisis. Asimismo, las 4 fases que se tuvieron en consideración dentro del desarrollo del trabajo. Y 5, las conclusiones a las que se llegaron al terminar el trabajo.

Planteamiento del Problema

En 2020, alrededor de 2,3 millones de mujeres fueron diagnosticadas de cáncer de mama, con 685.000 muertes en todo el mundo (World Health Organization, 2021). A finales de 2020, aproximadamente 7,8 millones de mujeres vivas habían sido diagnosticadas de cáncer de mama en los últimos 5 años, lo que lo convierte en el cáncer más frecuente entre las mujeres. La radioterapia (RT) suele desempeñar un papel fundamental en la terapia adyuvante, tanto en el cáncer de mama precoz como en el avanzado. Debido a la creciente necesidad de buscar tratamientos eficaces para combatir la misma, la radioterapia ha experimentado una evolución significativa en la tecnología que se implementa, haciendo un mejor aprovechamiento de los efectos biológicos de la radiación.

La incidencia del cáncer de mama está muy extendida en todo el mundo y los años de vida ajustados en función de la discapacidad de las mujeres con cáncer de mama son superiores a los de las mujeres con otro tipo de cáncer. La cirugía y la radioterapia (RT) desempeñan un papel fundamental en el tratamiento del cáncer de mama (National Comprehensive Cancer Network 2022). La RT puede utilizarse para tratar el cáncer de mama en casi todos sus estadios (Early Breast Cancer Trialists' Collaborative Group 2000). Es de resaltar que, casi en la mayoría de pacientes con cáncer se requiere de radioterapia dentro de su tratamiento. “Los efectos generados en las células por su interacción con radiaciones ionizantes son aprovechadas terapéuticamente, pues la radiación afecta el tejido maligno en mayor proporción que al sano”. (Trujillo, 1998, p. 129).

El tratamiento del cáncer de mama puede variar dependiendo del tipo y la etapa del cáncer, pero generalmente implica una combinación de diferentes factores. Dentro de las técnicas que existen se encuentran la cirugía, la radioterapia, quimioterapia, terapia hormonal, terapia

dirigida, inmunología y cuidados paliativos. La combinación y la secuencia de estos tratamientos dependen de varios factores, como el tipo de cáncer, la etapa en la que se encuentra, la salud general del paciente y sus preferencias. Es importante que el plan de tratamiento sea individualizado y discutido en detalle con el equipo médico.

La radioterapia se ha convertido en un tratamiento esencial para tratar esta enfermedad. Se administra tras la cirugía y posibilita la eliminación de células cancerígenas remanentes. Las dos maneras o modalidades de llevar a cabo la radioterapia son: La radiación externa de la mama, con o sin boosts. La segunda, la APBI (Accelerated Partial Breast Irradiation), por medio de braquiterapia o radioterapia externa (García y Gutiérrez, 2017).

La braquiterapia es una técnica de radioterapia en la que la fuente radioactiva se sitúa en contacto con el tumor, lo cual permite liberar la dosis adecuada al tejido tumoral con mínimos efectos secundarios en las células sanas de la periferia. Es una opción efectiva en estadios iniciales del cáncer de mama, y suele emplearse tras la cirugía, permitiendo así el tratamiento conservador del órgano (American Cancer Society, 2016). Por medio de equipos como el TAC, es posible realizar los implantes de las fuentes en tiempo real y de esta manera, es mucho más sencillo especificar con mayor precisión el volumen del tumor, la dosimetría que se debe emplear y la liberación de la irradiación.

La dosimetría es una parte fundamental de la radioterapia, que implica calcular y administrar la dosis de radiación de manera precisa para tratar el cáncer mientras se minimiza el daño a los tejidos circundantes y más cuando se utilizan técnicas en particular como la braquiterapia. Por esta razón, el desarrollar una propuesta de guía que incluya la dosimetría adecuada a utilizar en la aplicación de la técnica de braquiterapia como tratamiento para los

pacientes con cáncer de mama sería un gran aporte para la salud. Por lo anterior, y con la intención de profundizar más en la técnica de braquiterapia emerge el siguiente interrogante:

¿Cómo el diseño de una guía para la implementación de un sistema dosimétrico apropiado de la técnica braquiterapia ayudaría en el tratamiento de los pacientes con cáncer de mama?

Justificación

El cáncer de mama es el cáncer más frecuentemente detectado en las mujeres de los países desarrollados y su incidencia oscila entre el 25 y el 30% de todos los cánceres en mujeres. La edad media de las pacientes con cáncer de mama oscila entre los 45 y los 65 años; en los últimos años se ha observado una tendencia a reducir la edad media de incidencia. Esta afección se ha convertido en todo el mundo en una de las primeras causas de muerte en las mujeres y es cada vez más considerable el aumento de los casos cada año. Por ende, es de suma relevancia una detección oportuna de la enfermedad para que haya una mayor probabilidad de éxito en el tratamiento que se vaya a optar. Existen diversos factores de riesgo para contraer la enfermedad, pero el envejecimiento es quizás el más relevante para la muchos de los tipos de cáncer (Instituto Nacional de Cancer, 2023).

