

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE CIENCIAS



TESIS

**“EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD EN EL SERVICIO DE RADIOTERAPIA DEL
INSTITUTO ESPECIALIZADO DE ENFERMEDADES NEOPLÁSICAS DE HUANCAYO,
EMPLEANDO EL MÉTODO DE LA MATRIZ DE RIESGO DEL ORGANISMO
INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA”**

PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE MAESTRO EN
CIENCIAS CON MENCIÓN EN FÍSICA MÉDICA

ELABORADO POR

GIOVANNI YOPÁN CHAPARRO

ASESOR:

DR. MARIO CÉSAR MALLAUPOMA GUTIÉRREZ

LIMA - PERÚ

2023

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a Dios por la fortaleza que me da para cumplir mis metas y a mis padres Cesar Augusto e Isabel por el apoyo constante para seguir adelante

AGRADECIMIENTO

En agradecimiento a mi asesor de tesis al Dr. Mario Cesar Mallaupoma Gutiérrez por su apoyo constante en la realización de mi trabajo.

INDICE DE CONTENIDOS

INDICE DE TABLAS.....	vi
INDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT.....	x
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. OBJETIVOS	3
CAPITULO II: MARCO TEORICO	4
2.1. Radioterapia.....	4
2.2. El Proceso Radioterapéutico.....	4
2.3. El Físico Medico	5
2.4. El Medico Radioterapeuta.....	6
2.5. El Dosimetrista	6
2.6. El Tecnólogo Medico.....	6
2.7. Conceptos básicos de matriz de riesgo.....	6
2.8. El código SEVRRRA.....	11
2.9. Proceso de Análisis del código SEVRRRA.....	13
2.10. Diagrama de Ishikawa.....	16
2.11. Clasificación según el tipo de barreras de defensa.....	17
2.12. Clasificación de las Barreras según su robustez.....	17
2.13. Clasificación según el momento de actuación en la secuencia de análisis de riesgo.....	18
2.14. Consecuencias	18
2.15. Los niveles de riesgo.....	18
2.16. Exposición	19
2.17. Dosis Absorbida	19
2.18. Dosis Equivalente.....	19
2.19. Instalaciones de irradiación.....	20
2.20. Acelerador lineal.....	20
2.21. Protección radiológica.....	20
2.22. Determinación de la dosis absorbida.....	21
2.23. Magnitudes de influencias.....	22
2.24. Factor de calibración de la cámara de ionización	22
2.25. Fantoma.....	22
2.26. Desviación	23
2.27. Variaciones de la dosis en el volumen blanco de planificación	23

2.28. Tolerancia de dosis	23
2.29. Características del equipo de control Daily Qa3	24
2.30. Descripción del algoritmo del sistema de planificación Kenos - 2D para el cálculo de dosis	24
2.31. Zona de Evaluación.....	24
2.32. Criterio de aceptación de exactitud de los cálculos en el haz de fotones	25
2.33. El espesor equivalente en agua.....	25
2.34. El Instituto Especializado de Enfermedades Neoplásicas de Huancayo.....	26
CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO	27
3.1. MATERIALES.....	27
3.2. METODOLOGIA.....	33
CAPITULO IV: RESULTADOS	126
4.1. Determinación del Nivel de Riesgo.....	126
4.2. Comparación dosimétrica empleando el fantoma de agua.....	131
4.3. Implementación de equipo de dosimetría clínica Daily Qa3	136
4.4. Adquisición de un Equipo de Rayos X- Arco en C <i>TECMED, YSX0701S:</i> <i>4556475</i>	137
4.5. Niveles de riesgo después de implementar las medidas correctivas	138
4.6. DISCUSION DE RESULTADOS.....	144
CAPITULO V: CONCLUSIONES	146
BIBLIOGRAFIA.....	147
ANEXOS.....	150
ANEXO A.....	150
ANEXO B.....	153
ANEXO C.....	154
ANEXO D.....	155
ANEXO E.....	156
ANEXO F.....	158

INDICE DE TABLAS

Tabla N°1. Criterios para asignar los niveles de frecuencia.....	8
Tabla N°2. Criterios para asignar los niveles de probabilidad de fallo de las barreras	8
Tabla N°3. Criterios para asignar los niveles de consecuencia.....	9
Tabla N°4. Representación de una Matriz de Riesgo	10
Tabla N°5. Criterio de aceptabilidad del riesgo y acciones correctoras	11
Tabla N°6. Lista de reductores de frecuencias, barreras y reductores de consecuencias asociados para dicho suceso iniciador	14
Tabla N°7. El código SEVRRRA aplicando la combinación de variables de la Matriz de Riesgo, obtiene el nivel de riesgo	14
Tabla N°8. Reporte de evaluación de riesgo de código SEVRRRA	15
Tabla N°9. Barreras y reductores que le falta al suceso iniciador riesgo alto y muy alto .	16
Tabla N°10. Barreras o reductores que contribuirán en disminuir el nivel de riesgo	16
Tabla N°11. Tolerancia de Dosis en Gy para órganos de riesgo en la Pelvis en función al porcentaje de su volumen irradiado.	23
Tabla N°12. Sucesos iniciadores identificados por etapas del proceso de radioterapia ..	129
Tabla N°13. Número de sucesos iniciadores identificados según su nivel de riesgo.....	130
Tabla N°14. Los niveles de riesgo para los sucesos iniciadores identificados que se encuentra en cada etapa	130
Tabla N°15. El programa SEVRRRA indica las barreras o reductores que contribuirán en disminuir el nivel de riesgo alto de los sucesos iniciadores	131
Tabla N°16. Tabla comparativa entre la dosis medida en una fantoma de agua y la dosis calculada por el sistema de planificación para el punto tumoral.....	132
Tabla N°17. Tabla comparativa entre la dosis medida en un fantoma de agua y la dosis calculada por el sistema de planificación para la Vejiga.....	133
Tabla N°18. Tabla de resumen comparativo entre la dosis medida en un fantoma de agua y la dosis calculada por el sistema de planificación para el Recto.....	134
Tabla N°19. Tabla comparativa entre la dosis medida en una fantoma de agua y la dosis calculada por el sistema de planificación para la Cabeza femoral izquierdo.....	135
Tabla N°20. Tabla comparativa entre la dosis medida en un fantoma de agua y la dosis calculada por el sistema de planificación para la Cabeza femoral derecho.....	136
Tabla N°21. Resultado de control del haz de radiación del acelerador lineal empleando	

el Daily QA 3	137
Tabla N°22.Número de sucesos iniciadores identificados según su nivel de riesgo.....	141
Tabla N°23.Niveles de riesgo para los sucesos iniciadores que se encuentra en cada etapa, después de implementar medidas correctivas.....	142
Tabla N°24.Comparativo del año 2018 y 2019 de los sucesos iniciadores que pueden conllevar a un riesgo de nivel medio.	142
Tabla N°25.Comparativo del año 2018 y 2019 de los sucesos iniciadores que pueden conllevar a un riesgo de nivel bajo.	143

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de tratamiento oncológico	5
Figura 2. Esquema de una secuencia de análisis de riesgo	7
Figura 3. Plataforma del SEVRRRA.....	12
Figura 4. Etapas y sucesos iniciadores asignados en el proceso de radioterapia por el código SEVRRRA.....	13
Figura 5. Reporte porcentual de sucesos iniciadores por nivel de riesgo.	15
Figura 6. Representación esquemática del Diagrama de Ishikawa	16
Figura 7. Diferentes regiones del haz de radiación	25
Figura 8. Acelerador Lineal Varian Clinac 6/100	28
Figura 9. Cámara de ionización PTW FREIBURG TN 30013.....	29
Figura 10. Electrómetro Estándar Imaging, CDX 2000B.....	29
Figura 11. Cuba de Acrílico	30
Figura 12. Daily QA Sun Nuclear, 1093 S: 1093300ZDW.....	31
Figura 13. Fantoma para la comparación dosimétrica	31
Figura 14. Equipo de Rayos X – Arco en C TECMED, YSX0701S:4556475.....	32
Figura 15. Esquema de diseño del fantoma que permitirá simular un tratamiento	120
Figura 16. Fantoma o maniquí construido	120
Figura 17. Esquema del sistema para posicionamiento de la cámara de ionización	121
Figura 18. Mecanismo para posicionamiento y desplazamiento de la cámara de ionización.....	122
Figura 19. El plan de tratamiento 2D para la primera fase al maniquí.....	123
Figura 20. El plan de tratamiento 2D para la segunda fase al maniquí.....	123
Figura 21. Aplicaciones del tratamiento al maniquí para la primera fase de tratamiento.....	124
Figura 22. Aplicaciones del tratamiento al maniquí para la segunda fase de tratamiento.....	124
Figura 23. Rayos X – Arco en C TECMED, YSX0701S:4556475.....	137
Figura 24. Grafica comparativo del año 2018 y 2019 de los sucesos iniciadores que pueden conllevar a un riesgo de nivel medio.....	143
Figura 25. Grafica comparativo del año 2018 y 2019 de los sucesos iniciadores que pueden conllevar a un riesgo de nivel bajo	144

RESUMEN

En este trabajo se evaluó el riesgo radiológico del servicio de radioterapia presente en el Instituto Especializado de Enfermedades Neoplásicas de Huancayo, empleando el método de la matriz de riesgo con el código SEVRRRA del Organismo Internacional de Energía Atómica, para evitar la ocurrencia de accidentes muy severos, con efectos determinísticos, que pudieran conducir inclusive a la muerte de pacientes.

Para cumplir con lo propuesto el trabajo desarrollado permitió identificar las mayores debilidades que presenta el servicio de radioterapia y permitió comprar equipos con el fin de reducir los riesgos indebidos, implementado equipo de dosimetría, equipo para toma de imágenes, adquisiciones de placas para la realización de verificación de campos de irradiación.

El resultado del trabajo fue expresado en datos estadísticos sobre el nivel de riesgo de la práctica de radioterapia. Estos datos nos muestran que el número de sucesos iniciadores que implican un riesgo que pudiera producir la muerte de pacientes, al aplicar las medidas correctivas ha disminuido de 21.1 % a 0 % para el riesgo alto y de 48.4% a 14.7 % para el riesgo medio.

El resultado comparativo de número de sucesos iniciadores que conlleven a un riesgo medio entre el año 2018 y 2019, muestra que para el año 2019 ha disminuido en un 75 % para la etapa 11: ejecución de tratamiento, y hasta en un 100 % en otras etapas como son en Adquisición de datos anatómicos del paciente, delimitación de volumen, planificación e inicio de tratamiento, en comparación a lo realizado en el año 2018. Y que el número de sucesos iniciadores que conlleven a un riesgo bajo para el año 2019, ha aumentado en todas las etapas del proceso terapéutico en comparación a lo realizado en el año 2018, debido a medidas correctivas implementadas como, un fantoma para dosimetría que permita verificar la correspondencia de las dosis administradas con las planificadas, la adquisición de un arco en C para la toma de imágenes que son evaluadas por el Oncólogo Radioterapeuta, y el Físico Médico, compra de equipo de dosimetría clínica Daily QA para los controles diarios y semanales

La medida correctora se ha implementado en el servicio de radioterapia donde se ha realizado el trabajo, siendo el aporte a las condiciones de fortalecer la seguridad en el nivel de riesgo, brindando calidad durante el proceso terapéutico del paciente en el servicio de radioterapia del Instituto Especializado de Enfermedades Neoplásicas de Huancayo.

Palabras clave: Radioterapia, Matriz de Riesgo, Niveles de riesgo.

ABSTRACT

In this work safety was evaluated in the radiotherapy service of the Specialized Institute of Neoplastic Diseases of Huancayo, using the risk matrix method with the SEVRRRA code of the International Atomic Energy Agency, with a view to reducing the risk of overdose in radiotherapy patients.

In order to comply with the proposal, the work carried out made it possible to identify the greatest weaknesses of the radiotherapy service and allowed the purchase of equipment in order to reduce undue risks, new dosimetry equipment was acquired, equipment for taking images, acquisition of plates for verification of irradiation fields.

The result of the work was expressed in statistical data on the level of risk of radiotherapy practice. These data show us that the number of initiating events that imply a risk of overdose, when applying corrective measures, has decreased from 21.1 % to 0 % for high risk and from 48.4 % to 14.7 % for medium risk.

The comparative result of the number of initiating events that lead to a medium risk between the years 2018 and 2019, shows that by the year 2019 it has decreased by 75% for stage 11: execution of treatment, and up to 100% in other states such as the acquisition of anatomical data of the patient, volume delimitation, planning and initiation of treatment, compared to what was done in 2018. And that the number of initiating events that lead to a low risk for the year 2019, has increased in all stages of the therapeutic process compared to what was carried out in 2018, due to corrective measures implemented such as a phantom for dosimetry that allows verifying the correspondence of the doses administered with those planned, the acquisition of a C-arm to the taking of images that are evaluated by the Radiation Oncologist, and the Medical Physicist, purchase of Daily QA clinical dosimetry equipment for daily and weekly controls.

The corrective measure has been implemented in the radiotherapy service where the work was performed, being the contribution to the conditions of strengthening safety at the level of risk, providing quality during the therapeutic process of the patient in the radiotherapy service of the Specialized Institute of Neoplastic Diseases of Huancayo.

Keywords: Radiotherapy, Risk Matrix, Risk levels.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

Actualmente se llega a estimar que la incidencia acumulada de cáncer en el país, es de 157.1 situaciones por cada 100 000 habitantes, de modo que se muestra de forma notable un mayor número de casos en mujeres que en varones (174.9 por 100 000 frente a los 140.9 por 100 000); estos valores representativa aproximado de 30 millones de pobladores, se puede comprender que anualmente es diagnosticado un promedio mayor al de 45000 casos nuevas personas con cáncer [1].

La radioterapia es la especialidad médica que emplea radiaciones ionizantes de alta energía a favor del tratamiento del cáncer, con la finalidad de aliviar el dolor que es originado a causa del cáncer o de modo que alivie ciertos síntomas por el hecho que esta patología se encuentra presente. El tratamiento de esta enfermedad a través de la radioterapia hace partícipe de todo un proceso con complicaciones, a través de una serie de actividades, en las cuales ayuda a interactuar con profesiones de diversas especialidades y diariamente son desarrollados tratamientos para una cantidad considerable de pacientes. Gran número de ellos bajo parámetros semejantes y otras distintas, en la que permite la posibilidad de presenciar errores o complicaciones humanas [2].

Existen informes detallados de casos de exposiciones accidentales graves relacionadas con los pacientes sometidos a radioterapia, como es en el caso de Panamá donde hubo una mala interpretación durante el proceso de inserción de datos sobre el sistema de planificación de tratamiento, dando como resultado un mal cálculo en la cantidad de dosis y en el periodo de tratamiento, afectando a veintiocho paciente [3]; así como también en Costa Rica donde hubo una confusión en la lectura del temporizador cuando se cambió la fuente de ^{60}Co para tratamiento, lo que llevo a una sobreestimación de tiempo de la medida de dosis es decir se subestimo la tasa de dosis, afectando a ciento quince pacientes [4]; o el caso de Polonia donde se produjo doble falla, donde las cámaras monitoras no daban las lecturas correctas y la otra era una falla en el enclavamientos del acelerador que interrumpe el haz cuando se está irradiando demasiado, afectando a cinco pacientes [5]. Dentro de ese ámbito basado a las experiencias aprendidas se realizaron recomendaciones respecto al equipamiento,

procedimientos que deben revisados y validados, calificación del personal de la instalación de Radioterapia.

Es en este marco, que en el año 2018 se observó en los registros del Instituto Especializado de Enfermedades Neoplásicas de Huancayo, incidentes de errores humanos en algunas etapas en el proceso de tratamiento y que podría haber conllevado a un accidente para el paciente. Por lo que se tomó la necesidad de evaluar la seguridad en el servicio de radioterapia de la clínica de Huancayo, para ello se empleó el método de la matriz de riesgo con el código SEVRRRA del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).

Se identificaron 95 sucesos iniciadores que potencialmente podrían ser causa de accidentes con daños severos a los pacientes, se hizo una evaluación con el código SEVRRRA obteniendo 48.4% y el 21.1 % pueden conllevar a un riesgo medio y alto respectivamente. siendo estos valores inaceptables.

Por lo que se implementa medidas correctivas que actuaran como barreras para reducir la frecuencia y de disminuir el nivel de riesgo de lo sucesos iniciadores, ello debido a que se toma en cuenta las mejoras en todos los pasos que se dan en un tratamiento en los que intervienen los diversos profesionales, así como el uso de equipos apropiados. Como consecuencia de la implementación de medidas correctivas no se encontró sucesos iniciadores que conlleven a riesgo alto y el 85 % de los sucesos iniciadores puede conllevar a un nivel de riesgo bajo.

El trabajo fue realizado en el Instituto Especializado de Enfermedades Neoplásicas de Huancayo con apoyo de sus administrativos que facilitaron la realización de las pruebas que fueron necesarias.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo general

Evaluar la seguridad radiológica en cuanto al riesgo en la práctica del servicio de radioterapia el Instituto Especializado de Enfermedades Neoplásicas de Huancayo, empleando el método de la matriz de riesgo SEVRRRA- OIEA

1.1.2. Objetivos específicos

- a. Identificar los sucesos iniciadores en las etapas del proceso de tratamiento que puede conllevar a una exposición accidental.
- b. Emplear el método de Ishikawa para identificar las causas que pueden conllevar a que un suceso iniciador conlleve a una exposición accidental.
- c. Clasificar las barreras con que cuenta el Instituto Especializado de Enfermedades Neoplásicas de Huancayo de acuerdo con el instante de accionar en la secuencia accidental.
- d. Evaluar el riesgo de accidentes con los sucesos iniciadores empleando el método de la matriz de riesgo SEVRRRA -OIEA.
- e. Implementar medidas correctoras para reducir la frecuencia de los sucesos iniciadores, y aumentar las barreras de defensa (adquisición de equipo, diseño de fantoma de agua que permite evaluar la dosis medida con la dosis calculado por el sistema de planificación de tratamiento, procedimientos escritos revisados y aprobados, calificación del personal e implementar los reductores de consecuencias en los planes de emergencia).
- f. Evaluar el riesgo de los sucesos iniciadores empleando el método de la matriz de riesgo SEVRRRA- OIEA, con las nuevas medidas correctoras implementadas.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Radioterapia.

La Radioterapia es la especialidad médica en el empleo de radiaciones ionizantes de alta energía de 6 MeV, que tiene por objetivo curar o controlar el cáncer mediante la irradiación del tumor aplicando radiaciones ionizantes, en donde los pacientes se encuentran expuestos de manera directa a un haz de radiación localizada (tratamiento de teleterapia) o en donde las fuentes de radiación se encuentra en contacto directo con los tejidos (tratamiento de Braquiterapia), distribuyendo de manera deliberada dosis con radiación en niveles del orden de 20 a 80 Gy [2].

2.2. El Proceso Radioterapéutico

El proceso radioterapéutico presenta complejidad multidisciplinaria y que consiste en distintas fases, las cuales se encuentran vinculados entre sí, en las que interactúan distintos profesionales. Esta actividad médica, no se encuentra exenta de riesgos en un tratamiento con haces externos (radiación ionizante). Un tratamiento se realiza en varias sesiones, cada una necesita elegir una variedad de parámetros, diariamente se llegan a tratar varios pacientes, muchos de ellos con parámetros que son semejantes [6].

El proceso se divide en varias etapas como es el control de calidad de los equipos dosimétricos, equipos que ayudará a determinar la dosis absorbida, después esta la caracterización del estado de referencia como es la vigilancia del estado operacional de los equipos empleados para la radioterapia como es el acelerador lineal, el sistema de planificación de tratamiento. Esta dos primeras etapas están bajo la responsabilidad del Físico Médico y se le denomina puesta en servicio que es desarrollada mediante protocolos nacionales e internacionales como el ICRU Reporte N°62, el TEC DOC N°398, REPORT N° 430 del IAEA y por último está el proceso terapéutico en que lo planificado se aplica en el paciente, y compone una acumulación de subprocesos respecto a la administración y planificación de la radiación ionizante terapéutica. Esto está bajo responsabilidad del Oncólogo Médico, de igual forma el Físico Médico, así también el Dosimetrista y el Tecnólogo Médico. A comparación de los protocolos, los cuales son determinados por sociedades a nivel internacional y nacional para la puesta en servicio de los equipos. Los procedimientos terapéuticos son diseñados bajo

protocolos y participación de equipos de profesionales de radioterapia, procedimientos que son revisados y validados. Asimismo, al implicar un equipo multidisciplinario, es necesario de una gran coordinación para que se establezca un plan de garantía de calidad, el cual se desarrolle de manera escrupulosa en el tiempo y se vaya cambiando conforme a un consenso de las partes implicadas, a medida que se añaden mejoras.

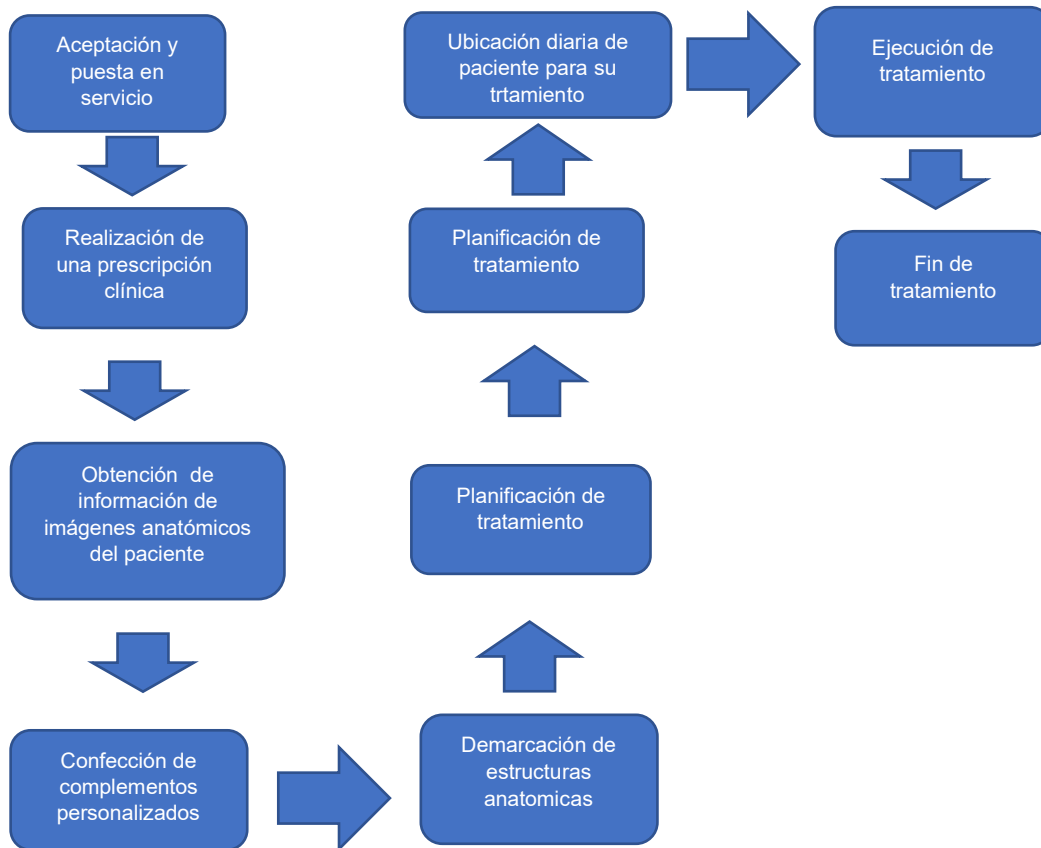


Figura 1. Proceso de tratamiento oncológico [6]

2.3. El Físico Medico

El Físico Medico forma parte del grupo multidisciplinario profesional responsable del tratamiento del paciente, garantizando la calidad de los aspectos técnicos como el control de calidad de los aceleradores lineales, control de calidad del haz de radiación, control del sistema de planificación del tratamiento (TPS). Tiene competencias y responsabilidades únicas en relación con los equipos, con las técnicas y métodos usados en la rutina clínica para la introducción, adaptación y optimización de nuevos

procedimientos, para calibración, garantía y control de calidad y seguridad radiológica [7].

2.4. El Médico Radioterapeuta

Profesional responsable de la evaluación clínica del paciente, estableciendo dentro de un enfoque multidisciplinar estrategias de tratamiento curativo o paliativo, prescribiendo un plan de tratamiento, realiza la delimitación de órganos de riesgos y áreas a tratar y planificar el tratamiento en conjunto con el Físico Médico.

2.5. El Dosimetrista

Profesional responsable de cumplir los procedimientos establecidos en los protocolos para el control de operatividad de los equipos empleados para la radioterapia como son el acelerador lineal, tomografía, sistema de planificador de tratamiento, que con los controles dosimétricos realizados previo a tratamiento garantiza que la dosis calculada en el sistema de planificación del tratamiento es la que se entrega al tumor o volumen blanco planificado (PTV) y a los órganos de riesgo (OAR).

2.6. El Tecnólogo Médico

Profesional responsable de realizar los tratamientos a los pacientes según lo prescrito en el sistema de planificación del tratamiento.

2.7. Conceptos básicos de matriz de riesgo

2.7.1. Matriz de Riesgo

Dicha matriz es tomando en consideración como un método de cribado de los sucesos que pueden desencadenar en un accidente o incidente operacional, cuyo objetivo es fortalecer la defensa de seguridad sobre aquellos cuyo riesgo es mayor. El método se basa en la evaluación de dichos sucesos, teniendo en cuenta las medidas de seguridad prevista para hacerles frente y a las consecuencias potenciales [2].

2.7.2. Riesgo

El riesgo es la combinación de la probabilidad de que se produzca un daño como resultado de un fallo en el proceso normal de tratamiento y de la magnitud de daño. Relaciona la frecuencia de un suceso iniciador, con la probabilidad de fallo de las defensas y con las consecuencias que pueden producirse [2].

2.7.3. Accidente

El accidente es un evento en la que pueden ser errores operacionales en el manejo de equipo, así como fallos en el equipo que pueden ocasionar un daño al paciente [9].

2.7.4. Suceso iniciador de accidente

Es denominado a cualquier evento que puede ser fallo en el equipo o un error humano, y que ello conlleva a una exposición de forma accidental, en caso fallen las medidas que fueron previstas para prevenirla [2].

2.7.5. Secuencia de análisis de riesgo

La secuencia de análisis de riesgo se considera como una serie de fallas de las barreras de defensa o barreras correctoras con un suceso iniciador y que puede concluir con un accidente radiológico al paciente. Un evento iniciador puede ser un fallo de equipo, o un error en las mediadas durante la puesta en marcha, en donde intervienen parámetros como la frecuencia de que ocurra este suceso iniciador, la probabilidad de que fallen las barreras de defensa y las consecuencias radiológicas [2].

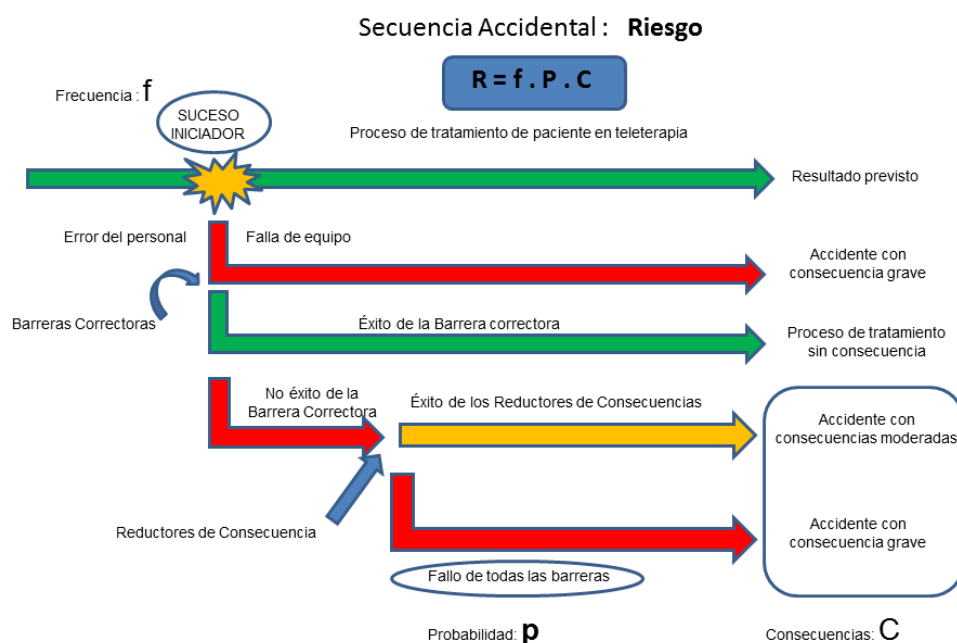


Figura 2. Esquema de una secuencia de análisis de riesgo [2]

El esquema muestra el comportamiento de una secuencia de análisis de riesgo cuando intervienen los parámetros: f , p , c ; al producirse un suceso iniciador que puede culminar en un accidente [2]

2.7.6. Criterios para asignar los niveles de frecuencia

La tabla nos muestra la asignación de nivel cualitativo de la frecuencia con respecto a una probabilidad de que pase algún suceso iniciador [2].

Frecuencia	Acrónimo	Número de sucesos por año
Alta	FA	Mas de 50 sucesos en un año $F > 50$
Media	FM	Entre 1 y 50 sucesos por año $1 < F < 50$
Baja	FB	Entre 1 suceso por año y 1 suceso cada 100 años $0.01 < F < 1$
Muy Baja	FMB	Menos de 1 suceso cada 100 años $F < 0.01$

Tabla N° 1. Criterios para asignar los niveles de frecuencia [2]

2.7.7. Criterios para asignar la probabilidad de fallo de las barreras

El cuadro nos muestra la distribución sobre el nivel cualitativo de la probabilidad que suceda un fallo en las barreras, conforme con el número de barreras de seguridad que intervienen [2].

Probabilidad	Acrónimo	Numero de barreras
Alta	PA	Sin Barreras
Media	PM	Uno o dos Barreras
Baja	PB	Tres Barreras
Muy Baja	PMB	Cuatro o más barreras

Tabla N°2. Criterios para asignar los niveles de probabilidad de fallo de las barreras [2]

2.7.8. Criterios para asignar los niveles de consecuencia

La tabla nos muestra la asignación del nivel cualitativo de Consecuencia en relación al daño que puede ocasionar al paciente [2].

Consecuencias	Acrónimos	Desviación de dosis Orientativas a PTV y/o OR	Consecuencias clínicas
Muy Alta	CMA	Dosis > 25 %	Como consecuencia de este error, múltiples pacientes reciben sobredosis o subdosis que pueden causar múltiples muertes o daños limitantes.
Alta	CA	10 % < Dosis < 25 %	Como consecuencia de este error, múltiples pacientes reciben sobredosis o subdosis que clínicamente no ponen en riesgo la vida de los pacientes, pero que puede causar daños limitantes a un solo paciente.
Media	CM	Dosis < 10 %	Como consecuencia de este error uno o más pacientes reciben sobredosis o subdosis que clínicamente no ponen en riesgo la vida de los pacientes,
Bajas	CB	No se producen efectos en los pacientes. En este caso hubo una disminución de la seguridad pero que no ha tenido una consecuencia directa al paciente	

Tabla N° 3. Criterios para asignar los niveles de consecuencia [2]

2.7.9. Forma de Combinar las variables de la Matriz de riesgo.

El nivel de riesgo se obtiene de la combinación de los diferentes niveles de las variables independientes como son la frecuencia de producirse el suceso iniciador (F), la probabilidad de fallos de las barreras (P) y el grado de severidad de la consecuencia (C).

$$R = f \times P \times C \quad (2-1)$$

En primer lugar, se mezcla las dos primeras variables independientes (f y P) y el producto de ello es mezclado con la tercera variable independiente C , quedando como resultado el grado de la variable dependiente R , que es el nivel de riesgo. En caso de que las dos primeras variables, f y P , tengan un mismo nivel, un ejemplo de ello, 'Alto', la mezcla resultante presentará un mismo grado, en otras palabras, "Alto". En caso que la tercera variable, llegara a ser de nivel A, es decir, los efectos graves o altas, una mezcla resultante sobre las tres variables, presentaría un mismo nivel, A, es decir que el riesgo presentará un nivel alto, RA. En caso las variables independientes tuvieran un nivel diferente, el resultante se encuentra en un grado intermedio entre los dos. Si las variables independientes son de grados contiguos, de forma general, es empleado un criterio el cual es conservador. En otras palabras, una mezcla de f_B con P_M debe ser un intermedio entre B y M, el cual no se presenta. En dicho caso, es seleccionado un grado más alto sobre los otros dos, es como decir un nivel medio, M. En el momento en

que las variables las cuales son mezcladas presentan entre sí, más de un grado intermedio, en este tipo de situaciones, una decisión, tiene como base en brindar un peso mayor respecto al grado de probabilidad. Por lo que, al tener tres variables independientes y cuatro niveles en cada una de estas, se tiene 64 mezclas de manera distinta y es manifestada de una manera de matriz (Matriz de Riesgo) [2].

f_A	P_A	C_{MA}	R_{MA}
f_M	P_A	C_{MA}	R_{MA}
f_B	P_A	C_{MA}	R_A
f_{MB}	P_A	C_{MA}	R_A
f_A	P_M	C_{MA}	R_{MA}
f_M	P_M	C_{MA}	R_A
f_B	P_M	C_{MA}	R_A
f_{MB}	P_M	C_{MA}	R_A
f_A	P_B	C_{MA}	R_A
f_M	P_B	C_{MA}	R_A
f_B	P_B	C_{MA}	R_M
f_{MB}	P_B	C_{MA}	R_M
f_A	P_{MB}	C_{MA}	R_A
f_M	P_{MB}	C_{MA}	R_M
f_B	P_{MB}	C_{MA}	R_M
f_{MB}	P_{MB}	C_{MA}	R_M
f_A	P_A	C_A	R_{MA}
f_M	P_A	C_A	R_A
f_B	P_A	C_A	R_A
f_{MB}	P_A	C_A	R_A
f_A	P_M	C_A	R_A
f_M	P_M	C_A	R_A
f_B	P_M	C_A	R_A
f_{MB}	P_M	C_A	R_M
f_A	P_B	C_A	R_A
f_M	P_B	C_A	R_A
f_B	P_B	C_A	R_M
f_{MB}	P_B	C_A	R_M
f_A	P_{MB}	C_A	R_M
f_M	P_{MB}	C_A	R_M
f_B	P_{MB}	C_A	R_B
f_{MB}	P_{MB}	C_A	R_B
f_A	P_A	C_M	R_A
f_M	P_A	C_M	R_A
f_B	P_A	C_M	R_M
f_{MB}	P_A	C_M	R_M
f_A	P_M	C_M	R_A
f_M	P_M	C_M	R_M
f_B	P_M	C_M	R_M
f_{MB}	P_M	C_M	R_M
f_A	P_B	C_M	R_M
f_M	P_B	C_M	R_M
f_B	P_B	C_M	R_B
f_{MB}	P_B	C_M	R_B
f_A	P_{MB}	C_M	R_M
f_M	P_{MB}	C_M	R_M
f_B	P_{MB}	C_M	R_B
f_{MB}	P_{MB}	C_M	R_B
f_A	P_A	C_B	R_M
f_M	P_A	C_B	R_M
f_B	P_A	C_B	R_M
f_{MB}	P_A	C_B	R_M
f_A	P_M	C_B	R_M
f_M	P_M	C_B	R_M
f_B	P_M	C_B	R_B
f_{MB}	P_M	C_B	R_B
f_A	P_B	C_B	R_B
f_M	P_B	C_B	R_B
f_B	P_B	C_B	R_B
f_{MB}	P_B	C_B	R_B
f_A	P_{MB}	C_B	R_B
f_M	P_{MB}	C_B	R_B
f_B	P_{MB}	C_B	R_B
f_{MB}	P_{MB}	C_B	R_B

Tabla N°4. Representación de una Matriz de Riesgo [12]

La tabla muestra que la Matriz de riesgo está conformada por las 64 combinaciones diferentes para asignar el nivel de riesgo de un suceso iniciador [12].

2.7.10. Aceptabilidad de Riesgo

Intervalo de Riesgo	Tolerabilidad de Riesgo	Acciones correctoras
RMA	No aceptable	Se detendrá la actividad y que se realice las correcciones requeridas para disminuir el riesgo previo a restablecer la actividad.
RA	No aceptable si las repercusiones son elevadas o muy elevadas	Se tomarán acciones urgentes con el fin de disminuir el riesgo o se detendrá la actividad.
	No aceptable, tolerable temporalmente bajo determinadas condiciones si las consecuencias son medias o bajas	Se tomarán acciones para disminuir el riesgo en un tiempo adecuado.

RM	aceptable de acuerdo al estudio consecuencias/beneficios	realizar las correcciones que disminuyan el riesgo de acuerdo al estudio consecuencias/beneficios
RB	aceptable	No necesita tomar acciones de seguridad.

Tabla N°5. Criterio de aceptabilidad del riesgo y acciones correctoras [2]

2.8. El código SEVRRRA

El código SEVRRRA es un Software realizado por el Foro Iberoamericano del Organismo reguladores Radiológicos y Nuclear que permite evaluar el nivel de riesgo del servicio de Radioterapia, el cual ayuda a que se identifique las fortalezas y las debilidades en el servicio de radioterapia, en caso que las debilidades conlleven a riesgos altos el código SEVRRRA ayuda a tomar medidas correctivas en la frecuencia de los sucesos iniciadores, las barreras de defensa, medidas de reductores de consecuencias. La herramienta SEVRRRA se basa en el Método de matriz de Riesgo [10].

