UNIVERSIDAD DON BOSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA



"ANALISIS DE TECNOLOGIAS UTILIZADAS EN EL SERVICIO DE BRAQUITERAPIA DEL HOSPITAL ROSALES"

TRABAJO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR AL GRADO DE:

INGENIERO BIOMÉDICO

ASESOR:

ING. WILFREDO MELARA PINEDA

PRESENTADO POR:

JENY KARINA CORNEJO VALSE

OCTUBRE DE 2005

SOYAPANGO, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA.

UNIVERSIDAD DON BOSCO

RECTOR
ING. FEDERICO MIGUEL HUGUET RIVERA

SECRETARIO GENERAL
LIC. MARIO RAFAEL OLMOS ARGUETA

DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
ING. ERNESTO GODOFREDO GIRÓN

ASESOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN
ING. WILFREDO MELARA PINEDA

JURADO EVALUADOR
ING. ERNESTO GODOFREDO GIRÓN
ING. MAURICIO FABEIRO
ING. ROBERTO ALARCON

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERIA BIOMÉDICA

JURADO EVALUADOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN

"ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS UTILIZADAS EN EL SERVICIO DE BRAQUITERAPIA DEL HOSPITAL ROSALES"

ING. ERNESTO GODOFREDO GIRÓN
JURADO

ING. MAURICIO ALFONSO FABEIRO ALFARO
JURADO

ING. ROBERTO EDGARDO ALARCÓN LÓPEZ
JURADO

ING. WILFREDO ANTONIO MELARA PINEDA
ASESOR

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco principalmente a Dios, quien me dio las fuerzas necesarias para seguir adelante a pesar de que en algún momento pense en detenerme, siempre me diste las fuerzas para lograr la meta. Gracias Dios por estar a mi lado.

A mi amado Daniel, por ser la persona tan especial que es, por amarme como me amas, por creer en mi, y en especial por estar a mi lado y superar juntos todas las adversidades que hemos vivido. Gracias mi amor por estar hasta el final en este largo camino, que juntos iniciamos y juntos finalizamos. ¿Quien pensaría en todo lo que hemos pasado?

A mi Andres y mi Ale, mis dos pequeños hijos, razón de mi vida y principal fuerza que me impulso a finalizar esta meta.

A mis padres, quienes como pensaron mejor me apoyaron hasta el final, a mis hermanos, y en especial a mi melliza, ya que sin ella no hubiera podido finalizar este ultimo tramo de mi carrera, gracias por tu ayuda, por escucharme y estar conmigo gemelita.

A mi suegra, por apoyarnos de forma incondicional, alentarnos a nunca dejar de luchar y en especial por creer en nosotros y confiar en que siempre saldríamos adelante, Gracias doña Ena.

A mi amiga incondicional, Les, gracias por estar a mi lado, en las buenas y no tan buenas, por escucharme y comprenderme, en especial por ser la amiga tan especial que has sido hasta hoy. Recuerda que “A pesar de la distancia siempre estarás conmigo”.

Al Tío Beto que a pesar de peticiones a última hora siempre pudo ayudarme, gracias Tío Beto, sin tu ayuda no hubiera podido terminar este trabajo.

A los “Babies” por llegar en el momento indicado y en especial por ser los grandes amigos que son.

A todos mis maestros que estuvieron presente en toda mi carrera, principalmente a la Licenciada Dilma de Cañas quien siempre me apoyó y creyó en mi y Licenciado Rudy.

A mi asesor Ing. Wilfredo Melara, que llego en el momento indicado, y tomo la decisión de asesorarme, a mis jurados por acceder en mas de una ocasión.

A todas aquellas personas que en toda mi carrera estuvieron presente, y me ayudaron a finalizar este largo camino.

DEDICATORIA.

En especial a Dios por estar a mi lado en todo momento. A un lindo angelito que tengo en el cielo y no pudo estar a mi lado.

A mis padres que siempre estuvieron pendientes, apoyándome y me impulsaron a llegar al final de esta meta. Si no fuera por ustedes no lo hubiera logrado.

A Daniel Alejandro que, con altos y bajos estuvo con migo, en todas las noches de desvelo que tuvimos en todo este largo camino. Fuiste parte fundamental para que pudiera lograr esta meta mi amor, es por ello que este logro es tuyo también, al igual de mis pequeños retoños que de alguna u otra forma tuvieron que tener paciencia mientras finalizaba mi carrera. En fin les dedico este logro porque sin ustedes no hubiera podido subir este ultimo escalón.

A todos mis maestros, ya que en toda mi carrera me dieron las herramientas necesarias para poder finalizar con éxito mi carrera.

A mi asesor Ing. Wilfredo Melara, quien siempre me dio su apoyo y ánimo en aquellos momentos que más lo necesitaba.

ÍNDICE.

ÍNDICE. I

INTRODUCCION VII

PREÁMBULO. VII

OBJETIVO GENERAL. VIII

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. VIII

ALCANCES. IX

CAPÍTULO 1. EL HOSPITAL. 1

1.1. INTRODUCCIÓN. 1

1.2. DEFINICIÓN DE HOSPITAL. 1

1.3.1. FUNCIONES DEL HOSPITAL. 1

1.3.2. CLASIFICACIÓN DE LOS HOSPITALES. 2

1.4. RED NACIONAL DE SALUD EN EL SALVADOR. 3

1.4.1. CLASIFICACIÓN DE ESTABLECIMIENTOS PÚBLICOS DE SALUD EN EL SALVADOR. 3

CAPÍTULO 2: NEOPLASIA. 7

2.1. INTRODUCCIÓN. 7

2.2. GENERALIDADES DE NEOPLASIA. 7

2.2.1. FACTORES QUE ORIGINAN EL CÁNCER. 8

2.2.2. TRATAMIENTO DEL CÁNCER 10

2.2.3. MODALIDADES DEL TRATAMIENTO. 11

2.2.2.3. HORMONOTERAPIA. 15

2.2.2.4. LA RADIOTERAPIA. 15

CAPÍTULO 3. GENERALIDADES DE BRAQUITERAPIA. 21

3.1. INTRODUCCIÓN. 21

3.2. HISTORIA DE LA BRAQUITERAPIA. 21

3.3. DEFINICIÓN BRAQUITERAPIA. 23

3.4. PRINCIPIO RADIOBIOLÓGICO 24

3.4.1. SUPERVIVENCIA CELULAR. 25
3.4.2. RELACIÓN ENTRE LA RADIACIÓN Y LA SUPERVIVENCIA CELULAR. 26
3.4.3. RELACIÓN CON LA REPARACIÓN DEL DAÑO SUB LETAL. 27
3.5. FUENTES RADIOACTIVAS DE BRAQUITERAPIA. 28
3.5.1. ISÓTOPO 28
3.5.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS FUENTES RADIOACTIVAS. 29
3.5.3. RADIOISÓTOPOS UTILIZADOS EN BRAQUITERAPIA. 30
3.6. DIFERENTES TÉCNICAS APLICADAS EN BRAQUITERAPIA. 33
3.6.1. SEGÚN LA LOCALIZACIÓN DE LA BRAQUITERAPIA: 33
3.6.2. SEGÚN EL SISTEMA DE CARGA DEL IMPLANTE RADIACTIVO: 34
3.6.3. SEGÚN LA TASA DE DOSIS DE RADIACIÓN QUE SE ADMINISTRA EN LA BRAQUITERAPIA. 35
3.6.4. SEGÚN LA TEMPORALIDAD DEL IMPLANTE RADIACTIVO. 36
3.7. MODALIDADES DE APLICACIÓN SEGÚN EL OBJETIVO DE LA BRAQUITERAPIA. 36
3.8. APLICACIONES CLÍNICAS DE BRAQUITERAPIA. 37
3.9. EFECTOS BIOLÓGICOS SECUNDARIOS DE LA APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DE BRAQUITERAPIA 38