Existen otros factores de consideración para esta enfermedad como lo son los antecedentes médicos familiares, obesidad después de la menopausia, densidad del tejido mamario (mamográfica), susceptibilidad hereditaria importante (Malone, Daling, Doody et al, 2011). Tal como se hizo alusión anteriormente, dentro de los tratamientos que han demostrado efectividad para combatir la enfermedad se encuentra la braquiterapia, que es una técnica de la radioterapia. La radioterapia desempeña un papel importante en el tratamiento del cáncer de mama. Especialmente después de la cirugía conservadora de la mama, la irradiación externa de toda la mama, ocasionalmente con un refuerzo local adicional, es una parte integral de la conservación de la mama. Además de las técnicas de radiación externa, la braquiterapia (BT) ha sido durante mucho tiempo una de las opciones de tratamiento, especialmente en lo que respecta a la aplicación de refuerzos locales (Polgar, Major, Somogyi A, et al. (2000).

El implementar un sistema dosimétrico adecuado en pacientes oncológicos se constituye en una necesidad fundamental para poder asegurar y garantizar la seguridad de los pacientes y la eficacia de la radioterapia, la cual es un medio imprescindible en el tratamiento contra el cáncer. El disponer de un sistema dosimétrico apropiado podría tener múltiples beneficios tanto para el paciente, como para el profesional que realiza el procedimiento y por ende la institución donde lleve a cabo. Entre ellos se encuentra garantizar la seguridad del tratamiento, ya que un aspecto clave en la radioterapia es la entrega exacta de la dosis de radiación que se le haga al tumor, al tiempo que se minimiza la exposición de los tejidos sanos circundantes.

De acuerdo con Rooy & Sagerman (1994), una dosimetría precisa es fundamental para lograr este equilibrio, ya que cualquier desviación puede tener un impacto significativo en la efectividad del tratamiento. Otro beneficio es que implementar un correcto sistema dosimétrico se ajusta a las normativas y estándares internacionales de calidad y seguridad en radioterapia, tal como lo establece la International Atomic Energy Agency (IAEA). Esto ayuda a que los tratamientos sean más seguros y efectivos, así como lo plantea la organización.

Por todo lo expuesto, surge la importancia de desarrollar una propuesta de guía donde se establezcan los parámetros correctos para implementar un sistema dosimétrico de la técnica braquiterapia en pacientes con cáncer de mama. Dicha propuesta tendría diferentes beneficios y beneficiarios tanto en los aspectos sociales, como económicos y de otra índole. Entre ellos se podría mencionar la optimización del tratamiento, pues al determinar una dosis de radiación de manera precisa y adaptada a cada paciente, con base en la literatura analizada, se maximiza la efectividad del tratamiento y se minimizan los efectos secundarios. Adicionalmente, se podría tener eficiencia y tiempo, ya que el tener una guía bien elaborada ayudaría a optimizar el tiempo

utilizado en la planificación del tratamiento, lo que a su vez puede llevar a una mayor eficiencia en la atención médica.

En otro sentido, con la propuesta de guía se podría tener una mejora continua en todo el sentido; teniendo en cuenta que, a través de la retroalimentación y revisión periódica de la guía, se pueden identificar oportunidades de mejora y adaptar los protocolos o la dosimetría según los avances tecnológicos o nuevos hallazgos en investigación médica. Otro beneficio sería aportar en la estandarización, ya que una guía con estas características ayudaría a establecer procedimientos estándar, lo que garantizaría que todos los profesionales sigan los mismos pasos y criterios para planificar y administrar la braquiterapia en pacientes con cáncer de mama. En resumen, una guía para la implementación de un sistema dosimétrico adecuado en braquiterapia para cáncer de mama no solo mejoraría la calidad del tratamiento, sino que también estandarizaría prácticas, reduciría errores y proporcionaría una base sólida para el aprendizaje y la mejora continua en el cuidado de los pacientes con esta enfermedad.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar una guía para la implementación de un sistema dosimétrico adecuado de la técnica braquiterapia en pacientes con cáncer de mama.

Objetivos Específicos

Analizar la literatura acerca de los sistemas dosimétricos empleados en la técnica braquiterapia en pacientes con cáncer de mama.

Identificar los sistemas dosimétricos utilizados en la aplicación de la técnica de braquiterapia en los pacientes con cáncer de mama.

Determinar un sistema dosimétrico adecuado y su correcta implementación de la técnica braquiterapia en pacientes con cáncer de mama.

Marco Teórico

A continuación se presentan algunos referentes teóricos relevantes para soportar la presente propuesta. Los conceptos o fundamentos contemplados aquí tratan al inicio sobre la denominación de pacientes oncológicos y lo que se refiere a dosimetría clínica y particularidades de la misma. Más adelante, el escrito se enfoca en aquellos pacientes que sufren de cáncer de mamá y se detallan algunos de los tratamientos que se pueden realizar para hacer un seguimiento de la enfermedad.

Pacientes Oncológicos

En primer lugar, hay que resaltar que, los pacientes oncológicos son aquellas personas que han sido diagnosticadas con cáncer y están recibiendo tratamiento o atención médica relacionada con esta enfermedad. Es por esto que, el proceso de calcular y administrar las dosis precisas de radiación a los tumores cancerosos mientras se minimiza la exposición de tejidos sanos circundantes es crucial para que el tratamiento sea exitoso y no se ponga en riesgo aún más la vida de los pacientes.