Inicio Prácticas Mi cuenta Acerca de SEVRRRA Ayuda Salir

Práctica=>Acelerador Lineal

Ubicación=> Acelerador Lineal/Etapa 4/Suceso iniciador 1

Suceso Iniciador

Código:	AL-PAC4.1
Nombre:	Indicar incorrectamente u omitir en la hoja de tratamiento órganos de riesgo definidos durante la prescripción clínica del tratamiento
Descripción:	
Descripción de la consecuencia:	
Referencias de ayuda:	

¿Aplica el suceso iniciador en tu práctica?
 Si No

Riesgo

FB	PMB	CA	=	RB
----	-----	----	---	-----------

Reporte de comentarios y propuestas de modificación a:
 Elementos del modelo base Nuevos elementos

Seleccione las barreras y reductores que tenga su práctica:

Reductores de Frecuencia	Barreras	Reductores de Consecuencia
<input checked="" type="checkbox"/> Capacitación del Oncólogo Radioterapeuta. ? ● <input checked="" type="checkbox"/> Uso de protocolos clínicos ? ● <input checked="" type="checkbox"/> Existencia de plantillas para la prescripción en papel o en la red de radioterapia ? ●	<input checked="" type="checkbox"/> Delineación de volúmenes y órganos de riesgo por parte del Oncólogo Radioterapeuta o del dosimetrísta/técnico. ? ● <input checked="" type="checkbox"/> Evaluación conjunta del plan dosimétrico por parte del Oncólogo Radioterapeuta y del Físico Médico. ? ● <input type="checkbox"/> Imagen portal en la sesión inicial del tratamiento, a evaluar por el Oncólogo Radioterapeuta, y el Físico Médico, con lo cual se detectan errores de geometría del tratamiento ? ● <input checked="" type="checkbox"/> Participación del Oncólogo Radioterapeuta, el Físico Médico y los técnicos de radioterapia en la colocación e inmovilización del paciente para la sesión inicial del tratamiento ? ● <input checked="" type="checkbox"/> Presentación y discusión de los casos que inician tratamiento en sesión técnico/clínica diaria, con todos los Oncólogos Radioterapeutas y Físicos Médicos ? ● <input checked="" type="checkbox"/> Revisión previa a la planificación de los datos de prescripción y simulación por el Físico Médico o dosimetrísta ? ● <input checked="" type="checkbox"/> Verificación independiente de la planificación por un Físico Médico diferente. ? ●	<input type="checkbox"/> Imagen portal semanal, con la que se puede detectar errores de geometría. ? ● <input checked="" type="checkbox"/> Posicionado diario del paciente, en el cual los técnicos de radioterapia pueden detectar errores de geometría o de dosis por signos visuales (coloración de la piel, etc.) ? ● <input checked="" type="checkbox"/> Revisión médica semanal del paciente que puede detectar errores en la administración del tratamiento, o en las etapas previas. ? ● <input checked="" type="checkbox"/> Nuevo reductor de consecuencia <input checked="" type="checkbox"/> Reutilizar reductor de consecuencia
<input checked="" type="checkbox"/> Nuevo reductor de frecuencia <input checked="" type="checkbox"/> Reutilizar reductor de frecuencia		

Etapa 1: Instalación inicial de los equipos
 Etapa 2: Aceptación y puesta en servicio
 Etapa 3: Mantenimiento de los equipos
 Etapa 4: Prescripción Clínica del tratamiento
 Etapa 5: Adquisición datos anatómicos del Paciente
 Etapa 6: Delineación de volúmenes
 Etapa 7: Planificación del Tratamiento
 Etapa 8: Elaboración de moldes
 Etapa 9: Inicio del Tratamiento
 Etapa 10: Posicionamiento para Tratamiento diario
 Etapa 11: Ejecución del tratamiento

Figura 3. Plataforma del SEVRRRA [11]

La imagen nos muestra como es el código SEVRRRA permite evaluar el nivel de riesgo sobre el servicio en Radioterapia [11].

2.9. Proceso de Análisis del código SEVRRRA

En primer lugar, aparecen cada uno de las etapas que comprende el proceso de radioterapia, y en cada una de ellas aparecerá los sucesos iniciadores asociados a dicha etapa



Figura 4. Etapas y sucesos iniciadores asignados en el proceso de radioterapia por el código SEVRRRA [11]

Al elegir un suceso iniciador, este tendrá la opción de seleccionar si aplica o no para la práctica que se está realizando, si la opción es No, el suceso iniciador estará asignado como No Aplica (NA), pero si aplica para la práctica, permitirá realizar su análisis de riesgo. Como ejemplo se analiza el nivel de riesgo del suceso iniciador: Indicar incorrectamente u omitir en la hoja de tratamiento órganos de riesgos definidos durante la prescripción clínica

¿Aplica el suceso Iniciador en tu practica?	
Si <input checked="" type="radio"/>	No <input type="radio"/>

Se mostrará para el suceso iniciador seleccionado una lista de reductores de frecuencias, barreras y reductores de consecuencias asociados para dicho suceso iniciador. A medida que se va seleccionando el mayor número de barreras de seguridad que aplican para la práctica, el nivel de probabilidad de fallos de las barreras que asignara el programa será más bajas, de la misma manera cuanto más reductores de

consecuencias tenga el nivel de consecuencia bajaran y de igual forma para los reductores de frecuencias.

Reductores de Frecuencia	
<input checked="" type="checkbox"/>	Capacitación del Oncólogo Radioterapeuta. ? ●
<input checked="" type="checkbox"/>	Uso de protocolos clínicos ? ●
<input checked="" type="checkbox"/>	Existencia de plantillas para la prescripción en papel o en la red de radioterapia ? ●

Barreras	
<input checked="" type="checkbox"/>	Delineación de volúmenes y órganos de riesgo por parte del Oncólogo Radioterapeuta o del dosimetrísta/técnico. ? ●
<input checked="" type="checkbox"/>	Evaluación conjunta del plan dosimétrico por parte del Oncólogo Radioterapeuta y del Físico Médico. ? ●
<input type="checkbox"/>	Imagen portal en la sesión inicial del tratamiento, a evaluar por el Oncólogo Radioterapeuta, y el Físico Médico, con lo cual se detectan errores de geometría del tratamiento ? ●
<input checked="" type="checkbox"/>	Participación del Oncólogo Radioterapeuta, el Físico Médico y los técnicos de radioterapia en la colocación e inmovilización del paciente para la sesión inicial del tratamiento ? ●
<input checked="" type="checkbox"/>	Presentación y discusión de los casos que inician tratamiento en sesión técnico/clínica diaria, con todos los Oncólogos Radioterapeutas y Físicos Médicos ? ●
<input checked="" type="checkbox"/>	Revisión previa a la planificación de los datos de prescripción y simulación por el Físico Médico o dosimetrísta ? ●
<input checked="" type="checkbox"/>	Verificación independiente de la planificación por un Físico Médico diferente. ? ●

Reductores de Consecuencia	
<input type="checkbox"/>	Imagen portal semanal, con la que se puede detectar errores de geometría. ? ●
<input checked="" type="checkbox"/>	Posicionado diario del paciente, en el cual los técnicos de radioterapia pueden detectar errores de geometría o de dosis por signos visuales (coloración de la piel, etc.) ? ●
<input checked="" type="checkbox"/>	Revisión médica semanal del paciente que puede detectar errores en la administración del tratamiento, o en las etapas previas. ? ●

Tabla N°6. Lista de reductores de frecuencias, barreras y reductores de consecuencias asociados para dicho suceso iniciador [11]

Obtenido el grado de nivel de los reductores de frecuencia, barreras y reductores de consecuencias, el código SEVRRRA los evalúa aplicando la combinación de variables de la Matriz de Riesgo de la Table N° 4, obteniendo el nivel de riesgo resultante para este suceso iniciador

Riesgo				
FB	PMB	CA	=	RB

Tabla N°7. el código SEVRRRA aplicando la combinación de variables de la Matriz de Riesgo, obtiene el nivel de riesgo [11]

Una vez terminado con el análisis de nivel de riesgo para cada uno de los sucesos iniciadores del servicio de radioterapia, el código SEVRRRA presenta un reporte de la

evaluación, en el que muestra que, con las medidas de seguridad, disminución de frecuencias y de consecuencias, con las que presenta el área de radioterapia, los niveles de riesgo que alcanzan los sucesos iniciadores que se encuentra en cada etapa

Núm.	Etapa	Riesgo Muy Alto (RMA)	Riesgo Alto (RA)	Riesgo Medio (RM)	Riesgo Bajo (RB)	No Aplica (NA)	Analizados	Total por Etapa	Completo
1	Instalación inicial de los equipos	0	0	2	0	0	2	2	✓
2	Aceptación y puesta en servicio	0	11	9	0	7	27	27	✓
3	Mantenimiento de los equipos	0	0	3	0	0	3	3	✓
4	Prescripción Clínica del tratamiento	0	1	1	6	0	8	8	✓
5	Adquisición datos anatómicos del Paciente	0	1	1	2	6	10	10	✓
6	Delineación de volúmenes	0	0	1	5	0	6	6	✓
7	Planificación del Tratamiento	0	1	5	3	7	16	16	✓
8	Elaboración de moldes	0	0	2	0	2	4	4	✓
9	Inicio del Tratamiento	0	1	2	7	7	17	17	✓
10	Posicionamiento para Tratamiento diario	0	1	2	4	6	13	13	✓
11	Ejecución del tratamiento	0	1	13	9	19	42	42	✓
Total Usuario:		0	17	41	36	54	148	148	11

Tabla N°8. Reporte de evaluación de riesgo de código SEVRRRA [11].

Mostrando el porcentaje de sucesos iniciadores identificados para cada nivel de riesgo y el número de sucesos iniciadores por etapas que pueda llevar a un nivel de riesgo determinado

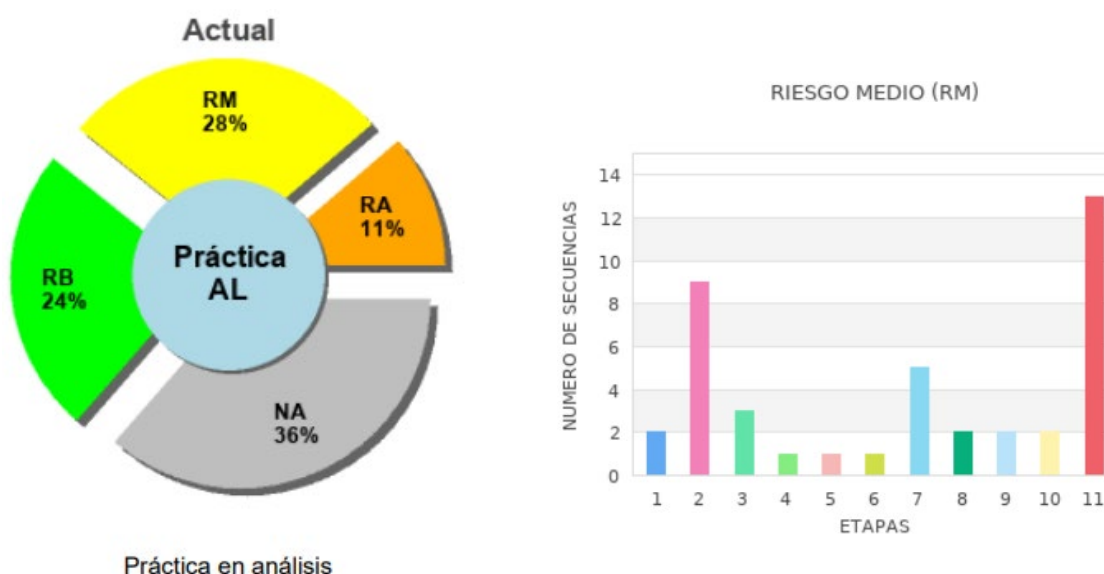


Figura 5. Reporte porcentual de sucesos iniciadores por nivel de riesgo [11].

Muestra además el código SEVRRRA, las barreras y reductores que le falta al suceso iniciador que tiene secuencia accidental con riesgo alto y muy alto

Código SI	Suceso iniciador	Riesgo obtenido	Barreras y reductores faltantes
AL-PAC2.13	Determinar incorrectamente factores de transmisión de accesorios de inmovilización del paciente (incluye los soportes de las máscaras, excluye las máscaras) y de la camilla	RA	B-107: Verificación redundante, por otro Físico Médico y con otro sistema dosimétrico, de los resultados de la calibración. RC-154: Auditoría anual externa. Prueba de control de tasa de dosis de referencia

Tabla N°9. Barreras y reductores que le falta al suceso iniciador riesgo alto y muy alto [11].

Indica las barreras o reductores que contribuirán en disminuir el nivel de riesgo alto de los sucesos iniciadores y el impacto que tendrá en el número de sucesos iniciadores en disminuir su nivel de riesgo

Código	Barrera o reductor	Porcentaje de sucesos iniciadores impactados
RC-180	Pruebas de QA mensual y anual, de los parámetros de referencia relacionados con la seguridad, así como los geométricos y dosimétricos	47.1%
B-14	Comparación de las dosis en casos de prueba, entre las calculadas por el TPS y mediciones directas, durante la puesta en servicio del TPS	41.2%
RF-131	Carga de trabajo moderada	17.6%

Tabla N°10 Barreras o reductores que contribuirán en disminuir el nivel de riesgo [11]

2.10. Diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa permite ver las fuentes que explican un problema en específico [13].

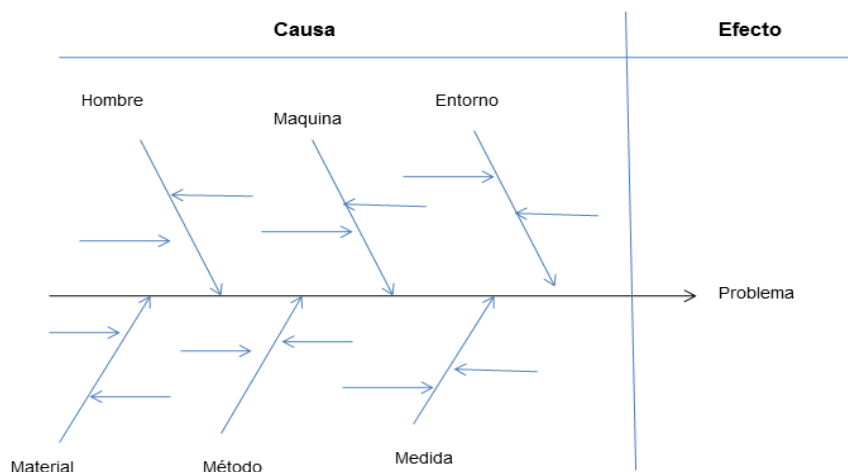


Figura 6. Representación esquemática del Diagrama de Ishikawa [13].

La figura nos muestra como el diagrama de Ishikawa el cual permite que se reflejen las causas, los cuales dan una explicación sobre un determinado problema [13].

2.11. Clasificación según el tipo de barreras de defensa

2.11.1. Los enclavamientos

Los enclavamientos son equipos que realizan la función de proteger y al detectar una acción no segura paraliza la emisión de la radiación [2].

2.11.2. Las alarmas

Las alarmas son señales que avisan de la existencia del evento iniciador y agiliza la toma de medidas, se necesita de la colaboración humana [2].

Dentro de dicha categoría son:

- Los sistemas de comunicación y visualización del paciente (cámara de TV e intercomunicadores)
- foco indicador de la irradiación en el pórtico del bunker de tratamiento,
- Dosimetría de ambiente, entre otros.

2.11.3. Los procedimientos de trabajos

Los procedimientos de trabajo son instrucciones escritas de cómo realizar las tareas del proceso de tratamiento, con el fin de evitar errores o desviaciones en las diferentes etapas de dicho proceso [2].

2.12. Clasificación de las Barreras según su robustez

2.12.1. Barreras de tipo 1

Son los enclavamientos [2].

2.12.2. Barreras de tipo 2

Son las alarmas [2].

2.12.3. Barreras de tipo 3

Son procedimientos de trabajo ejecutados por personas diferentes, por ejemplo, el procedimiento de cálculo de la dosis para cada paciente en un punto, a efectuar por persona diferente de la que hizo la planificación [2].

2.12.4. Barreras de tipo 4

Son trabajos realizados por el mismo hombre, pero en circunstancias distintas, como, por ejemplo, el revisar la prescripción en distintos momentos por parte del mismo médico que la prescribió, al compararla con el plan en ejecución [2].

2.13. Clasificación según el momento de actuación en la secuencia de análisis de riesgo

En función del momento en que se produce su actuación respecto a la secuencia de análisis de riesgo se clasifican en:

2.13.1. Reductores de frecuencia

Los reductores de frecuencia son aquellas medidas encaminadas a evitar o prevenir que ocurra un suceso iniciador; por lo tanto, actúan antes de que el suceso iniciador haya ocurrido [2].

2.13.2. Barreras directas

Las barreras directas son esas acciones direccionadas a localizar el evento iniciador y evitar que se siga propagando, tales como una exposición accidental de pacientes. Por lo tanto, las barreras directas actúan después de que el suceso iniciador haya ocurrido y antes de que tengan lugar sus consecuencias [2].

2.13.3. Reductores de consecuencias

Los reductores de consecuencias son aquellas medidas encaminadas a detectar y mitigar las consecuencias de una exposición accidental. Los reductores de consecuencias se hacen presente después que se produjera el evento y se empezara a ver los daños [2].

2.14. Consecuencias

Son los daños que se derivan del suceso iniciador y en la clasificación de la consecuencia se tomaran en cuenta la severidad de los efectos y el número de personas afectadas [2].

2.15. Los niveles de riesgo

2.15.1. Riesgo Muy Alto (RMA)

Inaceptable sobre una práctica. Es necesario que se adapten medidas fundamentales para disminuir el nivel de riesgo previamente al reinicio de las labores [14].

2.15.2. Riesgo Alto (RA)

Inaceptable en caso de que las consecuencias lleguen a presentar un nivel alto o muy alto. Es necesario presentar medidas de forma inmediata, con el fin de disminuir el riesgo o tendrá que paralizarse la práctica [14].

Es inaceptable, tolerancia de forma temporal por medio de determinadas condiciones en caso de que las consecuencias son bajas y medias. Es necesario las medidas en fin de disminuir el riesgo sobre un periodo adecuado.

2.15.3. Riesgo Medio (RM)

Es tolerable de acuerdo con el análisis costo/beneficio. Se deben insertar mejoras o ciertas medidas, las cuales disminuyan el nivel de riesgo a lo más bajo posible, tomando en cuenta aspectos de costo/beneficio [14].

2.15.4. Riesgo Bajo (RB)

Despreciable. No se requiere de acciones o de brindar medidas extras respecto a la seguridad [14].

2.16. Exposición

Exposición es una acción o un evento de estar sometido a una irradiación. Una exposición, se puede considerar como externa cuando la irradiación es causada a través de fuentes que se ubican fuera del cuerpo de una persona, o de forma interna cuando la irradiación que se origina es causada a través de fuentes presentes dentro del cuerpo de un individuo [9].

2.17 Dosis Absorbida

Es la dosis entregada por la radiación ionizante por unidad de masa, su unidad de medida es Joule por kilogramo ($J.kg^{-1}$) y su nombre es el Gray (Gy). Se emplea para determinar la dosis impartida al PTV y al OAR

2.18 Dosis Equivalente

Es la dosis absorbida debida a la radiación multiplicado por el factor de ponderación de la radiación correspondiente a la radiación. Son magnitudes operacionales de protección radiológica. Su unidad es el Joule por kilogramo ($J.kg^{-1}$) y su nombre es el Sievert (Sv)

2.19. Instalaciones de irradiación

La instalación de irradiación, se considera a la estructura o una instalación sobre la cual son ubicados aceleradores de partículas, los aparatos para los rayos X o también una fuente radiactiva la cual puede producir intensos campos de radiación de 6 MV. Estas instalaciones estructuradas de forma adecuada, proporcionan un blindaje con una adecuada protección y se encuentran provistas de dispositivos de seguridad ya sean como enclavamientos, los cuales impiden una entrada inadvertencia sobre el campo de radiación [9].

2.20. Acelerador lineal

El Instituto Especializado de Enfermedades Neoplásicas de Huancayo con un acelerador lineal de la marca Varian, modelo Clinac 6/100 que genera rayos X de 6MV, los cuales son de utilidad para destruir células cancerígenas de los pacientes que son tratados.

2.21. Protección radiológica.

2.21.1. Protección y seguridad

Protección sobre las personas que se encuentran frente a una exposición de radiación ionizante y a las sustancias radiactivas, así como seguridad de las fuentes de radiación, el cual incluye los medios en lograr dicha protección y seguridad, ya sea empleando diversos procedimientos y dispositivos, el cual ayuda a disminuir la cantidad de dosis y riesgos de las personas al valor más bajo que pueda y permanecerlos por debajo de las restricciones prescritas en la cantidad de dosis vinculadas con las fuentes, de la misma forma como los medios, en bien de llegar a prevenir los accidentes y de lograr atenuar sobre los efectos de éstos en caso pasen[9].

Respecto a un grado internacional, se presentan distintas organizaciones, los cuales se responsabilizan de determinar una filosofía sobre la protección radiológica y de poder brindar a la par, de recomendaciones en bien de un uso seguro sobre las radiaciones ionizantes, como son la “Comisión Internacional de Protección radiológica” (ICRP), “Comisión Internacional sobre Unidades y Medidas” (ICRU) y el “Organismo Internacional de Energía Atómica” (OIEA). En el Perú la institución que es responsable sobre un nivel de vigilancia ante un cumplimiento acerca de medidas frente a la protección radiológicas es el “Instituto Peruano de Energía Nuclear” (IPEN).

2.21.2. Exposición de acuerdo al Individuo.

Primero Se distingue tres categorías de exposición:

- **Exposición ocupacional**

Una exposición ocupacional, se considera como exposición de los trabajadores en el transcurso del todo el periodo laboral [9].

- **Exposición médica**

La exposición medica se considera como una exposición sufrida por los propios pacientes, durante su propio tratamiento; [9].

- **Exposición del público**

Una exposición hacia el público, viene a ser una exposición, el cual es sufrida por miembros del público debido a la radiación [9].

2.21.3. Clasificación de la zona de trabajo

- **Zona controlada**

Zona controlada se considera como como un sector en la que llega a ser necesarios las medidas de protección y disposiciones de seguridad [9], para:

- a) controlar a las exposiciones en un funcionamiento normal en las labores;
- b) prevención o limitar las magnitudes de las exposiciones en caso de incidentes operacionales.

Zona supervisada

Un área supervisada es la zona que se requiera constante vigilancia de las exposiciones ocupacionales. [9].

2.22. Determinación de la dosis absorbida

Viene dada por [17]:

$$D = M_Q K_{Q,Q_0} N_{D,W,Q_0} \quad (2-2)$$

$$M_Q = M K_{TP} K_{pol} K_S K_{acr}^{-1} K_{cam}^{-1}$$

Dónde:

D: Dosis Absorbida (cGy)

M: es la lectura de carga medida por la cámara de ionización (nC)

$N_{D,W,Q0}$: factor de calibración para la cámara de ionización (cGy/nC)

Y las medidas respecto a la influencia:

K_{TP} : factor respecto a la corrección presentada de la presión y la temperatura

K_{pol} : factor de corrección debido al efecto en la polaridad

K_S : factor de corrección a causa de una recombinación en los iones

$K_{Q,Q0}$: una corrección a causa de la calidad que presenta el haz de radiación

K_{acr} : factor por transmisión del haz de radiación al pasar a través del acrílico del fantoma.

El factor de transmisión del acrílico es determinado como una razón entre la medida obtenida con y sin la presencia del acrílico, sobre un punto en el fantoma a una profundidad adecuada mayor a la profundidad de dosis máxima de 1.5 cm.

K_{cam} : factor por transmisión del haz de radiación al pasar a través de la camilla. El factor de transmisión de camilla es determinado, como una razón con o sin interferencia durante el paso del haz de radiación por medio de la camilla sobre un punto en un fantoma a una profundidad adecuado mayor a la profundidad de dosis máxima de 1.5 cm.

2.23. Magnitudes de influencias

No son objetos de la medida, pero, sin embargo, causa un impacto a la magnitud de la medida, pueden ser de distinta naturaleza, como es el caso de la temperatura, la presión, la tensión de colección y la calidad del haz de radiación. Es posible corregir el efecto de estas magnitudes de influencia empleando los factores adecuados [17]. Estas magnitudes son determinadas empleando el formato de cálculo de dosis absorbida estipulada por el “Organismo Internacional de Energía Atómica”, Informe Técnico N° 398 [17].

2.24. Factor de calibración de la cámara de ionización

La calibración se realiza ante un patrón secundario de dosis absorbidas dentro de un laboratorio secundario de calibración dosimétrica, mediante la realización de medidas en un maniquí de agua con una cámara de ionización calibrada, el factor $N_{D,W,Q0}$ está en términos de cGy/nC [17].

2.25. Fantoma

El fantoma en la radioterapia permite calibrar el equipo a través de la calibración del haz de radiación, ya que es poco probable dimensionar una distribución de dosis directamente sobre los pacientes, los cuales son tratados a través de radiación ionizante, y el cual es entregado por un acelerador lineal, debido a ello es que la

recolección de datos obtenidos es casi en su totalidad a partir de mediciones en fantomas [18].

2.26. Desviación

La desviación del resultado medido es la diferencia entre su valor y el valor esperado obtenido de algún otro método y se considera que es una referencia. Se puede expresar como un porcentaje de la dosis medida localmente, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\delta = 100 \frac{(D_{calc} - D_{med})}{D_{med}} \% \quad (2-3)$$

Dónde:

δ = desviación expresada en porcentaje

D_{calc} : se considera a la cantidad de dosis calculada dentro de un punto fijo presente en el espectro

D_{med} : es la cantidad de dosis, el cual se mide bajo el mismo punto presente en el fantoma

2.27. Variaciones de la dosis en el volumen blanco de planificación

En el momento en que se haya prescrito una cantidad de dosis en un volumen determinado, la dosis administrada debe ser tan homogénea posible. Pese a que la homogeneidad total se considere como un objetivo deseable, se debe llegar a aceptar cierta heterogeneidad a causa de las limitaciones de las técnicas de irradiación. Esta variación de valores se encuentra entre un + 7% y un – 5% respecto a la dosis prescrita, las cuales son determinadas por la “Comisión Internacional de Medidas y Unidades de Radiación” [19].

2.28. Tolerancia de dosis

Son niveles orientativos de dosis absorbida que puede tolerar un órgano de riesgo al ser expuesto a radiación ionizante durante una exposición médica y evitar algún efecto secundario [20]

Órgano	porcentaje de volumen irradiado			
	< 15 %	< 25%	< 35%	< 50 %
Recto	75 Gy	70 Gy	65 Gy	60 Gy
Vejiga	80 Gy	75 Gy	70 Gy	65 Gy
Cabeza femoral	50 Gy	36 Gy

Tabla N°11. Tolerancia de Dosis en Gy para órganos de riesgo en la Pelvis en función al porcentaje de su volumen irradiado [21].

2.29. Características del equipo de control Daily Qa3

El Daily QA3 está diseñado para obtener la medición de radiación de fotones desde Co-60 a 25 MV y las dimensiones del equipo son de 25.6 cm de ancho, 40.8 cm de largo, 4.6 cm de espesor y con un peso de 5.7 kg. consta de dos tipos detectores: Cámaras de ionización primaria, totalmente protegidas y detectores de diodos secundarios (para detección de penumbra) [22]

2.30. Descripción del algoritmo del sistema de planificación Kenos - 2D para el cálculo de dosis

Algoritmo de cálculo de uso clínico para la planificación de tratamientos en radioterapia. El algoritmo presenta un costo menor de computación y la mayor exactitud posible en el cálculo de la dosis absorbida. Es lo suficientemente rápido como para brindar una forma casi instantánea de la distribución de dosis absorbida, en la cual calcula sobre puntos establecidos, o en un área.

El algoritmo emplea los datos que son insertado al sistema de planificación de tratamiento como la profundidad y perfiles, y muestra la distribución de dosis en el medio,[23].

2.31. Zona de Evaluación

Dividamos las distintas zonas de evaluación según TG-53 en zona de acumulación, interna, penumbra y externa, de forma que la zona interna se refiere a la zona del haz en la cual existe una dosis alta y con una gradiente baja (la cantidad de dosis que superan el 90% respecto a la cantidad de dosis en el eje del campo). Área de penumbra, el cual corresponde a un área en la cual se presenta un alta de dosis, así como alto gradiente 5 mm en cada lado sobre el borde en el campo (cantidad de dosis que corresponde del 10% al 90%) y un área fuera de campo en la cual se encuentra la dosis con una cantidad menor al 10%. La zona acumulada consiste en las profundidades en las cuales el haz aún no logró la cantidad máxima de dosis [24].

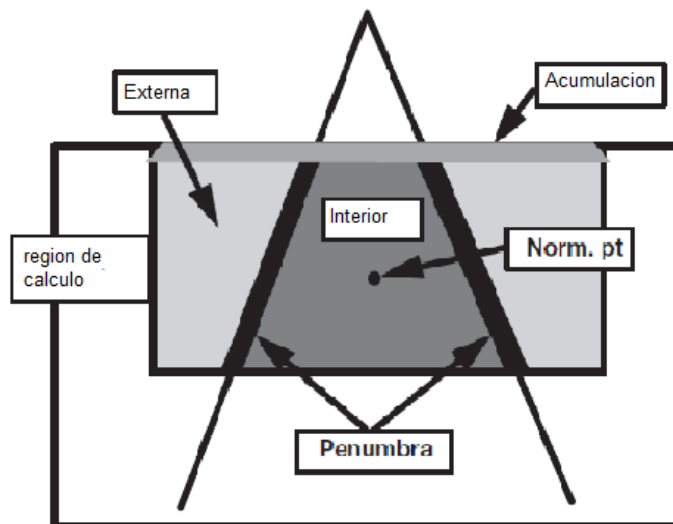


Figura 7. Diferentes regiones del haz de radiación [25]

2.32. Criterio de aceptación de exactitud de los cálculos en el haz de fotones

Los criterios de aceptación los cuales se utilizaron en este trabajo, para evaluar sobre los valores de dosis obtenidos, a través del TPS y con el fantoma, obtenidos en los documentos TRS-430, tenemos que el nivel de aceptación para la exactitud de los cálculos de dosis en un TPS debe estar alrededor del 2%. Este valor se aplica a las áreas donde la dosis absorbida es bastante homogénea.

2.33. El espesor equivalente en agua

El término del espesor equivalente a agua (en g/cm^2) consiste en el producto del espesor real (en cm) y la densidad del material (en g/cm^3). Al realizar una evaluación sobre la profundidad, en la cual se ubica la cámara de ionización; el espesor se calcula como el producto:

$$E_{equi} = t_{mat} \rho_{pl} \quad (2-4)$$

Dónde:

t_{mat} : es el espesor de la ventana del fantoma (en cm)

ρ_{pl} : comprende a la densidad másica que presenta el plástico (en g/cm^3)

Para los plásticos que son usados normalmente como *Polimetilmetacrilato* (PMMA), también conocido como acrílico se puede utilizar el valor nominal $\rho_{PMMA} = 1.19 \text{ g}/\text{cm}^3$ para el cálculo equivalente a agua [17].

2.34. El Instituto Especializado de Enfermedades Neoplásicas de Huancayo

Se encuentra ubicado en Jirón los Sauces 460 en Huancayo. Presenta un equipo de Acelerador Lineal dentro de la marca Varian, modelo 6/100, que genera una energía de 6MV, empleado para la irradiación a los pacientes oncológicos. Para la dosimetría clínica cuenta con un electrómetro de la marca Stándar Imaging, modelo cdx 2000b; una cámara de ionización de la marca PTW Freiburg, modelo tn 30013 y una cuba de acrílico, que tiene dimensiones de 40 cm x 40 cm x 40 cm. El sistema de planificación que emplea para el cálculo de dosis es el software Kenos -2D

CAPITULO III

MARCO METODOLOGICO

El presente estudio, reúne las condiciones metodológicas de una investigación cualitativa, analítica y de síntesis, en razón que persigue describir sucesos en su medio natural, con información preferentemente cualitativa a fin de aplicarlas en la evaluación de la seguridad en el servicio el Instituto Especializado de Enfermedades Neoplásicas de Huancayo.

La población motivo de investigación está constituida por los pacientes que se atienden en el servicio de radioterapia, utilizando el equipo de Teleterapia con Acelerador Lineal perteneciente al Instituto Especializado de Enfermedades Neoplásicas de Huancayo (IEEN).

La muestra utilizada en la presenta investigación está conformada por los pacientes atendidos entre los años 2018 y 2019 en el servicio de radioterapia, utilizando el equipo de Teleterapia con Aceleradore Lineal, perteneciente al Instituto Especializado de Enfermedades Neoplásicas de Huancayo. No se tomaron muestras en los años 2020 y 2021 que por efecto a la pandemia Covid-19 bajo la carga de trabajo.

A continuación, se describe los equipo o instrumentos y la mesología desarrollada en el trabajo.

3.1 MATERIALES

3.1.1. Código SEVRRRA

Es una herramienta informática desarrollada por la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias. SEVRRRA está basado en la Metodología de Matrices de Riesgo (“IAEA-TECDOC-1670/S y IAEA-TECDOC-1685/S”), en que tiene como sustento sobre los productos presentados de los análisis de riesgo para instalaciones radiactivas con Aceleradores Lineales, de igual manera en unidades de Cobalto-60 y así como braquiterapia de alta o baja tasa de dosis.

3.1.2. Acelerador lineal

Tipo:	Acelerador Lineal
Marca:	Varian
Modelo:	Clinac 6/100
Serie:	270
País de origen:	USA
Año de fabricación:	1983
Tipo de gantry:	Rotatorio
Contrapantalla:	Si
Rendimiento a 100 cm ssd:	1cGy/UM
Energía Máxima:	6Mev
Tipo de radiación:	Rayos X



Figura 8. Acelerador Lineal Varian Clinac 6/100. Foto tomada por el autor por cortesía de IEEN.

Más detalles de las características del acelerador lineal, en el ANEXO A.

3.1.3. Cámara de ionización PTW Freiburg tn 30013

Esta cámara de ionización ha sido diseñada específicamente para escanear el haz de radiación de fotones y electrones en fantoma de agua. Más detalles de las características de la Cámara de ionización PTW Freiburg tn 30013, en el ANEXO B.



Figura 9. Cámara de ionización PTW FREIBURG TN 30013. Foto tomada por el autor por cortesía de IEEN.

3.1.4. Electrómetro Stándar Imaging, cdx 2000b

Es un electrómetro de dosimetría compacta, estable, ligera y económica que satisface para uso de mediciones de dosimetría de haz externo, incluyendo en la calibración precisa para Braquiterapia. Más detalles de las características del electrómetro Stándar Imaging, cdx 2000b, en el ANEXO C.



Figura 10. Electrómetro Estándar Imaging, CDX 2000B. Foto tomada por el autor por cortesía de IEEN.

3.1.5. Sistema de planificación bidimensional para haces de fotones Kenos - 2D

Es un sistema de planificación presentada por NUCLEMED S.A. – Argentina, reemplaza al Platon V3.1, añadiendo funciones adicionales, así como una interface grafica que es amigable y de un uso fácil.

Ha incorporado un algoritmo de integración de scatter, para realizar un cálculo de dosis con mayor precisión comparado con su predecesor. Permite la importación de una serie de imágenes a pesar de que solo es necesaria una imagen axial para planificar un tratamiento y con ayuda de un escáner también se puede importar directamente las imágenes. Las distribuciones de dosis son mostradas superpuestas sobre las imágenes del paciente en forma de curva de isodosis.

3.1.6 Cuba de Acrílico

Cuba empleado para la realización de la dosimetría absoluta, sobre medidas de 40 cm x 40 cm x 40 cm



Figura 11. Cuba de Acrílico. Foto tomada por el autor por cortesía de IEEN.

3.1.7. Daily QA 3Sun Nuclear, 1093 S: 1093300ZDW

El Daily QA 3 está diseñado para medir y analizar las características diarias de salida de radiación ionizante del acelerador lineal antes del inicio del tratamiento diario en el servicio de radioterapia.

Todas las mañanas, el QA 3 diario se coloca en una configuración de haz estándar para la medición. Los parámetros medidos son: la salida de la dosis, la simetría del haz, la planitud del haz, la energía del haz y la coincidencia del campo de luz / radiación.

Estas medidas de parámetros se comparan con un valor de referencia usando un análisis de gráfico de tendencias en el software Daily QA 3. Si una medición excede un nivel de acción, será ejecutado un estudio del cual origina antes de que el tratamiento

se reanude durante el día. Más detalles de las características del Daily QA 3Sun Nuclear, 1093, en el ANEXO D.



Figura 12. Daily QA Sun Nuclear, 1093 S: 1093300ZDW. Foto tomada por el autor por cortesía de IEEN.

3.1.8. Fantoma para la comparación dosimétrica

Dimensiones de: 40 cm de alto, 36 cm de ancho y 50 cm de largo. Se diseñó e implementó un fantoma de agua con paredes de acrílico con un sistema mecánico que permitió posicionar una cámara de ionización sumergible en la cavidad interna del fantoma, y seguidamente en el sistema de planificación se ingresó datos de las dimensiones axiales del fantoma, estimándose la dosis absorbida en la zona de interés. Con el reporte del sistema de planificación se expuso el fantoma al haz de radiación y se midió con la cámara de ionización la dosis absorbida en el fantoma. Se comparó con la dosis absorbida del sistema de planificación encontrando que la diferencia porcentual entre la dosis medida en el fantoma y la dosis calculada por el sistema de planificación se encuentran dentro de un intervalo

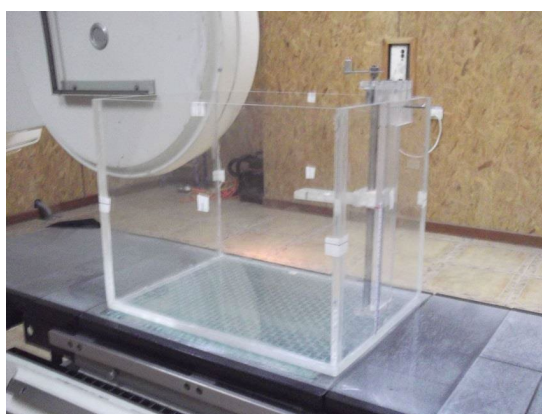


Figura 13. Fantoma para la comparación dosimétrica. Foto tomada por el autor

3.1.9. Equipo de Rayos X- Arco en C TECMED, YSX0701S:4556475

Equipo empleado para la realización de toma de imágenes, permitiendo al Médico Radioncólogo delimitar las áreas que se van a ser planificados por el KENOS 2D e irradiado por el equipo de acelerador lineal



Figura 14. Equipo de Rayos X – Arco en C TECMED, YSX0701S:4556475. Foto tomada por el autor por cortesía de IEEN.

3.1.10. Placas de verificación

Estas placas nos permiten verificar que el haz de radiación este irradiando únicamente a la zona a trata en el paciente y que otras áreas estén protegidas de la irradiación. También para realizar verificación de coincidencia de haz de radiación

3.2. METODOLOGIA

Se desarrollo el trabajo con la siguiente secuencia

3.2.1. Identificación de las etapas y sucesos iniciadores para el tratamiento de los pacientes

Se identifica las once etapas del proceso en el tratamiento oncológico.