CAPÍTULO 4: GENERALIDADES DE LOS SERVICIOS DE BRAQUITERAPIA. 41

4.1. INTRODUCCIÓN. 41
4.2. FUNCIÓN DEL SERVICIO DE BRAQUITERAPIA. 41
4.3. PLANTA FÍSICA DEL SERVICIO DE BRAQUITERAPIA. 41
4.4. ORGANIZACIÓN Y FUNCIONES. 44
4.4.1. RECURSO HUMANO NECESARIO. 44
4.4.2. FUNCIONES DEL RECURSO HUMANO. 45
4.5. ACTIVIDADES DE UN SERVICIO DE BRAQUITERAPIA 48
4.5.1. LA SELECCIÓN DE PACIENTES Y LA PREPARACIÓN CLÍNICA. 48

4.5.2. ACTIVIDADES EN EL TRATAMIENTO. 54
4.5.3. REGISTROS Y ESTADÍSTICAS. 54
4.5.4. CONTROL DE CALIDAD DE EQUIPOS DE TRATAMIENTO. 54
4.5.4. NORMAS Y CRITERIOS DE DISEÑO. 56

CAPÍTULO 5: CRITERIOS DE DISEÑO PARA RADIOPROTECCIÓN. 63

5.1. INTRODUCCIÓN. 63
5.2. PRINCIPIOS BÁSICOS. 63
5.3. REQUISITOS PARA LA AUTORIZACIÓN DE UN SERVICIO DE BRAQUITERAPIA. 64
5.3.1. REQUISITOS GENERALES. 64
5.3.2. LOCAL DE ALMACENAMIENTO DE RADIOISÓTOPOS. 64
5.3.1. LOCALES DE TRATAMIENTO. 65
5.3.1.2. OPERACIÓN GENERALES. 67
5.3.2. RESPONSABILIDADES DE LA ENTIDAD AUTORIZADA A DESARROLLAR LA PRÁCTICA DE BRAQUITERAPIA. 67
5.4. REQUERIMIENTOS MÍNIMOS PARA EL FUNCIONAMIENTO ADECUADO DE UN SERVICIO DE BRAQUITERAPIA 68
5.4.1. CLASIFICACIÓN DEL PERSONAL 68
5.4.2. RESTRICCIÓN DE DOSIS. 70
5.4.3. CLASIFICACIÓN DE ZONAS. 70
5.4.4. SEÑALIZACIÓN 72
5.4.5. EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN. 73
5.4.6. RADIONÚCLEOS. 76
5.4.7. IMPLANTES DE RADIOISÓTOPOS PERMANENTES 77
5.4.8 TRASLADO DE FUENTES Y PACIENTES 78
5.4.9. VIGILANCIA SANITARIA 78
5.4.10. NORMAS DE PROTECCIÓN DE PERSONAS EN FORMACIÓN Y ESTUDIANTES 80
5.4.11. SITUACIONES DE EMERGENCIA EN CASO DE ACCIDENTES 83

CAPÍTULO 6: TECNOLOGÍA PARA LA APLICACIÓN DE BRAQUITERAPIA. 93

6.1. INTRODUCCIÓN. 93

6.2. EQUIPO REQUERIDO PARA LA APLICACIÓN DE BRAQUITERAPIA 93

6.1.2. FUENTES RADIOACTIVAS. 93

5.1.2.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS FUENTES. 94

6.1.3. APLICADORES. 94

CAPÍTULO 7: ANÁLISIS DEL SERVICIO DE BRAQUITERAPIA DEL HOSPITAL ROSALES. 100

7.1. INTRODUCCIÓN. 100

7.1. UBICACIÓN. 101

7.3. TÉCNICA DE BRAQUITERAPIA. 102

7.4. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL. 103

7.4.1. DESCRIPCIÓN DE AREAS. 103

7.4.2. PLANTA ARQUITECTÓNICA. 105

7.5. FLUJOS EN EL SERVICIO DE BRAQUITERAPIA. 107

7.5.2. FLUJO DE RADIOTERAPEUTA, IMPLANTE DE FUENTE RADIOACTIVA. (VER PLANO 4) 108

7.5.3 FLUJO DE IMPLANTE DEL RADIOISÓTOPO DE BRAQUITERAPIA. 109

7.5.4 FLUJO DE RETIRO DE IMPLANTES. (VER PLANO 6) 110

7.5.6. FLUJO DE FÁRMACOS. 111

7.6. RECURSOS HUMANOS. 122

7.6.1. MÉDICO RADIOTERAPEUTA. 122

7.6.2. TÉCNICO RADIOTERAPEUTA. 123

7.6.3 ENFERMERAS. 123

7.6.4. PERSONAL AUXILIAR. 124

7.7. EVALUACIÓN TECNOLÓGICA. 124

7.7.7. EQUIPAMIENTO BRAQUITERAPIA. 125

7.7.8. EQUIPO DE RADIOPROTECCIÓN. 125

7.7.9. EQUIPO DE MONITOREO 125
7.7.10. MOBILIARIO 125
7.7.11. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPO. 126

7.8. ANÁLISIS DE INSTALACIONES. 127
7.8.1. AMBIENTACIÓN. 127
7.9. RADIOPROTECCIÓN. 130
7.9.1. ESPESOR DE LAS PAREDES. 130
7.9.2. SEÑALIZACIÓN. 137
7.9.3. PROTECCIÓN RADIOLÓGICA PERSONAL. 137
7.10. ANÁLISIS DE LA DEMANDA. 139
7.10.1 ATENCIÓN ACTUAL DEL SERVICIO. 140
7.10.5. DEMANDA DEL SERVICIO DE BRAQUITERAPIA DEL HOSPITAL ROSALES. 142
7.11. CUADRO RESUMEN DE CUMPLIMIENTO DE NORMAS DEL SERVICIO DE BRAQUITERAPIA DEL HOSPITAL ROSALES. 147

CAPÍTULO 8: DISEÑO DE UN SERVICIO DE BRAQUITERAPIA PROTOTIPO. **154**

8.1. INTRODUCCIÓN. 154
8.2. POBLACIÓN A ATENDER. 155
8.3. TÉCNICA DE APLICACIÓN. 155
8.4. DETERMINACIÓN DE ESPACIOS. 155
8.5. PUERTAS Y PASILLOS 156
8.6. CUADRO RESUMEN 157
8.7. TECNOLOGÍA A UTILIZAR. 157
8.9 ILUMINACIÓN. 158
8.10 PLANO ARQUITECTÓNICO. 159
8.11 FLUJOS 159

CAPÍTULO 9: PROPUESTA DE REDISEÑO DEL SERVICIO DE BRAQUITERAPIA DEL HOSPITAL ROSALES. 169

9.1. INTRODUCCIÓN. 169

9.2. PROPUESTA DE SOLUCIÓN A CORTO PLAZO (INMEDIATAS) 169

9.2.3. RADIOISÓTOPOS. 169

9.2.4. ILUMINCACIÓN. 170

9.2.5. VENTILACIÓN. 170

9.2.6. RADIOPROTECCIÓN. 171

9.3. PROPUESTA DE SOLUCIÓN A LARGO PLAZO. 176

9.3.1. CAMBIO DE TECNOLOGÍA. 176

9.3.2. REDISTRIBUCIÓN ARQUITECTÓNICA. 177

CAPÍTULO 10: MANUAL DE CONTROL DE CALIDAD. 189

10.1 INTRODUCCIÓN. 189

10.2. OBJETIVO DEL MANUAL. 189

10.3. ELEMENTOS DEL MANUAL. 189

10.3.1. MANUAL PARA LA ADQUISICIÓN DE EQUIPOS DE BRAQUITERAPIA. 190

10.3.2. CONTROL DE CALIDAD DE LAS TECNOLOGÍAS UTILIZADAS PARA LA TERAPIA DE BRAQUITERAPIA. 199

CONCLUSIONES. 209

RECOMENDACIONES. 212

GLOSARIO. 214

BIBLIOGRAFÍA. 216

INTRODUCCIÓN

En El Salvador en los últimos años se ha manifestado la creciente incidencia del cáncer. Debido a ello se ha generado un aumento en la utilización de las técnicas para curarlo o controlarlo. Entre estas tècnicas se tiene: la cirugía, quimioterapia y radioterapia (teleterapia y braquiterapia).