Dosimetría Clínica

En segundo lugar, que la dosimetría clínica es una rama de la física médica que se ocupa de medir, calcular y controlar la dosis de radiación utilizada en tratamientos médicos, como radioterapia y terapia de radiación con isótopos, con el fin de garantizar la máxima eficacia en el tratamiento y la seguridad del paciente. De acuerdo con Letón, Capilla, Gilabert, Rodríguez, Piñol, Ortega, Moreno y Simon de Blas (2017), el objetivo de la dosimetría clínica es establecer unos parámetros de cálculo base donde la dosis absorbida prescrita para los órganos de riesgo próximos o circundantes cercanos al punto de radiación, reciban dosis por debajo de los valores que minimicen las complicaciones de un tratamiento. Por ende, la dosimetría permite una

ventana terapéutica asociada a la toxicidad con el fin de evaluar la relación costo-beneficio terapéutico, cumpliendo los objetivos de la dosimetría clínica específicos según el tratamiento a emplear.

En tercer y último lugar, enfatizar en que, la elección de una dosimetría clínica se realiza en función de las restricciones de los órganos de riesgo y del equipamiento con el que cuente la institución de salud. Fernández, p. et al (2017) señala que, cuando se evalúen para un mismo paciente varias dosimetrías clínicas, con parámetros semejantes de índices dosimétricos y dosis absorbida a órganos de riesgo, se ha de seleccionar la que tenga el menor tiempo de irradiación.

Cáncer de Mama

Por otro lado, es necesario considerar que, todos los tipos de estudios que impliquen imágenes con radiaciones ionizantes deben llevarse a cabo con dosis conocidas, en aras de disminuir la dosis tanto como sea posible, pero al mismo tiempo tratando de mantener la calidad de la imagen. Para cada estudio se determinan dosis que se dan a conocer de acuerdo con el órgano irradiado, con la intención de administrar dosis pequeñas. Esta no es la excepción para los pacientes con cáncer de mama. En todo el mundo, el cáncer de mama causó 521.000 muertes en 2012 (IART, 2012). La enfermedad se puede generar como consecuencia de factores genéticos en combinación con factores sociales, ambientales y hábitos de vida (INCA, 2021). Desde el punto de vista de Roychoudhuri, Evans & Robinson (2004), los factores que favorecen la carcinogénesis y pueden causar cáncer de mama incluyen los siguientes: exposición a carcinógenos, como productos químicos y radiaciones ionizantes; infecciones parasitarias y víricas; mutaciones genéticas heredadas cambios hormonales y metabólicos; e inmunodeficiencia.

Cabe señalar que hoy en día el cáncer de mama se puede tratar con diversas combinaciones de cirugía, terapia hormonal, quimioterapia y radioterapia. Teniendo en cuenta a Simpson, Gray & Dressler (2000), el pronóstico y la elección del tratamiento dependen de las siguientes características clínicas y patológicas (a partir de técnicas de histología convencional e inmunohistoquímica):

- Estado menopáusico de la paciente.
- Grado del tumor primario.
- Estado del receptor de estrógeno (ER) y del receptor de progesterona (PR) en el tumor.
- Sobre expresión o amplificación del receptor 2 del factor de crecimiento epidérmico humano (HER2/neu).
- Tipo histológico. El cáncer de mama se clasifica en varios tipos histológicos, algunos de importancia pronóstica. Por ejemplo, los tipos histológicos favorables son los carcinomas mucinosos, medulares y tubulares.

Un ejemplo claro para tratar este tipo de cáncer se encuentra en radiología con la braquiterapia.

Braquiterapia

De acuerdo con la Sociedad Americana Contra el Cáncer (2019), la braquiterapia o radiación interna, se considera una forma diferente de administrar radiación. En vez de aplicar rayos de radiación desde el exterior del cuerpo, en este caso se ubica un dispositivo que posee semillas o perdigones radiactivos por un corto tiempo en el tejido mamario del área donde se extrajo el cáncer (lecho tumoral). Hay dos tipos de braquiterapia según Sociedad Americana Contra el Cáncer: la intracavitaria y la intersticial.

- **Intracavitaria:** que es la más común, se instala un dispositivo en el espacio que quedó después de la cirugía con conservación del seno y se deja allí hasta que se complete el tratamiento. El dispositivo se ubica dentro del seno en un pequeño catéter (tubo). Posteriormente, se propaga el extremo del dispositivo que se encuentra dentro del seno tal como si fuera un globo, con el fin de que se mantenga fijamente durante el proceso de tratamiento.
- **Intersticial:** en este tipo se introducen varios tubos pequeños y huecos en el seno (catéteres), alrededor del perímetro donde se extrajo el cáncer y se dejan ahí por varios días. En cada día de tratamiento se insertan partículas radiactivas en los catéteres por periodos de tiempo relativamente cortos y luego se retiran.

Metodología

En este punto de la propuesta se describe el enfoque del trabajo que se tendrá en consideración de acuerdo con la naturaleza del problema. Asimismo, se presenta el tipo de análisis que se le realizaría a la información, las diferentes fases con las determinadas tareas que se proponen para la ejecución de la propuesta.