N° de Etapa	Nombre de etapas
1	Instalación inicial del Equipo
2	Aceptación y puesta en servicio
3	cuidados de los equipos
4	Una prescripción clínica acerca de tratamiento
5	Obtención de información anatómica para el paciente
6	Una delimitación acerca de los volúmenes
7	Una planificación para desarrollo de tratamiento
8	desarrollo de moldes
9	Ejecución de tratamiento
10	Ubicación diaria del paciente en su tratamiento
11	Puesta en marcha de tratamiento

3.2.2. Identificación de los sucesos iniciadores

En cada una de las fases en el proceso de tratamiento se identifica los sucesos iniciadores que pueden conducir a una exposición accidental

Etapa 1	Sub Etapa 1	Sub etapa 2
Instalación inicial del equipo	con consecuencia para el personal ocupacionalmente expuesto	con consecuencias para el publico
	Suceso iniciador 1	Suceso iniciador 2
	Deficiencias durante el proceso del blindaje para la sala de tratamiento	Deficiencias durante el proceso del blindaje para la sala de tratamiento

Etapa 2	Sub etapa 1			
Aceptación y puesta en servicio	con consecuencias con el paciente			
	Suceso iniciador 3	Suceso iniciador 4	Suceso iniciador 5	Suceso iniciador 6
	Acción equívoca en el factor de calibración del equipo dosimétrico (corresponde a la cámara de ionización y para el electrómetro) determinando equivocadamente la relación dosis-unidades de monitor	Errores durante el proceso de la calibración, equivocación en las unidades mGy-cGy, equivocación en el análisis del coeficiente de la misma, errores de Nk con ND,w, , Po y To.	Acción equívoca en el factor de calibración para dicha máquina de dosimétrico (corresponde a la cámara para la ionización y para el electrómetro) determinando equivocadamente la relación dosis-unidades de monitor	Utilizar un valor incorrecto de presión o temperatura local (barómetro o termómetro descalibrado, lectura errónea o aplicación de valores otro lugar, como laboratorio meteorológico o aeropuerto) en la puesta en servicio.

Etapa 2	Sub etapa 1			
Aceptación y puesta en servicio	con consecuencias con el paciente			
	Suceso iniciador 7	Suceso iniciador 8	Suceso iniciador 9	Suceso iniciador 10
	Determinar de manera equivocada el coeficiente de calibración de las cámaras monitoras que implica la determinación equivocada de la razón dosis-unidades de monitor	Acción equivocada en la determinación de los valores relativos de la dosis (índice de uniformidad, penumbra, homogeneidad o simetría, rendimiento en profundidad del haz en el que se basa la caracterización de la energía del haz).	Determinar de manera equivocada cada uno de los aspectos geométricos del haz. (forma del campo de radiación, coincidencia del campo luminoso y radiante, ubicación de la fuente efectiva, Verticalidad del Haz).	Determinar incorrectamente los factores de campo.

Etapa 2	Sub etapa 1			
Aceptación y puesta en servicio	Con consecuencias con el paciente			
	Suceso iniciador 11	Suceso iniciador 12	Suceso iniciador 13	Suceso iniciador 14
	<p>Presentar un error en establecer los parámetros mecánicos y geométricos en la unidad del tratamiento, aquellos errores que corresponden al eje de translación y rotación, así como los errores sobre las escalas lineales y angulares, el cual incluye el telémetro, los errores presentados en el indicador luminoso que corresponde al eje del haz (cruceta), los errores de la verificación de los láseres.</p>	<p>Establecer de manera incorrecta los factores de bandeja. Tener en cuenta la obtención de bandejas con holguras respecto a los rieles de colocación.</p>	<p>Establecer de manera incorrecta los factores de transmisión de las cuñas.</p>	<p>Establecer de forma incorrecta los factores de transmisión sobre los accesorios en la inmovilización hacia el paciente (el cual se encuentra incluido cada uno de los soportes sobre las máscaras) y también de la camilla.</p>

Etapa 2	Sub etapa 1		
Aceptación y puesta en servicio	Con consecuencias con el paciente		
	Suceso iniciador 15	Suceso iniciador 16	Suceso iniciador 17
	<p>Equivocación en la medida de los perfiles en el campo que es exento del centro del haz.</p>	<p>Empelar deficientes dispositivos de inmovilización del paciente</p>	<p>Registro erróneo de los resultados de las mediciones realizadas durante la puesta en servicio para ser introducido al sistema de planificación de tratamiento (TPS).</p>

Etapa 2	Sub etapa 2		
Aceptación y puesta en servicio	Del sistema de planificación (TPS) con consecuencia al paciente		
	Suceso iniciador 18	Suceso iniciador 19	Suceso iniciador 20
	registrar de manera errónea la configuración geométrica del acelerador en el TPS.	Desarrollar una configuración de manera errónea a las cuñas en el TPS.	Desarrollar una configuración de manera equívoca sobre los bloques y las bandejas de conformación en el TPS.

Etapa 2	Sub etapa 2		
Aceptación y puesta en servicio	Del sistema de planificación (TPS) con consecuencia al paciente		
	Suceso iniciador 21	Suceso iniciador 22	Suceso iniciador 23
	Desarrollar una configuración de forma errónea de los compensadores o también de bolus en el TPS.	Errores en la inserción de información de caracterización y el rendimiento de los haces en el TPS.	Acción equívoca al momento de introducir los factores de campo en el TPS.

Etapa 3	Sub etapa 1	Sub etapa 2
Mantenimiento de los equipos	con consecuencias para los pacientes	
	Suceso iniciador 24	Suceso iniciador 25
	Modificación equívoca de los parámetros críticos del equipo durante la reparación o mantenimiento del equipo.	No dar registro de forma adecuada al proceso de modificaciones para los parámetros del equipo en el momento de la realización de labores para el mantenimiento.
		iniciar la irradiación cuando un trabajador se mantiene dentro de la sala de tratamiento mientras se realizan tareas de mantenimiento del equipo estando este en el modo servicio.

Etapa 4	Suceso iniciador 27	Suceso iniciador 28	Suceso iniciador 29	Suceso iniciador 30
Prescripción clínica del tratamiento	Manifiestar de manera incorrecta u omitir dentro de la hoja de tratamiento a los órganos de riesgo en el momento de la prescripción médica del proceso de tratamiento	Indicar de manera diferente el valor de prescripción de la dosis total de tratamiento a la intención terapéutica del Oncólogo Radioterapeuta.	En la hoja de tratamiento Indicar de manera diferente el valor de Dosis Diaria al valor considerado durante la prescripción clínica en el proceso de tratamiento	Indicar de manera errónea en la hoja de tratamiento el valor de fraccionamiento de dosis al valor considerado durante la prescripción clínica del tratamiento.

Etapa 4	Suceso iniciador 31	Suceso iniciador 32	Suceso iniciador 33	Suceso iniciador 34
Prescripción clínica del tratamiento	Registro de valores erróneos u omisión de valores de la cantidad de dosis hacia órganos de riesgo dentro de la hoja de tratamiento	Dar omisión de la hoja de tratamiento a un volumen secundario para el tratamiento y en la cual consta en la prescripción clínica, ante una situación de presentar diversas localizaciones.	Indicar erróneamente la prescripción de dosis que presente un paciente a otro.	Prescribir sobre un órgano o un volumen erróneo.

Etapa 5	Suceso iniciador 35	Suceso iniciador 36	Suceso iniciador 37	Suceso iniciador 38
Adquisición de datos anatómicos del paciente	Llamar con el fin de realizar una simulación de imagen a paciente erróneo.	Identificación equívoca en la colocación de los dispositivos de inmovilizadores, en la toma de imagen del paciente.	Omitir o marcación errónea de las marcas de referencias sobre dispositivos de inmovilización.	Toma de imágenes erróneas o inadecuadas por posición incorrecta del paciente

Etapa 6	Suceso iniciador 39	Suceso iniciador 40	Suceso iniciador 41
Delimitación de volúmenes	Llegar a cometer un error en la identificación del paciente en el momento del desarrollo del plan para tratamiento. Realizar una planificación en el	Nombrar de manera errónea cada área volumétrica y delineados en el TPS (GTV, así como el CTV o de manera reversa), se usa de forma	Error en la identificación del paciente durante la delineación de volúmenes.

	tratamiento de la persona con información respecto a otra persona.	errónea cada una de las siglas o el código de colores convenidos en el servicio.	
--	--	--	--

Etapa 6	Suceso iniciador 42	Suceso iniciador 43	Suceso iniciador 44
Delimitación de volúmenes	Llegar a omitir sobre el reconocimiento de ya sean varios o uno CTVs secundarios durante el TPS.	Llegar a omitir una denominación sobre el TPS uno, varios o de la totalidad de los Órganos de Riesgo (OAR).	Realizar un error sobre el reconocimiento de la lateralidad del tumor en el proceso de la delineación.

Etapa 7	Suceso iniciador 45	Suceso iniciador 46	Suceso iniciador 47
Planificación del tratamiento	Empleo erróneo del proceso de uso del TPS en el diseño del plan para un paciente específico.	Modificación de instrucciones de utilidad del TPS el cual causen errores sobre los cálculos.	Seleccionar una orientación errónea de los campos.

Etapa 7	Suceso iniciador 48	Suceso iniciador 49	Suceso iniciador 50
Planificación del tratamiento	Planificación errónea de técnicas o situaciones especiales. Que implicaría una distribución de dosis errónea hacia el paciente	Cometer un error en la elaboración dosimétrica y geométricas durante el plan de tratamiento, o en la protección de órganos críticos y tejido normal.	Equivocación en la prescripción (sobre la dosis, así como la cantidad de sesiones) para calcular las unidades monitor.

Etapa 7	Suceso iniciador 51	Suceso iniciador 52	Suceso iniciador 53
Planificación del tratamiento	Realizar un error al calcular el número de fracciones a partir de la cantidad de dosis total y por fracción, (o de manera que se calcule	Error dentro del Sistema de Planificación del Tratamiento, como las	Omitir la planificación de localizaciones secundarias requeridas.

	la cantidad de dosis por fracción iniciando de la totalidad de dosis y el número de fracciones).	debilidades en el algoritmo	
--	--	-----------------------------	--

Etapa 8	Suceso iniciador 54	Suceso iniciador 55
Elaboración de moldes	Acción equívoca en la elaboración de los accesorios personalizados (los Bolus, así como los compensadores, bloques de conformación y las inmovilizadores).	Error en la colocación de los bloques de conformación del haz de fotones en la bandeja.

Etapa 9	Suceso iniciador 56	Suceso iniciador 57	Suceso iniciador 58	Suceso iniciador 59
Inicio de tratamiento	Introducción equívoca en el acelerador referente a los parámetros de plan de tratamiento. Es empleado en situaciones en que los parámetros, son insertados de manera manual.	para el inicio de tratamiento llamar a paciente erróneo.	Ubicar de forma errónea al paciente sobre la mesa de tratamiento para su sesión de inicio del tratamiento.	Ubicación equivocadamente de la persona mayor de 3 mm, conforme con el isocentro determinado, al dar inicio a la ubicación isocéntrica (DFI constante).

Etapa 9	Suceso iniciador 60	Suceso iniciador 61	Suceso iniciador 62	Suceso iniciador 63
Inicio de tratamiento	Error sobre la ubicación del paciente mayor de 3 mm en el momento del inicio sobre el tratamiento no isocéntrico (DFS constante).	Ubicación incorrecta de los bloques de conformación del haz de fotones en la bandeja.	Elegir de forma errónea el ángulo de la mesa para el tratamiento en la sesión inicial del tratamiento.	Ubicación de manera errónea u omitir elementos modificadores atenuadores del haz (bolus, compensadores) al comienzo del proceso del tratamiento.
Etapa 9	Suceso iniciador 64		Suceso iniciador 65	

Inicio de tratamiento	Omitir incorporar al plan de tratamiento una modificación luego de aprobarse.	Error en la incorporación de un cambio luego de haber una modificación aprobada al plan de tratamiento.
-----------------------	---	---

Etapa 10	Suceso iniciador 66	Suceso iniciador 67	Suceso iniciador 68	Suceso iniciador 69
Posicionamiento de paciente para tratamiento diario	Llamar para tratamiento a paciente equivocado.	Colocación incorrecta del paciente sobre la mesa de tratamiento para la sesión diaria.	emplear dispositivos de inmovilización deficientes en el paciente.	Equivocación en la ubicación del paciente en función al isocentro

Etapa 10	Suceso iniciador 70	Suceso iniciador 71	Suceso iniciador 72
Posicionamiento de paciente para tratamiento diario	Equivocación de ubicación de entrada del haz del campo en procedimientos, no isocéntricos (DFS=constante) en el momento del Posicionamiento para el tratamiento diario	Elección de manera equivoca el ángulo de la mesa de tratamiento durante el posicionamiento para el tratamiento diario	Colocar erróneamente el bolus en el periodo de posicionamiento para el tratamiento diario, por omisión de colocación o colocación de modificador erróneo.

Etapa 11	Sub etapa 1		
Ejecución de tratamiento	con consecuencia par los pacientes asociados al proceso de tratamiento.		
	Suceso iniciador 73	Suceso iniciador 74	Suceso iniciador 75
	Omitir una sesión de tratamiento.	No se tomaron en cuenta uno o más de un campo pendiente, después de una parada irregular (tal como una pérdida de la alimentación eléctrica).	Llegar a intentar una administración de una o más sesiones de tratamiento diario luego de lograr la cantidad prescrita en las sesiones.

Etapa 11	Sub etapa 1		
	con consecuencia par los pacientes asociados al proceso de tratamiento.		
	Suceso iniciador 76	Suceso iniciador 77	Suceso iniciador 78

Ejecución de tratamiento	Hacer el intento de administrar una o más sesiones de tratamiento diario, luego de haber alcanzado el número de sesiones prescrito después de que la cantidad de dosis dadas de forma manual no hayan sido registradas dentro del sistema de registro y verificación.	Intentar administrar erróneamente un campo de tratamiento dos veces en una sesión de tratamiento.	Dar omisión un campo de tratamiento en la sesión diaria.
--------------------------	---	---	--

Etapa 11	Sub etapa 1		
	con consecuencia par los pacientes asociados al proceso de tratamiento.		
	Suceso iniciador 79	Suceso iniciador 80	Suceso iniciador 81
Ejecución de tratamiento	Movimiento significativo (observable) de forma voluntaria o de una manera involuntaria del paciente, durante la administración del tratamiento.	Desarrollarse un movimiento de manera significativa, que es (observable) del paciente, previo al inicio de la administración del tratamiento.	Error al registrar los datos de la sesión diaria en la hoja de tratamiento

Etapa 11	Sub etapa 2			
	con consecuencia para los pacientes. Vinculados con los fallos del equipo.			
	Suceso iniciador 82	Suceso iniciador 83	Suceso iniciador 84	Suceso iniciador 85
Ejecución de tratamiento	Producirse un fallo de equipo causando cambios respecto a la simetría de los haces en los fotones.	Fallos en el equipo los cuales originan una variación en la planitud de los haces de fotones.	Posicionarse incorrectamente el blanco.	Posicionarse incorrectamente el filtro aplanador.
Etapa 11	Sub etapa 2			
	con consecuencia para los pacientes. Vinculados con los fallos del equipo.			

Ejecución de tratamiento	Suceso iniciador 86	Suceso iniciador 87	Suceso iniciador 88	Suceso iniciador 89
	producirse un fallo del sistema de control dosimétrico.	Fallos del sistema de agua de enfriamiento del acelerador lineal generando sobrecalentamiento en el equipo.	Desarrollarse una pérdida de vacío en el LINAC en el momento del tratamiento.	Posicionarse el Gantry de forma diferente a la requerida.

Etapa 11	Sub etapa 2		
Ejecución de tratamiento	con consecuencia para los pacientes. Asociados a fallos del equipo.		
	Suceso iniciador 90	Suceso iniciador 91	
	Producirse una desviación óptica de la distancia (retícula y telémetro).	Producirse una desviación sobre la alineación de los láseres.	

Etapa 11	Sub etapa 3		Sub etapa 4	
Ejecución de tratamiento	con consecuencia para el personal ocupacionalmente expuesta		con consecuencia para el público	
	Suceso iniciador 92	Suceso iniciador 93	Suceso iniciador 94	Suceso iniciador 95
	El trabajador intenta ingresar en la sala de tratamiento en el momento en que el equipo se encuentra irradiando.	Comienza la irradiación sobre el paciente con un personal de Radioterapia presente en la sala de tratamiento inadvertidamente.	Hacer el intento de ingresar a la sala de tratamiento de forma imprevista en el momento de la irradiación.	Comenzar una irradiación con un miembro del público dentro de la Sala de Tratamiento inadvertidamente.

3.2.3 Utilización del Método de Ishikawa

Empleando el método de Ishikawa se identifica en cada una de las etapas del proceso de tratamiento las causas a que un suceso iniciador conlleve a una exposición accidental.

Etapa 1: Instalación inicial del equipo		
Sub etapa 1: con consecuencia para el personal ocupacionalmente expuesto		
Suceso iniciador 1: Deficiencia de blindaje		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Capacitación deficiente en la formación del físico medico	Deficiencias durante el proceso del blindaje para la sala de tratamiento
Diseño	cálculo erróneo de blindaje	
Método	levantamiento radiométrico inicial erróneo	
	levantamiento radiométrico periódico erróneo	

Etapa 1: Instalación inicial del equipo		
Sub etapa 2: con consecuencia para el publico		
Suceso iniciador 2: Deficiencia de blindaje		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Capacitación deficiente en la formación del físico medico	Deficiencias durante el proceso del blindaje para la sala de tratamiento
Diseño	cálculo erróneo de blindaje	
Método	levantamiento radiométrico inicial erróneo	
	levantamiento radiométrico periódico erróneo	

Etapa 2: Aceptación y puesta en servicio		
Sub etapa 1: con consecuencias con el paciente		
Suceso iniciador 3: Error en el factor de calibración de equipo dosimétrico		
CAUSA		EFEECTO
Equipo	Calibración del dosímetro clínico en un Laboratorio no acreditado	Acción equívoca en el factor de calibración del equipo dosimétrico (corresponde a la cámara de ionización y para el electrómetro) determinando equívocamente la relación dosis-unidades de monitor
Personal	La capacitación de parte del Físico Médico, en la cual compone el proceso de forma completa en la calibración, cada error permite desarrollar parámetros y las sesiones aprendidas	
Método	Sistema de QA del laboratorio secundario de calibración errónea	

	Omisión de las pruebas diarias del estado de referencia (parámetros dosimétricos, geométricos y de seguridad).
	Omisión de Auditoría Postal con dosímetros TLD
	Ubicación diaria de la persona asistida, en que los técnicos encargados de radioterapia lleguen a identificar los errores en la geometría o en la cantidad de dosis, debido a los signos visuales (ejemplo por la coloración de la piel, etc.)
	No contar con pruebas de QA anual y mensual, de los parámetros de referencia vinculados con la seguridad, de la misma forma como los dosimétrico y geométricos

Etapa 2: Aceptación y puesta en servicio		
Sub etapa 1: con consecuencias con el paciente		
Suceso iniciador 4: Error de uso del certificado de calibración		
	CAUSA	EFECTO
personal	No contar con certificado de Capacitación de Físico Médico en Radioterapia el cual compone el ejercicio de forma práctica Calibración de haces	Cometer errores en el momento de usar un certificado dentro de la calibración, es el caso de: confusión de unidades mGy-cGy, una lectura sobre el coeficiente en la calibración, confusión de Nk con ND,w, , Po y To
Método	Realizar una comparación sobre la cantidad de dosis en situaciones de prueba, entre aquellas que fueron calculadas a través del TPS y mediciones directas, durante la puesta en servicio del TPS	
	Omisión de las pruebas diarias del estado de referencia (parámetros dosimétricos, geométricos y de seguridad).	
	Omisión de Auditoría Postal con dosímetros TLD	
	Ubicación diariamente de la persona, en la que los técnicos en la radioterapia, lleguen a identificarse los errores en la geometría o también en la cantidad de dosis a través de signos visuales (el color en la piel, etc.)	
	No contar con pruebas de QA anual y mensual, de los parámetros de referencia vinculados con la seguridad, de la misma forma como los dosimétrico y geométricos	
	No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas.	

Etapa 2: Aceptación y puesta en servicio		
Sub etapa 1: con consecuencias con el paciente		
Suceso iniciador 5: Error al establecer las condiciones de referencia de medida		
CAUSA		EFEECTO
personal	Capacitación para Físico Médico, el cual compone el proceso completo a favor de la calibración, cada error en la que permiten cometer sobre los parámetros y acerca de las sesiones que se aprendieron.	Llegar a presentar error en el momento de determinar el estado de referencia conforme a que consista un establecimiento erróneo vinculados a la cantidad de dosis-o las unidades para el monitor.
método	Omitir el empleo de Protocolo de calibración (TRS-398)	
	Comparación sobre la cantidad de dosis ante situaciones de prueba, presentada entre las que fueron calculadas a través del TPS y las medidas directas, en el proceso de la puesta hacia el servicio del TPS	
	Posicionado durante cada día de la persona, en la que los especialistas en radioterapia, les permita identificar los errores respecto a la geometría o en la cantidad de dosis a través de la identificación de signos visuales (así como la coloración de la piel, etc.)	
	Omisión de Auditoría Postal con dosímetros TLD	
	No contar con pruebas de QA anual y mensual, de los parámetros de referencia vinculados con la seguridad, de la misma forma como los dosimétrico y geométricos	
	No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas.	

Etapa 2: Aceptación y puesta en servicio		
Sub etapa 1: con consecuencias con el paciente		
Suceso iniciador 6: Utilizar incorrectamente el valor de presión y temperatura		
CAUSA		EFEECTO
personal	Capacitación para Físico Médico, el cual compone el proceso completo a favor de la calibración, cada error en la que permiten cometer sobre los parámetros y acerca de las sesiones que se aprendieron.	Hacer uso de un valor incorrecto sobre la temperatura local o presión (barómetro o termómetro descalibrado, lectura errónea o emplear de valores otro lugar, siendo el caso del laboratorio meteorológico o aeropuerto) en el momento de la ejecución
método	Omitir el empleo de Protocolo de calibración (TRS-398)	

	No contar con pruebas de QA anual y mensual, de los parámetros de referencia vinculados con la seguridad, de la misma forma como los dosimétrico y geométricos	
--	--	--

Etapa 2: Aceptación y puesta en servicio		
Sub etapa 1: con consecuencias con el paciente		
Suceso iniciador 7: Error en determinar el coeficiente de calibración de las cámaras monitoras		
	CAUSA	EFEECTO
personal	Capacitación para Físico Médico, el cual compone el proceso completo a favor de la calibración, cada error en la que permiten cometer sobre los parámetros y acerca de las sesiones que se aprendieron.	Presentar un error en la el establecimiento del coeficiente sobre la calibración dentro de las cámaras monitoras, la cual compone el establecimiento de asociación dosis-unidades de monitor
método	Omisión de medición de forma inmediata en bien de una comprobación del ajuste desarrollado por el propio Físico Médico	
	Verificación de manera redundante, a través de otro Físico Médico y juntamente a otro sistema dosimétrico, del producto de la calibración	
	Omisión de Auditoría Postal con dosímetros TLD	
	Posicionado durante cada día de la persona, en la que los especialistas en radioterapia, les permita identificar los errores respecto a la geometría o en la cantidad de dosis a través de la identificación de signos visuales (así como la coloración de la piel, etc.)	
	No contar con pruebas de QA anual y mensual, de los parámetros de referencia vinculados con la seguridad, de la misma forma como los dosimétrico y geométricos	
	No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas.	

Etapa 2: Aceptación y puesta en servicio		
Sub etapa 1: con consecuencias con el paciente		
Suceso iniciador 8: Error en determinar los valores relativos de dosis		
	CAUSA	EFEECTO
personal	Capacitación para Físico Médico, el cual compone el proceso completo a favor de la calibración, cada error en la que permiten cometer sobre los	Presentar un error en el establecimiento sobre los parámetros geométricos dentro del haz de radiación. (la dimensión del

	parámetros y acerca de las sesiones que se aprendieron.	campo de radiación, el cual es una coincidencia sobre el área luminoso y radiante, ubicación de la fuente que es efectiva, Verticalidad del Haz).
método	Desarrollar una comparación sobre la cantidad de dosis ante situaciones de prueba, entre las cuales se calcula por el TPS y las medidas directas, en el momento de la puesta en servicio del TPS	
	Ubicado de manera diaria al paciente, en que los técnicos para la radioterapia, sean identificados los errores en la geometría o en la cantidad de dosis a través de signos visuales (coloración de la piel, etc.)	
	No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas.	
	No contar con pruebas de QA anual y mensual, de los parámetros de referencia vinculados con la seguridad, de la misma forma como los dosimétrico y geométricos	

Etapa 2: Aceptación y puesta en servicio		
Sub etapa 1: con consecuencias con el paciente		
Suceso iniciador 9: Error en determinar los parámetros geométricos del haz de radiación		
CAUSA		EFEECTO
personal	Capacitación para Físico Médico, el cual compone el proceso completo a favor de la calibración, cada error en la que permiten cometer sobre los parámetros y acerca de las sesiones que se aprendieron.	Presentar un error en el establecimiento sobre los parámetros geométricos dentro del haz de radiación. (la dimensión del campo de radiación, el cual es una coincidencia sobre el área luminoso y radiante, ubicación de la fuente que es efectiva, Verticalidad del Haz).
método	Se desarrolló una comparación sobre la cantidad de dosis ante situaciones de prueba, desarrolladas entre aquellas calculadas por el TPS y las que fueron medidas directamente, en el momento de la puesta en servicio en el TPS	
	Posicionado durante cada día de la persona, en la que los especialistas en radioterapia, les permita identificar los errores respecto a la geometría o en la cantidad de dosis a través de la identificación de signos visuales (así como la coloración de la piel, etc.)	
	No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas.	

	No contar con pruebas de QA anual y mensual, de los parámetros de referencia vinculados con la seguridad, de la misma forma como los dosimétrico y geométricos	
--	--	--

Etapa 2: Aceptación y puesta en servicio		
Sub etapa 1: con consecuencias con el paciente		
Suceso iniciador 10: Error en factores de campo		
CAUSA		EFEECTO
personal	Capacitación para Físico Médico, el cual compone el proceso completo a favor de la calibración, cada error en la que permiten cometer sobre los parámetros y acerca de las sesiones que se aprendieron.	Determinar incorrectamente los factores de campo.
método	Se desarrolló una comparación sobre la cantidad de dosis ante situaciones de prueba, desarrolladas entre aquellas calculadas por el TPS y las que fueron medidas directamente, en el momento de la puesta en servicio en el TPS	
	Ubicación de manera diaria de la persona, en la que los técnicos sobre la radioterapia lleguen a identificar errores de geometría o en la cantidad de dosis por signos visuales (coloración de la piel, etc.)	
	No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas.	
	No contar con pruebas de QA anual y mensual, de los parámetros de referencia vinculados con la seguridad, de la misma forma como los dosimétrico y geométricos	

Etapa 2: Aceptación y puesta en servicio		
Sub etapa 1: con consecuencias con el paciente		
Suceso iniciador 11: Error en los parámetros mecánicos y geométricos en la unidad del tratamiento		
CAUSA		EFEECTO
personal	Capacitación para Físico Médico, el cual compone el proceso completo a favor de la calibración, cada error en la que permiten cometer sobre los parámetros y acerca de las sesiones que se aprendieron.	Presentar un error en establecer los parámetros mecánicos y geométricos en la unidad del tratamiento, aquellos errores que corresponden al eje de translación y rotación, así como los

método	Manifiestar una comparación sobre la cantidad de dosis ante situaciones de prueba, presentada entre aquellas calculadas por el TPS y mediciones directas, durante la puesta en servicio del TPS	errores sobre las escalas lineales y angulares, el cual incluye el telémetro, los errores presentados en el indicador luminoso que corresponde al eje del haz (crucecita), los errores de la verificación de los láseres.).
	Posicionado durante cada día de la persona, en la que los especialistas en radioterapia, les permita identificar los errores respecto a la geometría o en la cantidad de dosis a través de la identificación de signos visuales (así como la coloración de la piel, etc.)	
	No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas.	
	No contar con pruebas de QA anual y mensual, de los parámetros de referencia vinculados con la seguridad, de la misma forma como los dosimétrico y geométricos	

Etapa 2: Aceptación y puesta en servicio		
Sub etapa 1: con consecuencias con el paciente		
Suceso iniciador 12: Error en establecer los factores de bandeja		
CAUSA		EFEECTO
personal	Capacitación para Físico Médico, el cual compone el proceso de forma completa respecto a la calibración, cada uno de los errores se cometen a través de los aspectos y las enseñanzas aprendidas.	Establecer de manera incorrecta los factores de bandeja. Tener en cuenta la obtención de bandejas con holguras respecto a los rieles de colocación.
Método	Comparación sobre la cantidad de dosis ante situaciones de prueba, desarrollada entre las que se calcula por medio del TPS y correspondiente a las medidas directas, ante un instante en la cual se presente la puesta sobre una labor del TPS No contar con pruebas de QA anual y mensual, de los parámetros de referencia vinculados con la seguridad, de la misma forma como los dosimétrico y geométricos	

Etapa 2: Aceptación y puesta en servicio		
Sub etapa 1: con consecuencias con el paciente		
Suceso iniciador 13: Error en establecer los factores de cuñas		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Capacitación para Físico Médico, el cual compone el proceso de forma completa respecto a la calibración, cada uno de los errores se cometen a través de los aspectos y las enseñanzas aprendidas.	Establecer de manera incorrecta los factores de transmisión de las cuñas.

Método	Comparación sobre la cantidad de dosis ante situaciones de prueba, desarrollada entre las que se calcula por medio del TPS y correspondiente a las medidas directas, ante un instante en la cual se presente la puesta sobre una labor del TPS
	Ubicándose de manera diario a la persona, en el que cada profesional de radioterapia lleguen a identificar errores para la geometría o la cantidad de dosis conforme con los signos visuales (coloración de la piel, etc.)
	No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas.
	No contar con pruebas de QA anual y mensual, de los parámetros de referencia vinculados con la seguridad, de la misma forma como los dosimétrico y geométricos

Etapa 2: Aceptación y puesta en servicio		
Sub etapa 1: con consecuencias con el paciente		
Suceso iniciador 14: Error en establecer los factores de accesorios de inmovilización		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Capacitación para el Físico Médico, el cual componga un proceso completo acerca de la calibración, cada error es cometidos a través de los parámetros y sobre aquello que se enseñó.	Establecer de forma incorrecta los factores de transmisión sobre los accesorios en la inmovilización hacia el paciente (el cual se encuentra incluido cada uno de los soportes sobre las máscaras) y también de la camilla.
Método	No contar con pruebas de QA anual y mensual, de los parámetros de referencia vinculados con la seguridad, de la misma forma como los dosimétrico y geométricos	

Etapa 2: Aceptación y puesta en servicio		
Sub etapa 1: con consecuencias con el paciente		
Suceso iniciador 15: Error en medición de perfiles de campo con cuñas		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Capacitación para Físico Médico, el cual compone el proceso de forma completa respecto a la calibración, cada uno de los errores se cometen a través de los aspectos y las enseñanzas aprendidas.	Llegar a errar en el momento de medir cada uno de los perfiles en el campo con cuñas (o aspectos extra del centro del haz)
Método	Desarrollar una comparación acerca de las dosis ante situaciones de prueba, presentadas entre las que fueron calculadas a través del TPS y las medidas directas, en el momento de la ejecución del servicio del TPS	

Ubicación diaria de la persona, en que los expertos de radioterapia, lograran identificar errores en la geometría o en la cantidad de dosis a través de signos visuales (una coloración sobre la piel, etc.)
No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas.
No contar con pruebas de QA anual y mensual, de los parámetros de referencia vinculados con la seguridad, de la misma forma como los dosimétrico y geométricos

Etapa 2: Aceptación y puesta en servicio		
Sub etapa 1: con consecuencias con el paciente		
Suceso iniciador 16: emplear deficientemente los dispositivos de inmovilización de paciente		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Capacitación para Físico Médico, el cual compone el proceso de forma completa respecto a la calibración, cada uno de los errores se cometen a través de los aspectos y las enseñanzas aprendidas.	Empelar deficientes dispositivos de inmovilización del paciente
Método	La no comprobación acerca de la inmovilización que presenta el paciente al posicionarlo para el tratamiento diario No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas.	

Etapa 2: Aceptación y puesta en servicio		
Sub etapa 1: con consecuencias con el paciente		
Suceso iniciador 17: Registrar erróneamente las mediciones de la puesta de servicio al TPS		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Capacitación para Físico Médico, el cual compone el proceso de forma completa respecto a la calibración, cada uno de los errores se cometen a través de los aspectos y las enseñanzas aprendidas.	Registro erróneo de los resultados de las mediciones realizadas durante la puesta en servicio para ser introducido al sistema de planificación de tratamiento (TPS).
Método	Comparación sobre la cantidad de dosis ante situaciones de prueba, presentada entre las que fueron calculadas a través del TPS y las medidas directas, en el proceso de la puesta hacia el servicio del TPS	

	Ubicación de manera diaria sobre el paciente, en que cada experto en radioterapia, permite identificar los errores en la geometría o en la cantidad de dosis a través de signos visuales (es el caso de la coloración de la piel, etc.)
	No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas.

Etapa 2: Aceptación y puesta en servicio		
Sub etapa 2: Del sistema de planificación (TPS) con consecuencia al paciente		
Suceso iniciador 18: Registrar erróneamente la configuración geométrica del acelerador al TPS		
	CAUSA	EFEECTO
personal	Capacitación para Físico Médico, el cual compone el proceso de forma completa respecto a la calibración, cada uno de los errores se cometen a través de los aspectos y las enseñanzas aprendidas de las exposiciones accidentales	registrar de manera errónea la configuración geométrica del acelerador en el TPS.
Método	Comparación sobre la cantidad de dosis ante situaciones de prueba, presentada entre las que fueron calculadas a través del TPS y las medidas directas, en el proceso de la puesta hacia el servicio del TPS	
	No realizar la verificación de forma independiente de la planificación a través de un Físico Médico diferente	
	No verificación de manera redundante sobre la información insertada en el TPS por otro Físico Médico	
	Ubicación de manera diaria sobre el paciente, en que cada experto en radioterapia, permite identificar los errores en la geometría o en la cantidad de dosis a través de signos visuales (es el caso de la coloración de la piel, etc.)	
	No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas.	
Equipo	Omitir pruebas de QA del TPS. (de manera diaria, así como el semanal, también mensualmente, el trimestral y por año), cuando se detecta una inconsistencia significativa se detiene los tratamientos.	

Etapa 2: Aceptación y puesta en servicio		
Sub etapa 2: Del sistema de planificación (TPS) con consecuencia al paciente		
Suceso iniciador 19: Registrar erróneamente la configuración a las cuñas al TPS		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Capacitación para Físico Médico, el cual compone el proceso de forma completa respecto a la calibración, cada uno de los errores se cometen a través de los aspectos y las enseñanzas aprendidas. de las exposiciones accidentales	Desarrollar una configuración de manera errónea a las cuñas en el TPS.
Método	Comparación sobre la cantidad de dosis ante situaciones de prueba, presentada entre las que fueron calculadas a través del TPS y las medidas directas, en el proceso de la puesta hacia el servicio del TPS	
	No realizar la verificación de forma independiente de la planificación a través de un Físico Médico diferente	
	No verificación de manera redundante sobre la información insertada en el TPS por otro Físico Médico	
	Ubicación de manera diaria sobre el paciente, en que cada experto en radioterapia, permite identificar los errores en la geometría o en la cantidad de dosis a través de signos visuales (es el caso de la coloración de la piel, etc.)	
	No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas.	
Equipo	Omitir pruebas de QA del TPS. (de manera diaria, así como el semanal, también mensualmente, el trimestral y por año), cuando se detecta una inconsistencia significativa se detiene los tratamientos.	

Etapa 2: Aceptación y puesta en servicio		
Sub etapa 2: Del sistema de planificación (TPS) con consecuencia al paciente		
Suceso iniciador 20: Configuración de manera equívoca los bloques y las bandejas de conformación en el TPS		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Capacitación para Físico Médico, el cual compone el proceso de forma completa respecto a la calibración, cada uno de los errores se cometen a través de los aspectos y las enseñanzas aprendidas. de las exposiciones accidentales	Desarrollar una configuración de manera equívoca sobre los bloques y las bandejas de conformación en el TPS.

Método	Comparación sobre la cantidad de dosis ante situaciones de prueba, presentada entre las que fueron calculadas a través del TPS y las medidas directas, en el proceso de la puesta hacia el servicio del TPS
	No realizar la verificación de forma independiente de la planificación a través de un Físico Médico diferente
	No verificación de manera redundante sobre la información insertada en el TPS por otro Físico Médico
	Ubicación de manera diaria sobre el paciente, en que cada experto en radioterapia, permite identificar los errores en la geometría o en la cantidad de dosis a través de signos visuales (es el caso de la coloración de la piel, etc.)
	No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas.
Equipo	Omitir pruebas de QA del TPS. (de manera diaria, así como el semanal, también mensualmente, el trimestral y por año), cuando se detecta una inconsistencia significativa se detiene los tratamientos.

Etapa 2: Aceptación y puesta en servicio		
Sub etapa 2: Del sistema de planificación (TPS) con consecuencia al paciente		
Suceso iniciador 21: Configuración de manera equívoca los compensadores y bolus en el TPS		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Capacitación para Físico Médico, el cual compone el proceso de forma completa respecto a la calibración, cada uno de los errores se cometen a través de los aspectos y las enseñanzas aprendidas. de las exposiciones accidentales	Desarrollar una configuración de forma errónea de los compensadores o también de bolus en el TPS.
Método	Comparación sobre la cantidad de dosis ante situaciones de prueba, presentada entre las que fueron calculadas a través del TPS y las medidas directas, en el proceso de la puesta hacia el servicio del TPS	
	No realizar la verificación de forma independiente de la planificación a través de un Físico Médico diferente	
	No verificación de manera redundante sobre la información insertada en el TPS por otro Físico Médico	

	<p>Ubicación de manera diaria sobre el paciente, en que cada experto en radioterapia, permite identificar los errores en la geometría o en la cantidad de dosis a través de signos visuales (es el caso de la coloración de la piel, etc.)</p> <p>No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas.</p>
Equipo	Omitir pruebas de QA del TPS. (de manera diaria, así como el semanal, también mensualmente, el trimestral y por año), cuando se detecta una inconsistencia significativa se detiene los tratamientos.