La braquiterapia consiste en la utilización de fuentes radiactivas encapsuladas las cuales son ubicadas dentro de cavidades corporales o en planos próximos a la zona tumoral en contacto directo con el cuerpo del paciente. En la actualidad se hallan en etapa de experimentación las técnicas de braquiterapia intravascular destinadas a evitar la restenosis en el tratamiento de angioplastía coronaria. Su generalización introduciría un grupo de prácticas de braquiterapia no oncológica. La braquiterapia puede ser:

- Intersticial: cuando la fuente se introduce dentro de los tejidos.
- Intracavitaria: cuando las fuentes se ubican en orificios naturales del cuerpo
- Superficial.
- Permanente: para implantes intersticiales que permanecen en el paciente indefinidamente.

Para brindar este servicio en El Salvador, a nivel público y del seguro social se cuenta únicamente con la unidad de Braquiterapia del Hospital Nacional Rosales. Es por ello que se manifestó la idea del desarrollo del proyecto de graduación “Análisis de tecnologías utilizadas en la unidad de Braquiterapia del Hospital Rosales”. Dicho proyecto tiene la finalidad de plantear una solución a los problemas de tecnologías y diseño que experimenta actualmente la unidad para mejorar su funcionalidad, tanto para el paciente como para el personal.

El desarrollo de la investigación se basa en la definición del plan de trabajo sobre el cual se orientará la elaboración del proyecto de graduación antes mencionado.

PREÁMBULO.

La braquiterapia consiste en la utilización de fuentes radiactivas encapsuladas las cuales son ubicadas dentro de cavidades corporales o en planos próximos a la zona tumoral en contacto directo con el cuerpo del paciente. En la actualidad se hallan en etapa de experimentación las técnicas de braquiterapia intravascular destinadas a evitar la restenosis en el tratamiento de angioplastía coronaria. Su generalización introduciría un grupo de prácticas de braquiterapia no oncológica.

La braquiterapia puede ser:

- Intersticial: cuando la fuente se introduce dentro de los tejidos.
- Intracavitaria: cuando las fuentes se ubican en orificios naturales del cuerpo
- Superficial.
- Permanente: para implantes intersticiales que permanecen en el paciente indefinidamente.

Para brindar este servicio en El Salvador, a nivel público y del seguro social se cuenta únicamente con la unidad de Braquiterapia del Hospital Nacional Rosales. Es por ello que se manifestó la idea del desarrollo del proyecto de graduación "Análisis de tecnologías utilizadas en la unidad de Braquiterapia del Hospital Rosales". Dicho proyecto tiene la finalidad de plantear una solución a los problemas de tecnologías y diseño que experimenta actualmente la unidad para mejorar su funcionalidad, tanto para el paciente como para el personal.

El desarrollo de la investigación se basa en la definición del plan de trabajo sobre el cual se orientará la elaboración del proyecto de graduación antes mencionado.

OBJETIVO GENERAL.

Realizar un análisis de tecnologías en la unidad de Braquiterapia del hospital Rosales, con la finalidad de alcanzar una mayor efectividad en la calidad del servicio de la unidad.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

1. Definir principios y conceptos fundamentales de la aplicación de Braquiterapia.

2. Establecer las diferentes aplicaciones clínicas de braquiterapia.

3. Definir los criterios aplicables en el diseño de una unidad de braquiterapia, tomando como base los criterios de diseño establecidos por entidades nacionales e internacionales.

4. Realizar un análisis de flujo de personal, paciente y dispositivos radioactivos en la "unidad de braquiterapia del Hospital Rosales".

5. Definir la capacidad de atención que posee la "unidad de braquiterapia del Hospital Rosales".

6. Realizar un manual de calidad de los diferentes equipos fundamentales utilizados para el desarrollo de la técnica de braquiterapia.

7. Establecer las normas de radioprotección para una unidad de braquiterapia para proporcionar un nivel adecuado de protección al personal y al paciente.

8. Diseñar un prototipo de "Unidad de braquiterapia" considerando aspectos ambientales, dimensionamiento, distribución, instalaciones eléctricas y seguridad.

9. Plantear una alternativa de solución a los problemas tecnológicos y de diseño que el departamento de braquiterapia del Hospital Rosales experimenta actualmente.

ALCANCES.

- Lograr un conocimiento detallado de los principios básicos de la técnica de braquiterapia y de las principales aplicaciones clínicas de esta técnica.
- Realizar un cuadro comparativo de las diferentes tecnologías fundamentales utilizadas para el desarrollo de braquiterapia, especificando las diferentes características técnicas, físicas y aplicaciones clínicas.
- Establecer los criterios para el diseño de una “Unidad de braquiterapia”, y definir las bases para que en el futuro se tomen como punto de partida para el diseño de nuevas unidades de este tipo.
- Diseñar un prototipo de “unidad de braquiterapia”, para lo cual se tomarán como base algunas de las normas nacionales e internacionales. En el diseño se incluirán los aspectos de dimensión, la infraestructura, distribución, climatización de la unidad y ubicación.
- Establecer para una unidad de braquiterapia las normas de radioprotección dirigidas a barreras de protección, equipo básico para el control de radiación, almacenamiento de isótopos radiactivos y radioprotección personal.
- Se desarrollará un análisis de la creciente demanda que el servicio de braquiterapia ha tenido en los últimos años, basándose en las estadísticas del Hospital Rosales, Instituto del Cáncer y otras Instituciones afines, con la finalidad de determinar la tecnología más adecuada con la que se deberá contar en dicho servicio y lograr asi satisfacer la demanda del mismo.
- Se presentará una alternativa para reestructurar el servicio actual de braquiterapia del Hospital Rosales, basándose en las normas nacionales e internacionales, donde se tomarán en cuenta espacio, climatización, flujos (personal, pacientes y elementos radioactivos) y radioprotección.

LIMITANTES.

- Para el diseño de prototipo de la “unidad de braquiterapia”, dado que no se contará con la intervención de un arquitecto, no se consideran aspectos propios a dicha profesión, tales como espesores, distribución de vigas y paredes de soporte, entre otros.

- En el análisis de flujos solamente se tomarán en cuenta las interrelaciones fundamentales que el servicio de braquiterapia del hospital Rosales tenga con los diferentes departamentos.

- La propuesta de reestructuración de la unidad de braquiterapia del Hospital Rosales se realizará tomando como espacio físico las dimensiones que posee actualmente.

- El análisis de la demanda del servicio se orientará a las patologías de cáncer mas significativas en la realidad salvadoreña.

- Se entenderá como tecnología únicamente los diferentes procesos o procedimientos que se generan en el servicio para lograr el desarrollo del mismo, como también todos los componentes físicos empleados para realizar la braquiterapia, tales como equipo de terapia, equipo de seguridad, barreras de protección, etc

- El análisis de situación actual dependerá de la accesibilidad que se tenga tanto a la información como al servicio de braquiterapia del Hospital Rosales.

CAPÍTULO 1. EL HOSPITAL.

1.1. INTRODUCCIÓN.

El presente capitulo titulado “El Hospital” es un resumen en el cual se definen conceptos relacionados con la historia, definición y funciones de un hospital; así como también se presentan las diferentes clasificaciones en las cuales se tipifican a este sector.

Dado que el desarrollo de este análisis de tecnología es de un servicio de un hospital nacional de la red del ministerio de salud pública y asistencia social, se ve la necesidad de definir la organización de la cual forma parte dicha institución hospitalaria.

1.2. DEFINICIÓN DE HOSPITAL.

Basándose en el Diccionario de Ciencias Médicas Dorland, se puede definir como Hospital a un establecimiento público o privado en el que se realizan actividades encaminadas al tratamiento de padecimientos de los individuos, en especial aquellos que carecen de recursos. Es una institución organizada, atendida y dirigida por personal competente y especializado, cuya misión es la de proveer, en forma científica, eficiente, económica o gratuita, los medios necesarios para la prevención, diagnóstico y tratamiento de los padecimientos de los individuos para dar soluciones, en aspecto médico, a los problemas sociales. Debe contar con elementos y dependencias destinados a la preparación de profesionales especializados en los diversos campos de la ciencia médica, con personal técnico auxiliar, y de realizar intercambio de conocimientos con otros hospitales, escuelas de medicina y cualquier otra institución empeñada en el cuidado y en el mejoramiento de la salud pública.