Enfoque

El tipo de enfoque que se propone para el presente trabajo es el enfoque cualitativo, ya que es el que más se ajusta a las características y la naturaleza del problema que se identificó.

De acuerdo con Hernández, Fernández & Baptista (2014):

Este es un método de observación científica que recopila datos no cuantitativos. Las técnicas cualitativas suelen ser la identificación o consideración de todos los métodos distintos de los experimentos; es decir, entrevistas, encuestas, grupo focal u observación participante y métodos de observación. (p.7).

Tipo de análisis

El tipo de análisis que se llevaría a cabo es el análisis de contenido.

Fases

Para el presente trabajo se desarrollaron 3 fases a saber: 1, Análisis de la literatura científica acerca de los sistemas dosimétricos empleados en la técnica braquiterapia en pacientes con cáncer de mama; 2, identificación de los sistemas dosimétricos utilizados en la aplicación de la técnica de braquiterapia en los pacientes con cáncer de mama; y 3, determinación del sistema dosimétrico apropiado para la aplicación de la técnica de braquiterapia. Dentro de las fases se llevaron a cabo algunas tareas para facilitar el proceso de obtención del objetivo general. Por ejemplo, la búsqueda y análisis de la literatura, la clasificación de los sistemas dosimétricos en

braquiterapia, la identificación dosimétrica y el establecimiento del sistema dosimétrico adecuado para la implementación de la técnica de braquiterapia.

Desarrollo del Trabajo

Al iniciar con la propuesta de guía, se plantearon diferentes fases dentro del marco metodológico, así como las tareas necesarias a ejecutar para poder garantizar que se pudiera alcanzar el objetivo principal del trabajo. Las 3 fases que se propusieron incluyeron: el análisis de la literatura científica acerca de los sistemas dosimétricos empleados en la técnica braquiterapia en pacientes con cáncer de mama; la identificación de los sistemas dosimétricos utilizados en la aplicación de la técnica de braquiterapia en los pacientes con cáncer de mama; y, por último, la determinación del sistema dosimétrico apropiado para la aplicación de la técnica de braquiterapia.

Análisis de la Literatura Científica acerca de los Sistemas Dosimétricos Empleados en la Técnica Braquiterapia en Pacientes con Cáncer de Mama

La primera actividad para el desarrollo del proyecto se denominó análisis de la literatura científica que se encontró en las diferentes fuentes. Se hizo una búsqueda profunda de información en revistas indexadas, bases de datos de la universidad, trabajos de pre grado y pos grado que hayan tratado la técnica de braquiterapia en pacientes con cáncer de mama; así como la dosificación empleada para la misma en el contexto colombiano y en el internacional. Posteriormente, se realizó un análisis y revisión profunda de la literatura científica encontrada sobre la implementación que se ha hecho en los últimos a la técnica de braquiterapia, su dosimetría en el tratamiento de pacientes con cáncer de mama. A continuación, se muestra una tabla de la literatura encontrada. En la tabla se puede apreciar cómo se aplican diferentes dosimetrías durante el procedimiento cuando se aplica la braquiterapia. Después de haber hecho el análisis detallado de dicha literatura se procedió con la clasificación de la información para de

esta manera poder determinar cuál es la dosimetría que, según la literatura revisada, se propone para la aplicación de la técnica seleccionada.

Tabla 1

Literatura Encontrada sobre Dosimetría Utilizada en la Técnica de Braquiterapia.

Título del documento	Autor	Procedimiento y dosimetría
Braquiterapia para tratar el cáncer	Instituto Nacional del cáncer	Implantes con índice de dosis alta (HDR): En este tipo de braquiterapia, la fuente de radiación se deja en el lugar solo de 10 a 20 minutos y luego se retira. Es posible que tenga tratamiento dos veces al día de 2 a 5 días o una vez a la semana por 2 a 5 semanas. El programa depende del tipo de cáncer. Durante el curso del tratamiento, el catéter o aplicador pueden permanecer en el lugar, o pueden colocarse antes de cada tratamiento.
Braquiterapia	Radiologyinfo.org	La braquiterapia temporal coloca adentro del tumor un aparato de administración tal como un catéter, una aguja o un aplicador Las imágenes médicas ayudan a ubicar las fuentes de radiación. El médico podría insertar el aplicador adentro de una cavidad del cuerpo tal como la vagina o el útero (intra cavidad). O, el médico podría insertar un aplicador (aguja o catéter) adentro de los tejidos del cuerpo (intersticial). Los tratamientos con tasas de alta dosis (HDR) administran radiación por más de 10 a 20 minutos por sesión. Los tratamientos con tasas de baja dosis (LDR) administran radiación por más de 20 a 50 horas.
Resultados e interpretación al aplicar la técnica de matriz de riesgo en braquiterapia	Diana Carolina Herrera1, Mauricio Arciniegas Álvarez2, José Alberto Gómez3 (2019).	La braquiterapia de alta tasa de dosis (braquiterapia HDR) se realiza con radiaciones ionizantes, de modo que el tejido del paciente es irradiado directamente con tasas de dosis > 12 Gy/h [1].
Braquiterapia en cáncer de mama	María Esteban García y Natalia Gutiérrez (2017)	En forma de boost tras la Irradiación Completa de la Mama: Radioterapia Externa durante 6-7 semanas (46-50 Gy), con un boost de braquiterapia (10-14 Gy) [1] . Para ello se pueden utilizar dos técnicas braquiterápicas diferentes. Braquiterapia multicatéter intersticial: múltiples catéteres insertados bajo anestésico local en la mama (generalmente durante la tumorectomía), que se conectan a un dispositivo de carga diferida (afterloader) que libera la radiación precisa al tejido tumoral a través de los catéteres. Cada sesión de tratamiento dura una hora, pudiendo la paciente regresar a su domicilio entre medias, sin que la mama esté irradiada entre sesiones. No es una modalidad muy utilizada en la actualidad. Braquiterapia con balón intracavitario: se coloca en la cavidad de