Etapa 2: Aceptación y puesta en servicio		
Sub etapa 2: Del sistema de planificación (TPS) con consecuencia al paciente		
Suceso iniciador 22: Error en insertar información de caracterización y rendimiento de los haces en el TPS		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Capacitación para Físico Médico, el cual compone el proceso de forma completa respecto a la calibración, cada uno de los errores se cometen a través de los aspectos y las enseñanzas aprendidas. de las exposiciones accidentales	Errores en la inserción de información de caracterización y el rendimiento de los haces en el TPS.
Método	Comparación sobre la cantidad de dosis ante situaciones de prueba, presentada entre las que fueron calculadas a través del TPS y las medidas directas, en el proceso de la puesta hacia el servicio del TPS	
	Omisión de las pruebas diarias del estado de referencia (los parámetros geométricos, así como los dosimétricos y también con la seguridad).	
	No realizar la verificación de forma independiente de la planificación a través de un Físico Médico diferente	
	No verificación de manera redundante sobre la información insertada en el TPS por otro Físico Médico	
	Ubicación de manera diaria sobre el paciente, en que cada experto en radioterapia, permite identificar los errores en la geometría o en la cantidad de dosis a través de signos visuales (es el caso de la coloración de la piel, etc.)	
	No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas.	

	Omisión de pruebas de QA de forma mensual y por año, sobre los parámetros de referencia, los cuales son vinculados con la seguridad, de la misma forma como los geométricos y también los de dosimétrico	
Equipo	Omitir pruebas de QA del TPS. (de manera diaria, así como el semanal, también mensualmente, el trimestral y por año), cuando se detecta una inconsistencia significativa se detiene los tratamientos.	
Etapa 2: Aceptación y puesta en servicio		
Sub etapa 2: Del sistema de planificación (TPS) con consecuencia al paciente		
Suceso iniciador 23: Error en insertar factores de campo en el TPS		
	CAUSA	EFEECTO
Personal	Capacitación para Físico Médico, el cual compone el proceso de forma completa respecto a la calibración, cada uno de los errores se cometen a través de los aspectos y las enseñanzas aprendidas. de las exposiciones accidentales	Acción equivocada al momento de introducir los factores de campo en el TPS.
Método	Comparación sobre la cantidad de dosis ante situaciones de prueba, presentada entre las que fueron calculadas a través del TPS y las medidas directas, en el proceso de la puesta hacia el servicio del TPS	
	No realizar la verificación de forma independiente de la planificación a través de un Físico Médico diferente	
	No verificación de manera redundante sobre la información insertada en el TPS por otro Físico Médico	
	Ubicación de manera diaria sobre el paciente, en que cada experto en radioterapia, permite identificar los errores en la geometría o en la cantidad de dosis a través de signos visuales (es el caso de la coloración de la piel, etc.)	
	No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas.	
Equipo	Omitir pruebas de QA del TPS. (de manera diaria, así como el semanal, también mensualmente, el trimestral y por año), cuando se detecta una inconsistencia significativa se detiene los tratamientos.	

Etapa 3: Mantenimiento de los equipos
Sub etapa1: con consecuencias para los pacientes

Suceso iniciador 24: Modificación de parámetros críticos durante reparación del equipo		
CAUSA		EFEECTO
Método	Procedimientos en las labores de los trabajadores que son responsables para el mantenimiento del equipo. La no verificación previa a la entrega del equipo.	Modificación equívoca de los parámetros críticos del equipo durante la reparación o mantenimiento del equipo.
	Pruebas ante una aceptación en el grupo como interviniente del Físico Médico de forma inmediata luego de un mantenimiento. El cual compone dicho registro para la aceptación ante la utilidad clínica presentada a través del Físico Médico.	
	Registro de acciones ante el mantenimiento del grupo, los cuales presentan un efecto acerca del haz de radiación. Compone la firma del Físico Médico tomando su conocimiento de acuerdo a ello	
	Ubicación de manera diaria sobre el paciente, en que cada experto en radioterapia, permite identificar los errores en la geometría o en la cantidad de dosis a través de signos visuales (es el caso de la coloración de la piel, etc.)	
	No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas.	
Equipo	Omisión de las pruebas diarias del estado de referencia (los parámetros geométricos, así como los dosimétricos y también con la seguridad).	
	Omisión de pruebas de QA de forma mensual y por año, sobre los parámetros de referencia, los cuales son vinculados con la seguridad, de la misma forma como los geométricos y también los de dosimétrico	

Etapa 3: Mantenimiento de los equipos		
Sub etapa1: con consecuencias para los pacientes		
Suceso iniciador 25: No registrar de forma adecuada la modificación de parámetros del equipo		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Capacitación deficiente del personal de mantenimiento	No dar registro de forma adecuada al proceso de modificaciones para los parámetros del equipo en el momento de la realización de labores para el mantenimiento.
Método	no contar con formulario para el registro de acciones de mantenimiento	
	Procedimientos en las labores de los trabajadores que son responsables para el mantenimiento del equipo. La no verificación previa a la entrega del equipo.	

	Ubicación de manera diaria sobre el paciente, en que cada experto en radioterapia, permite identificar los errores en la geometría o en la cantidad de dosis a través de signos visuales (es el caso de la coloración de la piel, etc.)
	No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas.
Equipo	Omisión de pruebas de QA de forma mensual y por año, sobre los parámetros de referencia, los cuales son vinculados con la seguridad, de la misma forma como los geométricos y también los de dosimétrico

Etapa 3: Mantenimiento de los equipos		
Sub etapa 2: con consecuencia para el personal ocupacionalmente expuesto		
Suceso iniciador 26: Irradiar a un trabajador mientras realiza mantenimiento al equipo		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Capacitación deficiente del personal de mantenimiento	iniciar la irradiación cuando un trabajador se mantiene dentro de la sala de tratamiento mientras se realizan tareas de mantenimiento del equipo estando este en el modo servicio.
Equipo	Intercomunicador e interruptor de manera que se pare la irradiación que se encuentra desde el panel en donde se encuentra el control para el equipo. Parada de Emergencia en Sala de Tratamiento. En la Sala para el Tratamiento son comprendidas los interruptores acerca de la Parada en la Emergencia, en la cual son desarrollados a través de los trabajadores que se presentan dentro de una misma, que ayuda a identificar para impedir una irradiación si se requiera.	

Etapa 4: Prescripción clínica del tratamiento		
Suceso iniciador 27: Omitir en la hoja de tratamiento la prescripción de órganos de riesgo		
CAUSA		EFEECTO
Materiales	No existencia de plantillas para la prescripción en papel o en la red de radioterapia	Manifestar de manera incorrecta u omitir dentro de la hoja de tratamiento a los órganos de riesgo en el momento de la prescripción médica del proceso de tratamiento
	No empleo de protocolos clínicos	
Personal	Capacitación deficiente del Oncólogo Radioterapeuta	
Método	Manifestación y una discusión acerca de las situaciones los cuales inician un tratamiento sobre la sesión técnico/clínica cada día, juntamente con todos los Oncólogos Radioterapeutas y Físicos Médicos	

Omisión de revisión anticipada a la planificación sobre la información de prescripción y de igual forma en la simulación por el Físico Médico o Dosimetrista
No verificación de forma independiente de la planificación mediante un Físico Médico diferente
Evaluación de manera conjunta en el plan dosimétrico que es desarrollada por el Oncólogo Radioterapeuta y del Físico Médico
Omisión en la delineación de volúmenes y de los órganos de riesgo por parte del Oncólogo Radioterapeuta
Una participación en el Oncólogo Radioterapeuta, de igual forma al Físico Médico y cada uno de cada especialista en radioterapia, que se encuentra y de igual forma inmovilizada, realizada en la persona asistida en bien de que se empiece dicho tratamiento
Ubicación de manera diaria sobre el paciente, en que cada experto en radioterapia, permite identificar los errores en la geometría o en la cantidad de dosis a través de signos visuales (es el caso de la coloración de la piel, etc.)
No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas.

Etapa 4: Prescripción clínica del tratamiento		
Suceso iniciador 28: Indicar una prescripción de dosis total diferente de lo que indica el Oncólogo Radioterapeuta		
CAUSA		EFEECTO
Materiales	No existencia de plantillas para la prescripción en papel o en la red de radioterapia	Indicar de manera diferente el valor de prescripción de la dosis total de tratamiento a la intención terapéutica del Oncólogo Radioterapeuta.
	No empleo de protocolos clínicos	
Personal	Capacitación deficiente del Oncólogo Radioterapeuta	
Método	Manifestación y una discusión acerca de las situaciones los cuales inician un tratamiento sobre la sesión técnico/clínica cada día, juntamente con todos los Oncólogos Radioterapeutas y Físicos Médicos	
	Omisión de revisión anticipada a la planificación sobre la información de prescripción y de igual forma en la simulación por el Físico Médico o Dosimetrista	
	No verificación de forma independiente de la planificación mediante un Físico Médico diferente	

Evaluación de manera conjunta en el plan dosimétrico que es desarrollada por el Oncólogo Radioterapeuta y del Físico Médico
La no inserción de la prescripción de dosis total, dosis por fracción y de la misma forma el número de sesiones en el planificador en el cálculo de las unidades monitor
No comparación sobre la información en la red o en la computadora de tratamiento con los de la hoja de tratamiento
Ubicación de manera diaria sobre el paciente, en que cada experto en radioterapia, permite identificar los errores en la geometría o en la cantidad de dosis a través de signos visuales (es el caso de la coloración de la piel, etc.)
No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas.

Etapa 4: Prescripción clínica del tratamiento		
Suceso iniciador 29: Indicar de manera diferente la dosis diaria al valor considerado durante la prescripción		
CAUSA		EFEECTO
Materiales	Uso inadecuado de protocolos clínicos	En la hoja de tratamiento Indicar de manera diferente el valor de Dosis Diaria al valor considerado durante la prescripción clínica en el proceso de tratamiento
Personal	Capacitación deficiente del Oncólogo Radioterapeuta	
Método	No verificación de forma independiente de la planificación mediante un Físico Médico diferente	
	Una evaluación unida al plan dosimétrico el cual desarrolla el Oncólogo Radioterapeuta y del Físico Médico	
	La no inserción de la prescripción de dosis total, dosis por fracción y de la misma forma el número de sesiones en el planificador en el cálculo de las unidades monitor	
	No comparación sobre la información en la red o en la computadora de tratamiento con los de la hoja de tratamiento	
Ubicación de manera diaria sobre el paciente, en que cada experto en radioterapia, permite identificar los errores en la geometría o en la cantidad de dosis a través de signos visuales (es el caso de la coloración de la piel, etc.)		
No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre		

	la administración de tratamiento, o en las fases previas.	
--	---	--

Etapa 4: Prescripción clínica del tratamiento		
Suceso iniciador 30: Indicar erróneamente la fracción de dosis al valor considerado durante la prescripción		
CAUSA		EFEECTO
Materiales	Uso inadecuado de protocolos clínicos	Indicar de manera errónea en la hoja de tratamiento el valor de fraccionamiento de dosis al valor considerado durante la prescripción clínica del tratamiento.
Personal	Capacitación deficiente del Oncólogo Radioterapeuta	
Método	No verificación de forma independiente de la planificación mediante un Físico Médico diferente	
	Una evaluación unida al plan dosimétrico el cual desarrolla el Oncólogo Radioterapeuta y del Físico Médico	
	La no inserción de la prescripción de dosis total, dosis por fracción y de la misma forma el número de sesiones en el planificador en el cálculo de las unidades monitor	
	No comparación sobre la información en la red o en la computadora de tratamiento con los de la hoja de tratamiento	
Posicionado durante cada día de la persona, en la que los especialistas en radioterapia, les permita identificar los errores respecto a la geometría o en la cantidad de dosis a través de la identificación de signos visuales (así como la coloración de la piel, etc.)		
	No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas.	

Etapa 4: Prescripción clínica del tratamiento		
Suceso iniciador 31: Registrar erróneamente la dosis hacia los órganos de riesgo en la hoja de tratamiento		
CAUSA		EFEECTO
Materiales	No existencia de plantillas para la prescripción en papel o en la red de radioterapia	Registro de valores erróneos u omisión de valores de la cantidad de dosis hacia órganos de riesgo dentro de la hoja de tratamiento
	No empleo de protocolos clínicos	
Personal	Capacitación deficiente del Oncólogo Radioterapeuta	

Método	Manifestación y una discusión acerca de las situaciones las cuales inician un tratamiento sobre la sesión técnico/clínica cada día, juntamente con todos los Oncólogos Radioterapeutas y Físicos Médicos
	Omisión de revisión anticipada a la planificación sobre la información de prescripción y de igual forma en la simulación por el Físico Médico o Dosimetrista
	No verificación de forma independiente de la planificación mediante un Físico Médico diferente
	Evaluación de manera conjunta en el plan dosimétrico que es desarrollada por el Oncólogo Radioterapeuta y del Físico Médico
	Omisión en la delineación de volúmenes y de los órganos de riesgo por parte del Oncólogo Radioterapeuta
	Ubicación del Oncólogo Radioterapeuta, así como del Físico Médico y de igual manera los técnicos para la radioterapia en la presencia y la inmovilización de la persona en el proceso inicial que compone el tratamiento
	Posicionado durante cada día de la persona, en la que los especialistas en radioterapia, les permita identificar los errores respecto a la geometría o en la cantidad de dosis a través de la identificación de signos visuales (así como la coloración de la piel, etc.)
	No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas.

Etapa 4: Prescripción clínica del tratamiento		
Suceso iniciador 32: Omitir en la hoja de tratamiento un volumen secundario para el tratamiento		
CAUSA		EFEECTO
Materiales	Uso inadecuado de protocolos clínicos	Dar omisión de la hoja de tratamiento a un volumen secundario para el tratamiento y en la cual consta en la prescripción clínica, ante una situación de presentar diversas localizaciones.
Personal	Capacitación deficiente del Oncólogo Radioterapeuta	
Método	Omisión de revisión anticipada a la planificación sobre la información de prescripción y de igual forma en la simulación por el Físico Médico o Dosimetrista Evaluación de forma conjunta hacia el plan dosimétrico, el cual proviene del Oncólogo Radioterapeuta y del Físico Médico	

	Omisión en la delineación de volúmenes y de los órganos de riesgo por parte del Oncólogo Radioterapeuta	
	Ubicación del Oncólogo Radioterapeuta, así como del Físico Médico y de igual manera los técnicos para la radioterapia en la presencia y la inmovilización de la persona en el proceso inicial que compone el tratamiento	
	Posicionado durante cada día de la persona, en la que los especialistas en radioterapia, les permita identificar los errores respecto a la geometría o en la cantidad de dosis a través de la identificación de signos visuales (así como la coloración de la piel, etc.)	
	No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas.	

Etapa 4: Prescripción clínica del tratamiento		
Suceso iniciador 33: Error en la prescripción de dosis que presente un paciente a otro		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Carga de labores de manera moderada	Indicar erróneamente la prescripción de dosis que presente un paciente a otro.
Método	Evaluación de forma conjunta hacia el plan dosimétrico, el cual proviene del Oncólogo Radioterapeuta y del Físico Médico	
	Ubicación del Oncólogo Radioterapeuta, así como del Físico Médico y de igual manera los técnicos para la radioterapia en la presencia y la inmovilización de la persona en el proceso inicial que compone el tratamiento	
	No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas.	

Etapa 4: Prescripción clínica del tratamiento		
Suceso iniciador 34: Prescribir sobre un órgano erróneo		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Carga de labores de manera moderada	Prescribir sobre un órgano o un volumen erróneo.
Método	Revisión acerca de las áreas delineados y también de los órganos los cuales se encuentran en riesgo identificado por parte del Oncólogo Radioterapeuta	

Evaluación de forma conjunta hacia el plan dosimétrico, el cual proviene del Oncólogo Radioterapeuta y del Físico Médico
Omisión en la delineación de volúmenes y de los órganos de riesgo por parte del Oncólogo Radioterapeuta
Ubicación del Oncólogo Radioterapeuta, así como del Físico Médico y de igual manera los técnicos para la radioterapia en la presencia y la inmovilización de la persona en el proceso inicial que compone el tratamiento
No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas.

Etapa 5: Adquisición de datos anatómicos del paciente		
Suceso iniciador 35: Realizar una simulación de imagen a paciente erróneo		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Carga de labores de manera moderada	Llamar con el fin de realizar una simulación de imagen a paciente erróneo.
Material	Deficiencia en la tarjeta para el reconocimiento del paciente	
	La Fotografía la cual es presentada y plasmada en la Hoja de petición de la TAC el cual desarrolla el Oncólogo-radioterapeuta, llegando a concluir la Prescripción Clínica, ayuda a que se reconozca dicho error	
Método	Omisión en la delineación de volúmenes y de los órganos de riesgo por parte del Oncólogo Radioterapeuta	
	Ubicación del Oncólogo Radioterapeuta, así como del Físico Médico y de igual manera los técnicos para la radioterapia en la presencia y la inmovilización de la persona en el proceso inicial que compone el tratamiento	
	La no comparación de la información de identidad acerca del paciente (nombre, ID, Código) los cuales indican en la Hoja de tratamiento que elabora el Oncólogo Radioterapeuta (OR) en el momento de concluir con la Prescripción Clínica del Tratamiento con la identificación del paciente (pasaporte, DNI, entre otros.) el cual ayudaría a detectar los errores de identificación.	

	<p>Posicionado durante cada día de la persona, en la que los especialistas en radioterapia, les permita identificar los errores respecto a la geometría o en la cantidad de dosis a través de la identificación de signos visuales (así como la coloración de la piel, etc.)</p>	
	<p>No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas.</p>	

Etapa 5: Adquisición de datos anatómicos del paciente		
Suceso iniciador 36: Identificación equívoca en la colocación de los dispositivos de inmovilizadores		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Carga de labores de manera moderada	Identificación equívoca en la colocación de los dispositivos de inmovilizadores, en la toma de imagen del paciente.
Método	Deficiencia en la simulación del tratamiento, en la que ayuda a identificar los errores respecto al posicionamiento y la geometría del paciente.	
	Omisión en la delineación de volúmenes y de los órganos de riesgo por parte del Oncólogo Radioterapeuta	
	Ubicación del Oncólogo Radioterapeuta, así como del Físico Médico y de igual manera los técnicos para la radioterapia en la presencia y la inmovilización de la persona en el proceso inicial que compone el tratamiento	
	Posicionado durante cada día de la persona, en la que los especialistas en radioterapia, les permita identificar los errores respecto a la geometría o en la cantidad de dosis a través de la identificación de signos visuales (así como la coloración de la piel, etc.)	
	No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas.	

Etapa 5: Adquisición de datos anatómicos del paciente		
Suceso iniciador 37: Marcación errónea de las marcas de referencias sobre dispositivos de inmovilización.		
CAUSA		EFEECTO
Personal	No preservar las condiciones laborales del técnico propiciando a que haya desconcentración y distracción	Omitir o marcación errónea de las marcas de referencias sobre dispositivos de inmovilización.
	Carga de labores de manera moderada	

Método	Ubicación del Oncólogo Radioterapeuta, así como del Físico Médico y de igual manera los técnicos para la radioterapia en la presencia y la inmovilización de la persona en el proceso inicial que compone el tratamiento
	No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas.
	No evaluación médica semanal del paciente por parte del Radioncólogo

Etapa 5: Adquisición de datos anatómicos del paciente		
Suceso iniciador 38: Toma de imágenes erróneas del paciente		
CAUSA		EFEECTO
Personal	No preservar las condiciones laborales del técnico propiciando a que haya desconcentración y distracción	Toma de imágenes erróneas o inadecuadas por posición incorrecta del paciente
	Carga de labores de manera moderada	
Material	Ausencia de fotografía del paciente después de colocado con sus dispositivos de inmovilización, previo o simultaneo a la realización de toma de imágenes	
Método	Omisión de revisión anticipada a la planificación sobre la información de prescripción y de igual forma en la simulación por el Físico Médico o Dosimetría	
	Deficiencia en la simulación del tratamiento, en la que ayuda a identificar los errores respecto al posicionamiento y la geometría del paciente.	
	Evaluación de forma conjunta hacia el plan dosimétrico, el cual proviene del Oncólogo Radioterapeuta y del Físico Médico	
	Omisión en la delineación de volúmenes y de los órganos de riesgo por parte del Oncólogo Radioterapeuta	
	Posicionado durante cada día de la persona, en la que los especialistas en radioterapia, les permita identificar los errores respecto a la geometría o en la cantidad de dosis a través de la identificación de signos visuales (así como la coloración de la piel, etc.)	
	No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas.	

Etapa 6: Delimitación de volúmenes		
Suceso iniciador 39: error de identificación de paciente en el desarrollo del plan de tratamiento		
CAUSA		EFEECTO
Personal	No preservar las condiciones laborales del técnico propiciando a que haya desconcentración y distracción	Llegar a cometer un error en la identificación del paciente en el momento del desarrollo del plan para tratamiento. Realizar una planificación en el tratamiento de la persona con información respecto a otra persona.
	Carga de labores de manera moderada	
Método	Omisión en la delineación de volúmenes y de los órganos de riesgo por parte del Oncólogo Radioterapeuta	
	Evaluación de forma conjunta hacia el plan dosimétrico, el cual proviene del Oncólogo Radioterapeuta y del Físico Médico	
	Comprobación en la ubicación del PTV, asegurando que la dimensión que existe entre la superficie, fuente (SSD) y desarrollado entre dicha mesa e isocentro, llegan a concordar con aquellas mencionadas para el desarrollo de plan de tratamiento	
	Ubicación del Oncólogo Radioterapeuta, así como del Físico Médico y de igual manera los técnicos para la radioterapia en la presencia y la inmovilización de la persona en el proceso inicial que compone el tratamiento	
Revisión médica por semana hacia la persona que lleva a identificar los errores durante el proceso de la administración en el tratamiento, o en cada fase presentada previamente.		
Posicionado durante cada día de la persona, en la que los especialistas en radioterapia, les permita identificar los errores respecto a la geometría o en la cantidad de dosis a través de la identificación de signos visuales (así como la coloración de la piel, etc.)		

Etapa 6: Delimitación de volúmenes		
Suceso iniciador 40: Nombrar de manera errónea los volúmenes y delineados del TPS		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Capacitación deficiente del Oncólogo Radioterapeuta.	Nombrar de manera errónea cada área volumétrica y delineados en el TPS (GTV, así como el CTV o de manera reversa), se usa de forma errónea cada una de las siglas o el código de colores convenidos en el servicio.
Materiales	Protocolo no definido para la delimitación de volúmenes	
Método	Omisión en la delineación de volúmenes y de los órganos de riesgo por parte del Oncólogo Radioterapeuta	

Evaluación de forma conjunta hacia el plan dosimétrico, el cual proviene del Oncólogo Radioterapeuta y del Físico Médico
Deficiencia en la simulación del tratamiento, en la que ayuda a identificar los errores respecto al posicionamiento y la geometría del paciente.
Revisión médica por semana hacia la persona que lleva a identificar los errores durante el proceso de la administración en el tratamiento, o en cada fase presentada previamente.
Posicionado durante cada día de la persona, en la que los especialistas en radioterapia, les permita identificar los errores respecto a la geometría o en la cantidad de dosis a través de la identificación de signos visuales (así como la coloración de la piel, etc.)

Etapa 6: Delimitación de volúmenes		
Suceso iniciador 41: Error en identificar paciente durante delimitación de volumen		
CAUSA		EFEECTO
Personal	No preservar las condiciones laborales del técnico propiciando a que haya desconcentración y distracción	Error en la identificación del paciente durante la delineación de volúmenes.
	Carga de labores de manera moderada	
Materiales	No presenta proceso de seguridad, en bien de garantizar la verificación de pacientes y trazabilidad de las historias clínicas.	
Método	Ubicación del Oncólogo Radioterapeuta, así como del Físico Médico y de igual manera los técnicos para la radioterapia en la presencia y la inmovilización de la persona en el proceso inicial que compone el tratamiento	
	La no comparación de la información de identidad acerca del paciente (nombre, ID, Código) los cuales indican en la Hoja de tratamiento que elabora el Oncólogo Radioterapeuta (OR) en el momento de concluir con la Prescripción Clínica del Tratamiento con la identificación del paciente (pasaporte, DNI, entre otros.) el cual ayudaría a detectar los errores de identificación.	
	Evaluación de forma conjunta hacia el plan dosimétrico, el cual proviene del Oncólogo Radioterapeuta y del Físico Médico	

Comprobación en la ubicación del PTV, asegurando que la dimensión que existe entre la superficie, fuente (SSD) y desarrollado entre dicha mesa e isocentro, llegan a concordar con aquellas mencionadas para el desarrollo de plan de tratamiento
Revisión médica por semana hacia la persona que lleva a identificar los errores durante el proceso de la administración en el tratamiento, o en cada fase presentada previamente.
Posicionado durante cada día de la persona, en la que los especialistas en radioterapia, les permita identificar los errores respecto a la geometría o en la cantidad de dosis a través de la identificación de signos visuales (así como la coloración de la piel, etc.)

Etapa 6: Delimitación de volúmenes		
Suceso iniciador 42: Omitir reconocimientos de CTVs secundarios		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Capacitación deficiente del Oncólogo Radioterapeuta	Llegar a omitir sobre el reconocimiento de ya sean varios o uno CTVs secundarios durante el TPS.
Materiales	Protocolo no definido para la delimitación de volúmenes	
Método	Ubicación del Oncólogo Radioterapeuta, así como del Físico Médico y de igual manera los técnicos para la radioterapia en la presencia y la inmovilización de la persona en el proceso inicial que compone el tratamiento	
	Omisión en la delineación de volúmenes y de los órganos de riesgo por parte del Oncólogo Radioterapeuta	
	No evaluación médica semanal del paciente por parte del Radioncólogo	
	Evaluación de forma conjunta hacia el plan dosimétrico, el cual proviene del Oncólogo Radioterapeuta y del Físico Médico	
	No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas.	

Etapa 6: Delimitación de volúmenes		
Suceso iniciador 43: Omitir en el TPS la denominación de órganos de riesgo		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Capacitación deficiente del Oncólogo Radioterapeuta	Llegar a omitir una denominación sobre el TPS uno, varios o de la totalidad de los Órganos de Riesgo (OAR).
Materiales	Protocolo no definido para la delimitación de volúmenes	
Método	Ubicación del Oncólogo Radioterapeuta, así como del Físico Médico y de igual manera los técnicos para la radioterapia en la presencia y la inmovilización de la persona en el proceso inicial que compone el tratamiento	
	misión en la delineación de volúmenes y de los órganos de riesgo por parte del Oncólogo Radioterapeuta	
	Evaluación de forma conjunta hacia el plan dosimétrico, el cual proviene del Oncólogo Radioterapeuta y del Físico Médico	
	Deficiencia en la simulación del tratamiento, en la que ayuda a identificar los errores respecto al posicionamiento y la geometría del paciente.	
	Posicionado durante cada día de la persona, en la que los especialistas en radioterapia, les permita identificar los errores respecto a la geometría o en la cantidad de dosis a través de la identificación de signos visuales (así como la coloración de la piel, etc.)	
	No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas.	

Etapa 6: Delimitación de volúmenes		
Suceso iniciador 44: Error del reconocimiento de la lateralidad del tumor en el proceso de la delineación		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Carga de labores de manera moderada	Realizar un error sobre el reconocimiento de la lateralidad del tumor en el proceso de la delineación.
Material	Manifestación y una discusión acerca de las situaciones las cuales inician un tratamiento sobre la sesión técnico/clínica cada día, juntamente con todos los Oncólogos Radioterapeutas y Físicos Médicos	
		Omisión de revisión anticipada a la planificación sobre la información de prescripción y de igual forma en la simulación por el Físico Médico o Dosimetrísta

	Evaluación de forma conjunta hacia el plan dosimétrico, el cual proviene del Oncólogo Radioterapeuta y del Físico Médico	
	No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas.	

Etapa 7: Planificación de Tratamiento		
Suceso iniciador 45: Empleo erróneo del proceso de uso del TPS en el diseño del plan		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Capacitación deficiente del Dosimetrista y del Físico Médico en manejo del TPS	Empleo erróneo del proceso de uso del TPS en el diseño del plan para un paciente específico.
Método	Una prohibición de manera específica de modo que se desarrolle variaciones que son no autorizados en cada uno de los procedimientos frente a la utilidad del TPS	
	No realizar verificación independiente de la planificación por un físico medico diferente	
	Evaluación unida al plan de dosimetría que proviene del Oncólogo Radioterapeuta y del Físico Médico	
	Revisión médica por semana hacia la persona que lleva a identificar los errores durante el proceso de la administración en el tratamiento, o en cada fase presentada previamente.	
	Posicionado durante cada día de la persona, en la que los especialistas en radioterapia, les permita identificar los errores respecto a la geometría o en la cantidad de dosis a través de la identificación de signos visuales (así como la coloración de la piel, etc.)	

Etapa 7: Planificación de Tratamiento		
Suceso iniciador 46: Modificación de instrucciones de utilidad del TPS		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Capacitación deficiente del Dosimetrista y del Físico Médico en manejo del TPS	Modificación de instrucciones de utilidad del TPS el cual causen errores sobre los cálculos.
Materiales	Utilizar protocolos reconocidos internacionalmente	
Método	No realizar verificación independiente de la planificación por un físico medico diferente	

<p>No contar con procedimiento interno para el servicio, en la cual no permite el uso del TPS, en la cual se desarrollaron variaciones en sus procedimientos de uso si las mismas no se han variado mediante pruebas. Planificación y de casos pruebas</p>	
<p>Evaluación de forma conjunta hacia el plan dosimétrico, el cual proviene del Oncólogo Radioterapeuta y del Físico Médico</p>	
<p>No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas.</p>	
<p>Omitir pruebas de QA del TPS. (de manera diaria, así como el semanal, también mensualmente, el trimestral y por año), cuando se detecta una inconsistencia significativa se detiene los tratamientos.</p>	
<p>Posicionado durante cada día de la persona, en la que los especialistas en radioterapia, les permita identificar los errores respecto a la geometría o en la cantidad de dosis a través de la identificación de signos visuales (así como la coloración de la piel, etc.)</p>	

Etapa 7: Planificación de Tratamiento		
Suceso iniciador 47: Seleccionar una orientación errónea de los campos		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Capacitación deficiente del Dosimetrista y del Físico Médico en manejo del TPS	Seleccionar una orientación errónea de los campos.
	Carga de labores de manera moderada	
Método	Ubicación del Oncólogo Radioterapeuta, así como del Físico Médico y de igual manera los técnicos para la radioterapia en la presencia y la inmovilización de la persona en el proceso inicial que compone el tratamiento	
	Evaluación de forma conjunta hacia el plan dosimétrico, el cual proviene del Oncólogo Radioterapeuta y del Físico Médico	
	Deficiencia en la simulación del tratamiento, en la que ayuda a identificar los errores respecto al posicionamiento y la geometría del paciente.	
	Posicionado durante cada día de la persona, en la que los especialistas en radioterapia, les permita identificar los errores respecto a la geometría o en la cantidad de dosis a través de la identificación de	

	signos visuales (así como la coloración de la piel, etc.)	
	No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas.	

Etapa 7: Planificación de Tratamiento		
Suceso iniciador 48: Planificación errónea de técnicas o situaciones especiales		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Capacitación deficiente del Dosimetrista y del Físico Médico en manejo del TPS	Planificación errónea de técnicas o situaciones especiales. Que implicaría una distribución de dosis errónea hacia el paciente
	Carga de labores de manera moderada	
Materiales	Uso inadecuado de protocolos clínicos	
Método	Ubicación del Oncólogo Radioterapeuta, así como del Físico Médico y de igual manera los técnicos para la radioterapia en la presencia y la inmovilización de la persona en el proceso inicial que compone el tratamiento	
	No evaluación del plan de tratamiento por parte del Oncólogo Radioterapeuta, así como del Físico Médico y de todos técnicos de radioterapia	

Etapa 7: Planificación de Tratamiento		
Suceso iniciador 49: Error en la elaboración dosimétrica y geométricas durante el plan de tratamiento		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Capacitación deficiente del Dosimetrista y del Físico Médico en manejo del TPS	Cometer un error en la elaboración dosimétrica y geométricas durante el plan de tratamiento, o en la protección de órganos críticos y tejido normal.
	Carga de labores de manera moderada	
Método	Evaluación de forma conjunta hacia el plan dosimétrico, el cual proviene del Oncólogo Radioterapeuta y del Físico Médico	
	Deficiencia en la simulación del tratamiento, en la que ayuda a identificar los errores respecto al posicionamiento y la geometría del paciente.	
	Posicionado durante cada día de la persona, en la que los especialistas en radioterapia, les permita identificar los errores respecto a la geometría o en la cantidad de dosis a través de la identificación de signos visuales (así como la coloración de la piel, etc.)	

	No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas.
--	--

Etapa 7: Planificación de Tratamiento		
Suceso iniciador 50: Equivocación en la prescripción		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Carga de labores de manera moderada	Equivocación en la prescripción (sobre la dosis, así como la cantidad de sesiones) para calcular las unidades monitor.
Método	No realizar verificación independiente de la planificación por un físico medico diferente	
	Evaluación en conjunto sobre el plan dosimétrico que proviene del Oncólogo Radioterapeuta y del Físico Médico	
	Revisión médica por semana hacia la persona que lleva a identificar los errores durante el proceso de la administración en el tratamiento, o en cada fase presentada previamente.	
	Ubicación de manera diaria sobre el paciente, en que cada experto en radioterapia, permite identificar los errores en la geometría o en la cantidad de dosis a través de signos visuales (es el caso de la coloración de la piel, etc.)	

Etapa 7: Planificación de Tratamiento		
Suceso iniciador 51: Error al calcular el número de fracciones		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Carga de labores de manera moderada	Realizar un error al calcular el número de fracciones a partir de la cantidad de dosis total y por fracción, (o de manera que se calcule la cantidad de dosis por fracción iniciando de la totalidad de dosis y el número de fracciones).
Método	No comparación sobre la información en la red o en la computadora de tratamiento con los de la hoja de tratamiento	
	Evaluación de forma conjunta hacia el plan dosimétrico, el cual proviene del Oncólogo Radioterapeuta y del Físico Médico	
	No realizar verificación independiente de la planificación por un físico medico diferente.	
	Ubicación de manera diaria sobre el paciente, en que cada experto en radioterapia, permite identificar los errores en la geometría o en la cantidad de dosis a través de signos visuales (es el caso de la coloración de la piel, etc.)	

	No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas.	
--	--	--

Etapa 7: Planificación de Tratamiento		
Suceso iniciador 52: Error dentro del Sistema de Planificación del Tratamiento		
CAUSA		EFEECTO
Método	No realizar verificación independiente de la planificación por un físico medico diferente.	Error dentro del Sistema de Planificación del Tratamiento, como las debilidades en el algoritmo
	Evaluación de forma conjunta hacia el plan dosimétrico, el cual proviene del Oncólogo Radioterapeuta y del Físico Médico	
	No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas.	
	Omitir pruebas de QA del TPS. (de manera diaria, así como el semanal, también mensualmente, el trimestral y por año), cuando se detecta una inconsistencia significativa se detiene los tratamientos.	
	Posicionado durante cada día de la persona, en la que los especialistas en radioterapia, les permita identificar los errores respecto a la geometría o en la cantidad de dosis a través de la identificación de signos visuales (así como la coloración de la piel, etc.)	

Etapa 7: Planificación de Tratamiento		
Suceso iniciador 53: Omitir la planificación de localizaciones secundarias requeridas		
CAUSA		EFEECTO
Material	Plantillas a favor del almacenamiento y el reporte para los datos en el tratamiento. Una impresión sobre la información de forma directa sobre la salida del TPS	Omitir la planificación de localizaciones secundarias requeridas
Personal	Carga de labores de manera moderada	
	Capacitación deficiente del Dosimetrista y el Físico Médico	
Método	Deficiencia en la simulación del tratamiento, en la que ayuda a identificar los errores respecto al posicionamiento y la geometría del paciente.	

Evaluación de forma conjunta hacia el plan dosimétrico, el cual proviene del Oncólogo Radioterapeuta y del Físico Médico
Ubicación del Oncólogo Radioterapeuta, así como del Físico Médico y de igual manera los técnicos para la radioterapia en la presencia y la inmovilización de la persona en el proceso inicial que compone el tratamiento
Revisión médica por semana hacia la persona que lleva a identificar los errores durante el proceso de la administración en el tratamiento, o en cada fase presentada previamente
Posicionado durante cada día de la persona, en la que los especialistas en radioterapia, les permita identificar los errores respecto a la geometría o en la cantidad de dosis a través de la identificación de signos visuales (así como la coloración de la piel, etc.)

Etapa 8: Elaboración de moldes		
Suceso iniciador 54: Equivocación en la elaboración de los accesorios personalizados		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Capacitación deficiente del personal para elaboración de moldes, compensadores, Bolus	Acción equívoca en la elaboración de los accesorios personalizados (los Bolus, así como los compensadores, bloques de conformación y las inmovilizadores).
Método	No hay impresión de los datos directamente de la salida del TPS del reporte de información del tratamiento	
	No presentar reporte de información del tratamiento del TPS indicando el empleo de moldes, bloques	
	Durante el inicio del tratamiento se deben colocar los bloques de conformación de los campos que así lo requieren. La no verificación de la correcta colocación de estos generada por el TPS	
	Durante el Inicio de Tratamiento se marca en la piel del paciente la configuración del campo utilizando la luz de campo que se proyecta sobre la misma, la no verificación de la correcta colocación de los bloques contra la plantilla generada por el TPS	
	Posicionado cada día de la persona, en la que los especialistas en radioterapia, lleguen a identificarlos errores respecto a la geometría o en la cantidad de dosis a través de los signos visuales (como es la coloración de la piel, entre otros.)	
	No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas.	

Etapa 8: Elaboración de moldes		
Suceso iniciador 55: Error en la colocación de los bloques de conformación del haz		
	CAUSA	EFEECTO
Personal	Capacitación deficiente del personal para elaboración de moldes, compensadores, Bolus	Error en la colocación de los bloques de conformación del haz de fotones en la bandeja.
Método	No hay impresión de los datos directamente de la salida del TPS del reporte de información del tratamiento	
	No presentar reporte de información del tratamiento del TPS indicando el empleo de moldes, bloques	
	Durante el inicio del tratamiento se deben colocar los bloques de conformación de los campos que así lo requieren. La no verificación de la correcta colocación de estos generada por el TPS	
	Durante el Inicio de Tratamiento se marca en la piel del paciente la configuración del campo utilizando la luz de campo que se proyecta sobre la misma, la no verificación de la correcta colocación de los bloques contra la plantilla generada por el TPS	
	Posicionado cada día de la persona, en la que los especialistas en radioterapia, lleguen a identificarlos errores respecto a la geometría o en la cantidad de dosis a través de los signos visuales (como es la coloración de la piel, entre otros.)	
No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas.		