1.3.1. FUNCIONES DEL HOSPITAL.

En el pasado el Hospital cumplía con la función de albergue y apoyo espiritual, siendo también un lugar destinado a la recuperación de individuos, pero limitada en ese entonces por el escaso conocimiento científico y los altos índices de morbi-mortalidad.

Actualmente las funciones se dividen en tres categorías esenciales:

- Atención Médica (promoción de la salud, prevención de enfermedades, recuperación de la salud y rehabilitación del paciente).
- Educación de su propio personal, de la comunidad en general y de la universitaria que forjan profesionales de la salud.
- Investigación médica y administrativa.

1.3.2. CLASIFICACIÓN DE LOS HOSPITALES.

A continuación se clasificará el Hospital tomando en cuenta diferentes factores, los cuales se describen de la siguiente manera:

a) Según su dependencia[(2)]:

Públicos: Con Autogestión, sin autogestión, Municipales, Nacionales y Universitarios
Privados: Fuerzas Armadas y de Seguridad, Obras Sociales, Sociedades Benéficas y de Colectividad.

b) Según las patologías que asistan.

Hospitales Generales de Enfermos Agudos

Hospitales Generales de Enfermos Crónicos

Hospitales de Especialidades

c) Según su nivel de complejidad[(3)]

Se hace referencia al grado y desarrollo de cada una de sus actividades que se realizan en el Hospital, y se clasifican de la siguiente manera:

Primer nivel: la infraestructura , recursos y organización de este nivel responden al hecho de que su finalidad es la atención simple, pero continua, de poca complejidad y accesible a la población que habita en la comunidad o inmediaciones.

[(2)] Hospitales de Seguridad Social, Enrique Yañez
[(3)] Dirección de hospitales, Barquin Calderon Manuel

Segundo nivel: este tipo de hospital tiene los servicios hospitalarios de medicina, cirugía, pediatría y gineco-obstetricia, y debe contar con recursos humanos y equipo para resolver problemas en consulta externa de oftalmología, otorrinolaringología, dermatología y emergencias.

Tercer nivel: tiene como objeto la demanda de consulta y hospitalización de alta especialidad que se presenta en la población y que requiere de servicios muy complejos.

1.4. RED NACIONAL DE SALUD EN EL SALVADOR[4].

El Sistema Nacional de Salud en El salvador comprende aquellos sectores cuya finalidad es brindar un nivel de atención de salud adecuado a las exigencias y demandas de la población. Estas demandas surgen de diferentes sectores de la población para la cual es necesario contar con diferentes entidades, como las siguientes:

- Sector Privado
- ONGs
- Sanidad Militar.
- Instituto Salvadoreño del Seguro Social (ISSS).
- Ministerio de Salud Pública Y Asistencia Social (MSPAS).

1.4.1. CLASIFICACIÓN DE ESTABLECIMIENTOS PÚBLICOS DE SALUD EN EL SALVADOR.

La organización de los servicios de salud en El Salvador, está basado en un enfoque sistémico que permite el escalonamiento en red de los servicios de salud, pretendiendo con esto garantizar, a todos los individuos el acceso al sistema de servicios de salud a través de un nivel de atención y que pueda ascender a otros niveles cuando su estado de salud así lo requiera. Esto implica que el primer nivel, debe existir en todas las

[4] Reglamento general de Hospitales del MSPAS.

comunidades del país y que deben darse las interrelaciones que hagan posible el flujo de pacientes entre los diferentes niveles que existen.

En El Salvador, el Ministerio de Salud Pública, brinda sus servicios en tres niveles, los cuales están definidos según su nivel de atención así:

1.4.1.1. PRIMER NIVEL DE ATENCIÓN.

Este nivel constituye la puerta de entrada al sistema de salud, su infraestructura, recursos y organización permiten una atención a problemas de la salud, de poca complejidad, de forma tal que sea continua, integral y accesible a la población que lo demande.

En El Salvador el primer nivel de atención comprende establecimientos tales como: Dispensarios, Puestos y Unidades de Salud, variando estas últimas su complejidad de acuerdo a los servicios de apoyo y diagnóstico que poseen, ubicándose geográficamente por lo general los más complejos, en la ciudades principales.

Este nivel, deberá estar por lo tanto, en condiciones de proporcionar servicios de medicina curativa y preventiva de acuerdo a las necesidades, y la demanda de la comunidad y teniendo en consideración los recurso disponibles.

1.4.1.2. SEGUNDO NIVEL DE ATENCIÓN

Aquí se brindan los servicios médicos a pacientes que necesitan atención de las cuatro áreas básicas: medicina, cirugía, pediatría, ginecología y obstetricia y otras especialidades de la medicina y cirugía. Disponiendo de un conjunto de recursos organizados para atender los problemas que le sean referidos por el primer nivel.

Básicamente lo comprenden los Hospitales Generales, que cuentan con las técnicas y servicios de cierta complejidad a cargo de personal capacitado y equipos adecuados. Estos se clasifican en El Salvador en Hospitales Centrales y en Hospitales Periféricos.

a) HOSPITALES CENTRALES.

Son los de mayor capacidad resolutiva dentro de un departamento y geográficamente ubicado en la cabecera departamental.

Tiene un sistema de referencia a los Hospitales de especialidades, a otro de igual categoría o a otro establecimiento según sea el caso.

Los Hospitales Centrales en El Salvador son:

- Hospital Nacional Juan José Fernández, Zacamil
- Hospital Nacional Santa Gertrudis, San Vicente
- Hospital Nacional San Juan de Dios, Santa Ana
- Hospital Nacional San Juan de Dios, San Miguel
- Hospital Nacional San Juan de Dios, Sonsonate
- Hospital Nacional Dr. Luis Edmundo Vasquéz, Chalatenango
- Hospital Nacional Francisco Menéndez, Ahuachapán
- Hospital Nacional Sensuntepeque
- Hospital Nacional San Francisco Gotera
- Hospital Nacional Cojutepeque
- Hospital Nacional San Pedro, Usulutan
- Hospital Nacional San Rafael, Santa Tecla
- Hospital Nacional Santa Teresa, Zacatecoluca
- Hospital Nacional La Unión

b) HOSPITALES PERIFÉRICOS.

Son aquellos establecimientos de menor complejidad, con una área de influencia definida y su nivel de referencia es el Hospital Central del Departamento.

Los Hospitales Periféricos en El Salvador son:

- Hospital Nacional Metapán
- Hospital Nacional Chalchuapa
- Hospital Nacional Ilobasco

- Hospital Nacional Nueva Guadalupe
- Hospital Nacional Santiago de María
- Hospital Nacional Jiquilisco
- Hospital Nacional San Bartolo
- Hospital Nacional Santa Rosa de Lima
- Hospital Nacional Ciudad Barrios
- Hospital Nacional Nueva Concepción
- Hospital Nacional Suchitoto.

1.4.1.3. TERCER NIVEL DE ATENCIÓN

Este nivel de atención tiene como objetivo resolver la demanda de consulta y la hospitalización de alta especialidad que se presenta a la población y que requiere de servicios muy complejos. Sus unidades de atención médica para operar adecuadamente y con eficiencia, tienen amplia área de influencia, ubicados en una zona urbana para efectos de conjugar los recursos humanos y materiales necesarios.

El tercer Nivel tiene las siguientes características:

- Atiende problemas de salud poco frecuentes pero muy complejos.
- Asiste a pacientes a los que se les proporciona atención episódica, en una gran mayoría referidos por los otros niveles de atención.
- **Emplea tecnología compleja y muy especializada**.
- Requiere de personal altamente calificado en áreas específicas.
- Forma especialistas en las áreas propias del Hospital.

En El Salvador, los Hospitales de especialidades son:

- Hospital Nacional de Niños Benjamín Bloom
- Hospital Nacional de Maternidad, Dr. Raúl Arguello Escolán
- **Hospital Nacional Rosales**
- Hospital Nacional Neumológico, Dr. José Antonio Zaldaña
- Hospital Psiquiátrico, Dr. José Molina Martínez

CAPÍTULO 2: NEOPLASIA.