tumorectomía un único catéter con un balón en su extremo, que se hincha con una solución salina, quedando una pequeña porción del catéter en el exterior. El catéter se conecta a un dispositivo de carga diferida, que envía la radiación al tumor a través del catéter. Este procedimiento aporta al tejido 34 Gy en 10 fracciones en 5 días de tratamiento (2 fracciones/día, separadas un mínimo de 6 horas). Es el método más empleado hoy.

Tratamiento con braquiterapia intersticial de alta tasa de dosis en cáncer de mama precoz	Julio Lacruz, Francisco López, José L Valderrama, Jesús I Ortíz, Thieny M Cohíl Leal, Alba Torres, Joan Ferreira (2009)	El procedimiento se realiza entre la 4a y 6a semana después del posoperatorio. Se solicita mamografía posterior a la cirugía. Identificándose el lecho tumoral, clips y/o material de contraste en el lecho tumoral. Al momento de colocar los tubos conductores del fármaco, es decir, catéteres o agujas hipodérmicas, se realizan las medidas respectivas y se marca en piel de la mama sobre la cicatriz operatoria los diferentes puntos por donde deben pasar los catéteres. El área del seno en la cual se coloca el implante, se prepara con medidas de asepsia y antisepsia, y bajo anestesia local con lidocaína al 1 % - 2 % en el punto de entrada y salida de la aguja y en el trayecto intramamario; tras dibujarla sobre la piel se inserta la aguja guía y posteriormente la colocación de los catéteres, iniciando en el centro del plano a un 1 cm, de distancia entre uno y otro sobre el lecho quirúrgico. Se colocan secuencialmente todos los catéteres hasta llenar la cavidad quirúrgica, verificando el adecuado cubrimiento del lecho tumoral. Finalmente se aseguran los catéteres con botones a la piel para mantenerlas inmovilizados y las puntas protruyentes son cubiertas para evitar lesiones cutáneas. Se utilizan agujas hipodérmicas huecas para el paso del catéter, con la colocación de 3 a 5 catéteres. Posteriormente se realiza la simulación convencional y se toman las placas verificadoras del implante con fuentes inactivas en cada catéter, las cuales se utilizan para definir el volumen blanco y con esto realizar la planeación o dosificación computada tridimensional, prestando especial atención a la entrada y la salida de los catéteres en la piel con el fin de evaluar la dosis recibida a este nivel y definir las coordenadas, GTV (Gros tumor volumen), CTV (Clinical tumor volumen) y PTV (Portal tumor volumen) e iniciar la dosimetría con Rayos X. Plan fracción día: (800 cGy hiperfraccionada, 400 cGy, intervalo 6 horas, dos diarias para una dosis total de 3 200 cGy en 4 días) con una duración aproximada de 30 minutos. Habitualmente se realiza un lunes de modo que se retiran los catéteres el viernes y la paciente se da de alta. Las complicaciones locales son mínimas, con una protección antibiótica y analgesia suave. La tolerancia es excelente y la paciente se reincorpora a la vida normal al día siguiente.
---	--	--

Fuente. Construcción propia.

Identificación de los Sistemas Dosimétricos Utilizados en la Aplicación de la Técnica de Braquiterapia en los Pacientes con Cáncer de Mama

En este momento del trabajo, se clarificaron los sistemas dosimétricos utilizados en la técnica de braquiterapia en el tipo de cáncer seleccionado. Aparte de eso, se tomó la información clasificada y se extrajo la información dosimétrica aplicada en las diferentes fuentes como tratamiento para el cáncer de mama para así poder llegar al siguiente paso que fue la determinación del sistema dosimétrico más apropiado para dicha técnica de radioterapia.

Determinación del Sistema Dosimétrico apropiado para la Aplicación de la Técnica de Braquiterapia

En este último paso del proceso, se determinó, con base en la literatura analizada, revisada y comparada, el sistema dosimétrico que se propone para utilizar al momento de implementar la técnica de braquiterapia como tratamiento para el cáncer de mama. Es decir, que, en esta actividad, se determinaron los sistemas dosimétricos más apropiados para los pacientes de cáncer de mama de acuerdo con las características de cada paciente (edad, estado del cáncer, entre otros).