Etapa 9: Inicio de tratamiento		
Suceso iniciador 56: Introducir equívocamente al acelerador los parámetros de plan de tratamiento		
	CAUSA	EFEECTO
	No haber estandarización del nombre de las prescripciones, fase y campos. Al comienzo de un Tratamiento el Oncólogo Radioterapeuta, de la misma forma el Físico Médico	Introducción equívoca en el acelerador referente a los parámetros de plan de tratamiento.

Método	y finalmente con el técnico, permiten desarrollar un contraste acerca de la información inicial acerca de la hoja de tratamiento con lo introducidos manualmente al acelerador, pudiendo detectar este error.	Es empleado en situaciones en que los parámetros, son insertados de manera manual.
	Revisión médica por semana hacia la persona que lleva a identificar los errores durante el proceso de la administración en el tratamiento, o en cada fase presentada previamente.	
	Posicionado cada día de la persona, en la que los especialistas en radioterapia, lleguen a identificarlos errores respecto a la geometría o en la cantidad de dosis a través de los signos visuales (como es la coloración de la piel, entre otros.)	
	En el momento de la administración diaria para un tratamiento, los expertos contrastan cada información inicial sobre la hoja para el tratamiento con lo introducido manualmente al acelerador, pudiendo detectar el error	

Etapa 9: Inicio de tratamiento		
Suceso iniciador 57: Para el inicio de tratamiento llamar a paciente erróneo.		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Carga de labores de manera moderada	para el inicio de tratamiento llamar a paciente erróneo.
Materiales	Tarjeta para el reconocimiento del paciente	
	La fotografía que corresponde al paciente, el cual se coloca en la Hoja de Tratamiento, antecesor al proceso de comienzo del Tratamiento.	
Método	Ubicación del Oncólogo Radioterapeuta, así como del Físico Médico y de igual manera los técnicos para la radioterapia en la presencia y la inmovilización de la persona en el proceso inicial que compone el tratamiento	
	La no comparación de la información de identidad acerca del paciente (nombre, ID, Código) los cuales indican en la Hoja de tratamiento que elabora el Oncólogo Radioterapeuta (OR) en el momento de concluir con la Prescripción Clínica del Tratamiento con la identificación del paciente (pasaporte, DNI, entre otros.) el cual ayudaría a detectar los errores de identificación.	
	No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas	

Etapa 9: Inicio de tratamiento		
Suceso iniciador 58: Ubicar de forma errónea al paciente sobre la mesa de tratamiento		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Carga de labores de manera moderada	Ubicar de forma errónea al paciente sobre la mesa de tratamiento para su sesión de inicio del tratamiento.
Materiales	Omitir fotografía del posicionamiento del paciente en la hoja de tratamiento electrónica y/o en la hoja de tratamiento	
Método	No incluir en hoja de tratamiento una indicación de manera visual a través de color mostrando una posición que no son comunes	
	No verificación de parámetros de inmovilización e indexación respecto a los de la hoja de simulación	
	Ubicación del Oncólogo Radioterapeuta, así como del Físico Médico y de igual manera los técnicos para la radioterapia en la presencia y la inmovilización de la persona en el proceso inicial que compone el tratamiento	
	Posicionado durante cada día de la persona, en la que los especialistas en radioterapia, les permita identificar los errores respecto a la geometría o en la cantidad de dosis a través de la identificación de signos visuales (así como la coloración de la piel, etc.)	
	No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas	

Etapa 9: Inicio de tratamiento		
Suceso iniciador 59: Error respecto a la ubicación del paciente mayor de 3 mm, de acuerdo con el isocentro presentado		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Carga de labores de manera moderada	Error respecto a la ubicación del paciente mayor de 3 mm, de acuerdo con el isocentro presentado, en el proceso de inicio para el tratamiento isocéntrico (DFI continuo)
Materiales	No existencia de plantillas para la prescripción en papel o en la red de radioterapia	
Método	Comprobación dentro de los aspectos para el tratamiento en el instante de la verificación de cada área	
	Comprobación en la ubicación del PTV, asegurando que la dimensión que existe entre la superficie, fuente (SSD) y desarrollado entre dicha mesa e isocentro, llegan a concordar con aquellas mencionadas para el desarrollo de plan de tratamiento	

	Revisión médica por semana hacia la persona que lleva a identificar los errores durante el proceso de la administración en el tratamiento, o en cada fase presentada previamente.
	Posicionado durante cada día de la persona, en la que los especialistas en radioterapia, les permita identificar los errores respecto a la geometría o en la cantidad de dosis a través de la identificación de signos visuales (así como la coloración de la piel, etc.)

Etapa 9: Inicio de tratamiento		
Suceso iniciador 60: Error de posicionamiento del paciente el cual sea mayor de los 3 mm en el momento del proceso de inicio en el tratamiento no isocéntrico		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Carga de labores de manera moderada	Error de posicionamiento del paciente el cual sea mayor de los 3 mm en el momento del proceso de inicio en el tratamiento no isocéntrico (DFS continuo
Materiales	No existencia de plantillas para la prescripción en papel o en la red de radioterapia	
Método	Comprobación acerca de los aspectos para el tratamiento en la verificación de cada área	
	Comprobación en la ubicación del PTV, asegurando que la dimensión que existe entre la superficie, fuente (SSD) y desarrollado entre dicha mesa e isocentro, llegan a concordar con aquellas mencionadas para el desarrollo de plan de tratamiento	
	Comprobación acerca de la coincidencia presentada entre la luz del área con el de la imagen el cual fue reconstruida en el sector de la persona asistida, adquirida del TPS y el cual se desarrolla dentro del acelerador.	
	Revisión médica por semana hacia la persona que lleva a identificar los errores durante el proceso de la administración en el tratamiento, o en cada fase presentada previamente.	
	Posicionado durante cada día de la persona, en la que los especialistas en radioterapia, les permita identificar los errores respecto a la geometría o en la cantidad de dosis a través de la identificación de signos visuales (así como la coloración de la piel, etc.)	

Etapa 9: Inicio de tratamiento		
Suceso iniciador 61: Ubicación incorrecta de los bloques de conformación		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Carga de labores de manera moderada	Ubicación incorrecta de los bloques de conformación del haz de fotones en la bandeja.
	No preservar las condiciones laborales del técnico propiciado a que haya desconcentración y distracción	
Materiales	No existencia de plantillas para la prescripción en papel o en la red de radioterapia	
Método	Comprobación acerca de la coincidencia presentada entre la luz del área con el de la imagen el cual fue reconstruida en el sector de la persona asistida, adquirida del TPS y el cual se desarrolla dentro del acelerador.	
	Durante el Inicio de Tratamiento se deben colocar los bloques de conformación de los campos que así lo requieren. No verificar la correcta colocación de estos contra la plantilla generada por el TPS.	
	Ubicación del Oncólogo Radioterapeuta, así como del Físico Médico y de igual manera los técnicos para la radioterapia en la presencia y la inmovilización de la persona en el proceso inicial que compone el tratamiento	
	No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas	

Etapa 9: Inicio de tratamiento		
Suceso iniciador 62: Elegir de forma errónea el ángulo de la mesa		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Carga de labores de manera moderada	Elegir de forma errónea el ángulo de la mesa para el tratamiento en la sesión inicial del tratamiento.
Método	Ubicación del Oncólogo Radioterapeuta, así como del Físico Médico y de igual manera los técnicos para la radioterapia en la presencia y la inmovilización de la persona en el proceso inicial que compone el tratamiento	
	No realizar el enclavamiento del ángulo de tratamiento de la camilla con respecto al ángulo de tratamiento considerado en el plan de tratamiento que impide impartir el tratamiento en caso de discrepancia	

	No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas
--	---

Etapa 9: Inicio de tratamiento		
Suceso iniciador 63: Ubicar de manera incorrecta u omitir los atenuadores del haz		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Carga de labores de manera moderada	Ubicación de manera errónea u omitir elementos modificadores atenuadores del haz (bolus, compensadores) al comienzo del proceso. del tratamiento.
	No preservar las condiciones laborales del técnico propiciando a que haya desconcentración y distracción	
Materiales	No existencia de plantillas para la prescripción en papel o en la red de radioterapia	
Método	Nota durante el campo a fin de que, en el momento del descargo a través de la red, muestre una indicación de forma clara acerca de la manifestación de Bolus	
	Comprobación acerca de la coincidencia presentada entre la luz del área con el de la imagen el cual fue reconstruida en el sector de la persona asistida, adquirida del TPS y el cual se desarrolla dentro del acelerador.	
	Ubicación del Oncólogo Radioterapeuta, así como del Físico Médico y de igual manera los técnicos para la radioterapia en la presencia y la inmovilización de la persona en el proceso inicial que compone el tratamiento	
	Revisión médica por semana hacia la persona que lleva a identificar los errores durante el proceso de la administración en el tratamiento, o en cada fase presentada previamente.	
	Posicionado durante cada día de la persona, en la que los especialistas en radioterapia, les permita identificar los errores respecto a la geometría o en la cantidad de dosis a través de la identificación de signos visuales (así como la coloración de la piel, etc.)	

Etapa 9: Inicio de tratamiento		
Suceso iniciador 64: Omitir incorporar al plan de tratamiento una modificación luego de aprobarse		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Carga de labores de manera moderada	

Método	No indicar en la hoja de tratamiento en que consiste la variación e informarlo al personal implicado	Omitir incorporar al plan de tratamiento una modificación luego de aprobarse.
	Verificación acerca de la coincidencia que se realiza presente entre la luz en el área, ante marcas presentes en sí mismo, acerca de la piel del paciente	
	No entrega de una citación al paciente para un nuevo inicio de tratamiento, tras haberse decidido modificar el tratamiento original	
	En la parte del comienzo del Tratamiento el Oncólogo Radioterapeuta, el Físico Médico y juntamente con el técnico, realizan un contraste de la información inicial sobre la hoja del proceso de tratamiento con lo introducidos manualmente al acelerador, pudiendo detectar este error.	
	Posicionado durante cada día de la persona, en la que los especialistas en radioterapia, les permita identificar los errores respecto a la geometría o en la cantidad de dosis a través de la identificación de signos visuales (así como la coloración de la piel, etc.)	
	No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas	

Etapa 9: Inicio de tratamiento		
Suceso iniciador 65: Error en la incorporación de un cambio luego de haber una modificación aprobada		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Carga de labores de manera moderada	Error en la incorporación de un cambio luego de haber una modificación aprobada al plan de tratamiento.
Método	No indicar en la hoja de tratamiento en que consiste la variación e informarlo al personal implicado	
	Verificación acerca de la coincidencia presentada entre la luz presentada en el área, unida con las marcas reflejadas en la piel de la persona asistida	
	Evaluación de forma conjunta acerca del plan dosimétrico, que es presentada por el Oncólogo Radioterapeuta y de la misma forma con el Físico Médico, a fin de realizar una evaluación acerca del nuevo plan para el tratamiento	
Método	Al comienzo del Tratamiento, el Oncólogo Radioterapeuta, de la misma forma el Físico Médico y también el técnico, permiten desarrollar un contraste acerca de la información inicial presentada en la hoja de tratamiento con lo introducidos	

	<p>manualmente al acelerador, pudiendo detectar este error.</p> <p>Intervención de parte del Oncólogo Radioterapeuta, así como del Físico Médico y cada uno de los especialistas en el sector de radioterapia, en bien de una ubicación y una inmovilización sobre la persona asistida, con el fin de comenzar con la sesión principal del tratamiento, al realizar nuevamente la primera puesta</p> <p>Posicionado durante cada día de la persona, en la que los especialistas en radioterapia, les permita identificar los errores respecto a la geometría o en la cantidad de dosis a través de la identificación de signos visuales (así como la coloración de la piel, etc.)</p> <p>No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas</p>	
Etapa 10: Posicionamiento de paciente para tratamiento diario		
Suceso iniciador 66: Llamar para tratamiento a paciente equivocado		
	CAUSA	EFECTO
Personal	Carga de trabajo de forma moderada	Llamar para tratamiento a paciente equivocado.
	No preservar las condiciones laborales del técnico propiciando a que haya desconcentración y distracción	
Materiales	Tarjeta para el reconocimiento del paciente	
Método	Una verificación a través de los datos del paciente cuestionándole su propio nombre	
	Verificación respecto a la coincidencia presentada entre la luz del área, que va unido a las marcas el cual se refleja sobre la piel de la persona asistida	
	Los datos para el reconocimiento del paciente (nombre, ID, Código), los cuales se representan presentes en la Hoja de Tratamiento, éste que desarrolla por medio del Oncólogo Radioterapeuta (OR) al momento de finalizar a través de la Prescripción Clínica del Tratamiento, llegan a compararse a través del reconocimiento del paciente (pasaporte, DNI, etc.) y esto ayuda a identificar errores para una identificación	

	Ausencia de fotografía sobre el posicionamiento de la persona dentro de la hoja para el tratamiento de forma electrónica o de la misma forma en la hoja desarrollada para el proceso de tratamiento
	Comprobación en la ubicación del PTV, asegurando que la dimensión que existe entre la superficie, fuente (SSD) y desarrollado entre dicha mesa e isocentro, llegan a concordar con aquellas mencionadas para el desarrollo de plan de tratamiento

Etapa 10: Posicionamiento de paciente para tratamiento diario		
Suceso iniciador 67: Colocación incorrecta del paciente sobre la mesa		
CAUSA		EFECTO
Personal	Carga de labores de manera moderada	Colocación incorrecta del paciente sobre la mesa de tratamiento para la sesión diaria.
	No preservar las condiciones laborales del técnico propiciando a que haya desconcentración y distracción	
	Capacitación deficiente el tecnólogo medico	
Materiales	Al utilizar los dispositivos de colocación e inmovilización del paciente, fabricados durante la adquisición de sus datos anatómicos no detectar este error.	
Método	Coincidencia respecto al isocentro, el cual es tatuado o mostrado a través de láseres o también por la retícula	
	Verificación sobre la coincidencia presentada entre la luz del área juntamente con las marcas manifestadas en el mismo en la piel de la persona asistida	
	Ausencia de fotografía sobre el posicionamiento de la persona dentro de la hoja para el tratamiento de forma electrónica o de la misma forma en la hoja desarrollada para el proceso de tratamiento	
	Comprobación en la ubicación del PTV, asegurando que la dimensión que existe entre la superficie, fuente (SSD) y desarrollado entre dicha mesa e isocentro, llegan a concordar con aquellas mencionadas para el desarrollo de plan de tratamiento	

Etapa 10: Posicionamiento de paciente para tratamiento diario		
Suceso iniciador 68: Emplear dispositivos de inmovilización deficientes		
	CAUSA	EFEECTO
Materiales	Presencia del proceso de procedimiento determinado en bien de una revisión y compra sobre los suministros ante un proceso de inmovilización	emplear dispositivos de inmovilización deficientes en el paciente.
Método	Comprobación sobre la inmovilización de la persona asistida respecto al posicionamiento en la ejecución del tratamiento a diario	
	Revisión médica por semana hacia la persona que lleva a identificar los errores durante el proceso de la administración en el tratamiento, o en cada fase presentada previamente.	
	Posicionado durante cada día de la persona, en la que los especialistas en radioterapia, les permita identificar los errores respecto a la geometría o en la cantidad de dosis a través de la identificación de signos visuales (así como la coloración de la piel, etc.)	

Etapa 10: Posicionamiento de paciente para tratamiento diario		
Suceso iniciador 69: Equivocación en la ubicación del paciente en función al isocentro		
	CAUSA	EFEECTO
Personal	Carga de labores de manera moderada	Equivocación en la ubicación del paciente en función al isocentro
	No preservar las condiciones laborales del técnico propiciando a que haya desconcentración y distracción	
	Capacitación deficiente del tecnólogo medico	
Método	Verificación sobre la coincidencia presentada entre la luz del área juntamente con las marcas manifestadas en el mismo en la piel de la persona asistida	
	Comprobación en la ubicación del PTV, asegurando que la dimensión que existe entre la superficie, fuente (SSD) y desarrollado entre dicha mesa e isocentro, llegan a concordar con aquellas mencionadas para el desarrollo de plan de tratamiento	

Etapa 10: Posicionamiento de paciente para tratamiento diario		
Suceso iniciador 70: Equivocación de ubicación de entrada del haz del campo en procedimientos		
	CAUSA	EFEECTO
Personal	Carga de labores de manera moderada	

	No preservar las condiciones laborales del técnico propiciando a que haya desconcentración y distracción	Equivocación de ubicación de entrada del haz del campo en procedimientos, no isocéntricos (DFS=constante) en el momento del Posicionamiento para el tratamiento diario
	Capacitación deficiente del tecnólogo medico	
Método	Verificación sobre la coincidencia presentada entre la luz del área juntamente con las marcas manifestadas en el mismo en la piel de la persona asistida	
	Comprobación en la ubicación del PTV, asegurando que la dimensión que existe entre la superficie, fuente (SSD) y desarrollado entre dicha mesa e isocentro, llegan a concordar con aquellas mencionadas para el desarrollo de plan de tratamiento	

Etapa 10: Posicionamiento de paciente para tratamiento diario		
Suceso iniciador 71: Elección de manera equívoca el ángulo de la mesa de tratamiento durante		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Carga de labores de manera moderada	Elección de manera equívoca el ángulo de la mesa de tratamiento durante el posicionamiento para el tratamiento diario
	No preservar las condiciones laborales del técnico propiciando a que haya desconcentración y distracción	
	Capacitación deficiente del tecnólogo medico	
Materiales	Ausencia de procedimiento para verificar, mediante una lista de chequeo, los parámetros del tratamiento después de posicionar al paciente	
Método	Verificación sobre la coincidencia presentada entre la luz del área juntamente con las marcas manifestadas en el mismo en la piel de la persona asistida	
	No realizar enclavamiento del ángulo de tratamiento de la camilla con respecto al ángulo de tratamiento considerado en el plan de tratamiento que impide impartir el tratamiento en caso de discrepancia	

Etapa 10: Posicionamiento de paciente para tratamiento diario		
Suceso iniciador 72: Colocar erróneamente el bolus en el periodo de posicionamiento para el tratamiento diario		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Carga de labores de manera moderada	Colocar erróneamente el bolus en el periodo de posicionamiento para el tratamiento diario, por omisión de
	No preservar las condiciones laborales del técnico propiciando a que haya desconcentración y distracción	

	Capacitación deficiente del tecnólogo medico	colocación o colocación de modificador erróneo.
Materiales	Ausencia de procedimiento para verificar, mediante una lista de chequeo, los parámetros del tratamiento después de posicionar al paciente	
Método	Ausencia de fotografía del paciente después de colocado con sus dispositivos de inmovilización, previo o simultaneo a la realización de toma de imágenes	
	No impresión de los datos directamente de la salida del TPS del reporte de información de tratamiento	
	Nota en el área en la cual se llega a descargar a través de la red, refleje una indicación de forma clara sobre la manifestación de Bolus	
	No contar con sistema de identificación del Bolus con los datos del paciente	
	Comprobación acerca de la coincidencia presentada entre la luz del área con el de la imagen el cual fue reconstruida en el sector de la persona asistida, adquirida del TPS y el cual se desarrolla dentro del acelerador.	

Etapa11: Ejecución de tratamiento		
Sub etapa 1: con consecuencia par los pacientes asociados al proceso de tratamiento.		
Suceso iniciador 73: Omitir una sesión de tratamiento		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Presencia de un experto por equipo, de acuerdo al horario de trabajo	Omitir una sesión de tratamiento
	Capacitación deficiente del tecnólogo medico	
	Carga de labores de manera moderada	
Método	Omisión de revisión por semana sobre la hoja en el proceso de tratamiento, el cual es insertado a través del Físico Médico	
	Registro de forma manual acerca de la información para el tratamiento unido debido al experto de radioterapia, de forma independiente respecto a la computadora en bien del tratamiento	
	Participación de forma activa de la persona asistida el cual alerta a la persona especialista acerca de las particularidades en el proceso de tratamiento	
	No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas	

Etapa11: Ejecución de tratamiento		
Sub etapa 1: con consecuencia par los pacientes asociados al proceso de tratamiento.		
Suceso iniciador 74: No se tomaron en cuenta un campo pendiente después de una parada irregular		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Presencia de un experto por equipo, de acuerdo al horario de trabajo	No se tomaron en cuenta uno o más de un campo pendiente después de una parada irregular (tal como una pérdida de la alimentación eléctrica).
	Carga de labores de manera moderada	
Método	Omisión de revisión por semana sobre la de tratamiento, por parte del Físico Médico	
	No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas	
Etapa11: Ejecución de tratamiento		
Sub etapa 1: con consecuencia par los pacientes asociados al proceso de tratamiento.		
Suceso iniciador 75: Llegar a intentar administración una o más sesiones de tratamiento adicional a lo prescrito		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Carga de labores de manera moderada	Llegar a intentar administración de una o más sesiones de tratamiento diario luego de lograr la cantidad prescrita en las sesiones.
	Capacitación deficiente del tecnólogo medico	
Método	Registro de forma manual acerca de la información para el tratamiento unido debido al experto de radioterapia, de forma independiente respecto a la computadora en bien del tratamiento	
	Participación de forma activa de la persona asistida, en la cual alerta a la persona especializada acerca de las particularidades sobre el proceso de tratamiento.	
	Omisión de revisión por semana sobre la de tratamiento, por parte del Físico Médico	

Etapa11: Ejecución de tratamiento		
Sub etapa 1: con consecuencia par los pacientes asociados al proceso de tratamiento.		
Suceso iniciador 76: intento de administrar una o más sesiones de tratamiento diario después de que no se registro		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Carga de labores de manera moderada	Hacer el intento de administrar una o más sesiones de tratamiento diario, luego de haber alcanzado el número de sesiones prescrito después de que la cantidad de dosis dadas de forma manual no hayan sido registradas dentro del sistema de registro y verificación.
	Capacitación deficiente del tecnólogo medico	
Método	Registro de forma manual acerca de la información para el tratamiento unido debido al experto de radioterapia, de forma independiente respecto a la computadora en bien del tratamiento	

	Participación de forma activa en la persona que alerta hacia la persona el cual tienen una situación particular para el tratamiento..
	Omisión de revisión por semana sobre la de tratamiento, por parte del Físico Médico

Etapa11: Ejecución de tratamiento		
Sub etapa 1: con consecuencia par los pacientes asociados al proceso de tratamiento.		
Suceso iniciador 77: Intentar administrar erróneamente un campo de tratamiento dos veces		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Carga de labores de manera moderada	Intentar administrar erróneamente un campo de tratamiento dos veces en una sesión de tratamiento.
	Presencia de un experto por equipo, de acuerdo al horario de trabajo	
	Capacitación del tecnólogo medico	
Materiales	No contar con procedimiento para verificar mediante una lista de chequeo, los parámetros del tratamiento después de posicionar al paciente	
Método	Registro de forma manual acerca de la información para el tratamiento unido debido al experto de radioterapia, de forma independiente respecto a la computadora en bien del tratamiento	
	No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas	

Etapa11: Ejecución de tratamiento		
Sub etapa 1: con consecuencia par los pacientes asociados al proceso de tratamiento.		
Suceso iniciador 78: Dar omisión un campo de tratamiento en la sesión diaria		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Carga de labores de manera moderada	Dar omisión un campo de tratamiento en la sesión diaria.
	Capacitación deficiente del tecnólogo medico	
	Presencia de un experto por equipo, de acuerdo al horario de trabajo	
Materiales	No contar con procedimiento para verificar mediante una lista de chequeo, los parámetros del tratamiento después de posicionar al paciente	
Método	Registro de forma manual acerca de la información para el tratamiento unido debido al experto de radioterapia, de forma independiente respecto a la computadora en bien del tratamiento	

	No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas	
--	---	--

Etapa11: Ejecución de tratamiento		
Sub etapa 1: con consecuencia par los pacientes asociados al proceso de tratamiento.		
Suceso iniciador 79: Movimiento significativo de forma voluntaria o involuntaria del paciente		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Capacitación deficiente del tecnólogo medico	Movimiento significativo (observable) de forma voluntaria o de una manera involuntaria del paciente, durante la administración del tratamiento.
	Presencia de un experto por equipo, de acuerdo al horario de trabajo	
Materiales	La no utilización de dispositivos de inmovilización que impiden el movimiento significativo del paciente	
Método	Sedación ante situaciones aplicables los cuales no permiten la dinámica significativa por parte de la persona asistida	
	instrucciones hacia la persona asistida de modo que no manifieste movimientos en el proceso de tratamiento	
	Utilidad de un intercomunicador frente a un Cuarto de Control el cual ayuda a la comunicación de dos direcciones, presentado entre los especialistas y el paciente para intervenir con el tratamiento en caso se requiera	
	Observación durante lo que consta el tratamiento a través del Circuito Cerrado de TV y la presencia del botón que se relacione a la emergencia	

Etapa11: Ejecución de tratamiento		
Sub etapa 1: con consecuencia par los pacientes asociados al proceso de tratamiento.		
Suceso iniciador 80: movimiento significativo del paciente, previo al inicio de la administración del tratamiento.		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Capacitación deficiente del tecnólogo medico	Desarrollarse un movimiento de manera significativa, que es (observable) del paciente, previo al inicio de la administración del tratamiento.
	Presencia de un experto por equipo, de acuerdo al horario de trabajo	
Materiales	El uso de dispositivos acerca de la inmovilización, la cual impiden una dinámica significativa por parte de la persona asistida	
Método	instrucciones hacia la persona asistida de modo que no manifieste movimientos en el proceso de tratamiento	

	Utilidad de un intercomunicador frente a un Cuarto de Control el cual ayuda a la comunicación de dos direcciones, presentado entre los especialistas y el paciente para intervenir con el tratamiento en caso se requiera	
	Observación durante lo que consta el tratamiento a través del Circuito Cerrado de TV y la presencia del botón que se relacione a la emergencia	

Etapa11: Ejecución de tratamiento		
Sub etapa 1: con consecuencia par los pacientes asociados al proceso de tratamiento.		
Suceso iniciador 81: Error al registrar los datos de la sesión diaria en la hoja de tratamiento		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Carga de labores de manera moderada	Error al registrar los datos de la sesión diaria en la hoja de tratamiento
	No preservar las condiciones laborales del técnico propiciando a que haya desconcentración y distracción	
	Presencia de un experto por equipo, de acuerdo al horario de trabajo	
Materiales	No contar con procedimiento para verificar mediante una lista de chequeo, los parámetros del tratamiento después de posicionar al paciente	
Método	La no impresión de los datos directamente de la salida del TPS del reporte de información de tratamiento	
	No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas	

Etapa11: Ejecución de tratamiento		
Sub etapa 2: con consecuencia para los pacientes. Vinculados con los fallos del equipo		
Suceso iniciador 82: Fallo de equipo causando cambios respecto a la simetría de los haces en los fotones		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Capacitación de parte del Físico Médico, el cual consiste en el desarrollo completo acerca de la calibración, cada error el cual es posible presentarse a través de los parámetros y de las sesiones ya entendidas	Producirse un fallo de equipo causando cambios respecto a la simetría de los haces en los fotones.
	Capacitación deficiente del Dosimetrista	
Materiales	No contar con programa de mantenimiento preventivo	

Método	Enclavamiento sobre el sistema en el seguimiento dosimétrica de acelerador, el cual retiene el nivel de irradiación en el momento en que la cantidad de dosis que es medida, no concuerda con lo que manifiesta, o en el instante en que la heterogeneidad del haz pasa el límite de un valor el cual es aceptado (es un enclavamiento dosimétrico)
	No realizar pruebas diarias del estado de referencia (parámetros geométricos, dosimétricos y de seguridad).
	No realizar controles de forma periódica (sea por semanas, en el mes) de la condición de los aspectos de referencia (los geométricos, de seguridad y dosimétricos)
	No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas

Etapa11: Ejecución de tratamiento		
Sub etapa 2: con consecuencia para los pacientes. Vinculados con los fallos del equipo		
Suceso iniciador 83: Fallos en el equipo los cuales originan una variación en la planitud de los haces		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Capacitación deficiente del Físico Médico, que incluya el proceso completo de calibración, los errores que se pueden cometer con los parámetros y las lecciones aprendidas	Fallos en el equipo los cuales originan una variación en la planitud de los haces de fotones.
	Capacitación deficiente del Dosimetrista	
Materiales	No contar con programa de mantenimiento preventivo	
	Procedimientos de trabajo del personal encargado del mantenimiento del equipo. No realizar verificación previa a la entrega del equipo	
Método	Enclavamiento sobre el sistema en el seguimiento dosimétrica de acelerador, el cual retiene el nivel de irradiación en el momento en que la cantidad de dosis que es medida, no concuerda con lo que manifiesta, o en el instante en que la heterogeneidad del haz pasa el límite de un valor el cual es aceptado (es un enclavamiento dosimétrico)	
	Pruebas diariamente sobre la condición que se presenta (los parámetros geométricos, así como los dosimétricos y también con la seguridad).	

	No realizar controles de forma periódica (sea por semanas, en el mes) de la condición de los aspectos de referencia (los geométricos, de seguridad y dosimétricos)	
	No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas	

Etapa1: Ejecución de tratamiento		
Sub etapa 2: con consecuencia para los pacientes. Vinculados con los fallos del equipo		
Suceso iniciador 84: Posicionarse incorrectamente el blanco		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Capacitación deficiente del Dosimetrista	Posicionarse incorrectamente el blanco.
	Capacitación deficiente de los ingenieros de mantenimiento	
Materiales	No contar con programa de mantenimiento preventivo	
	Procedimientos de trabajo del personal encargado del mantenimiento del equipo. No realizar verificación previa a la entrega del equipo.	
Método	Falla del enclavamiento del sistema de monitorización dosimétrica de acelerador que detiene la irradiación cuando la dosis medida no se corresponde con el valor seleccionado, o cuando la heterogeneidad del haz sobrepasa un valor aceptado (Enclavamiento dosimétrico)	
	No realizar pruebas diarias del estado de referencia (parámetros geométricos, dosimétricos y de seguridad).	
	No contar con procedimiento para verificar mediante una lista de chequeo, los parámetros del tratamiento después de posicionar al paciente	
	No realizar controles de forma periódica (sea por semanas, en el mes) de la condición de los aspectos de referencia (los geométricos, de seguridad y dosimétricos)	
	No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas	

Etapa1: Ejecución de tratamiento		
Sub etapa 2: con consecuencia para los pacientes. Vinculados con los fallos del equipo		
Suceso iniciador 85: Posicionarse incorrectamente el filtro aplanador.		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Capacitación deficiente del Dosimetrista	Posicionarse incorrectamente el filtro aplanador.
	Capacitación deficiente de los ingenieros de mantenimiento	
	Capacitación de parte del Físico Médico, el cual consiste en el desarrollo completo acerca de la calibración, cada error el cual es posible presentarse a través de los parámetros y de las sesiones ya entendidas	
Materiales	No contar con programa de mantenimiento preventivo	
	Procedimientos en las labores de los trabajadores que son responsables para el mantenimiento del equipo. Una verificación antecesora a dicha entrega del producto	
Método	Enclavamiento sobre el sistema en el seguimiento dosimétrica de acelerador, el cual retiene el nivel de irradiación en el momento en que la cantidad de dosis que es medida, no concuerda con lo que manifiesta, o en el instante en que la heterogeneidad del haz pasa el límite de un valor el cual es aceptado (es un enclavamiento dosimétrico)	
	Pruebas diariamente sobre la condición que se presenta (los parámetros geométricos, así como los dosimétricos y también con la seguridad)	
	No realizar controles de forma periódica (sea por semanas, en el mes) de la condición de los aspectos de referencia (los geométricos, de seguridad y dosimétricos)	
	No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas	

Etapa11: Ejecución de tratamiento		
Sub etapa 2: con consecuencia para los pacientes. Vinculados con los fallos del equipo		
Suceso iniciador 86: Producirse un fallo del sistema de control dosimétrico.		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Capacitación deficiente del Físico Médico, que incluya el proceso completo de calibración, los errores que se pueden cometer con los parámetros y las lecciones aprendidas	producirse un fallo del sistema de control dosimétrico.
Materiales	No contar con programa de mantenimiento preventivo	
Método	No contar con control ambiental adecuado para impedir excesiva humedad y temperatura	
	No realizar pruebas diarias del estado de referencia (parámetros geométricos, dosimétricos y de seguridad).	
	No realizar controles de forma periódica (sea por semanas, en el mes) de la condición de los aspectos de referencia (los geométricos, de seguridad y dosimétricos)	
	No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas	

Etapa11: Ejecución de tratamiento		
Sub etapa 2: con consecuencia para los pacientes. Vinculados con los fallos del equipo		
Suceso iniciador 87: Fallos del sistema de agua de enfriamiento del acelerador		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Capacitación deficiente del Físico Médico, que incluya el proceso completo de calibración, los errores que se pueden cometer con los parámetros y las lecciones aprendidas	Fallos del sistema de agua de enfriamiento del acelerador lineal generando sobrecalentamiento en el equipo.
	Capacitación deficiente del Dosimetrista	
Materiales	No contar con programa de mantenimiento preventivo	
Método	No realizar pruebas diarias del estado de referencia (parámetros geométricos, dosimétricos y de seguridad).	
	Enclavamiento sobre el sistema en el seguimiento dosimétrica de acelerador, el cual retiene el nivel de irradiación en el momento en que la cantidad de dosis que es medida, no concuerda con lo que manifiesta, o en el instante en que la heterogeneidad del haz pasa el límite de un valor	

	el cual es aceptado (es un enclavamiento dosimétrico)
	No realizar controles de forma periódica (sea por semanas, en el mes) de la condición de los aspectos de referencia (los geométricos, de seguridad y dosimétricos)
	No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas

Etapa11: Ejecución de tratamiento		
Sub etapa 2: con consecuencia para los pacientes. Vinculados con los fallos del equipo		
Suceso iniciador 88: Desarrollarse una pérdida de vacío en el LINAC		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Capacitación deficiente del Dosimetrista	Desarrollarse una pérdida de vacío en el LINAC en el momento del tratamiento.
Materiales	No contar con programa de mantenimiento preventivo	
Método	No realizar mantenimiento del sistema de enfriamiento del acelerador	
	Pruebas diariamente sobre la condición que se presenta (los parámetros geométricos, así como los dosimétricos y también con la seguridad).	
	Enclavamiento sobre el sistema en el seguimiento dosimétrica de acelerador, el cual retiene el nivel de irradiación en el momento en que la cantidad de dosis que es medida, no concuerda con lo que manifiesta, o en el instante en que la heterogeneidad del haz pasa el límite de un valor el cual es aceptado (es un enclavamiento dosimétrico)	
	Falla de enclavamiento por software por vacío	
	semanas, en el mes) de la condición de los aspectos de referencia (los geométricos, de seguridad y dosimétricos)	
	No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas	

Etapa11: Ejecución de tratamiento		
Sub etapa 2: con consecuencia para los pacientes. Vinculados con los fallos del equipo		
Suceso iniciador 89: Posicionar el gantry de forma diferente a la requerida		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Capacitación de parte del Físico Médico, el cual consiste en el desarrollo completo acerca de la calibración, cada error el cual es posible presentarse a través de los parámetros y de las sesiones ya entendidas	Posicionarse el Gantry de forma diferente a la requerida.
	Capacitación deficiente del Dosimetrista	
Materiales	No contar con programa de mantenimiento preventivo	
Método	No realizar pruebas diarias del estado de referencia (parámetros geométricos, dosimétricos y de seguridad).	
	No realizar pruebas mecánicas diarios de angulación del gantry	
	La no observación del transcurso del tratamiento por el Circuito Cerrado de TV y accionamiento del botón de emergencia	
	No realizar pruebas Mecánicas de QA. La evaluación de los controles mecánicos (movimientos del brazo gantry, colimador, cabezal, camilla) permiten verificar si los indicadores angulares o mecánicos mantienen su constancia, en caso contrario, se detienen los tratamientos	
	La no visualización en panel de control de la posición del gantry. El técnico radioterapeuta detiene el tratamiento	

Etapa11: Ejecución de tratamiento		
Sub etapa 2: con consecuencia para los pacientes. Vinculados con los fallos del equipo		
Suceso iniciador 90: Producirse una desviación óptica de la distancia (retícula y telémetro).		
CAUSA		EFEECTO
Materiales	No contar con programa de mantenimiento preventivo	Producirse una desviación óptica de la distancia (retícula y telémetro).
Método	La no verificación de la coincidencia entre la luz de campo con las marcas del mismo sobre la piel del paciente	

No realizar control diario al Telémetro. La evaluación del control del telémetro permite verificar si éste mantiene su constancia, en caso contrario, se detienen los tratamientos
No realizar chequeo cruzado entre las marcas Láser y el resultado del telémetro
No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas
No realizar pruebas de QA mensual del Telémetro. La evaluación del control del telémetro permite verificar si éste mantiene su constancia, en caso contrario, se detienen los tratamientos
Posicionado diario del paciente, los técnicos de radioterapia no detectaron errores de geometría o de dosis por signos visuales (coloración de la piel, etc.)
No contar con procedimiento de detección de desviaciones sistemáticas del posicionamiento del paciente

Etapa11: Ejecución de tratamiento		
Sub etapa 2: con consecuencia para los pacientes. Vinculados con los fallos del equipo		
Suceso iniciador 91: Producirse una desviación sobre la alineación de los láseres.		
	CAUSA	EFECTO
Personal	Capacitación deficiente del Físico Médico, que incluya el proceso completo de calibración, los errores que se pueden cometer con los parámetros y las lecciones aprendidas.	Producirse una desviación sobre la alineación de los láseres.
	Capacitación deficiente del Dosimetrista	
Materiales	No contar con programa de mantenimiento preventivo	
Método	No realizar chequeo cruzado entre las marcas Láser y el resultado del telémetro	
	La no verificación de la coincidencia entre la luz de campo con las marcas del mismo sobre la piel del paciente	
	No realizar control diario del láser. La evaluación del control del láser permite verificar si éste mantiene su constancia, en caso contrario, se detienen los tratamientos	

	Posicionado diario del paciente, los técnicos de radioterapia no detectaron errores de geometría o de dosis por signos visuales (coloración de la piel, etc.)
	No realizar pruebas de QA mensual del Láser. La evaluación del control del láser permite verificar si éste mantiene su constancia, en caso contrario, se detienen los tratamientos
	No realización de la revisión médica por semana al paciente, en la cual se identifique los errores sobre la administración de tratamiento, o en las fases previas

Etapa11: Ejecución de tratamiento		
Sub etapa 3: Con consecuencia para el personal ocupacionalmente expuesta		
Suceso iniciador 92: trabajador intenta ingresar en la sala de tratamiento cuando el equipo se encuentra irradiando		
CAUSA		EFEECTO
Materiales	No contar con programa de mantenimiento preventivo	El trabajador intenta ingresar en la sala de tratamiento en el momento en que el equipo se encuentra irradiando.
Método	Falla de enclavamiento de puerta. Interruptor de la entrada de la sala de tratamiento	
	Ausencia de señal sonora que indica que el equipo está irradiando	
	Ausencia de señalización lumínica de equipo irradiando situada en el cabezal del equipo. Observada por el Circuito Cerrado de TV	
	Ausencia de señalización lumínica en la puerta que indica que el equipo está irradiando	

Etapa11: Ejecución de tratamiento		
Sub etapa 3: Con consecuencia para el personal ocupacionalmente expuesta		
Suceso iniciador 93: Comienza irradiación sobre el paciente con un personal presente en la sala de tratamiento		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Capacitación deficiente del tecnólogo medico	Comienza la irradiación sobre el paciente con un personal de Radioterapia presente en la sala de tratamiento inadvertidamente.
	Carga de labores de manera moderada	
Método	No contar con sistema de Tv que permite ver dentro de zona de irradiación	
	No emplear intercomunicador que permite comunicar al interior de la zona tratamiento el inicio de la irradiación	
	Falla de interruptor de parada de emergencia dentro del área de tratamiento	

Etapa11: Ejecución de tratamiento		
Sub etapa 4: Con consecuencia para el publico		
Suceso iniciador 94: Intentar ingresar a la sala de tratamiento de forma imprevista en el momento de irradiacion		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Carga de labores de manera moderada	Hacer el intento de ingresar a la sala de tratamiento de forma imprevista en el momento de la irradiación.
Método	Ausencia de señalización lumínica en la puerta que indica que el equipo está irradiando	
	Ausencia de señal sonora que indica que el equipo está irradiando	
	Falla de enclavamiento de puerta. Interruptor de la entrada de la sala de tratamiento	
	La no advertencia del Técnico de Radioterapia en Cuarto de Control. La ubicación del Cuarto de Control junto a la entrada a la Sala de Tratamiento permite al Técnico de Radioterapia controlar el acceso imprevisto a la Sala de Tratamiento durante la irradiación de la máquina.	