2.1. INTRODUCCIÓN.

La incidencia del cáncer se a convertido en un problema a nivel mundial, nuestro país no es la excepción, convirtiéndose en uno de los problemas prioritarios para el Ministerio de Salud Pública de El Salvador. Por tanto parte del desarrollo del segundo capitulo se dedicará a brindar información respecto a la teoría del cáncer, con la finalidad de conocer en que consiste dicha patología y las diferentes clasificaciones de la misma.

Además, se especificarán las diferentes modalidades y métodos para tratar el cáncer. Cada método no es capaz de tratar la gran variedad de los diferentes tipos de cáncer, por lo tanto se especificarán los tipos de cáncer más comunes y candidatos a tratar con cada método, así como también se mencionaran algunas de las tecnologías necesarias para realizar la ejecución de la técnica, con la finalidad de conocer de forma general la teoría referente a cada modalidad.

2.2. GENERALIDADES DE NEOPLASIA[5].

La neoplasia o cáncer es un crecimiento tisular producido por la proliferación continua de células anormales con capacidad de invasión y destrucción de otros tejidos, en esencia, un proceso genético. El cáncer, puede originarse a partir de cualquier tipo de célula en cualquier tejido corporal, no es una enfermedad única sino un conjunto de enfermedades que se clasifican en función del tejido y célula en las cuales se origine el cáncer.

Existen formas distintas de neoplasia, siendo tres los principales subtipos:

- Los sarcomas proceden del tejido conectivo como huesos, cartílagos, nervios, vasos sanguíneos, músculos y tejido adiposo.
- Los carcinomas proceden de tejidos epiteliales como la piel o los epitelios que tapizan las cavidades y órganos corporales, y de los tejidos glandulares de la mama y próstata. Los carcinomas incluyen algunos de los cánceres más frecuentes.

- Los carcinomas de estructura similar a la piel se denominan carcinomas de células escamosas. Los que tienen una estructura glandular se denominan adenocarcinomas.
- En el tercer subtipo se encuentran las leucemias y los linfomas, que incluyen los cánceres de los tejidos formadores de las células sanguíneas. Producen inflamación de los ganglios linfáticos, invasión del bazo y médula ósea, y sobreproducción de células blancas inmaduras.

2.2.1. FACTORES QUE ORIGINAN EL CÁNCER.

Ciertos factores son capaces de originar cáncer en un gran porcentaje a los individuos expuestos a ellos. Entre éstos se encuentran la herencia, los productos químicos, las radiaciones ionizantes, las infecciones o virus y los traumas.

a) Herencia: Se calcula que de un 5% a un 10% de los cánceres tienen un origen hereditario. Algunas formas de cáncer son más frecuentes en algunas familias: el cáncer de mama es un ejemplo de ello. El cáncer de colon es más frecuente en las familias con tendencia a presentar pólipos de colon. Una forma de retinoblastoma sólo aparece cuando está ausente un gen específico. Estos genes, denominados genes supresores tumorales o antioncogenes, previenen en condiciones normales la replica de la célula. En algunos trastornos hereditarios, los cromosomas tienen una fragilidad intrínseca; estos procesos conllevan un riesgo elevado de cáncer.

b) Sustancias Químicas: El alquitrán de hulla y sus derivados se consideran altamente cancerígenos. Sus vapores en algunas industrias (ej. Refinerías) se asocian con la elevada incidencia de cáncer del pulmón entre los trabajadores.

Hoy en día se sabe que el benzopireno, sustancia química presente en el carbón, provoca cáncer de la piel en personas cuyo trabajos tienen relación con la combustión del carbón.

El arsénico se asocia con cáncer del pulmón, pues los trabajadores de minas de cobre y cobalto, fundiciones y fábricas de insecticidas presentan una incidencia de este tipo

---

(5) Manual de Oncológica, Instituto Nacional de cancerología.

de cáncer mayor de los normal. En los trabajadores de las industrias relacionadas con el asbesto, la incidencia es de hasta 10 veces más que lo normal.

Una sustancia producida por el hongo Aspergillus flavus, llamada aflatoxina, y que contamina alimentos mal conservados, ocasiona cáncer de hígado en algunos animales. Se ha encontrado que en países donde la contaminación de alimentos por mohos es frecuente, la incidencia de cáncer del hígado y estómago es alta.

El cigarrillo es tan pernicioso debido a las sustancias que contiene; nicotina, ácidos y óxidos de carbono y alquitrán.

El cigarrillo es otro agente cancerígeno, se ha determinado que la muerte por cáncer del pulmón es 6 veces mayor entre fumadores que entre no fumadores.

El alcohol es también un importante promotor; su abuso crónico incrementa de manera importante el riesgo de cánceres que son inducidos por otros agentes.

c) Radiaciones: Las radiaciones ionizantes son uno de los factores causales más reconocidos. La radiación produce cambios en el ADN, como roturas o trasposiciones cromosómicas en las que los cabos rotos de dos cromosomas pueden intercambiarse. La radiación actúa como un iniciador de la carcinogénesis, induciendo alteraciones que progresan hasta convertirse en cáncer después de un período de latencia de varios años. Los rayos ultravioletas del sol y los rayos X aumentan la propensión a adquirir cáncer de la piel y leucemia. La excesiva exposición a los rayos solares, por parte de personas de piel blanca, aumenta el riesgo.

d) Infecciones o virus: Existen cada vez más evidencias de que algunas infecciones pueden llegar a provocar cáncer y, en concreto, aquellas relacionadas con los cánceres de estómago, hígado, cérvix y con el sarcoma de Kaposi (un tipo especial de cáncer que aparece en personas infectadas de SIDA). Se ha relacionado la bacteria Helicobacter pylori con el cáncer de estómago. Distintos estudios demuestran que personas infectadas con esta bacteria tienen cuatro veces más probabilidad de desarrollar este tipo de cáncer.

Los virus son la causa de muchos cánceres en animales. En el ser humano, el virus de Epstein-Barr se asocia con el linfoma de Burkitt y los linfoepiteliomas, el virus de la hepatitis con el hepatocarcinoma, y el virus herpes tipo II o virus del herpes genital con el carcinoma de cerviz. Todos estos virus asociados a tumores humanos son del tipo ADN. El virus HTLV, sin embargo, es del tipo ARN, o retrovirus, como la mayor parte de los virus asociados a tumores en animales. Produce una leucemia humana. En presencia de una enzima denominada transcriptaza inversa, induce a la célula infectada a producir copias en ADN de los genes del virus, que de esta manera se incorporan al genoma celular. Estos virus del tipo ARN contienen un gen denominado oncogén viral capaz de transformar las células normales en células malignas. Distintas investigaciones han demostrado que los oncogenes virales tienen una contrapartida en las células humanas normales: es el oncogén celular. Los productos de los oncogenes (las proteínas que producen) son factores de crecimiento (o proteínas necesarias para la acción de tales factores de crecimiento), que estimulan el crecimiento de las células tumorales

e) Traumas: Se considera perjudicial la irritación mecánica producida sobre una porción de la piel y la fricción ejercida sobre lunares. El cáncer de labio en los fumadores de pipa se asocia con la irritación crónica producida por la pipa sobre un grupo de células en el labio. En la India, una alta incidencia de cáncer del abdomen y la ingle se relaciona con la vestimenta (una especie de guayuco) de uso muy generalizado.

2.2.2. TRATAMIENTO DEL CÁNCER[(6)]

La incidencia del cáncer va en aumento en la población mundial, en parte debido al incremento de la esperanza de vida dado por las mejoras en sus estándares. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud se detectan aproximadamente nueve millones de nuevos casos de cáncer por año, de los cuales un poco más de la mitad corresponden a los países emergentes. Para el año 2015 se espera que ese número

[(6)] Oncología, G. Cajaraville

sea de quince millones, ocurriendo las dos terceras partes en esos países (Organismo Internacional de Energía Atómica, 1998).

Actualmente el cáncer se a convertido en un problema sanitario de primer orden a nivel mundial, constituyendo la segunda causa de mortalidad después de las enfermedades cardiovasculares.