Conclusiones

Al inicio del trabajo se establecieron 4 objetivos que contribuyeron a la obtención del objetivo general permitiendo llegar a las siguientes conclusiones:

El haber desarrollado una propuesta teniendo en cuenta pacientes con cáncer de mama permitió gracias a literatura analizada, conocer la variedad de técnicas que existen hoy en día para combatir la enfermedad, detectarla a tiempo y poder preservar por más años la vida de las pacientes.

A pesar de haber tenido un buen camino durante el desarrollo de la propuesta, es necesario que los procesos de investigación llevados a cabo a lo largo de la tecnología tengan un mayor acompañamiento por parte de los tutores para que a la hora de llegar al diplomado no sean tan complejos para los aprendices, pues en algunos casos se siente incertidumbre de no saber cuál ruta tomar dentro de la propuesta.

Que no hay un sistema dosimétrico estándar para la aplicación de la técnica de braquiterapia en Colombia. Los existentes describen un procedimiento y una dosimetría que en muchas ocasiones depende de determinadas características como (estado de la enfermedad, edad del paciente, y otros factores), que de una u otra forma hacen que el proceso o la dosis a aplicar no se puedan estandarizar.

El proceso de investigación permitió conocer las diversas técnicas para el abordaje de la enfermedad. Se comprendió que cada técnica tiene ventajas y desventajas las cuales están determinadas por diversos factores, como el tipo de cáncer, el estadiaje de la enfermedad y el medio ambiente que le rodea.

No hay que desconocer que hoy gracias a los avances de la tecnología y la ciencia las técnicas para el tratamiento del cáncer están en un constante cambio avance y adaptación y que muy seguramente las guías clínicas también sufran cambios de fondo y forma, por esto es muy importante que la UNAD sensibilice a los estudiantes de la ECISALUD del constante cambio y de la importancia de estar a la vanguardia en las nuevas tecnologías proporcionando espacios como conferencias de actualización referentes al campo de la radiología y el papel del tecnólogo dentro de ella.

Referencias Bibliográficas

American Cancer Society [Internet]. Radiation for Breast Cancer; [citado 28 nov 2016].

Disponible en: <http://m.cancer.org/cancer/breastcancer/detailedguide/breast-cancer-treatingradiation>

Early Breast Cancer Trialists' Collaborative Group (2000). *Favourable and unfavourable effects on long-term survival of radiotherapy for early breast cancer: an overview of the randomised trials*. Lancet 355: 1757-1770

García y Gutiérrez. (2017). *Braquiterapia en el cáncer de mama*. Trabajo de fin de grado.

Universidad de Valladolid. <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/24217/TFG-M-M743.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. México

D.F: Mc Graw Hill Education.

IARC (2012). *Estimated cancer incidence, mortality and prevalence worldwide in 2012*.

International Agency for Research on Cancer, World Health Organization.

INCA (2021). *Estatísticas do câncer: vigilância do câncer e fatores de risco*. [cited 2014 June 12]. <http://www.inca.gov.br>.

Instituto Nacional de Cancer (2023). *Tratamiento del cáncer de seno (mama) (PDQ®)–Versión para profesionales de salud*. https://www.cancer.gov/espanol/tipos/seno/pro/tratamiento-seno-pdq#section_1.5

Letón, P., Capilla, C., Gilabert, J., Delgado, J., De Blas, R., Martínez, O., Pérez, J., De Blas, S.

Recomendaciones de la sociedad española de física médica (SEFM) sobre implementación y uso clínico de radioterapia estereotáxica extracraneal (SBRT).

<https://revistadefisicamedica.es/index.php/rfm/article/view/247/253>

- Malone KE, Daling JR, Doody DR, et al.: *Family history of breast cancer in relation to tumor characteristics and mortality in a population-based study of young women with invasive breast cancer*. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 20 (12): 2560-71, 2011.
- Medlineplus (2022). *National Library of medicine: Partial breast brachytherapy*.
<https://medlineplus.gov/ency/article/007692.htm>
- National Cancer Institute website (2023). Breast cancer treatment (PDQ) - health professional version. www.cancer.gov/types/breast/hp/breast-treatment-pdq. Updated February 9, 2023. Accessed November 21, 2023.
- National Comprehensive Cancer Network (NCCN) (2022). Clinical Practice Guidelines in Oncology. Breast Cancer
- Polgar C, Major T, Somogyi A, et al. (2000). *Sole brachytherapy after breast conserving surgery: 4-years results of a pilot study and initial findings of a randomised Phase III trial (abstract)* *Radiother Oncol*. 2000;55(suppl. 1):31.
- Roychoudhuri R, Evans H, Robinson D, et al (2004). *Radiation-induced malignancies following radiotherapy for breast cancer*. *Br J Cancer*. 2004; 91:868–72.
- Simpson JF, Gray R, Dressler LG (2000). *Prognostic value of histologic grade and proliferative activity in axillary node-positive breast cancer: results from the Eastern Cooperative Oncology Group Companion Study, EST 4189*. *J Clin Oncol* 18 (10): 2059-69, 2000. [[PUBMED Abstract](#)]
- Skowronek J, Wawrzyniak-Hojczyk M, Ambrochowicz K (2012). Brachytherapy in accelerated partial breast irradiation (APBI) – review of treatment methods. *J Contemp Brachytherapy*. 2012;4:152–164.