Etapa11: Ejecución de tratamiento		
Sub etapa 4: Con consecuencia para el publico		
Suceso iniciador 95: Comenzar una irradiación con un miembro del público dentro de la Sala de Tratamiento		
CAUSA		EFEECTO
Personal	Carga de labores de manera moderada	Comenzar una irradiación con un miembro del público dentro de la Sala de Tratamiento inadvertidamente.
Método	Falla de interruptor de parada de emergencia dentro del área de tratamiento	
	No emplear intercomunicador que permite comunicar al interior de la zona tratamiento el inicio de la irradiación	
	No emplear parada de Emergencia en Cuarto de Control. En el Cuarto de Control existe un botón de Parada de Emergencia que puede ser accionado por el Técnico Radioterapeuta (TR) para detener la irradiación en caso necesario.	

3.2.4. Clasificación según el momento de actuación en la secuencia accidental

Identificado las causas de que un suceso iniciador puede conducir a una exposición accidental, se procese a clasificarlos de acuerdo con el instante de accionar en la continuidad accidental, sobre los reductores para la frecuencia, barreras y reductores de consecuencia.

A. Reductores de frecuencia

- Cálculo para el blindaje haciendo uso de metodologías reconocidas internacionalmente.
- Capacitación y proceso de formación del Físico Médico en cálculo de blindaje.
- Calibración del dosímetro clínico en un Laboratorio Secundario de Calibración que se encuentre acreditado.
- Capacitación del Físico Médico, que incluya el proceso completo de calibración, los errores que se pueden cometer con los parámetros y las lecciones aprendidas.
- Sistema de QA del laboratorio secundario de calibración.
- Certificado de Capacitación como un Físico Médico en Radioterapia, el cual incluye de un ejercicio práctico de calibración de haces.
- Empleo de Protocolo de calibración utilizado (TRS-398).
- Capacitación del Físico Médico, que incluya el proceso completo de puesta en servicio de un TPS, de las pruebas a efectuar y de las lecciones aprendidas de las exposiciones accidentales.
- Procedimientos en las labores de los trabajadores que son responsables para el mantenimiento del equipo. Una verificación antecesora a dicha entrega del producto
- Capacitación de los biomédicos.
- Formulario para el registro de acciones de mantenimiento.
- Existencia de plantillas para la prescripción en papel o en la red de radioterapia.
- Uso de protocolos clínicos.
- Capacitación del Oncólogo Radioterapeuta.
- Carga de labores de manera moderada.

- Mantener las condiciones de trabajo del técnico propiciando la concentración para evitar distracciones.
- Fotografía del paciente después de colocado con sus dispositivos de inmovilización, previo o simultáneo a la realización de toma de imágenes.
- Protocolo bien definido para la denominación de volúmenes.
- Procedimiento de seguridad para verificación de pacientes y trazabilidad de historias.
- Prohibición explícita para hacer cambios no autorizados en los procedimientos de uso del TPS.
- Capacitación del Dosimetrista juntamente con el Físico Médico en manejo del TPS.
- Utilizar protocolos reconocidos internacionalmente.
- Uso de protocolos clínicos
- Impresión de los datos directamente de la salida del TPS del reporte de información del tratamiento.
- Capacitación del personal para elaboración de moldes, compensadores, bolus.
- Reporte de información del tratamiento de TPS indicando el empleo de moldes, bloques.
- Estandarización del nombre de las prescripciones, fase y campos.
- Incluir en hoja de tratamiento una señal visual de color indicando posicionamientos no habituales.
- Nota en el campo para que, al descargarlo mediante la red, aparezca una indicación clara de la presencia de bolus.
- Indicar en la hoja de tratamiento en qué consiste el cambio y comunicarlo al personal implicado.
- Capacitación del tecnólogo médico.
- Existencia de procedimiento establecido para la compra y revisión de los suministros de inmovilización.

- Existencia de dos técnicos por equipo en cada turno de trabajo.
- Sedación en casos aplicables que impiden el movimiento significativo del paciente.
- Instrucciones al paciente para que no se mueva durante el tratamiento.
- Programa de mantenimiento preventivo.
- Capacitación del Dosimetrista.
- Control ambiental adecuado para impedir excesiva humedad y temperatura.
- Mantenimiento del sistema de enfriamiento del acelerador.

B. Barreras

- Levantamiento radiométrico inicial
- Pruebas diarias del estado de referencia (parámetros geométricos, dosimétricos y de seguridad).
- Comparación de las dosis en casos de prueba, entre las calculadas por el TPS y mediciones directas, durante la puesta en servicio del TPS.
- Medición inmediata para la comprobación del ajuste realizado por el propio Físico Médico.
- Comprobación de la inmovilización del paciente al posicionarlo para el tratamiento diario.
- Verificación independiente de la planificación por un Físico Médico diferente.
- Verificación redundante de los datos introducidos en el TPS por otro Físico Médico.
- Pruebas de aceptación del equipo por parte del Físico Médico inmediatamente posterior a un mantenimiento. Incluye el registro de aceptación para uso clínico firmado por el Físico Médico.
- Presentación y discusión de los casos que inician tratamiento en sesión técnico/clínica diaria, con todos los Oncólogos Radioterapeutas y Físicos Médicos
- Revisión previa a la planificación de los datos de prescripción y simulación por el Físico Médico o Dosimetrista.
- Verificación independiente de la planificación por un Físico Médico diferente.

- Evaluación conjunta del plan dosimétrico por parte del Oncólogo Radioterapeuta y del Físico Médico.
- Delineación acerca de volúmenes y de los órganos de riesgo por parte del Oncólogo Radioterapeuta.
- Participación del Oncólogo Radioterapeuta, el Físico Médico y los técnicos de radioterapia en la colocación e inmovilización del paciente para la sesión inicial del tratamiento.
- Introducción de la prescripción de dosis total, dosis por fracción y número de sesiones en el planificador en el cálculo de las unidades monitor.
- Comparación de los datos en la red o en la computadora de tratamiento con los de la hoja de tratamiento.
- Revisión de los volúmenes delineados y/o órganos de riesgo por parte del Oncólogo Radioterapeuta.
- colocación de fotografía en la ficha de tratamiento, copia de identificación de identidad.
- Tarjeta de identificación del paciente.
- La Fotografía que se inserta en la Hoja de petición de la TAC que elabora el Oncólogo-radioterapeuta al finalizar la Prescripción Clínica permite detectar este error.
- Los datos de identidad del paciente (nombre, ID, Código) que se indican en la Hoja de Tratamiento que elabora el Oncólogo Radioterapeuta (OR) al finalizar la Prescripción Clínica del Tratamiento, son comparados con la identificación del paciente (pasaporte, DNI, etc.) lo que permite detectar errores de identificación.
- Simulación del tratamiento, lo cual permite detectar errores de geometría y posicionamiento del paciente.
- Comprobación de la localización del PTV verificando que las distancias entre fuente y superficie (SSD) y entre mesa e isocentro coinciden con las indicadas en el plan de tratamiento.
- Procedimiento interno del servicio que impide la utilización del TPS donde se hayan realizado modificaciones en sus procedimientos de uso si las mismas no se han validado mediante pruebas. Planificación y medición de casos pruebas.

- Comparación de los datos en la red o en la computadora de tratamiento con los de la hoja de tratamiento.
- Durante el Inicio de Tratamiento se deben colocar los bloques de conformación de los campos que así lo requieren, verificando la correcta colocación de estos generada por el TPS.
- Durante el Inicio de Tratamiento se marca en la piel del paciente la configuración del campo utilizando la luz de campo que se proyecta sobre la misma, verificando la correcta colocación de los bloques contra la plantilla generada por el TPS.
- En el Inicio de Tratamiento el Oncólogo Radioterapeuta, el Físico Médico y el técnico contrastan los datos iniciales de la hoja de tratamiento con lo introducidos manualmente al acelerador, pudiendo detectar este error.
- Verificación de parámetros de inmovilización e indexación respecto a los de la hoja de simulación.
- Fotografía del posicionamiento del paciente en la hoja de tratamiento electrónica y/o en la hoja de tratamiento.
- Comprobación de los parámetros de tratamiento al verificar cada uno de los campos siguientes.
- Comprobación de la coincidencia entre la luz de campo y la imagen reconstruida del campo en el paciente, obtenida del TPS y reproducida en el acelerador.
- Durante el Inicio de Tratamiento se deben colocar los bloques de conformación de los campos que así lo requieren, verificando la correcta colocación de estos contra la plantilla generada por el TPS.
- Enclavamiento del ángulo de tratamiento de la camilla con respecto al ángulo de tratamiento considerado en el plan de tratamiento que impide impartir el tratamiento en caso de discrepancia.
- Verificación de la coincidencia entre la luz de campo con las marcas del mismo sobre la piel del paciente.

- Entrega de una citación al paciente para un nuevo inicio de tratamiento, tras haberse decidido realizar cambios en el tratamiento original.
- Evaluación de forma conjunta del plan dosimétrico por parte del Oncólogo Radioterapeuta y del Físico Médico, al evaluar el nuevo plan de tratamiento.
- Participación del Oncólogo Radioterapeuta, el Físico Médico y los técnicos de radioterapia en la colocación e inmovilización del paciente para la sesión inicial del tratamiento al realizar nuevamente la primera puesta.
- Verificación del nombre del paciente preguntándole al propio paciente su nombre.
- Coincidencia del isocentro tatuado o marcado con láseres y/o retícula.
- Al utilizar los dispositivos de colocación e inmovilización del paciente, fabricados durante la adquisición de sus datos anatómicos se puede detectar este error.
- Procedimiento para verificar mediante una lista de chequeo los parámetros del tratamiento después de posicionar al paciente.
- Enclavamiento del ángulo de tratamiento de la camilla con respecto al ángulo de tratamiento considerado en el plan de tratamiento que impide impartir el tratamiento en caso de discrepancia.
- Sistema de identificación del bolus con los datos del paciente.
- Revisión semanal de la hoja de tratamiento por parte del Físico Médico.
- Registro manual de los datos de tratamiento diario por el técnico de radioterapia, independiente de la computadora de tratamiento.
- Participación activa del paciente que alerta al técnico sobre las particularidades del tratamiento.
- La utilización de dispositivos de inmovilización que impiden el movimiento significativo del paciente.
- Enclavamiento del sistema de monitorización dosimétrica de acelerador que detiene la irradiación cuando la dosis medida no se corresponde con el valor

seleccionado, o cuando la heterogeneidad del haz sobrepasa un valor aceptado (Enclavamiento dosimétrico).

- Enclavamiento por software por vacío.
- pruebas mecánicas diarios de angulación del gantry.
- Control diario al Telémetro. La evaluación del control del telémetro permite verificar si éste mantiene su constancia, en caso contrario, se detienen los tratamientos.
- Chequeo cruzado entre las marcas del láser y el resultado del telémetro.
- Control diario del láser. La evaluación del control del láser permite verificar si éste mantiene su constancia, en caso contrario, se detienen los tratamientos.
- Enclavamiento de puerta. Interruptor de la entrada de la sala de tratamiento.
- Señal sonora que indica que el equipo está irradiando.
- Señalización lumínica de equipo irradiando situada en el cabezal del equipo. Observada por el Circuito Cerrado de TV.
- Señalización lumínica en la puerta que indica que el equipo está irradiando.
- interruptor de parada de emergencia dentro del área de tratamiento.
- Advertencia del Técnico de Radioterapia en Cuarto de Control. La ubicación del Cuarto de Control junto a la entrada a la Sala de Tratamiento permite al Técnico de Radioterapia controlar el acceso imprevisto a la Sala de Tratamiento durante la irradiación de la máquina.
- interruptor de parada de emergencia en el panel de control.

C. Reductores de consecuencia

- Levantamiento radiométrico periódico
- Auditoría Postal con dosímetros TLD

- Posicionado diario del paciente, en el cual los técnicos de radioterapia pueden detectar errores de geometría o de dosis por signos visuales (coloración de la piel, etc.).
- Pruebas de QA mensual y anual, de los parámetros de referencia relacionados con la seguridad, así como los geométricos y dosimétrico.
- Pruebas de QA del TPS. (Diarias, semanal, mensual, trimestral y anual), cuando se detecta una inconsistencia significativa se detienen los tratamientos.
- Revisión médica semanal del paciente que puede detectar errores en la administración del tratamiento, o en las etapas previas.
- Intercomunicador e Interruptor para detener la irradiación desde el panel de control del equipo.
- Parada de Emergencia en Sala de Tratamiento. En la Sala de Tratamiento se disponen de interruptores de Parada de Emergencia que pueden ser accionado por personal que se encuentre dentro de la misma para detener la irradiación en caso necesario.
- Durante la administración diaria del tratamiento el técnico contrasta los datos iniciales de la hoja de tratamiento con lo introducido manualmente al acelerador, pudiendo detectar el error.
- Uso del intercomunicador en Cuarto de Control que permite la comunicación bidireccional entre el paciente y los técnicos-radioterapeutas para interrumpir el tratamiento si fuera necesario.
- Observación del transcurso del tratamiento por el Circuito Cerrado de TV y accionamiento del botón de emergencia.
- Pruebas Mecánicas de QA. La evaluación de los controles mecánicos (movimientos del brazo gantry, colimador, cabezal, camilla) permiten verificar si los indicadores angulares o mecánicos mantienen su constancia, en caso contrario, se detienen los tratamientos.
- Visualización en panel de control de la posición del gantry. El técnico radioterapeuta detiene el tratamiento.

- Pruebas de QA mensual del Telémetro. La evaluación del control del telémetro permite verificar si éste mantiene su constancia, en caso contrario, se detienen los tratamientos.
- Procedimiento de detección de desviaciones sistemáticas del posicionamiento del paciente.
- Pruebas de QA mensual del Láser. La evaluación del control del láser permite verificar si éste mantiene su constancia, en caso contrario, se detienen los tratamientos.
- Parada de Emergencia en Cuarto de Control. En el cuarto de Control existe un botón para la parada de emergencia que puede ser accionado por el Técnico Radioterapeuta para detener la irradiación en caso necesario.

3.2.5. Análisis de riesgo

Identificados los reductores de frecuencias, barreras y reductores de consecuencias en el proceso de tratamiento, se procede a evaluar el nivel de riesgo (apartado 4.1), empleando el software Sevrra desarrollado por el “Foro Iberoamericano de Organismo reguladores Radiológicos y Nuclear”.

3.2.6. Implementación de medidas correctoras para reducción de frecuencia de sucesos iniciadores

Identificado los niveles de riesgo de los sucesos iniciadores, se procede a implementar medidas correctoras para reducir la frecuencia con que pueda ocurrir el suceso iniciador

Etapa 4: Prescripción clínica del tratamiento				
Suceso iniciador		Reductor de frecuencia implementado	N° de frecuencias ocurridas	
			Año 2018	Año 2019
SI27	Manifiestar de manera incorrecta u omitir dentro de la hoja de tratamiento a los órganos de riesgo en el momento de la prescripción médica del proceso de tratamiento.	Prescripción debido a la presencia de plantillas en red de radioterapia o papel	6	0

SI28	Identificación equivocada del valor de dosis total desigual a la intención terapéutica del Oncólogo Radioterapeuta	Prescripción debido a la presencia de plantillas en red de radioterapia o papel	7	0
SI29	Una Hoja de Tratamiento donde se indique el valor de Dosis Diaria (DDT) desigual hacia el valor ubicado sobre la prescripción clínica en el proceso de tratamiento	Prescripción debido a la presencia de plantillas en red de radioterapia o papel	4	0
SI30	Determinación errónea del valor de fraccionamiento de dosis, a pesar de haberse hallado un valor diferente en la prescripción clínica del tratamiento	Existencia de plantillas para la prescripción la función o en la red respecto a la radioterapia	3	0
SI31	Registro de valores erróneos u omisión de valores de las cantidades de dosis a los órganos que están en riesgo sobre la hoja en el proceso de tratamiento	Existencia de plantillas para la prescripción en papel o en la red de radioterapia.	3	0
SI33	Indicar erróneamente la prescripción de dosis que presente un paciente a otro.	Colocación de fotografía en la ficha de tratamiento, copia de identificación de identidad	2	0
SI34	Prescribir hacia un órgano o un sector inadecuado	Colocación de fotografía en la ficha de tratamiento, copia de identificación de identidad	2	0
Etapa 5: Adquisición de datos anatómicos del paciente				
Suceso iniciador		Reductor de frecuencia implementado	N° de frecuencias ocurridas	
			Año 2018	Año 2019
SI36	Identificación equívoca en la colocación de los dispositivos de inmovilizadores, en la toma de imagen del paciente.	procedimientos para la realización de toma de imágenes	2	0
SI37	Omitir o marcación errónea de las marcas de referencias sobre dispositivos de inmovilización.	procedimientos para la realización de toma de imágenes	3	0

SI38	Toma de imágenes erróneas por posición incorrecta del paciente	Fotografía del paciente después de colocado con sus elementos inmovilizadores, anterior a la toma de imágenes	3	0
------	--	---	---	---

Etapa 6: Delimitación de volúmenes

Suceso iniciador	Reductor de frecuencia implementado	N° de frecuencias ocurridas		
		Año 2018	Año 2019	
SI44	Equivocación al identificar la lateralidad del tumor en la delineación.	Capacitaciones del Medico Radio Oncólogo y Físico Medico.	3	0

Etapa 7: Planificación de tratamiento

Suceso iniciador	Reductor de frecuencia implementado	N° de frecuencias ocurridas		
		Año 2018	Año 2019	
SI50	Introducción equívoca de la prescripción (determinación de dosis total y fraccional y la cantidad de sesiones) en la estructuración de la planificador, con la finalidad de desarrollar un cálculo de cada uno de las áreas monitor	- Capacitaciones del Físico Medico. - Procedimiento de uso del Sistema de Planificación.	3	0

Etapa 9: Inicio de tratamiento

Suceso iniciador	Reductor de frecuencia implementado	N° de frecuencias ocurridas		
		Año 2018	Año 2019	
SI56	Introducción equívoca durante el acelerador de acuerdo a los aspectos en el plan del proceso de tratamiento	- Capacitaciones del Tecnólogo Medico. - Procedimiento de tratamiento del Acelerador Lineal.	4	0

Etapa 10: Posicionamiento de paciente para tratamiento diario				
Suceso iniciador		Reductor de frecuencia implementado	N° de frecuencias ocurridas	
			Año 2018	Año 2019
SI71	Selección equívoca del ángulo de la mesa para el tratamiento en el periodo de Posicionamiento para el proceso diario.	- Capacitaciones del Tecnólogo Médico - Existencia de dos Tecnólogos Médicos por turno de trabajo	3	0
SI72	Colocar erróneamente los bolus en el periodo de posicionamiento para el proceso diario por omisión de colocación de modificador erróneo.	- Capacitaciones del Tecnólogo Médico - Existencia de dos Tecnólogos Médicos por turno de trabajo	3	0

Etapa 11: Ejecución de tratamiento				
Sub etapa 1: con consecuencia par los pacientes asociados al proceso de tratamiento				
Suceso iniciador		Reductor de frecuencia implementado	N° de frecuencias ocurridas	
			Año 2018	Año 2019
SI73	Omitir una sesión de tratamiento	- Capacitaciones del Tecnólogo Médico - Existencia de dos Tecnólogos Médicos por turno de trabajo	2	0

3.2.7. Implementación de la Barreras

- Se ha implementado un fantoma de agua que permita determinar la cantidad de dosis que fue absorbida frente a un punto de interés sobre una estructura de proceso de tratamiento y verificar que se encuentra dentro del rango permisible.
- Se ha adquirido un nuevo equipo de dosimetría clínica que permita realizar una verificación redundante, Daily QA.
- Se ha adquirido placas para verificación para toma de imágenes

Con las barreras implementadas a aumentando el número de barreras de los siguientes sucesos iniciadores para el año 2019

Etapa 2: Aceptación y puesta en servicio			
Sub etapa 1: Con consecuencia con el paciente			
Suceso Iniciador		N° de Barreras implementado	
		Año 2018	Año 2019
SI3	Errar en el factor sobre la calibración en el equipo dosimétrico (cámara de ionización y también en el electrómetro) el cual dirige a establecer de forma incorrecta el vínculo de dosis-unidades sobre el monitor	1	4
SI4	Errar en el uso del certificado para la calibración, por ejemplo: una confusión respecto a las unidades mGy-cGy, lectura acerca del coeficiente en la calibración, confusión de Nk con ND,w, , Po y To	2	4
SI5	Errar al determinar los estados de referencia conforme a lo que se emplea un establecimiento incorrecto de la asociación sobre las unidades de monitor y dosis.	1	4
SI6	Hacer uso de un valor incorrecto sobre la temperatura o presión local (barómetro o termómetro que no está descalibrado, una lectura inadecuada o emplear datos que corresponden a otro sitio lugar, como el lugar de laboratorio aeropuerto o meteorológico) sobre la puesta en el servicio	0	3
SI7	Errar sobre establecer el nivel de coeficiente respecto a la calibración sobre las cámaras monitoras, el cual consiste el establecimiento de forma incorrecta sobre la asociación de dosis y las unidades de monitor	1	4
SI8	Errar respecto al establecimiento de los datos relativos sobre la dosis (índice de uniformidad, la homogeneidad, también la penumbra, o la simetría, rendimiento en profundidad del haz, en la cual se basa en la caracterización frente a la energía del haz).	1	4
SI9	Errar respecto al establecimiento sobre los aspectos geométricos en el haz de radiación. (la dimensión del campo en la radiación, la coincidencia en el área radiante y luminoso, la posición sobre la fuente efectiva, la posición verticalidad del Haz).	1	5
SI10	Determinar incorrectamente los factores de campo.	1	4
SI11	Errar en el establecimiento de cada uno de los aspectos geométricos y los mecánicos sobre la unidad en el tratamiento, (los errores en el eje tanto de traslación como de rotación, los errores acerca de las escalas lineales y angulares, que compone el telémetro, los errores dentro del indicador luminoso	1	4

	que encuentra el eje del haz (cruceta), así también los errores para la verificación sobre los láseres).		
SI12	Determinar de una manera inadecuada aspectos de bandeja. Tener en consideración de la misma forma la obtención de bandejas juntamente con holguras de acuerdo con los rieles en la ubicación	1	4
SI13	Establecer de manera incorrecta los factores de transmisión de las cuñas.	1	4
SI14	Establecer de manera incorrecta los aspectos de transmisión de accesorios, en la inmovilización que pasa la persona asistida (compone soportes sobre las máscaras) y así como de la camilla	0	1
SI15	Errar al dimensionar sobre perfiles del área con cuñas (o puntos que se encuentran fuera del área del haz)	1	4
SI16	Llegar a suministrar dispositivos consideradas deficientes para la inmovilización en el paciente (la fijación deficiente, holguras)	1	3
SI17	Errar en el momento del registro sobre los resultados en las medidas desarrolladas en el proceso de la puesta en servicio, en bien de ser insertadas en el sistema de la planificación para el proceso de tratamiento (TPS)	1	3

Etapa 2: Aceptación y puesta en servicio			
Sub etapa 2: Del sistema de planificación (TPC) con consecuencia al paciente			
Suceso Iniciador		N° de Barreras implementado	
		Año 2018	Año2019
SI18	Cometer errores respecto a la configuración geométrica que presente el acelerador en el TPS	3	4
SI19	Desarrollar una configuración de manera errónea a las cuñas en el TPS.	3	4
SI20	Configurar equivocadamente las bandejas de conformación y los bloques presentados en el TPS.	3	4
SI21	Configurar erróneamente los compensadores o de bolus en el TPS	3	4
SI22	Errar respecto a la información del rendimiento y cualificación sobre los haces en el TPS	4	5

SI23	Errar en la inserción de los aspectos del área en el TPS	3	4
------	--	---	---

Etapa 3: Mantenimiento de los equipos

Sub etapa 1: con consecuencias para los pacientes

Suceso Iniciador		N° de Barreras implementado	
		Año 2018	Año2019
SI24	Desarrollar un cambio incorrecto de los parámetros críticos sobre el equipo al presentar una reparación o mantenimiento	3	4

Etapa 4: Prescripción clínica del tratamiento

Suceso Iniciador		N° de Barreras implementado	
		Año 2018	Año2019
SI33	Prescribir la cantidad de dosis erróneo desde un paciente a otro	2	3

Etapa 5: Adquisición de datos anatómicos del paciente

Suceso Iniciador		N° de Barreras implementado	
		Año 2018	Año2019
SI37	Omitir o marcación errónea de referencias sobre dispositivos de inmovilización.	1	4

Etapa 7: Planificación de tratamiento

Suceso Iniciador		N° de Barreras implementado	
		Año 2018	Año2019

SI45	Hacer uso de forma errónea respecto de los procedimientos para hacer uso del TPS, en el momento en que se desarrolle un plan, específicamente para una persona asistida.	3	4
SI46	Cambiar dichas instrucciones en la utilidad del TPS insertando aspectos o factores que originen errores sobre los cálculos en sí mismos	4	5
SI49	Llegar a cometer un error sobre el desarrollo geométrico y dosimétrica en el plan para el tratamiento, o de la misma forma en la protección sobre cada órgano crítico y de un tejido en condición normal	3	5
SI50	Introducción equívoca de la prescripción (determinación de dosis total y fraccional y la cantidad de sesiones) en la estructuración del planificador, con la finalidad de desarrollar un cálculo de cada uno de las áreas monitor	3	4
SI52	Desarrollarse un fallo sobre el Sistema de Planificación del Tratamiento (es el caso de la deficiencia dentro del proceso del algoritmo)	3	4

Etapa 8: Elaboración de moldes			
Suceso Iniciador		N° de Barreras implementado	
		Año 2018	Año2019
SI54	Errar al desarrollar los accesorios de forma personalizada (Bolus, los inmovilizadores, los compensadores, y los bloques de conformación).	3	5
SI55	Ubicación de manera incorrecta acerca de los bloques en la conformación sobre el haz de fotones presentados en la bandeja	3	5

Etapa 9: Inicio de tratamiento			
Suceso Iniciador		N° de Barreras implementado	
		Año 2018	Año2019
SI56	Introducción equívoca durante el acelerador de acuerdo a los aspectos en el plan del proceso de tratamiento	3	4

SI59	Error respecto a la ubicación del paciente mayor de 3 mm, de acuerdo con el isocentro presentado, en el proceso de inicio para el tratamiento isocéntrico (DFI continuo)	2	4
SI63	Omitir o también ubicar de una manera incorrecta elementos que se consideran modificadores atenuadores sobre el haz (compensadores, bolus) en el instante del comienzo del tratamiento	3	4

Etapa 10: Posicionamiento para tratamiento diario

Suceso Iniciador		N° de Barreras implementado	
		Año 2018	Año2019
SI68	Emplear dispositivos de inmovilización deficientes en el paciente.	2	3
SI69	Equivocación en la ubicación del paciente en función al isocentro.	3	4
SI70	Desarrollar o presenciar errores al establecer la entrada sobre el haz del área en el proceso de tratamientos no isocéntricos (DFS=constante) en el momento del Posicionamiento en bien de del Tratamiento Diario	3	4

Etapa 11: Ejecución de tratamiento

Sub etapa 1: con consecuencia par los pacientes asociados al proceso de tratamiento.

Suceso Iniciador		N° de Barreras implementado	
		Año 2018	Año2019
SI74	Llegar a omitir, ya sea en uno o en más áreas pendientes, luego de realizar una parada de forma irregular (éste como una pérdida sobre la alimentación eléctricamente)	1	4
SI77	Intentar lograr desarrollar una administración de forma errónea un área de tratamiento, luego de una sesión en el proceso de tratamiento.	2	4
SI78	Omitir un campo de tratamiento en la sesión diaria	2	4

SI81	Llegar a errar en el instante del registro de la información de la sesión continua dentro de la hoja para el tratamiento.	2	4
------	---	---	---

Etapa 11: Ejecución de tratamiento			
Sub etapa 2: Con consecuencia para los pacientes asociados a fallos de equipo			
Suceso Iniciador		N° de Barreras implementado	
		Año 2018	Año 2019
SI82	Desarrollarse un fallo sobre el equipo originando una modificación respecto a la simetría de los haces de fotones	2	4
SI83	Fallos en el equipo los cuales originan cambios sobre la planitud en cada uno de los haces de los fotones	2	5
SI84	Posicionarse incorrectamente el blanco.	3	5
SI85	Posicionarse incorrectamente el filtro aplanador.	2	4
SI86	Originar un fallo sobre el sistema en el control respecto al dosimétrico	1	4
SI87	Fallos sobre el sistema de agua para el enfriamiento respecto al acelerador lineal, la cual causa un calentamiento alto del equipo	2	5

3.2.7.1 Implementación de un fantoma para comparación dosimétrica

Se determino diseñar e implementar un fantoma que permita realizar la comparación dosimétrica de los valores calculados a través del sistema en la planificación Kenos 2D y la calculada por el fantoma, este fantoma será una barrera implementada para disminuir el grado de riesgo presente en cada situación de iniciación.

El proceso de la implementación del fantoma se describe a continuación:

A. Diseño y construcción del sistema para posicionamiento de la cámara de ionización

El diseño de maniquí de próstata tiene las medidas geométricas de un paciente promedio de tratamiento de cáncer de próstata a partir de las imágenes tomografías obtenidas de un sistema de planificación de radioterapia.

El desarrollo del fantoma consiste de una caja externa de acrílico sin tapa superior, cuyas dimensiones externas es de 36 cm de ancho, 50 cm de largo y 40 cm de altura, con un espesor de las paredes de 12 mm.

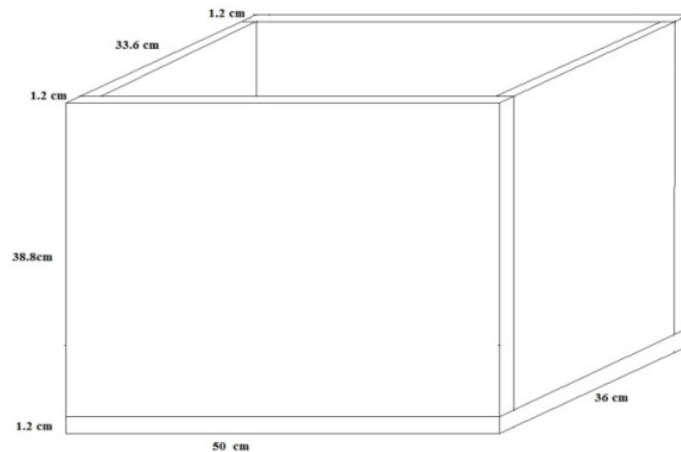


Figura 15. Esquema de diseño del fantoma que permitirá simular un tratamiento

En la figura se muestra ya construida el fantoma que permitirá simular un tratamiento de cáncer de próstata

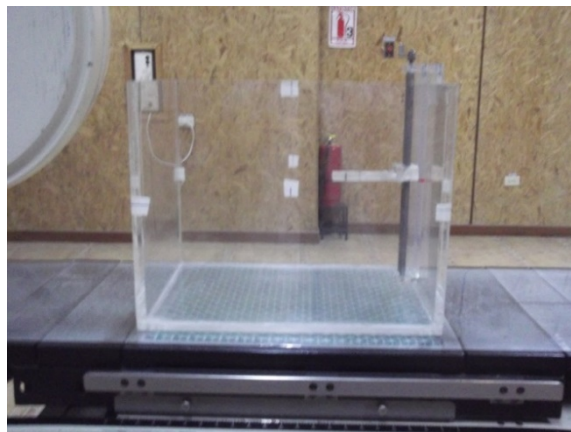


Figura 16. Fantoma o maniquí construido. Foto tomada por el autor por cortesía del IEEN

Se ha tenido en cuenta que el grosor igual al agua respecto a la ventana del maniquí. Aplicando la formula (2-3), se obtiene las dimensiones equivalentes en agua del maniquí de próstata de 21 cm anterior – posterior, 36.5 cm transversal, 50.6 cm axial.

Se diseña un mecanismo en acrílico para el posicionamiento y desplazamiento de la cámara de ionización, que servirá de guía para ubicar la cámara de ionización al punto central del maniquí de próstata, el espesor del acrílico es de 12 mm.

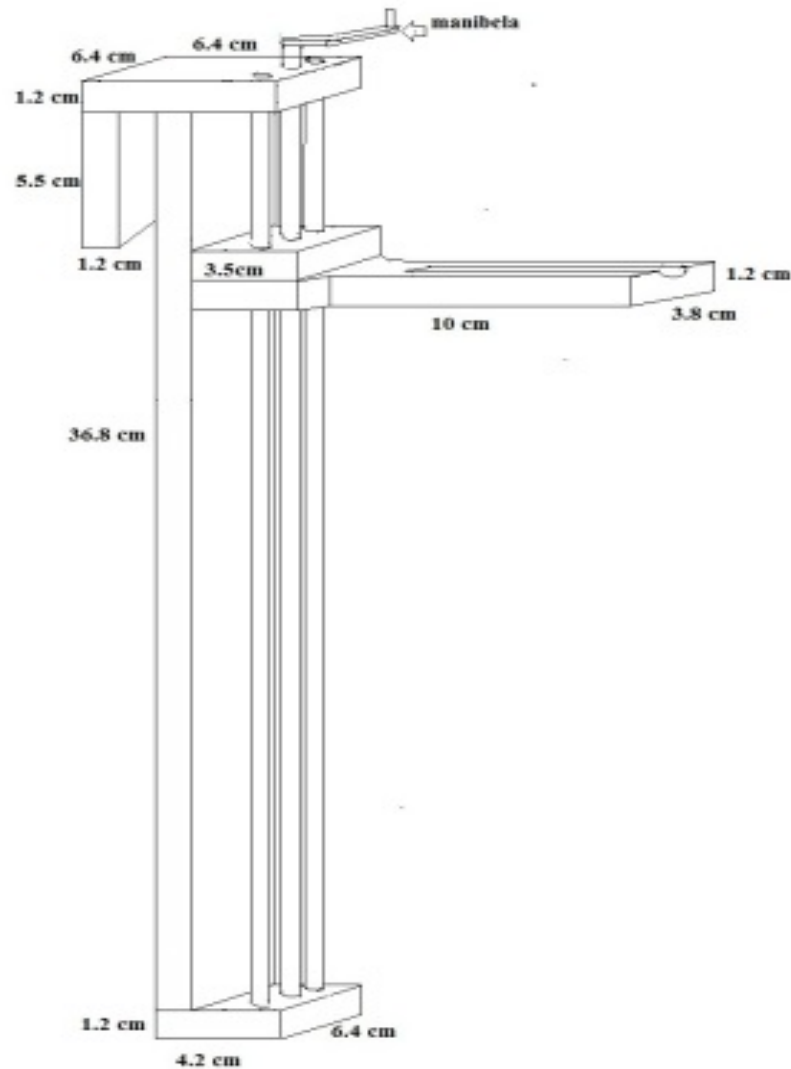


Figura 17. Esquema del sistema para posicionamiento de la cámara de ionización. Foto tomada por el autor por cortesía del IEEN.

En la siguiente figura se muestra construido el sistema para posicionamiento de la cámara de ionización.

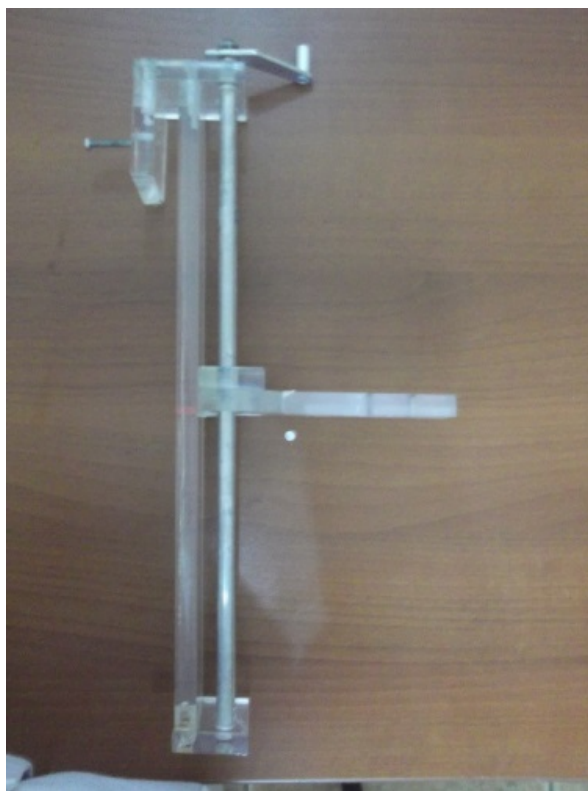


Figura 18. Mecanismo para posicionamiento y desplazamiento de la cámara de ionización. Foto tomada por el autor por cortesía del IEEN.