El tratamiento del cáncer puede variar dependiendo del tipo, la etapa del cáncer y el objetivo del tratamiento. Con frecuencia, se pueden emplear una o más modalidades de tratamiento con el propósito de proporcionarle al paciente el tratamiento más completo. Cada vez es más común el empleo de varias modalidades de tratamientos en forma simultánea o secuencial, con el fin de prevenir el retorno del cáncer local y a través del organismo. Esto se conoce como tratamiento de múltiples modalidades para el cáncer y, dentro de estas modalidades, se pueden incluir cirugía, terapia con radiación, quimioterapia y/ o terapia biológica.

2.2.2.1. OBJETIVOS DEL TRATAMIENTO

La estrategia terapéutica a plantear es distinta dependiendo del objetivo perseguido, que puede ser:

- Curación (terapia curativa): la consecución de un estado libre clínica y patológicamente de enfermedad es el objetivo primario del tratamiento del cáncer.
- Terapia paliativa: consiste en la prolongación de la supervivencia, manteniendo el estado funcional del paciente y su calidad de vida.
- Uso experimental en ensayos clínicos en fase I, determinando la dosis segura de una nueva estrategia en humanos.

2.2.3. MODALIDADES DEL TRATAMIENTO.

El tipo de terapia más apropiada se determina en función de los objetivos planteados con el tratamiento, del tipo de tumor y su extensión, y de las condiciones del paciente como su estado funcional, edad y patología. Las principales modalidades terapéuticas

utilizadas solas o en combinación en el tratamiento del cáncer son la cirugía, la radioterapia, la quimioterapia (incluyendo la hormonoterapia).

2.2.3.1. LA CIRUGÍA.

La cirugía constituye el tratamiento más antiguo del cáncer. Su principal utilización es como método curativo en tumores sólidos confinados a la zona anatómica de origen (tumor localizado). La cirugía puede tener funciones diagnósticas (ejemplo: obtención de muestras tisulares para el análisis histológico), preventivas por extirpación de lesiones premalignas y terapéuticas.

El papel terapéutico de la cirugía se puede separar en seis áreas (pudiendo en cada una de ellas ser necesaria la interacción con otras modalidades de tratamiento):

a) Tratamiento quirúrgico definitivo para el cáncer primario, selección de una terapia local apropiada e integración de la cirugía con otras modalidades de tratamiento adyudante.
b) Cirugía de reducción de masa en enfermedad residual (ejemplos: linfoma de Burkitt, cáncer de ovario).
c) Resección quirúrgica de la enfermedad metastásica con intención curativa (ejemplos: metástasis pulmonares en pacientes con sarcoma, hepáticas en el cáncer colorrectal, cerebrales en el melanoma maligno).
d) Cirugía para el tratamiento de urgencias oncológicas (ejemplo: descompresión del cáncer que invade el sistema nervioso central).
e) Cirugía paliativa, para aliviar los síntomas (ejemplo: desobstrucción intestinal).
f) Cirugía reconstructiva y rehabilitadora (ejemplos: reconstrucción mamaria, colostomía, urostomía).

2.2.3.2. LA QUIMIOTERAPIA.

La quimioterapia tiene un papel limitado en el tratamiento primario del cáncer localizado, siendo la base del tratamiento de los tumores diseminados, en los cuales la

cirugía y la radioterapia tienen escaso valor. El tratamiento del cáncer diseminado incluye varias situaciones clínicas:

a) Cánceres que, por su naturaleza, se consideran de amplia diseminación en el momento del diagnóstico. Aquí se incluyen la mayoría de neoplasias hematológicas, como leucemias, y algunos linfomas. En estos casos la quimioterapia se utiliza como tratamiento primario y con intención curativa o de prolongar la supervivencia.

b) Cánceres con diseminación metastásica clínicamente evidente. La quimioterapia es sólo muy raramente curativa en el tratamiento de tumores sólidos metastásicos. Se administra con el objetivo de prolongar la vida o de paliar síntomas. Los tumores en los cuales se reconoce que la quimioterapia puede prolongar la vida se listan en el cuadro 1.

c) Cánceres que, si bien parecen localizados, pueden haber desarrollado micrometástasis clínicamente indetectables. En ellos la terapia sistémica se da en un intento de erradicar estas micrometástasis e incrementar el porcentaje de curación tras la cirugía o la radioterapia.

Finalmente, si bien la ventaja principal de la quimioterapia respecto la cirugía y la radioterapia es su capacidad de llegar a la mayoría de células corporales, en algunas ocasiones se administra en regiones corporales concretas para tratar la enfermedad localizada o en los denominados santuarios (áreas corporales como el sistema nervioso central o los testículos, en donde la mayoría de antineoplásicos no penetran bien, pudiendo en ellas hallarse protegidas las células tumorales de los efectos de los quimioterápicos sistémicos).

2.2.3.2.2. TIPOS DE QUIMIOTERAPIA.

Existen tres formas de empleo de la quimioterapia (QT):

- **Quimioterapia de inducción:** es la utilizada como tratamiento primario a pacientes que presentan enfermedad avanzada y para los cuales no hay tratamiento alternativo.

- **Quimioterapia adyuvante:** administración de un tratamiento sistémico (con agentes antineoplásicos, hormonales o biológicos) después de que el tumor primario ha sido tratado mediante un método local, bien cirugía o radioterapia (Cuadro 1.).

  También puede administrarse cuando el tumor primario se ha eliminado mediante antineoplásicos.

Cuadro 1: Clasificación de los tumores en función de su respuesta a la quimioterapia[6]

Posible curación inducida por quimioterapia (QT)	**Tumores en los que hay respuesta a la QT en estadios avanzados pero no-curación**
Leucemias agudas Linfoma de Hodgkin Cáncer de testículo Cáncer microcítico de pulmón Neuroblastoma Tumor de Wilms Sarcoma de Ewing Coriocarcinoma Linfomas de grado intermedio Linfoma linfoblástico Linfoma de Burkitt	Leucemias crónicas Cáncer de vejiga Cáncer de mama Cáncer de endometrio y cervical Mieloma múltiple Linfomas de bajo grado Cáncer de cabeza y cuello Glioblastoma multiforme Sarcoma de partes blandas Cáncer gástrico Cáncer colorrectal
Posible curación inducida por QT adyuvante o neoadyuvante	**Tumores que presentan pobre respuesta a la QT en estadios avanzados**
Cáncer de mama Cáncer colorrectal Sarcoma osteogénico Sarcoma de partes blandas Cáncer de cabeza y cuello	Sarcoma osteogénico Cáncer de páncreas Cáncer de células renales Cáncer de tiroides Cáncer no microcítico de pulmón Melanoma

- **Quimioterapia neoadyuvante o primaria:** indica el uso de quimioterapia como tratamiento inicial de pacientes que presentan un tumor localizado para el cual existe la alternativa de un tratamiento local, pero que no es totalmente efectivo.

[6] Oncología, G. Cajaraville

2.2.2.3. HORMONOTERAPIA.

La introducción de la hormonoterapia en el tratamiento del cáncer se basa en la observación clínica de que determinados tumores presentan un crecimiento hormonodependiente y de que su desarrollo puede ser frenado mediante manipulaciones hormonales.

Las principales limitaciones de la hormonoterapia son:

- Constituye una modalidad de tratamiento paliativa. Incluso los tumores sensibles poseen células refractarias por lo que no es posible alcanzar la curación completa.
- La respuesta al tratamiento suele ser tardía y frecuentemente va precedida por una fase de exacerbación. Ambos aspectos deben ser considerados a la hora de valorar la respuesta, y constituyen un serio inconveniente en aquellos pacientes en los que la situación clínica demanda una acción rápida.

2.2.2.4. LA RADIOTERAPIA.

La radioterapia es un tratamiento que se utiliza desde hace un siglo, y ha evolucionado con los avances científicos de la Física, Oncología y la Computación, mejorando tanto los equipos como la precisión, calidad e indicación de los tratamientos.

La radioterapia, llamada también tratamiento con radiación, es uno de los tratamientos disponibles para combatir el cáncer. Su mecanismo de acción se basa en la radiación ionizante. Ésta deposita energía que lesiona o destruye a las células en el área de tratamiento (el tejido blanco u objetivo) al dañar el material genético (DNA) de células individuales, imposibilitándoles el seguir creciendo.