Sociedad Americana contra el Cáncer (2019). *Radiación para el cáncer de seno*.

<https://www.cancer.org/es/cancer/tipos/cancer-de-seno/tratamiento/radioterapia-para-el-cancer-de-seno.html#tipos-y-programas-para-administrar-radioterapia-con-rayo-externo>

Strnad, V.; Major, T.; Polgar, C.; Lotter, M.; Guinot, J.L (2018) . ESTRO-ACROP guideline:

Interstitial multi-catheter breast brachytherapy as Accelerated Partial Breast Irradiation alone or as boost—GEC-ESTRO Breast Cancer Working Group practical recommendations. *Radiother. Oncol.* 2018, 128, 411–420.

Trujillo, G. (1998). *Control dosimétrico IN VIVO en radioterapia Externa usando Diodos semiconductores*. Rev. Cubana Oncol.14(2):129-35.

Van Rooy, E., Sagerman, R. (1994). *Long-term evaluation of postorchiectomy irradiation for stage I seminoma*. Radiology journal. Vol. 191. No 3.

<https://pubs.rsna.org/doi/epdf/10.1148/radiology.191.3.8184079>

World Health Organization (2021). *Breast cancer*.

Apéndices

Apéndice A

Propuesta de Guía

Introducción:

Una guía para la implementación de un sistema dosimétrico adecuado en braquiterapia para cáncer de mama se convierte en un insumo orientador, que no solo mejora la calidad del tratamiento, sino que también estandariza prácticas, reduce errores y proporciona una base sólida para el aprendizaje y la mejora continua en el cuidado de los pacientes con esta enfermedad.

Objetivos:

- Proporcionar un sistema dosimétrico adecuado de la braquiterapia en pacientes con cáncer de mama.
- Promover la actualización continua del sistema dosimétrico, considerando avances tecnológicos y nuevas investigaciones para mejorar la precisión y eficacia del tratamiento de braquiterapia en cáncer de mama.
- Establecer criterios y estándares de calidad para asegurar la precisión y eficacia del sistema dosimétrico en el tratamiento de braquiterapia para el cáncer de mama.

Población

La presente propuesta de guía está diseñada para ser un insumo a hospitales, clínicas, centros de salud o entidades de salud que lleven a cabo tratamientos para pacientes con cáncer de mama, especialmente para aquellos establecimientos que promuevan la braquiterapia como tratamiento alternativo para tratar la enfermedad.

Proceso para el Diseño de la Guía

Luego de haber buscado, revisado, analizado y comparado cuidadosamente la literatura científica encontrada sobre el objeto de estudio, se procedió con la proposición de un sistema dosimétrico que esté acorde con las características del paciente y se pueda utilizar con la braquiterapia. Seguidamente se presenta la propuesta de guía para la implementación de un sistema dosimétrico apropiado para implementar con la técnica braquiterapia en pacientes con cáncer de mama. Para llegar a esta propuesta, se analizó a profundidad toda la literatura científica encontrada sobre braquiterapia, y la dosimetría que se ha empleado para tratar a este tipo de pacientes. Más tarde, se clarificó y se seleccionó cuidadosamente la información para poder llegar a lo siguiente:

Braquiterapia

La braquiterapia para el cáncer de mama consiste en colocar material radiactivo directamente en la zona donde se ha extirpado el cáncer de mama para reducir el riesgo de que el cáncer reaparezca. Las células cancerosas se multiplican más rápidamente que las células normales del organismo. Dado que la radiación es más perjudicial para las células de crecimiento rápido, la radioterapia daña las células cancerosas más fácilmente que las células normales. Esto impide que las células cancerosas crezcan y se dividan, y provoca la muerte celular (National Cancer Institute, 2023).

Esta técnica asocia dos objetivos de la radioterapia: una dosis efectiva en el tumor y la conservación del tejido sano que lo rodea. Hoy en día, han sido dos técnicas de braquiterapia las que se han implementado para administrar la radiación desde el interior de la mama.

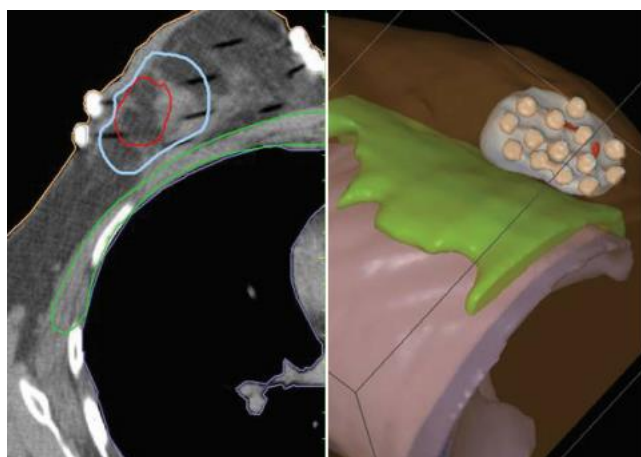
Braquiterapia Intersticial Multicatéter (Procedimiento y Dosimetría)

Se colocan varias agujas pequeñas con tubos denominados catéteres a través de la piel en los tejidos de la mama alrededor de la zona de la tumorectomía. Esto suele hacerse entre una y

dos semanas después de la intervención. La mamografía, la ecografía o la tomografía computarizada se utilizan para colocar el material radiactivo donde mejor actúe para destruir el cáncer. El material radiactivo se coloca en los catéteres y permanece durante 1 semana. A veces la radiación puede administrarse dos veces al día durante 5 días mediante una máquina teledirigida. Las técnicas intersticiales modernas utilizan la creación de imágenes y planificación 3D para definir el PTV (planificación del volumen de tratamiento, por sus siglas en inglés). A continuación, se ilustra un ejemplo (Medlineplus, 2022)

Figura 1

Creación de Imágenes y Planificación de la Braquiterapia Intersticial Multicatéter.