B. Parámetros ingresados al software Kenos – 2D y la planificación de tratamiento

El sistema planificación utiliza el software KENOS - 2D (Nuclemed- Argentina). emplea el cálculo de cantidad de dosis que acumula a través del método de planificación directa.

En primera fase de tratamiento se planifica con cuatro campos: anterior, posterior, lateral derecho y lateral izquierdo de 50 cGy/campo. Cuyas dimensiones del tamaño de campo son para el campo anterior y posterior de 17 cm x 21cm, para los campos lateral derecho e izquierdo es de 10 cm x 21 cm. En la siguiente figura muestra la distribución de dosis que es calculada por el sistema de planificación.

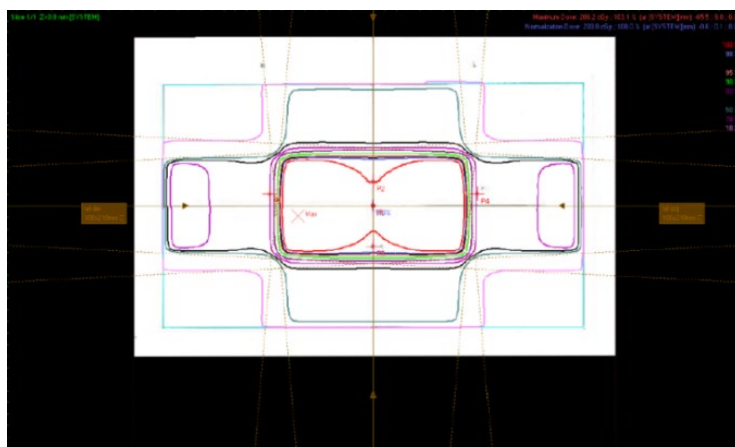


Figura 19. El plan de tratamiento 2D para la primera fase al maniquí. Foto tomada por el autor por cortesía del IEEN.

En segunda fase de tratamiento se realiza con reducción de tamaño de campo de irradiación y de cuatro campos oblicuos de 50cGy/campo. Donde las dimensiones de los campos oblicuos es de 10 cm x 10 cm. En la siguiente figura se muestra la distribución de dosis absorbida calculada por el sistema de planificación.

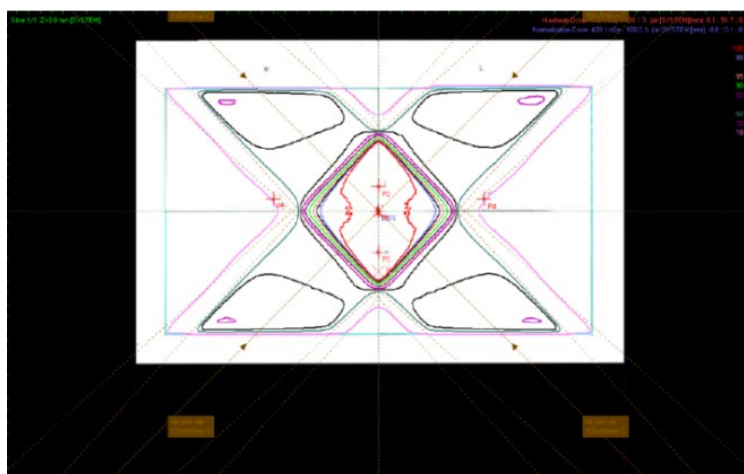


Figura 20. El plan de tratamiento 2D para la segunda fase al maniquí. Foto tomada por el autor por cortesía del IEEN.

C. Dosimetría en el fantoma

Es ubicado el fantoma sobre el acelerador lineal y se ubica la cámara de ionización al centro del maniquí. Se irradia al maniquí bajo las unidades monitoras del plan de tratamiento de la primera fase de tratamiento de paciente dado por el software de

planificación, se registran las lecturas y se le asigna la correspondiente dosis medida con la cámara como se muestra en la siguiente figura.



Figura 21. Aplicaciones del tratamiento al maniquí para la primera fase de tratamiento. Foto tomada por el autor por cortesía del IEEN

De la misma manera se irradia al maniquí bajo las unidades monitor del plan de tratamiento de la segunda fase de tratamiento de paciente dado por el software de planificación, se registran las lecturas y se le asigna la correspondiente dosis medida con la cámara como se muestra en la siguiente figura.

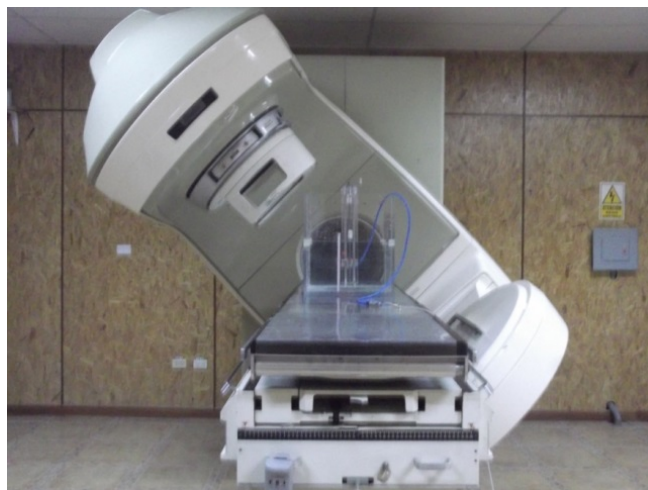


Figura 22. Aplicaciones del tratamiento al maniquí para la segunda fase de tratamiento. Foto tomada por el autor por cortesía del IEEN.

Los valores de las mediciones obtenidas se encontraron en el orden de los nC y se registraron los valores por campo aplicado y se calculó a posteriori los valores de dosis en cGy, aplicando la ecuación (2-2).

Empleando el formato de cálculo de dosis absorbida, estipulada por el “Organismo Internacional de Energía Atómica”, Informe Técnico N° 398 (ANEXO E), se pudo encontrar los valores de los factores de influencia.

$$K_{T,P} = 1.484$$

$$K_{pol} = 0.996$$

$$K_s = 1.001$$

$$K_{Q,Q0} = 0.9924$$

$$N_{D,W,Q0} = 5.39 \text{ cGy/nC}, \text{ factor de calibración de la cámara de ionización (ANEXO F)}$$

Encontrándose una tasa de dosis de 1.0058 cGy/UM

Además, los factores de influencia por atenuación de acrílico de fantoma y de la camilla son:

$$K_{acr} = 0.9819$$

$$K_{cam} = 0.8567$$

Empleando la ecuación (2-3), se obtiene la desviación porcentual de la dosis medida con la cámara de ionización y la dosis calculada por el sistema de planificación.

3.2.8. Análisis de riesgo con las medidas correctoras implementadas

Con las medidas correctoras implementadas como los reductores de las frecuencias, así como de las barreras y en el nivel de consecuencia, se procede a evaluar nuevamente el nivel de riesgo (Apartado 4.5), empleando el software Sevrra desarrollado por el “Foro Iberoamericano de Organismo reguladores Radiológicos y Nuclear”.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. Determinación del Nivel de Riesgo

Empleando el software Sevrra desarrollado por el “Foro Iberoamericano de Organismo reguladores Radiológicos y Nuclear” se determina el nivel de riesgo de los sucesos iniciadores

Suceso Iniciador					Nivel de Riesgo
SI1	Deficiencia de blindaje	FMB	PM	CA	RM
SI2	Deficiencia de blindaje	FMB	PM	CA	RM
SI3	Error en el factor de calibración de equipo dosimétrico	FB	PM	CA	RA
SI4	Error de uso del certificado de calibración	FMB	PM	CA	RM
SI5	Error al establecer las condiciones de referencia de medida	FMB	OM	CA	RM
SI6	Utilizar incorrectamente el valor de presión y temperatura	FM	PA	CM	RA
SI7	Error en determinar el coeficiente de calibración de las cámaras monitoras	FB	PM	CMA	RA
SI8	Error en determinar los valores relativos de dosis	FB	PM	CMA	RA
SI9	Error en determinar los parámetros geométricos del haz de radiación	FB	PM	CMA	RA
SI10	Error en factores de campo	FB	PM	CMA	RA
SI11	Error en los parámetros mecánicos y geométricos en la unidad del tratamiento	FB	PM	CMA	RA
SI12	Error en establecer los factores de bandeja	FMB	PM	CA	RM
SI13	Error en establecer los factores de cuñas	FMB	PM	CM	RA
SI14	Error en establecer los factores de accesorios de inmovilización	FMB	PC	CA	RA
SI15	Error en medición de perfiles de campo con cuñas	FMB	PM	CMA	RA
SI16	emplear deficientemente dispositivos de inmovilización de paciente	FM	PA	CM	RA
SI17	Registrar erróneamente las mediciones de la puesta de servicio al TPS	FB	PM	CMA	RA
SI18	Registrar erróneamente la configuración geométrica del acelerador al TPS	FB	PB	CMA	RM
SI19	Registrar erróneamente la configuración a las cuñas al TPS	FB	PB	CMA	RM
SI20	Configuración equivocada los bloques y las bandejas de conformación en el TPS	FB	PB	CMA	RM
SI21	Configuración equivocada los compensadores y bolus en el TPS	FB	PB	CMA	RM
SI22	Error en insertar información de caracterización y rendimiento de los haces en el TPS	FMB	PMB	CMA	RM
SI23	Error en insertar factores de campo en el TPS	FB	PB	CMA	RM
SI24	Modificación de parámetros críticos durante reparación del equipo	FB	PB	CMA	RM
SI25	No registrar de forma adecuada la modificación de parámetros del equipo	FM	PA	CB	RM

Suceso Iniciador					Nivel de Riesgo
SI26	: Irradiar a un trabajador mientras realiza mantenimiento al equipo	FB	PA	CM	RM
SI27	Omitir en la hoja de tratamiento la prescripción de órganos de riesgo	FM	PMB	CA	RM
SI28	Indicar una prescripción de dosis total diferente de lo que indica el Oncólogo Radioterapeuta	FM	PMB	CA	RM
SI29	Indicar una prescripción de dosis total diferente de lo que indica el Oncólogo Radioterapeuta	FM	PMB	CA	RM
SI30	Indicar erróneamente la fracción de dosis al valor considerado durante la prescripción	FM	PMB	CA	RM
SI31	Registrar erróneamente la dosis hacia los órganos de riesgo en la hoja de tratamiento	FM	PMB	CA	RM
SI32	Omitir en la hoja de tratamiento un volumen secundario para el tratamiento	FB	PMB	CA	RB
SI33	Error en la prescripción de dosis que presente un paciente a otro	FM	PM	CA	RA
SI34	Prescribir sobre un órgano erróneo	FM	PMB	CA	RA
SI35	Realizar una simulación de imagen a paciente erróneo	FB	PMB	CA	RB
SI36	Identificación equívoca en la colocación de los dispositivos de inmovilizadores	FM	PMB	CA	RM
SI37	Marcación errónea de las marcas de referencias sobre dispositivos de inmovilización	FM	PM	CA	RA
SI38	Toma de imágenes erróneas del paciente	FM	PMB	CA	RM
SI39	error de identificación de paciente en el desarrollo del plan de tratamiento	FB	PMB	CA	RB
SI40	Nombrar de manera errónea los volúmenes y delineados del TPS	FB	PMB	CA	RB
SI41	Error en identificar paciente durante delimitación de volumen	FB	PMB	CA	RB
SI42	Omitir reconocimientos de CTVs secundarios	FB	PMB	CA	RB
SI43	Omitir en el TPS la denominación de órganos de riesgo	FB	PMB	CA	RB
SI44	Error del reconocimiento de la lateralidad del tumor en el proceso de la delineación	FM	PMB	CA	RM
SI45	Empleo erróneo del proceso de uso del TPS en el diseño del plan	FB	PB	CA	RM
SI46	Modificación de instrucciones de utilidad del TPS	FB	PMB	CMA	RM
SI47	Seleccionar una orientación errónea de los campos	FB	PMB	CA	RB
SI48	Planificación errónea de técnicas o situaciones especiales	FB	PMB	CA	RB
SI49	Error en la elaboración dosimétrica y geométricas durante el plan de tratamiento	FB	PB	CA	RM
SI50	Equivocación en la prescripción durante planificación	FM	PB	CA	RA
SI51	Error al calcular el número de fracciones	FMB	PMB	CA	RB
SI52	Error dentro del Sistema de Planificación del Tratamiento	FMB	PB	CMA	RM
SI53	Omitir la planificación de localizaciones secundarias requeridas	FB	PMB	CA	RB

SI54	Equivocación en la elaboración de los accesorios personalizados	FB	PB	CA	RM
SI55	Error en la colocación de los bloques de conformación del haz	FB	PB	CA	RM
SI56	Introducir equívocamente al acelerador los parámetros de plan de tratamiento	FM	PB	CA	RA
SI57	Para el inicio de tratamiento llamar a paciente erróneo.	FB	PMB	CA	RB
SI58	Ubicar de forma errónea al paciente sobre la mesa de tratamiento	FB	PMB	CA	RB
SI59	Error a la ubicación del paciente mayor de 3 mm de acuerdo con el isocentro presentado	FB	PB	CA	RM
SI60	Ubicación equivocada del paciente mayor de 3 mm, durante el inicio del tratamiento no isocéntrico	FB	PMB	CA	RB
SI61	Ubicación incorrecta de los bloques de conformación	FB	PMB	CA	RB
SI62	Elegir de forma errónea el ángulo de la mesa	FB	PMB	CA	RB
SI63	Ubicar de manera incorrecta u omitir los atenuadores del haz	FB	PB	CA	RM
SI64	Omitir incorporar al plan de tratamiento una modificación luego de aprobarse	FB	PMB	CA	RB
SI65	Error en la incorporación de un cambio luego de haber una modificación aprobada	FB	PMB	CA	RB
SI66	Llamar para tratamiento a paciente equivocado	FB	PMB	CM	RB
SI67	Colocación incorrecta del paciente sobre la mesa	FB	PMB	CM	RB
SI68	Emplear dispositivos de inmovilización deficientes	FM	PM	CA	RA
SI69	Equivocación en la ubicación del paciente en función al isocentro	FB	PB	CM	RM
SI70	Equivocación de ubicación de entrada del haz del campo en procedimientos	FM	PB	CM	RM
SI71	Elección de manera equívoca el ángulo de la mesa de tratamiento durante	FM	PM	CM	RM
SI72	Colocar erróneamente el bolus en el periodo de posicionamiento para el tratamiento diario	FM	PMB	CM	RM
SI73	Omitir una sesión de tratamiento	FM	PMB	CM	RM
SI74	No se tomaron en cuenta un campo pendiente después de una parada irregular	FB	PM	CM	RM
SI75	Llegar a intentar administrar una o más sesiones de tratamiento adicional a lo prescrito	FB	PMB	CA	RB
SI76	Intento de administrar una o más sesiones de tratamiento diario después de que no se registro	FB	PMB	CA	RB
SI77	Intentar administrar erróneamente un campo de tratamiento dos veces	FB	PM	CM	RM
SI78	Dar omisión un campo de tratamiento en la sesión diaria	FB	PM	CM	RM
SI79	Movimiento significativo de forma voluntaria o involuntaria del paciente	FB	PM	CM	RM
SI80	Movimiento significativo del paciente, previo al inicio de la administración del tratamiento.	FB	PMB	CM	RB
SI81	Error al registrar los datos de la sesión diaria en la hoja de tratamiento	FB	PM	CM	RM
SI82	Fallo de equipo causando cambios respecto a la simetría de los haces en los fotones	FMB	PM	CMA	RM

SI83	Fallos en el equipo los cuales originan una variación en la planitud de los haces	FMB	PM	CMA	RM
SI84	Posicionarse incorrectamente el blanco	FMB	PB	CMA	RM
SI85	Posicionarse incorrectamente el filtro aplanador	FMB	PM	CMA	RM
SI86	Producirse un fallo del sistema de control dosimétrico	FMB	PA	CMA	RA
SI87	Fallos del sistema de agua de enfriamiento del acelerador	FMB	PA	CMA	RA
SI88	Desarrollarse una pérdida de vacío en el LINAC	FMB	PB	CMA	RM
SI89	Posicionar el gantry de forma diferente a la requerida	FB	PM	CM	RM
SI90	Producirse una desviación óptica de la distancia (retícula y telémetro).	FB	PMB	CM	RB
SI91	Producirse una desviación sobre la alineación de los láseres	FMB	PMB	CA	RB
SI92	trabajador intenta ingresar en la sala de tratamiento cuando el equipo se encuentra irradiando	FMB	PMB	CA	RB
SI93	Comienza irradiación sobre el paciente con un personal presente en la sala de tratamiento	FB	PMB	CM	RB
SI94	Intentar ingresar a la sala de tratamiento de forma imprevista en el momento de irradiación	FB	PMB	CM	RB
SI95	Comenzar una irradiación con un miembro del público dentro de la Sala de Tratamiento	FB	PMB	CM	RB

La siguiente tabla nos muestra los números de sucesos iniciadores identificados por etapas del proceso de radioterapia, y su porcentaje con respecto al total de sucesos iniciadores identificados

Etapas	N° de sucesos iniciadores por etapas	%
Etapa 1: Instalación inicial del equipo	2	2.1
Etapa 2: Aceptación y puesta en servicio	21	22.1
Etapa3: Mantenimiento de los equipos	3	3.2
Etapa 4: Prescripción clínica del tratamiento	8	8.4
Etapa 5: Adquisición de datos anatómicos del paciente	4	4.2
Etapa 6: Delimitación de volúmenes	6	6.3
Etapa 7: Planificación de Tratamiento	9	9.5
Etapa 8 Elaboración de moldes	2	2.1
Etapa 9: Inicio de tratamiento	10	10.5
Etapa 10: Posicionamiento de paciente para tratamiento diario	7	7.4
Etapa 11: Ejecución de tratamiento	23	24.2
Total	95	100

Tabla N°12. sucesos iniciadores identificados por etapas del proceso de radioterapia

En la siguiente tabla nos muestra el número de sucesos iniciadores identificados según su nivel de riesgo y su porcentaje con respecto al total de sucesos iniciadores identificados

Nivel de Riesgo	N° de sucesos iniciadores por nivel de riesgo	%
Riesgo Bajo	29	30.5
Riesgo Medio	46	48.4
Riesgo Alto	20	21.1
total	95	100

Tabla N°13. Número de sucesos iniciadores identificados según su nivel de riesgo

En la siguiente tabla muestra que, con las barreras de seguridad, reductores de frecuencias y de consecuencias, con las que cuenta el servicio de radioterapia, se alcanzan los niveles de riesgo para los sucesos iniciadores que se encuentra en cada etapa

Etapas	N° de sucesos iniciadores		
	RA	RM	RB
Etapa 1: Instalación inicial del equipo	0	2	0
Etapa 2: Aceptación y puesta en servicio	12	9	0
Etapa3: Mantenimiento de los equipos	0	3	0
Etapa 4: Prescripción clínica del tratamiento	2	5	1
Etapa 5: Adquisición de datos anatómicos del paciente	1	2	1
Etapa 6: Delimitación de volúmenes	0	1	5
Etapa 7: Planificación de Tratamiento	1	4	4
Etapa 8 Elaboración de moldes	0	2	0
Etapa 9: Inicio de tratamiento	1	2	7
Etapa 10: Posicionamiento de paciente para tratamiento diario	1	4	2
Etapa 11: Ejecución de tratamiento	2	12	9
Total	20	46	29

Tabla N°14. los niveles de riesgo para los sucesos iniciadores identificados que se encuentra en cada etapa

El programa SEVRRRA nos indica las barreras o reductores que contribuirán en disminuir el nivel de riesgo alto de los sucesos iniciadores y el impacto que tendrá en el número de sucesos iniciadores en disminuir su nivel de riesgo

Barrera o reductores	Porcentaje de sucesos iniciadores impactados
Dosimetría en vivo en la sesión inicial del tratamiento, para verificar la correspondencia de las dosis administradas con las planificadas, lo que permite detectar errores en la administración de dosis	58.8%
Toma de imagen en la sesión inicial del tratamiento, a evaluar por el Oncólogo Radioterapeuta, y el Físico Médico, con lo cual se detectan errores de geometría del tratamiento	29.4%
Pruebas diarias del estado de referencia (parámetros geométricos, dosimétricos y de seguridad)	5.9%
Verificación redundante de los resultados de las mediciones realizadas durante la puesta en servicio del equipo, por otro Físico Médico	5.9%
Verificación redundante, por otro Físico Médico y con otro sistema dosimétrico, de los resultados de la calibración.	58.8%
Dosimetría en vivo semanal, por la que se pueden detectar errores en la dosis administrada	52.9%
Toma de imagen semanal, con la que se puede detectar errores de geometría	29.4%

Tabla N°15 El programa SEVRRRA indica las barreras o reductores que contribuirán en disminuir el nivel de riesgo alto de los sucesos iniciadores

4.2. Comparación dosimétrica empleando el fantoma de agua

4.2.1 comparación dosimétrica del punto tumoral

En la primera y segunda fase de tratamiento de paciente, se ingresaron los parámetros geométricos de tamaño de campo, angulación de gantry al sistema de planificación KENOS 2D, y que este estimo las unidades monitoras requeridas que deben ser irradiado cada campo de tratamiento para obtener la dosis prescrita y con el empleo de cámara de ionización y electrómetro se determinó la dosis obtenida durante la exposición a la radiación, obteniendo una diferencia porcentual de lo medido con lo planificado.

Primera fase de tratamiento						
Posición	Angulo del gantry	Tamaño de campo (cm x cm)	Unidades monitoras (U.M.)	Dosis calculada por el sistema de planificación (cGy)	Dosis medida por la cámara de ionización (cGy)	Desviación (%)
Anterior	180°	17 x 21	61	50	52.3	-4.4
Posterior	360°	17 x 21	61	50	52.3	-4.4
Lateral izquierdo	90°	10 x 21	85	50	52.4	-4.6
Lateral derecho	270°	10 x 21	86	50	52.3	-4.4
Primera fase de tratamiento						
Posición	Angulo del gantry	Tamaño de campo (cm x cm)	Unidades monitoras (U.M.)	Dosis calculada por el sistema de planificación (cGy)	Dosis medida por la cámara de ionización (cGy)	Desviación (%)
Oblicuo posterior izquierdo	45°	10 x 10	78	50	49.4	1.2
Oblicuo anterior derecho	225°	10 x 10	78	50	48.0	4.2
oblicuo anterior izquierdo	135°	10 x 10	79	50	49.5	1.0
oblicuo posterior derecho	315°	10 x 10	78	50	49.2	1.6

Tabla N°16. Tabla comparativa entre la dosis medida en una fantoma de agua y la dosis calculada por el sistema de planificación para el punto tumoral

La tabla nos muestra que en la primera fase del tratamiento desviación porcentual se encuentra en el intervalo de -4.6% y -4.4% , en la segunda fase la desviación porcentual se encuentra en el intervalo de 1.0% y 4.2% , y nos muestra que la dosis total por sesión en la primera fase de tratamiento calculada por el sistema de planificación es 200 cGy , y la medida por la cámara de ionización es 209.3 cGy , mostrando una desviación porcentual de -4.4% . En la segunda fase de tratamiento la dosis calculada por el sistema de planificación es 200 cGy , en tanto la medida por la cámara de ionización es 196.1 cGy , obteniendo una desviación porcentual de 2.0% . La diferencia se debe a las influencias en las variaciones del PDD, SSD, tamaños de campo e incertidumbre dosimétricos.

4.2.2 Comparación dosimétrica en vejiga primera y segunda fase de tratamiento

Con el empleo de cámara de ionización y electrómetro se determinó la dosis obtenida durante la exposición a la radiación en el punto de la vejiga, y esta se compara con lo estimado por el planificador Kenos 2D, obteniendo una diferencia porcentual de lo medido con lo planificado.

Primera fase de tratamiento						
Posición	Angulo del gantry	Tamaño de campo (cm x cm)	Unidades monitoras (U.M.)	Dosis calculada por el sistema de planificación (cGy)	Dosis medida por la cámara de ionización (cGy)	Desviación (%)
Anterior	180°	17 x 21	61	55.5	58.1	-4.5
Posterior	360°	17 x 21	61	44.7	46.9	-4.6
Lateral derecho	90°	10 x 21	85	49.8	51.2	-2.7
Lateral izquierdo	270°	10 x 21	86	49.9	51.4	-3.0
Primera fase de tratamiento						
Posición	Angulo del gantry	Tamaño de campo (cm x cm)	Unidades monitoras (U.M.)	Dosis calculada por el sistema de planificación (cGy)	Dosis medida por la cámara de ionización (cGy)	Desviación (%)
Oblicuo posterior izquierdo	45°	10 x 10	78	43.2	43.2	-0.1
Oblicuo anterior derecho	225°	10 x 10	78	58.1	55.5	4.7
oblicuo anterior izquierdo	135°	10 x 10	79	58.1	56.3	3.2
oblicuo posterior derecho	315°	10 x 10	78	43.2	43.5	-0.6

Tabla N°17. Tabla comparativa entre la dosis medida en un fantoma de agua y la dosis calculada por el sistema de planificación para la Vejiga.

La tabla nos muestra que la desviación porcentual en la primera fase se encuentra en el intervalo de -4.6% y -2.7% , que en la segunda fase se encuentra en un intervalo de -0.6% y 4.7% , y nos muestra que la dosis total por sesión para la primera fase de tratamiento calculada por el sistema de planificación es 199.9 cGy , y la medida por la cámara de ionización es 207.6 cGy , mostrando una desviación porcentual de -3.7% . En la segunda fase de tratamiento, la dosis calculada por el sistema de planificación es 202.6 cGy , en tanto la medida por la cámara de ionización es 198.5 cGy , obteniendo una desviación porcentual de 2.1% . La diferencia se debe las influencias en las variaciones del PDD, SSD, tamaños de campo e incertidumbre dosimétricos.

4.2.3 Comparación dosimétrica en recto primera y segunda fase de tratamiento

Con el empleo de cámara de ionización y electrómetro se determinó la dosis obtenida durante la exposición a la radiación en el punto de recto, y esta se compara con lo estimado por el panificador Kenos 2D, obteniendo una diferencia porcentual de lo medido con lo planificado.

Primera fase de tratamiento						
Posición	Angulo del gantry	Tamaño de campo (cm x cm)	Unidades monitoras (U.M.)	Dosis calculada por el sistema de planificación (cGy)	Dosis medida por la cámara de ionización (cGy)	Desviación (%)
Anterior	180°	17 x 21	61	41.5	42.9	-3.3
Posterior	360°	17 x 21	61	59.5	62.5	-4.8
Lateral derecho	90°	10 x 21	85	48.8	49.6	-1.6
Lateral izquierdo	270°	10 x 21	86	49.0	49.5	-1.0
Primera fase de tratamiento						
Posición	Angulo del gantry	Tamaño de campo (cm x cm)	Unidades monitoras (U.M.)	Dosis calculada por el sistema de planificación (cGy)	Dosis medida por la cámara de ionización (cGy)	Desviación (%)
Oblicuo posterior izquierdo	45°	10 x 10	78	63.5	65.7	-3.3
Oblicuo anterior derecho	225°	10 x 10	78	39.5	37.0	6.0
oblicuo anterior izquierdo	135°	10 x 10	79	39.1	37.2	5.0
oblicuo posterior derecho	315°	10 x 10	78	63.5	66.6	-4.6

Tabla N°18. Tabla de resumen comparativo entre la dosis medida en un fantoma de agua y la dosis calculada por el sistema de planificación para el Recto

La tabla nos muestra que la desviación porcentual en la primera fase se encuentra en el intervalo de -4.8% y -1.0% , que en la segunda fase se encuentra en un intervalo de -4.6% y 6.0% , y nos muestra que la dosis total por sesión para la primera fase de tratamiento calculada por el sistema de planificación es 198.8 cGy , y la medida por la cámara de ionización es 204.5 cGy , mostrando una desviación porcentual de -2.79% . En la segunda fase de tratamiento, la dosis calculada por el sistema de planificación es 205.6 cGy , en tanto la medida por la cámara de ionización es 206.5 cGy , obteniendo una desviación porcentual de -0.4% . La diferencia se debe a las influencias en las variaciones del PDD, SSD, tamaños de campo e incertidumbre dosimétricos.

4.2.4 Comparación dosimétrica en cabeza femoral izquierda en primera y segunda fase de tratamiento

Con el empleo de cámara de ionización y electrómetro se determinó la dosis obtenida durante la exposición a la radiación en el punto del cabeza femoral izquierdo, y esta se compara con lo estimado por el panificador Kenos 2D, obteniendo una diferencia porcentual de lo medido con lo planificado.

Primera fase de tratamiento						
Posición	Angulo del gantry	Tamaño de campo (cm x cm)	Unidades monitoras (U.M.)	Dosis calculada por el sistema de planificación (cGy)	Dosis medida por la cámara de ionización (cGy)	Desviación (%)
Anterior	180°	17 x 21	61	10.1	9.8	3.5
Posterior	360°	17 x 21	61	12.2	11.8	3.3
Lateral derecho	90°	10 x 21	85	85.4	88.3	-3.3
Lateral izquierdo	270°	10 x 21	86	29.1	30.0	-3.1
Primera fase de tratamiento						
Posición	Angulo del gantry	Tamaño de campo (cm x cm)	Unidades monitoras (U.M.)	Dosis calculada por el sistema de planificación (cGy)	Dosis medida por la cámara de ionización (cGy)	Desviación (%)
Oblicuo posterior izquierdo	45°	10 x 10	78	3.5	3.5	0.6
Oblicuo anterior derecho	225°	10 x 10	78	3.7	3.8	-1.6
oblicuo anterior izquierdo	135°	10 x 10	79	6	6.3	-4.5
oblicuo posterior derecho	315°	10 x 10	78	8.5	8.3	2.7

Tabla N°19. Tabla comparativa entre la dosis medida en una fantoma de agua y la dosis calculada por el sistema de planificación para la Cabeza femoral izquierdo.

La tabla nos muestra que la desviación porcentual en la primera fase se encuentra en el intervalo de -3.3% y 3.5% , que en la segunda fase se encuentra en un intervalo de -4.5% y 2.7% , y nos muestra que la dosis total por sesión para la primera fase de tratamiento calculada por el sistema de planificación es 136.8 cGy , y la medida por la cámara de ionización es 139.9 cGy , mostrando una desviación porcentual de -2.22% . En la segunda fase de tratamiento, la dosis calculada por el sistema de planificación es 21.7 cGy , en tanto la medida por la cámara de ionización es 21.9 cGy , obteniendo una desviación porcentual de -0.9% . La diferencia se debe a las influencias en las variaciones del PDD, SSD, tamaños de campo e incertidumbre dosimétricos.

4.2.5 Comparación dosimétrica en cabeza femoral derecha en primera y segunda fase de tratamiento

Con el empleo de cámara de ionización y electrómetro se determinó la dosis obtenida durante la exposición a la radiación en el punto de la cabeza femoral derecha, y esta se compara con lo estimado por el planificador Kenos 2D, obteniendo una diferencia porcentual de lo medido con lo planificado.

Primera fase de tratamiento						
Posición	Angulo del gantry	Tamaño de campo (cm x cm)	Unidades monitoras (U.M.)	Dosis calculada por el sistema de planificación (cGy)	Dosis medida por la cámara de ionización (cGy)	Desviación (%)
Anterior	180°	17 x 21	61	10.5	10.1	4
Posterior	360°	17 x 21	61	12.9	12.9	-0.3
Lateral derecho	90°	10 x 21	85	29.2	30.7	-4.8
Lateral izquierdo	270°	10 x 21	86	85.3	89.4	-4.6
Primera fase de tratamiento						
Posición	Angulo del gantry	Tamaño de campo (cm x cm)	Unidades monitoras (U.M.)	Dosis calculada por el sistema de planificación (cGy)	Dosis medida por la cámara de ionización (cGy)	Desviación (%)
Oblicuo posterior izquierdo	45°	10 x 10	78	8.9	9.1	-2.4
Oblicuo anterior derecho	225°	10 x 10	78	6.1	6.0	1.0
oblicuo anterior izquierdo	135°	10 x 10	79	3.7	3.8	-1.6
oblicuo posterior derecho	315°	10 x 10	78	3.5	3.4	3.4

Tabla N°20. Tabla comparativa entre la dosis medida en un fantoma de agua y la dosis calculada por el sistema de planificación para la Cabeza femoral derecho.

La tabla nos muestra que la desviación porcentual en la primera fase se encuentra en el intervalo de -4.8% y 4% , que en la segunda fase se encuentra en un intervalo de -2.4% y 3.4% , y nos muestra que la dosis total por sesión para la primera fase de tratamiento calculada por el sistema de planificación es 137.9 cGy , y la medida por la cámara de ionización es 143.1 cGy , mostrando una desviación porcentual de -3.6% . En la segunda fase de tratamiento, la dosis calculada por el sistema de planificación es 22.2 cGy , en tanto la medida por la cámara de ionización es 22.3 cGy , obteniendo una desviación porcentual de -0.4% . La diferencia se debe a las influencias en las variaciones del PDD, SSD, tamaños de campo e incertidumbre dosimétricos.

4.3 Implementación de equipo de dosimetría clínica Daily Qa3

Se a adquirido el equipo de dosimetría clínica Daily Qa3, que es un equipo que permite medir la dosis absorbida obtenido por sus cámaras de ionización y los compara con las dosis obtenidas durante la calibración del haz de tradición del acelerador lineal, estas pruebas se realizan antes del inicio del tratamiento diario, permitiendo revisar la constancia diaria de la simetría, planicidad, dosis en el eje central del haz de radiación, permitiendo verificar que se encuentren dentro de la diferencia porcentual aceptable

Resultados de medición					
	Valores medidos	Valores de calibración	diferencia	tolerable	Falla
Eje central	100.07 cGy	100.00 cGy	0.07 %	3.00 %	5.0 %
Simetría punto axial	-0.23 %	-0.21 %	-0.02 %	3.00 %	5.0 %
Simetría punto transversal	0.51 %	0.57 %	-0.06 %	3.00 %	5.0 %
Planicidad del haz	1.40 %	1.41 %	-0.02 %	3.00 %	5.0 %
Tamaño de campo X	19.75 cm	19.75 cm	0.00 cm	0.30 cm	0.50 cm
Tamaño de campo Y	19.82 cm	19.82 cm	0.00 cm	0.30 cm	0.50 cm

Tabla N°21. Resultado de control del haz de radiación del acelerador lineal empleando el Daily QA 3

La tabla nos muestra los resultados de medición obtenida por el equipo Daily QA3 y que lo compara con los parámetros de referencia relativa, obteniendo una diferencia porcentual, el cual puede observar que la diferencia porcentual entre lo medido y los valores de referencia están dentro de la tolerancia permitida, lo que garantiza las condiciones adecuadas del haz de radiación, contribuyendo adecuadamente para la reducción de riesgo de dosis en los pacientes.

4.4 Adquisición de un Equipo de Rayos X- Arco en C TECMED, YSX0701S: 4556475

Se adquirió un equipo de arco en C, que es empleado para la realización de toma de imágenes, permitiendo al Medico Radioncólogo delimitar las áreas donde se quiere tratar, así como ubicar y delimitar los órganos de riesgo en el planificador KENOS 2D.