Aunque la radiación lesiona tanto a las células cancerosas como a las normales, estas últimas pueden repararse y recobrar su funcionamiento adecuado. La radioterapia sirve a veces para tratar tumores sólidos localizados, como en el caso de los cánceres relacionados con el medio bucal. También puede servir para tratar la leucemia y los linfomas (cánceres de las células que forman la sangre y el sistema linfático, respectivamente).

2.2.2.4.2. TÉCNICAS DE RADIOTERAPIA[7].

Dependiendo de la localización de la fuente radioactiva respecto al paciente, la técnica terapéutica puede ser radioterapia externa o teleterapia (la fuente radioactiva, bien sea mediante unidades de telecobaltoterapia o mediante aceleradores lineales, está alejada del paciente), braquiterapia donde un isótopo radioactivo se ubica en contacto directo con el tejido a tratar y metabólica (el isótopo radioactivo se administra por vía intravenosa u oral, y tras distribuirse por el organismo es captado preferentemente por órganos con tropismo por el mismo).

2.2.2.4.2.1. TELETERAPIA.

La teleterapia o *Radioterapia Externa* consiste en emitir energía, la cual puede ser en forma de rayos gamma (bomba de cobalto), rayos X o electrones (acelerador lineal). Dicha energía es emitida de una fuente localizada en un aparato, el cual se encuentra a una determinada distancia del cuerpo, la cual varia según el equipo que se utilice.

Esta técnica se aplica utilizando una serie de aparatos similares a grandes máquinas de rayos X que dirigen la energía radiactiva hacia la zona afectada. Esta región se marca previamente con pintura o tinturas, los especialistas tatúan unos puntos clave para indicar la localización exacta del tumor. El resto de las zonas del cuerpo se protegen con bloques de plomo para que no reciban radiación innecesaria.

Se aplica principalmente en una serie de sesiones de tratamiento diarias. Aunque la duración de cada sesión depende de cada caso y del tiempo de diferentes máquinas, suele prolongarse durante dos o seis semanas. Las sesiones suelen durar unos 20 minutos en los que el paciente se quedará sólo en la sala para evitar que la radiación se propague. Es necesario que mantenga la calma y no se mueva, para que la radiactividad se dirija exactamente a la zona en tratamiento. En todo momento estará vigilado por un circuito cerrado de televisión y siempre habrá alguien escuchándole desde fuera de la sala, de manera que si tiene algún problema podrá comunicarlo inmediatamente.

[7] Manual de radioprotección en las aplicaciones Médicas de las Radiaciones Ionizantes, ARN

La razón para aplicar la radioterapia en sesiones, es la de dar más tiempo a las células sanas para recuperarse y causarles el menor daño posible. El número de ciclos que reciba depende de numerosos factores, entre ellos su estado general de salud, la localización y la etapa en la que se encuentra el tumor, y si ha recibido otro tipo de tratamiento como quimioterapia o cirugía. De hecho, ciertos tumores requieren más de una sesión diaria para aumentar la eficacia y disminuir al máximo los potenciales efectos secundarios.

Por esta razón, el tratamiento para cada paciente se plantea de forma individual. Además, cada dispositivo funciona de manera un poco diferente, de manera que unos son mejores para tratar los tipos de cáncer más cercanos a la superficie de la piel, mientras que otros aparatos son capaces de profundizar más hasta llegar a regiones internas del organismo.

Actualmente se investigan además las posibilidades de la radioinmunoterapia que consiste en introducir anticuerpos que conducen núcleos radiactivos en el organismo del paciente. Estos anticuerpos están marcados en el laboratorio, de manera que actúan como 'taxis' que se unen a las células cancerígenas y llevan los fármacos directamente al tejido del tumor.

Los equipos de teleterapia que emplean fuentes encapsuladas de material radiactivo se utilizan ininterrumpidamente desde 1952; los primeros fueron fijos y en poco tiempo se introdujeron los equipos rotatorios

a. EQUIPO DE COBALTOTERAPIA.

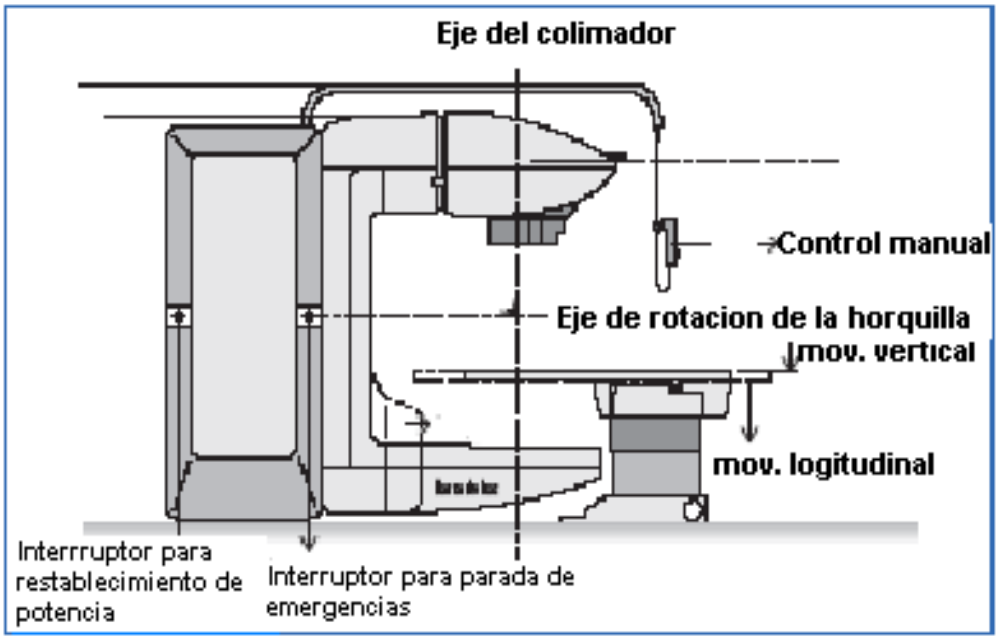
La función primaria de una unidad de cobaltoterapia es entregar una dosis prefijada de radiación en un volumen bien definido del cuerpo. Este objetivo se cumple dirigiendo el haz a la zona elegida como blanco y controlando la dosis entregada, tanto en lo referido al direccionamiento y tamaño del haz como al control del tiempo de exposición de la fuente.

La unidad de cobalto es simplemente una fuente radiactiva ubicada en un gran contenedor que actúa de blindaje, con un dispositivo de apertura y cierre que permite

controlar la salida del haz útil. En la práctica es una máquina mucho más compleja con unos diez movimientos distintos de rotación o traslación independientes, además de los de apertura y cierre. Cada uno de ellos con su correspondiente escala indicadora.

En la Figura 2.1. se muestra el diseño esquemático de un equipo de cobaltoterapia de última generación.

FIGURA 2.1. **Esquema de un equipo de cobaltoterapia**[7]