Nota. Tomado de: Braquiterapia: el mejor modo de tratar el cáncer de mama.

<https://www.brachyacademy.com/wp-content/uploads/2014/05/888.00176ES-MKT01-White-Paper-Breast.pdf>

Braquiterapia Intracavitaria (Procedimiento y Dosimetría)

Tras la extirpación de un nódulo mamario, queda una cavidad en el lugar donde se extirpó el cáncer. En esta cavidad puede introducirse un dispositivo que contiene un globo de silicona y un tubo por el que discurren canales. Unos días después de la colocación, la radiación en forma de pequeños gránulos radiactivos puede introducirse en los canales, administrando

radiación desde el interior del globo. Esto suele hacerse dos veces al día durante cinco días. A veces el catéter se coloca durante la primera intervención mientras usted duerme. Se utilizan ecografías o tomografías computarizadas para guiar la colocación exacta del material radiactivo donde mejor actúe para destruir el cáncer, protegiendo al mismo tiempo los tejidos adyacentes. El catéter (globo) permanece colocado durante una o dos semanas y se retira en la consulta del médico. Pueden ser necesarios puntos de sutura para cerrar el orificio por donde se retira el catéter (Medlineplus, 2022). A continuación, se muestra un ejemplo de una parte del proceso.

Figura 2

Incisión en la Mama donde se Inserta el Balón MammoSite.



Nota. Tomado de Oncolink. <https://www.oncolink.org/cancer-treatment/radiation/types-of-radiation-therapy/brachytherapy-for-breast-cancer>

Consideraciones Generales acerca de Braquiterapia

La braquiterapia puede administrarse como "dosis baja" o "dosis alta". Las personas que reciben tratamiento de dosis baja permanecen en el hospital en una habitación privada. La radiación se administra lentamente durante horas o días. La braquiterapia de alta tasa de dosis (braquiterapia HDR) se administra en régimen ambulatorio utilizando la máquina a distancia, también en este caso normalmente a lo largo de unos 5 días. A veces, el tratamiento se administra dos veces en un solo día, con un intervalo de 4 a 6 horas entre las sesiones. Cada tratamiento dura entre 15 y 20 minutos.

En 2018, el panel de expertos ESTRO-ACROP publicó las siguientes recomendaciones para las dosis de braquiterapia mamaria (Strnad, Major, Polgar, Lotter, Guinot (2018).

- Los esquemas de radiación recomendados para el refuerzo de la tumorectomía basado en HDR-BCT son los siguientes: se debe seleccionar una dosis total biológicamente equivalente (BED2 para la relación alfa/beta = 4-5 Gy) en el rango de 10-20 Gy de 1 a 4 fracciones.
- El grupo de expertos recomienda preferentemente $2 \times 4-6$ Gy, o $3 \times 3-5$ Gy programadas 2 veces al día, con un intervalo entre fracciones de al menos 6 h, y un tiempo total de tratamiento de 1-2 días, o una única fracción de 7-10 Gy, en función de la EQD2 total deseada.
- Los esquemas recomendados para APBI/re irradiación parcial acelerada de la mama (APBrI) con HDR son los siguientes: 10 fr 3,4 Gy, u 8 fr 4 Gy, o 7 fr 4,3 Gy. Con PDR-Braquiterapia: dosis pulsada 0,5-0,8 Gy/pulso, dosis total 50 Gy, programada cada hora, 24 h al día, tiempo total de tratamiento de 4-5 días.
- Esquemas recomendados para el refuerzo de la tumorectomía con PDR-BCT: dosis pulsada de 0,5-0,8 Gy/pulso, dosis total de 10-20 Gy, programada cada hora, 24 h al día, tiempo total de tratamiento de 1-2 días.

A pesar de que la presente guía propone unas dosis que se pueden impartir a los pacientes, finalmente es decisión del médico tratante quién determina la dosis a utilizar. La guía propuesta parte de una dosis como guía de base en pro de cuidar la dosimetría tanto del paciente como del personal ocupacionalmente expuesto y el medio ambiente. Ahora, dado el continuo avance de la tecnología y la ciencia, también es relevante aclarar que existen técnicas que cada día son menos invasivas en comparación con la braquiterapia, pero esta es la técnica que se puede decir que imparte menos dosis de radiación, es más controlada y teledirigida que las diferentes técnicas que se utilizan en la actualidad. Por este motivo, esta propuesta de guía es un insumo, y por ende

guía su construcción queda abierta a mas aportes de mejoramiento tanto de la técnica como la administración de dosis.