Figura 23. Rayos X – Arco en C TECMED, YSX0701S:4556475. Foto tomada por el autor por cortesía del IEEN

4.5. Niveles de riesgo después de implementar las medidas correctivas

Empleando el software Sevrra desarrollado por el “Foro Iberoamericano de Organismo reguladores Radiológicos y Nuclear” se vuelve a determinar el nivel de riesgo de los sucesos iniciadores

Suceso Iniciador					Nivel de Riesgo
SI1	Deficiencia de blindaje	FMB	PM	CA	RM
SI2	Deficiencia de blindaje	FMB	PM	CA	RM
SI3	Error en el factor de calibración de equipo dosimétrico	FB	PMB	CA	RB
SI4	Error de uso del certificado de calibración	FMB	PMB	CA	RB
SI5	Error al establecer las condiciones de referencia de medida	FMB	PMB	CA	RB
SI6	Utilizar incorrectamente el valor de presión y temperatura	FM	PB	CM	RM
SI7	Error en determinar el coeficiente de calibración de las cámaras monitoras	FB	PMB	CA	RB
SI8	Error en determinar los valores relativos de dosis	FB	PMB	CA	RB
SI9	Error en determinar los parámetros geométricos del haz de radiación	FB	PMB	CA	RB
SI10	Error en factores de campo	FB	PMB	CA	RB
SI11	Error en los parámetros mecánicos y geométricos en la unidad del tratamiento	FB	PMB	CA	RB
SI12	Error en establecer los factores de bandeja	FMB	PMB	CA	RB
SI13	Error en establecer los factores de cuñas	FMB	PMB	CA	RB
SI14	Error en establecer los factores de accesorios de inmovilización	FMB	PB	CA	RM
SI15	Error en medición de perfiles de campo con cuñas	FMB	PMB	CA	RB
SI16	emplear deficientemente dispositivos de inmovilización de paciente	FB	PB	CM	RB
SI17	Registrar erróneamente las mediciones de la puesta de servicio al TPS	FB	PMB	CA	RA
SI18	Registrar erróneamente la configuración geométrica del acelerador al TPS	FB	PMB	CA	RB
SI19	Registrar erróneamente la configuración a las cuñas al TPS	FB	PMB	CA	RB
SI20	Configuración equívoca los bloques y las bandejas de conformación en el TPS	FB	PMB	CA	RB
SI21	Configuración equívoca los compensadores y bolus en el TPS	FB	PMB	CA	RB
SI22	Error en insertar información de caracterización y rendimiento de los haces en el TPS	FMB	PMB	CA	RB
SI23	Error en insertar factores de campo en el TPS	FB	PMB	CA	RB
SI24	Modificación de parámetros críticos durante reparación del equipo	FB	PMB	CA	RB
SI25	No registrar de forma adecuada la modificación de parámetros del equipo	FM	PA	CB	RM

Suceso Iniciador					Nivel de Riesgo
SI26	: Irradiar a un trabajador mientras realiza mantenimiento al equipo	FB	PA	CM	RM
SI27	Omitir en la hoja de tratamiento la prescripción de órganos de riesgo	FB	PMB	CA	RB
SI28	Indicar una prescripción de dosis total diferente de lo que indica el Oncólogo Radioterapeuta	FB	PMB	CA	RB
SI29	Indicar una prescripción de dosis total diferente de lo que indica el Oncólogo Radioterapeuta	FB	PMB	CA	RB
SI30	Indicar erróneamente la fracción de dosis al valor considerado durante la prescripción	FB	PMB	CA	RB
SI31	Registrar erróneamente la dosis hacia los órganos de riesgo en la hoja de tratamiento	FB	PMB	CA	RB
SI32	Omitir en la hoja de tratamiento un volumen secundario para el tratamiento	FB	PMB	CA	RB
SI33	Error en la prescripción de dosis que presente un paciente a otro	FB	PB	CA	RM
SI34	Prescribir sobre un órgano erróneo	FB	PMB	CA	RB
SI35	Realizar una simulación de imagen a paciente erróneo	FB	PMB	CA	RB
SI36	Identificación equívoca en la colocación de los dispositivos de inmovilizadores	FB	PMB	CA	RB
SI37	Marcación errónea de las marcas de referencias sobre dispositivos de inmovilización	FB	PMB	CA	RB
SI38	Toma de imágenes erróneas del paciente	FB	PMB	CA	RB
SI39	error de identificación de paciente en el desarrollo del plan de tratamiento	FB	PMB	CA	RB
SI40	Nombrar de manera errónea los volúmenes y delineados del TPS	FB	PMB	CA	RB
SI41	Error en identificar paciente durante delimitación de volumen	FB	PMB	CA	RB
SI42	Omitir reconocimientos de CTVs secundarios	FB	PMB	CA	RB
SI43	Omitir en el TPS la denominación de órganos de riesgo	FB	PMB	CA	RB
SI44	Error del reconocimiento de la lateralidad del tumor en el proceso de la delineación	FB	PMB	CA	RB
SI45	Empleo erróneo del proceso de uso del TPS en el diseño del plan	FB	PMB	CA	RB
SI46	Modificación de instrucciones de utilidad del TPS	FB	PMB	CA	RB
SI47	Seleccionar una orientación errónea de los campos	FB	PMB	CA	RB
SI48	Planificación errónea de técnicas o situaciones especiales	FB	PMB	CA	RB
SI49	Error en la elaboración dosimétrica y geométricas durante el plan de tratamiento	FB	PMB	CA	RB
SI50	Equivocación en la prescripción durante planificación	FB	PMB	CA	RB
SI51	Error al calcular el número de fracciones	FMB	PMB	CA	RB
SI52	Error dentro del Sistema de Planificación del Tratamiento	FMB	PMB	CA	RB
SI53	Omitir la planificación de localizaciones secundarias requeridas	FB	PMB	CA	RB

SI54	Equivocación en la elaboración de los accesorios personalizados	FB	PMB	CA	RB
SI55	Error en la colocación de los bloques de conformación del haz	FB	PMB	CA	RB
SI56	Introducir equívocamente al acelerador los parámetros de plan de tratamiento	FB	PMB	CA	RB
SI57	Para el inicio de tratamiento llamar a paciente erróneo.	FB	PMB	CA	RB
SI58	Ubicar de forma errónea al paciente sobre la mesa de tratamiento	FB	PMB	CA	RB
SI59	Error a la ubicación del paciente mayor de 3 mm de acuerdo con el isocentro presentado	FB	PMB	CA	RB
SI60	Ubicación equivocada del paciente mayor de 3 mm, durante el inicio del tratamiento no isocéntrico	FB	PMB	CA	RB
SI61	Ubicación incorrecta de los bloques de conformación	FB	PMB	CA	RB
SI62	Elegir de forma errónea el ángulo de la mesa	FB	PMB	CA	RB
SI63	Ubicar de manera incorrecta u omitir los atenuadores del haz	FB	PMB	CA	RB
SI64	Omitir incorporar al plan de tratamiento una modificación luego de aprobarse	FB	PMB	CA	RB
SI65	Error en la incorporación de un cambio luego de haber una modificación aprobada	FB	PMB	CA	RB
SI66	Llamar para tratamiento a paciente equivocado	FB	PMB	CM	RB
SI67	Colocación incorrecta del paciente sobre la mesa	FB	PMB	CM	RB
SI68	Emplear dispositivos de inmovilización deficientes	FM	PB	CM	RM
SI69	Equivocación en la ubicación del paciente en función al isocentro	FB	PMB	CM	RB
SI70	Equivocación de ubicación de entrada del haz del campo en procedimientos	FB	PMB	CM	RB
SI71	Elección de manera equívoca el ángulo de la mesa de tratamiento durante	FB	PMB	CM	RB
SI72	Colocar erróneamente el bolus en el periodo de posicionamiento para el tratamiento diario	FMB	PMB	CM	RB
SI73	Omitir una sesión de tratamiento	FB	PMB	CM	RB
SI74	No se tomaron en cuenta un campo pendiente después de una parada irregular	FB	PMB	CM	RB
SI75	Llegar a intentar administrar una o más sesiones de tratamiento adicional a lo prescrito	FB	PMB	CA	RB
SI76	Intento de administrar una o más sesiones de tratamiento diario después de que no se registro	FB	PMB	CA	RB
SI77	Intentar administrar erróneamente un campo de tratamiento dos veces	FB	PMB	CM	RB
SI78	Dar omisión un campo de tratamiento en la sesión diaria	FB	PMB	CM	RB
SI79	Movimiento significativo de forma voluntaria o involuntaria del paciente	FB	PM	CM	RM
SI80	Movimiento significativo del paciente, previo al inicio de la administración del tratamiento.	FB	PMB	CM	RB
SI81	Error al registrar los datos de la sesión diaria en la hoja de tratamiento	FB	PMB	CM	RB
SI82	Fallo de equipo causando cambios respecto a la simetría de los haces en los fotones	FMB	PMB	CA	RB

SI83	Fallos en el equipo los cuales originan una variación en la planitud de los haces	FMB	PMB	CA	RB
SI84	Posicionarse incorrectamente el blanco	FMB	PMB	CA	RB
SI85	Posicionarse incorrectamente el filtro aplanador	FMB	PMB	CA	RB
SI86	Producirse un fallo del sistema de control dosimétrico	FMB	PMB	CA	RB
SI87	Fallos del sistema de agua de enfriamiento del acelerador	FMB	PMB	CA	RB
SI88	Desarrollarse una pérdida de vacío en el LINAC	FMB	PB	CMA	RM
SI89	Posicionar el gantry de forma diferente a la requerida	FB	PM	CM	RM
SI90	Producirse una desviación óptica de la distancia (retícula y telémetro).	FB	PMB	CM	RB
SI91	Producirse una desviación sobre la alineación de los láseres	FMB	PMB	CA	RB
SI92	trabajador intenta ingresar en la sala de tratamiento cuando el equipo se encuentra irradiando	FMB	PMB	CA	RB
SI93	Comienza irradiación sobre el paciente con un personal presente en la sala de tratamiento	FB	PMB	CM	RB
SI94	Intentar ingresar a la sala de tratamiento de forma imprevista en el momento de irradiación	FB	PMB	CM	RB
SI95	Comenzar una irradiación con un miembro del público dentro de la Sala de Tratamiento	FB	PMB	CM	RB

En la siguiente tabla nos muestra el número de sucesos iniciadores identificados según su nivel de riesgo y su porcentaje con respecto al total de sucesos iniciadores identificados

Nivel de Riesgo	N° de sucesos iniciadores por nivel de riesgo	%
Riesgo Bajo	81	85.3
Riesgo Medio	14	14.7
Riesgo Alto	0	0.0
total	95	100.0

Tabla N°22 número de sucesos iniciadores identificados según su nivel de riesgo

En la siguiente tabla muestra que, con las barreras de seguridad, reductores de frecuencias y de consecuencias, que se han implementado al servicio de radioterapia, se alcanzan los niveles de riesgo para los sucesos iniciadores que se encuentra en cada etapa

Etapas	N° de sucesos iniciadores		
	RA	RM	RB
Etapa 1: Instalación inicial del equipo	0	2	0
Etapa 2: Aceptación y puesta en servicio	0	3	18
Etapa3: Mantenimiento de los equipos	0	2	1
Etapa 4: Prescripción clínica del tratamiento	0	1	7
Etapa 5: Adquisición de datos anatómicos del paciente	0	0	4
Etapa 6: Delimitación de volúmenes	0	0	6
Etapa 7: Planificación de Tratamiento	0	0	9
Etapa 8 Elaboración de moldes	0	2	0
Etapa 9: Inicio de tratamiento	0	0	10
Etapa 10: Posicionamiento de paciente para tratamiento diario	0	1	6
Etapa 11: Ejecución de tratamiento	0	3	20
Total	0	14	81

Tabla N°23. Niveles de riesgo para los sucesos iniciadores que se encuentra en cada etapa, después de implementar medidas correctivas.

En la siguiente tabla se muestra un comparativo del año 2018 y 2019 de los sucesos iniciadores identificados en el proceso terapéutico que pueden conllevar a un riesgo de nivel medio

Etapa	N° de sucesos iniciadores por etapas	
	Año 2018	Año 2019
Etapa 1: Instalación inicial del equipo	2	2
Etapa 2: Aceptación y puesta en servicio	9	3
Etapa3: Mantenimiento de los equipos	3	2
Etapa 4: Prescripción clínica del tratamiento	5	1
Etapa 5: Adquisición de datos anatómicos del paciente	2	0
Etapa 6: Delimitación de volúmenes	1	0
Etapa 7: Planificación de Tratamiento	4	0
Etapa 8 Elaboración de moldes	2	2
Etapa 9: Inicio de tratamiento	2	0
Etapa 10: Posicionamiento de paciente para tratamiento diario	4	1
Etapa 11: Ejecución de tratamiento	12	3

Tabla N°24. Comparativo del año 2018 y 2019 de los sucesos iniciadores que pueden conllevar a un riesgo de nivel medio.

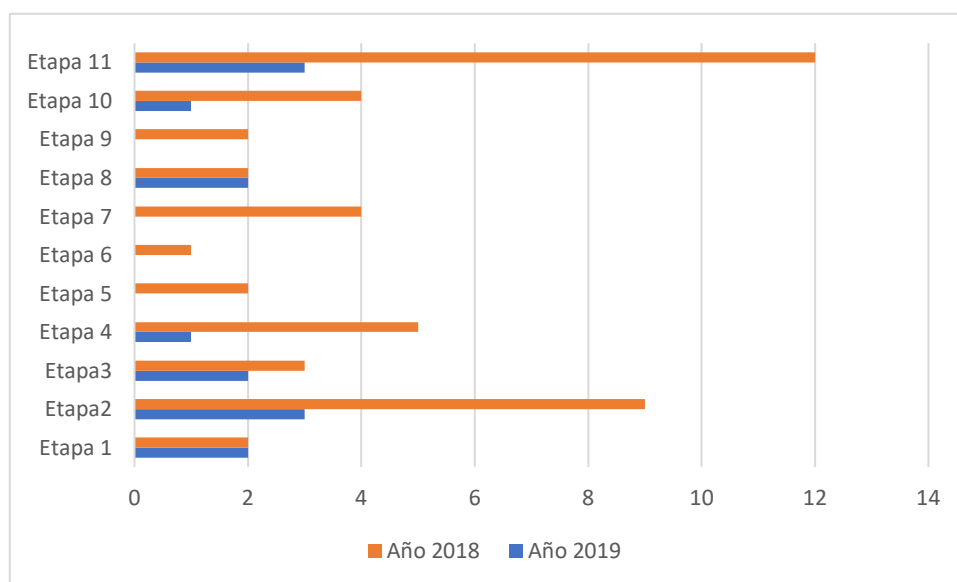


Figura 24. Grafica comparativo del año 2018 y 2019 de los sucesos iniciadores que pueden conllevar a un riesgo de nivel medio

En la siguiente tabla se muestra un comparativo del año 2018 y 2019 de los sucesos iniciadores identificados en el proceso terapéutico que pueden conllevar a un riesgo de nivel bajo

Etapa	N° de sucesos iniciadores por etapas	
	Año 2018	Año 2019
Etapa 2: Aceptación y puesta en servicio	0	18
Etapa 3: Mantenimiento de los equipos	0	1
Etapa 4: Prescripción clínica del tratamiento	1	7
Etapa 5: Adquisición de datos anatómicos del paciente	1	4
Etapa 6: Delimitación de volúmenes	5	6
Etapa 7: Planificación de Tratamiento	4	9
Etapa 9: Inicio de tratamiento	7	10
Etapa 10: Posicionamiento de paciente para tratamiento diario	2	6
Etapa 11: Ejecución de tratamiento	9	20

Tabla N°25. Comparativo del año 2018 y 2019 de los sucesos iniciadores que pueden conllevar a un riesgo de nivel bajo.

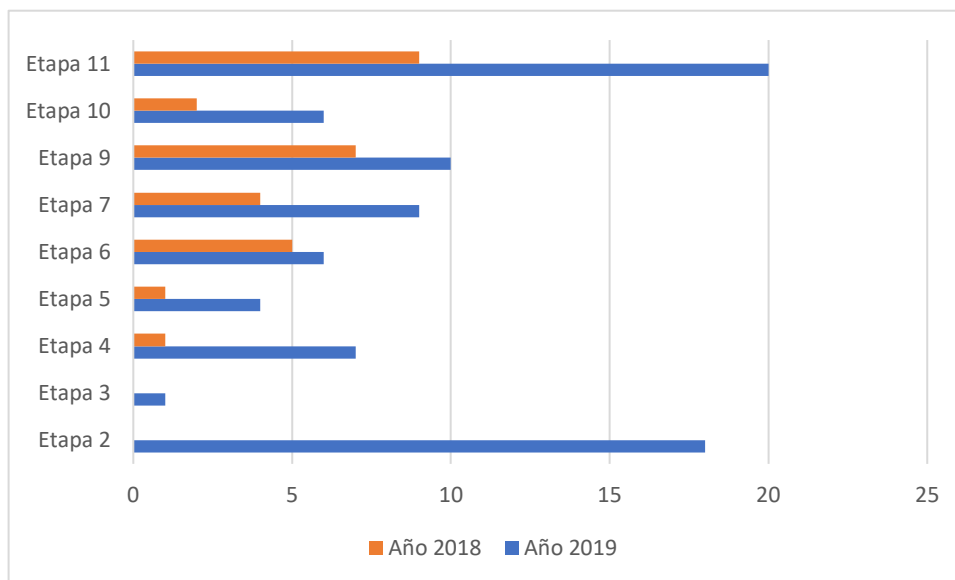


Figura 25. Grafica comparativo del año 2018 y 2019 de los sucesos iniciadores que pueden conllevar a un riesgo de nivel bajo.

4.6. DISCUSION DE RESULTADOS

En la tabla N°12 nos muestra que en el proceso de tratamiento se ha identificado mayor número de sucesos iniciadores en la etapa 2: Aceptación y puesta en servicio, y en la etapa 11: ejecución de tratamiento, con un 22.1 % y 24.2 % respectivamente. Esta es debido a que en la etapa 2 se realiza la caracterización del haz de radiación en donde intervienen varios parámetros como geométricos, dosimétricos, equipos, cuyo error pueden alterar la caracterización del haz y en la etapa 11 que es la ejecución de tratamiento en donde un error en los parámetros que son geométricos, un funcionamiento adecuado del equipo y el personal que opera el equipo, pueden conllevar administrar dosis de radiación erróneas.

En la Tabla N°13 nos muestra que, del total de los 95 sucesos iniciadores identificados, el 48.4% y el 21.1 % pueden conllevar a un riesgo medio y alto respectivamente. Esto se debe a que los equipos y personal con lo que contaba la institución para el año 2018 no eran lo suficiente para mitigar el mayor numero de una secuencia accidental cuando esta se iniciara.

En la tabla N°14 nos muestra que, de los 20 sucesos iniciadores que conllevan a un riesgo alto, el 60% corresponde a la etapa 2. Esto se debe a que existe en esta etapa

la mayor probabilidad del fallo sobre las barreras respecto a la seguridad y en la cual las modificaciones de dosis pueden llevar a manifestaciones clínicas en los pacientes. Que de los 46 sucesos iniciadores que conllevan a un riesgo medio, 26.1 % corresponde a la etapa 11. Esta se debe a que, en esta etapa de ejecución de tratamiento, las consecuencias que se pueden encontrar no perjudican o causan un riesgo hacia la vida de la persona asistida y que 29 sucesos iniciadores conllevan a un riesgo bajo

En la tabla N°15 El programa SEVRRRA nos indica que para disminuir el nivel de riesgo alto de los sucesos iniciadores se tiene que implementar como barreras o reductores: dosimetría en fantoma en la sesión inicial y semanal del tratamiento del paciente y que impactara al 58.8 % de los sucesos iniciadores, toma de imagen al inicio y semanal del tratamiento impactando al 29.4 % de sucesos iniciadores, verificación redundante por otro físico médico y con otro sistema dosimétrico que impactara al 5.9 % de sucesos iniciadores. Por lo que se implementó un fantoma para dosimetría para verificar la correspondencia de las dosis administradas con las planificadas, lo que permite detectar errores en la administración de dosis. Adquisición de un arco en C para la toma de imágenes que son evaluadas por el Oncólogo Radioterapeuta, y el Físico Médico, con lo cual se detectan errores de geometría del tratamiento. Compra de equipo de dosimetría clínica Daily QA.

La tabla N°22 nos muestra que la evaluación del nivel de riesgo para el año 2019, de los 95 sucesos iniciadores identificados, el 85 % puede conllevar a un nivel de riesgo bajo, y no se encontró sucesos iniciadores que conlleven a riesgo alto. Esto se debe a que la implementación de medidas correctivas ha mitigado la secuencia accidental de un suceso iniciador, reduciendo el nivel de riesgo de los sucesos iniciadores

Al realizar el comparativo de número de sucesos iniciadores que conlleven a un riesgo medio del año 2018 y 2019, la tala tabla N°24, nos muestra que para el año 2019 ha disminuido en un 75 % para la etapa 11: ejecución de tratamiento, y hasta en un 100 % en otras etapas como son en Adquisición de datos anatómicos del paciente, delimitación de volumen, planificación e inicio de tratamiento, en comparación a lo realizado en el año 2018. Y que el número de sucesos iniciadores que conlleven a un riesgo bajo para el año 2019, tabla N°25, ha aumentado en todas las etapas del proceso terapéutico en comparación a lo realizado en el año 2018. Esto se debe a que las medidas correctivas implementadas han permitido mitigar las secuencias accidentales de los sucesos iniciadores.

CAPITULO V

CONCLUSIONES

- El código SEVRRRA permitió fortalecer la seguridad en el nivel de riesgo del servicio de radioterapia del Instituto Especializado de Enfermedades Neoplásicas de Huancayo.
- El programa SEVRRRA ha permitido identificar que barreras y reductores se debió implementar en el servicio de radioterapia y el impacto que estas ocasionaran en la reducción de nivel riesgo de los sucesos indicadores identificados.
- El código SEVRRRA ha permitido al servicio de radioterapia del Instituto Especializado de Enfermedades Neoplásicas de Huancayo conocer las secuencias de accidentes de mayor riesgo en sus condiciones específicas de trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Ramos W, Venegas D, Medina J, Guerrero P, Cruz A, Análisis de la situación del cáncer, 2013. P.16.
- [2] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Aplicación de la Matriz de Riesgo de la radioterapia, IAEA TECDOC-1685/S, Viena (2012). P 1, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11.
- [3] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Investigation of an Accidental Exposure of Radiotherapy Patients in Panama, Report 29 May- 1June 2001, Viena (2001). 126 p.
- [4] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Sobreexposición accidental de pacientes de Radioterapia en San José (Costa Rica), Viena (1991). 179 p.
- [5] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Accidental Overexposure of Radiotherapy Patients in Bialystok. Report 29 May- 1June 2001, Viena (2004). 112 p.
- [6] SOCIEDAD ESPAÑOLA DE RADIOTERAPIA, SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCION RADIOLOGICA. Proyecto MARR ,matices de riesgo en radioterapia, (2016). 64 p.
- [7] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, El físico médico: Criterios y recomendaciones para su formación académica, entrenamiento clínico y certificación en América Latina. Informes sobre salud humana del OIEA N°, Viena (2010). P.1
- [8] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Análisis Probabilista de Seguridad de Tratamientos de Radioterapia con Acelerador Lineal. IAEA TECDOC-1670/S, Viena (2012). 87 p.
- [9] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Normas Básicas Internacionales de Seguridad para la Protección contra la Radiación Ionizante y para la Seguridad de las Fuentes de Radiación, Colección de seguridad 115. Viena (1997). P 305, 308, 314, 319, 324, 315, 313, 327, 328, 307.
- [10] Foro Iberoamericano de Organismos Reguladores Radiológicos y Nucleares.

- ¿Qué es Sevrra? .<http://www.foroiberam.org/sevrra>[acceso el 04 de febrero 2022].
- [11] Foro Iberoamericano de Organismos Reguladores Radiológicos y Nucleares. Sistema de evaluación del riesgo en radioterapia Sevrra radioterapia. <http://www.foroiberam.org/web/guest/sevrra-radioterapia>[acceso el 04 de febrero 2022].
- [12] Dumenigo C. et al. Aplicación del Análisis de Riesgo para evaluación de seguridad en Teleterapia con aceleradores y Braquiterapia de alta tasa de dosis.
- [13] Gestión de operaciones. Que es el diagrama de Ishikawa o diagrama de causa efecto. <https://www.gestiondeoperaciones.net/gestion-de-calidad/que-es-el-diagrama-de-ishikawa-o-diagrama-de-causa-efecto/>. [acceso 08 enero 2022].
- [14] Aplicación de los Resultados de los Análisis de Riesgo en Radioterapia para Avanzar hacia una Regulación Informada en Riesgo, V. Godínez Sánchez et all. P13.
- [15] Hernández. Fundamento de Física Medica, Volumen III: Radioterapia externa I Bases físicas, determinación de la dosis absorbida y programa de garantía de calidad, Madrid, Servicios editoriales ADI (2012) P 34.
- [16] SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, Las Recomendaciones 2007 de la comisión Internacional de Protección Radiológica, ICRP publicación 103Madrid. Senda Editorial. (2008). P 111, 77
- [17] OIEA. Organismo Internacional de Energía Atómica. 2015. *Determinación de la Dosis Absorbida en Radioterapia con Haces Externas*, Colección de Informes Técnicos N° 398. Viena..P77
- [18] Khan, F. y J. Gibbons 2014, *The Physics of Radiation Therapy*. Fifth Edition. Philadelphia, Wolters Kluwer. P133
- [19] ICRU. 1999. Comisión Internacional de Medidas y Unidades de Radiación. *Report 62*. Prescripción, Registro y Elaboración de Informes en la Terapia con haces de Fotones.
- [20] OIEA. Organismo Internacional de Energía Atómica. 1997. *Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación*, colección de seguridad N° 115. Viena.

- [21] Lujan, C.; Luis F.; Yicel B. 2010. "Experiencia clínica con radioterapia de intensidad modulada (IMRT) en pacientes con cáncer de próstata". GAMO 2010; Vol. 9, Núm. 6.
- [22] Sun Nuclear Corporation. 2014. *Daily Qa 3 Reference Guide*. Document 1093011, Rev K-2. 2014. Florida.
- [23] García, F. 2013, "Calculo de dosis absorbida en haces de fotones. Algoritmos de Calculo" en Brosted, A. (ed.) *Fundamentos de Física Medica*. Vol. IV. Madrid, Servicios Editoriales ADI
- [24] Commissioning and Quality Assurance of Computerized Planning Systems for Radiation Treatment of Cancer. REPORT- 430, IAEA, 2004.P 281
- [25] American Association of Physicists in Medicine Radiation Therapy Committee Task Group 53, Quality assurance for clinical radiotherapy treatment planning.1998.
- [26] VENSELAAR, J., WELLEWEERD, H., MIJNHEER, B., Tolerances for the accuracy of photon beam dose calculations of treatment planning systems.2001.

ANEXOS

ANEXO A

Características técnicas del acelerador lineal

1. Sistema de colimación

- Compuesto por dos partes
 - ✓ Colimador primario: Fijo
 - ✓ Colimador secundario: Fijo
- Rango de rotación
 - ✓ Rango estándar: $\pm 90^\circ$ alrededor de la posición media
- Precisión de los indicadores
 - Lectura Digital
 - ✓ Precisión $\pm 1.0^\circ$
 - ✓ Resolución 1.0°
 - Escala mecánica
 - ✓ Precisión $\pm 1.0^\circ$
 - ✓ Resolución 1.0°
- Materiales: tungsteno y acero quirúrgico
- Precisión mecánica del isocentro: $< 1\text{ mm}$

2. Indicador de distancia

- Rango óptico
 - ✓ Rango: 80 – 130 cm
 - ✓ Precisión: 1 mm a 100 cm
 - ✓ Resolución: 0.5 mm
 - ✓
- Indicador mecánico
 - ✓ Rango: 70 – 110 cm
 - ✓ Precisión: $\pm 1\text{ mm}$ a 100 cm
 - ✓ Resolución: 1 mm
- Altura del isocentro (nominal)
 - Standard: 133 $\pm 1\text{ cm}$

3. Colimación del tamaño de campo

- Rango del tamaño de campo
 - 0.5 x 0.5 cm y 40 x 40 cm a 100 cm SSD

- Controles: Pendant

4. Haz luminoso

Sistema óptico compuesto por una lámpara de cuarzo y un espejo

5 dispositivo para facilitar el centrado y posicionamiento del paciente

Consta de 3 láseres, dos laterales y uno sagital

6. Grado de exactitud de las escalas

- Distancia: 2mm
- Campo: 1 mm
- Gantry rotación: 0.5 grados
- Colimadores apertura: 5 mm
- Colimadores rotación: 1 grado

7. Radiación de fuga a través de la carcasa

La dosis de rayos X no excede el 0.1% de la dosis absorbida en el isocentro, medido en cualquier lugar del plano exterior al paciente. La dosis equivalente de neutrones (Sievert) no excede 0.2% de la dosis de rayos X absorbida en el isocentro.

8. Gantry y mesa de tratamiento

8.1 Gantry

- Rango de rotación +/- 180 de la vertical
- Control Local y remoto
- Distancia del eje al blanco 100 +/- 0.5 cm
- Isocentro mecánico e Isocentro de radiación
- ✓ Precisión: < 0.1 cm de radio de la esfera
- Posición de los indicadores (Gantry y consola)
- Lectura digital
 - ✓ Precisión +/- 1.0°
 - ✓ Resolución 1.0

8.2 Mesa de Tratamiento

- Capacidad de carga 136 Kg (300 lb)
- Consola estándar en la habitación (opcional)
 - ✓ Precisión: +/-1.0 cm
 - ✓ Resolución: 0.2 cm³²
- Mesa Vertical
 - ✓ Rango (nominal): 53 cm

- Mesa longitudinal
 - ✓ Rango (nominal): 110 cm
 - ✓ Precisión: +/-0.5 cm
 - ✓ Resolución: 0.5 cm
- Mesa lateral
 - ✓ Rango (nominal): +/- 25 cm
 - ✓ Consola en la habitación (opcional)
 - ✓ Precisión: +/-0.5 cm
 - ✓ Resolución: 0.5 cm
- Rotación de base de la mesa
 - ✓ Rango (nominal): +/- 95 ° cm
- Visualización de la posición
 - ✓ Escala mecánica
 - ✓ Precisión: +/- 0.1 cm
 - ✓ Resolución: 1.0°

ANEXO B

Características técnicas de la cámara de ionización *PTW Freiburg tn 30013*

- Número de serie
006118
- Aplicación
30 KeV 50 MeV
- Cantidad de medición:
Aire en Kerma y tasa de Kerma, dosis absorbida y tasa de dosis en agua, exposición y tasa de exposición.
- Volumen de medición:
0.6 cm³
- Voltaje de la cámara
± (100.... 400) V, nominal 400 V
- Respuesta
20 nC/Gy
- Corriente de fuga
≤ ± 4fA
- Salida de cable
≤ 1pC/(Gy . cm)
- Pared del material y espesores
0.335 mm PMMA + 0.09 mm grafito
- Densidades
PMMA: 1.19 g/cm³
Grafito: 1.85 g/cm³
- Densidad de área
56.5 mg/cm²
- Material de los electrodos
Aluminio, diámetro 1.1 mm

ANEXO C

Características técnicas del electrómetro *Standar Imaging, cdx 2000b*

- Número de serie:
B100261
 - Modos
 - taza:
0.01 nA - 500.00 nA , 1pA de resolución
 - carga:
0.01 nC – 999.999 nC, 10 pC de resolución
 - Colecciones de carga
 - Cronometrado
Rango: 0 – 600 segundos
Incremento: 15 segundos
Resolución: 1 segundo
 - Continuo
Duración ilimitada con parada manual
 - Repetibilidad
 $\pm 0.1 \%$
 - Estabilidad a largo plazo
0.5 % (más de un año)
 - Tiempo de estabilización
 ± 0.1
 - Tiempo de respuesta
< 3 segundos
 - No linealidad
 $\pm 0.25 \%$
 - Tensión de polarización
Nominal ± 450 voltios
- Diferentes parámetros usados: - 450,- 300, -150, 0, 150, 300, 450 (DVC), precisión ± 0.3 voltios

ANEXO D

Características técnicas del equipo *Daily Qa3 Sun Nuclear, 1093 S: 1093300ZDW*

El número de las cámaras de ionización son trece y están distribuidas de la siguiente manera:

- Un detector CAX en el centro del campo
- Cuatro detectores primarios en los ejes X e Y, a 8 cm del centro
- Cuatro detectores de energía de rayos X, a 11.3 cm del centro
- Cuatro detectores de energía de electrones, a 5,6 cm del centro en diagonales

De los detectores de diodos son 12 (espaciado de 5 mm para detección de penumbra):

- Una fila de tres detectores en el eje X centrado en +10 cm
- Una fila de tres detectores en el eje X centrado a -10 cm
- Una fila de tres detectores en el eje Y centrado a +10 cm
- Una fila de tres detectores en el eje Y centrado a -10 cm

El volumen de las cámaras de ionización se muestra de la siguiente manera:

- El volumen de las 9 cámaras centrales, primarias y de energía es de X: 0.3 cm³
- El volumen de las 4 cámaras de control energía de electrones es de 0.6 cm³

La separación de las placas paralelas es de 4 mm, el electrodo de colección CAX: 1,38 cm de diámetro, carbono.

Los Diodos tienen un tamaño activo 0.8 x 0.8 mm

ANEXO E

Reporte de calculo de dosis absorbida en agua

Worksheet for the determination of the absorbed dose to water in a high-energy photon-beam

User: **IEEN -HUANCAYO** Date: **2/11/2019**

1. Radiation treatment unit and reference conditions for $D_{w,Q}$ determination

Accelerator: **CLINAC 6/100**
 Nominal dose rate: **155.0** MU min⁻¹
 Reference phantom: **water**
 Reference field size: **10*10** cm x cm
 Reference depth z_{ref} : **10.0** g cm⁻²
 Nominal Acc Potential: **6** MV
 Beam quality, $Q (TPR_{20,10})$: **0.662**
 Set up: SSD SAD
 Reference distance: **100** cm

2. Ionization chamber and electrometer

Ion. chamber model: **PTW 30006 / 30013** Serial No.: **6118**
 Chamber wall material: **PMMA** thickness: **0.057** g cm⁻²
 Waterproof sleeve material: thickness: g cm⁻²
 Phantom window material: thickness: g cm⁻²
 Abs. dose-to-water calibration factor ^a $N_{D,w,Q_0} =$ **5.39E-02** Gy/nC Gy/rdg
 Calibration quality Q_0 : Co-60 photon beam Calibration depth: **5** g cm⁻²
 If Q_0 is photons, give $TPR_{20,10}$:
 Reference conditions for calibration
 P_0 : **101.3** kPa T_0 : **20.0** °C Rel. humidity: **50** %
 Polarizing potential V_f : **-300** V
 Calibration polarity: +ve -ve corrected for polarity effect
 User polarity: +ve -ve
 Calibration laboratory: **IPEN** Date: **25-Jul-18**
 Electrometer model: **Standard Imaging** Serial no.: **B1000261**
 Calib. separately from chamber: yes no Range setting:
 If yes Calibration laboratory: Date:

3. Dosimetry reading ^b and correction for influence quantities

Uncorrected dosimeter reading at V_f and user polarity: **8.39** nC rdg
 Corresponding accelerator monitor units: **100** MU
 Ratio of dosimeter reading and monitor units: $M_f =$ **0.0839** nC/MU rdg/MU

(i) P : **68.6** kPa T : **21.6** °C Rel. humidity: **34** %

$$k_{T,P} = \frac{(273.2 + T) P_0}{(273.2 + T_0) P} = \mathbf{1.484}$$

(ii) Electrometer calibration factor k_{elec} : nC/rdg dimensionless

(iii) Polarity correction ^a rdg at $+V_f$: $M_+ =$ **8.45** rdg at $-V_f$: $M_- =$ **8.39**

$$k_{pol} = \frac{|M_+| + |M_-|}{2M} = \mathbf{0.996}$$

(iv) Recombination correction (two-voltage method)

Polarizing voltages: V_1 (normal) = **-300** V V_2 (reduced) = **-150** V

Readings at each ° V: M_1 = **8.39** M_2 = **8.38**

Beam type: pulsed pulsed-scanned

Voltage ratio V_1 / V_2 = **2.0000** Ratio of read. M_1 / M_2 = **1.001**

a_0 = 2.3370 a_1 = -3.6360 a_2 = 2.2990

$$k_s = a_0 + a_1 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) + a_2 \left(\frac{M_1}{M_2} \right)^2 = \mathbf{1.001} \text{ fg}$$

Corrected dosimeter reading at the voltage V_1 :

$$M_Q = M_1 k_{TP} k_{elec} k_{pol} k_s = \mathbf{1.2425E-01} \quad \input checked="" type="checkbox"/> nC / MU \quad \input type="checkbox"/> rdg / MU$$

4. Absorbed dose rate to water at the reference depth, z_{ref}

Beam quality corr. factor for user quality Q: $k_{Q,Q_0} = \mathbf{0.9924}$

taken from Table 14 Other, specify:

$$D_{w,Q}(z_{ref}) = M_Q N_{D,w,Q_0} k_{Q,Q_0} = \mathbf{6.6423E-03} \text{ Gy / MU}$$

5. Absorbed dose rate to water at the depth of dose maximum, z_{max}

Depth of dose maximum: $z_{max} = \mathbf{1.50}$ g cm^{-2}

(i) SSD set-up

Percentage depth-dose at z_{ref} for a 10×10 cm x cm field size

$$PDD(z_{ref} = 10.0 \text{ g cm}^{-2}) = \mathbf{66.04} \%$$

Absorbed-dose rate at z_{max} :

$$D_{w,Q}(z_{max}) = 100 D_{w,Q}(z_{ref}) / PDD(z_{ref}) = \mathbf{1.0058E-02} \text{ Gy / MU}$$

(ii) SAD set-up

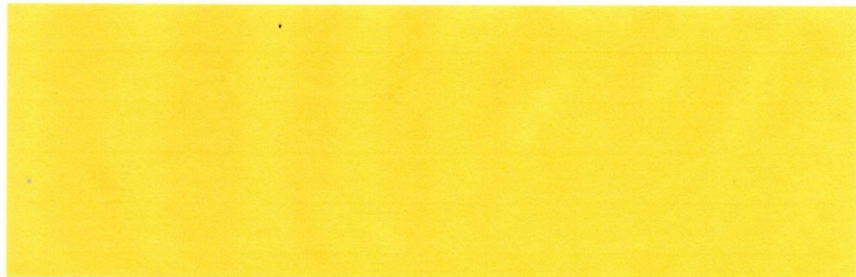
TMR at z_{ref} for a 10 cm x 10 cm field size:

$$TMR(z_{ref} = 10.0 \text{ g cm}^{-2}) =$$

Absorbed-dose rate at z_{max} :

$$D_{w,Q}(z_{max}) = D_{w,Q}(z_{ref}) / TMR(z_{ref}) = \text{Gy / MU}$$

Notes:



ANEXO F

Certificado de Calibración de la cámara de ionización



LABORATORIO SECUNDARIO DE CALIBRACIONES DOSIMÉTRICAS
Centro Nuclear - Av. José Sacco s/n - Lima 6
Teléfono 4885050 - 279 // e-mail: lscd@ipen.gob.pe
Oficina administrativa: Av. Canadá 1470 - Lima 41 // www.ipen.gob.pe
Telefax: 4885050 / 4885090 - 281 // e-mail: sera@ipen.gob.pe

CERTIFICADO DE CALIBRACION

Nro. cd227-2018-mdra

1. **Ciente:** RADIONCOTERAPIA S.A.C.
Av. De La Policía 100 - Lima 11, Teléfono: 461 8174
Cotización Nro. 140-2018.SERV-mdra
2. **Equipo:**
Cámara de ionización: Marca: PTW Freiburg, Modelo: TN30013, Serie: 006118
Electrómetro: Marca: Standard Imaging, Modelo: CDX 2000B, Serie: B100261
Código de ingreso Nro. C183-18; Registro de calibración Nro. R227-18.
3. **Fecha de calibración:** 2018-07-25
4. **Procedimiento:**
 - 4.1. **Método:** Por sustitución (TRS 374 IAEA)
 - 4.2. **Punto de referencia:** De acuerdo a las indicaciones del fabricante
 - 4.3. **Condiciones ambientales de referencia:** $T_0 = 20\text{ }^\circ\text{C}$; $P_0 = 101,325\text{ kPa}$
 - 4.4. **Voltaje de colección de los electrodos:** -300 V
5. **Resultado de calibración:**

Calidad	Factor de calibración, $N_{D,w}$ (mGy/nC)	U (%)
Rayos gamma de ^{60}Co	53,87	2,2

- La incertidumbre del factor de calibración corresponde a un factor de cobertura $k = 2$, el cual proporciona un nivel de confianza del 95 %.
- $N_{D,w}$ = Factor de calibración de dosis absorbida en agua (TRS 398 IAEA).

Lima, 2018-08-01



Enrique Rojas Pereda
Lic. Enrique Rojas Pereda
Responsable Técnico de Metrología
y Dosimetría de Radiaciones