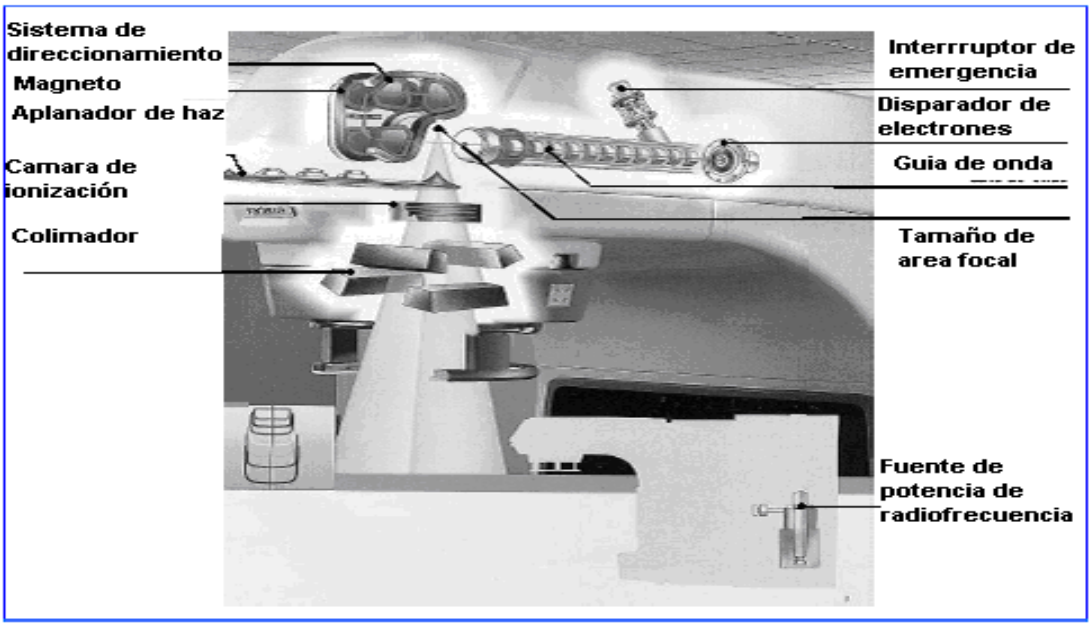
b. ACELERADORES LINEALES DE ELECTRONES

Los aceleradores lineales se utilizan en terapia radiante para producir haces de electrones o para generar rayos x. Tales rayos x se producen por radiación de frenamiento cuando un haz de electrones de alta energía es frenado por blancos de alto número atómico, tales como tungsteno. Alternativamente los propios electrones pueden emplearse directamente para tratar tumores más superficiales.

Los equipos capaces de producir este tipo de radiación son los aceleradores lineales de electrones (LINAC), esquematizado en la Figura 2.2.

[7] Manual de radioprotección en las aplicaciones Médicas de las Radiaciones Ionizantes, ARN

FIGURA 2.2. Esquema de un acelerador lineal de electrones[6].



La emisión de fotones por un acelerador lineal, responde al mismo principio que los equipos de rayos x, con la diferencia de que los electrones, al impactar en el blanco, poseen una energía de varios MeV. El acelerador lineal es un dispositivo que utiliza ondas electromagnéticas de alta frecuencia para acelerar electrones a través de un tubo lineal. Un cañón de electrones inyecta un pulso de electrones en el tubo acelerador. Este tubo es una estructura de guía de ondas en el cual la energía es transferida a los electrones por los campos de radiofrecuencia suministrados por una fuente de microondas. El generador de microondas es generalmente una válvula llamada magnetrón; en algunos aceleradores de muy alta energía se utiliza una válvula klystron (amplificador de microondas) en lugar de magnetrón. La inyección de electrones y la radiación de microondas se producen en forma pulsante, de modo que los electrones de alta velocidad entran a la guía de ondas al mismo tiempo en que son energizados por las microondas.

Tanto en la válvula magnetrón como en el klystron, se usa una gran corriente de electrones de energía relativamente baja para excitar oscilaciones en una serie de cavidades acopladas. La energía de estas cavidades pasa a la guía de ondas (también

[6] Manual de radioprotección en las aplicaciones Médicas de las Radiaciones Ionizantes, ARN.

es una serie de cavidades acopladas) donde se usa para acelerar una pequeña corriente de electrones hasta energías muy altas. Se podría decir por lo tanto que el magnetrón o klystron y la guía de ondas son, respectivamente, el primario y el secundario de un transformador bastante complejo.

2.2.2.4.2.2. BRAQUITERAPIA

La radioterapia interna o braquiterapia, es otra técnica para administrar radiación a las células cancerosas; consiste en colocar implantes radiactivos directamente en un tumor o una cavidad del cuerpo. En este tratamiento, la dosis de radiación se concentra en una zona pequeña.

En lugar de utilizar una máquina como agente productor de la radiación, se utiliza un material radiactivo en forma de alambre o de semilla que se introduce en un pequeño recipiente llamado implante que se coloca directamente dentro o lo más cerca posible del cáncer. Estos implantes pueden colocarse de forma temporal o permanente.

CAPÍTULO 3. GENERALIDADES DE BRAQUITERAPIA.

3.1. INTRODUCCIÓN.

El siguiente capítulo esta dirigido únicamente a Braquiterapia, donde se realiza una pequeña reseña histórica con la finalidad tener un panorama de los avances que dicha técnica a sufrido durante su utilización, así como también se dejará claro el principio físico en el cual se basa dicha técnica y las diferentes formas de clasificación de la misma, las cuales varían dependiendo de diferentes factores como lo son la localización de la fuente, dosis, tasa, etc.

Para finalizar el capitulo se plantean los diferentes efectos secundarios que podría manifestar el paciente que ha sido tratado con Braquiterapia.

3.2. HISTORIA DE LA BRAQUITERAPIA[8].

La historia de la braquiterapia comienza en París en 1896, tras el descubrimiento de los rayos X por Konrad von Rontgen. Fue Henri Becquerel quién descubrió las radiaciones invisibles emitidas por el uranio después de observar el ennegrecimiento de una placa fotográfica en contacto con cristales de uranio. Marie y Pierre Curie comenzaron a estudiar este nuevo material y en 1898 aislaron una nueva sustancia radiactiva contenida en la pecblenda a la que llamaron radium (radio 226). Su aplicación en la clínica fue casi inmediata, principalmente en procesos oncológicos. Desde que Pierre Curie cedió al doctor Banlos una pequeña cantidad de radium para fabricar aplicadores superficiales para el tratamiento de lesiones cutáneas, los radioterapeutas, han ido avanzando en este tipo de tratamiento, aún a costa de sufrir en sí mismos las consecuencias de la excesiva exposición a las radiaciones.

La posibilidad de implantar fuentes radiactivas directamente dentro del tumor, fue una estrategia ya sugerida en 1903 por Alexander Graham Bell. El primer caso ilustrado en

[8] Enciclodepia braquiterapia, Wipidedia

la literatura médica de braquiterapia, tratado mediante braquiterapia intersticial data de 1914, en Dublín, con el tratamiento de un sarcoma de parótida inoperable.

La primera aplicación de braquiterapia endoluminal se realizó en Nueva York, en 1921, utilizando fuentes radiactivas de radón que se introdujeron en el tracto respiratorio del paciente para el tratamiento de un carcinoma bronquial.

Las fuentes de radio han sido utilizadas en el tratamiento de los tumores desde el inicio de la braquiterapia hasta la década de los sesenta.

Al principio, la braquiterapia se utilizó de forma empírica, es decir, sin conocer los mecanismos de acción, la dosificación ni las reacciones adversas. Del empirismo se pasó a un mayor conocimiento radiobiológico, que junto con el perfeccionamiento de los cálculos dosimétricos, permitieron evitar efectos indeseables. Simultáneamente, se incorporaron al "arsenal" terapéutico diversos isótopos radiactivos naturales y artificiales como el cobalto 60, y más tarde el cesio 137 y el iridio 192 para realizar implantes removibles y el yodo 125 para implantes permanentes. La introducción del iridio 192 en forma de hilos para sustituir a las agujas de radio en la braquiterapia intersticial fue un hecho de gran importancia en este tipo de tratamientos.

Después de la Segunda Guerra Mundial, se han desarrollado numerosos isótopos con tecnología nuclear. Dos condiciones facilitan su utilización en braquiterapia: su más baja energía fotónica y su vida media relativamente más corta, entre varios días y 30 años, al compararlos con los 1604 años del radio 226. Estos radionucleidos artificiales han sustituido en la práctica al radio 226 y al radón 222.
Las décadas de los sesenta y setenta representan en Europa y particularmente en Francia, el máximo esplendor de la braquiterapia de baja tasa de dosis, imprescindible en el tratamiento conservador de cáncer de mama, cavidad oral, canal anal, piel, pene, vejiga, etc. La mayoría de los implantes braquiterápicos se llevan a cabo con cesio 137, iridio 192, yodo 125 y oro 198.

Con el desarrollo de la braquiterapia, el tumor que más frecuentemente ha sido tratado es el de útero, utilizando métodos de tratamiento intracavitario (braquiterapia endocavitaria), con fuentes de cesio 137 de baja tasa de actividad.

3.3. DEFINICIÓN DE BRAQUITERAPIA[8].

La braquiterapia es un tipo de radioterapia que utiliza fuentes cerradas o selladas de material radioactivo (semillas, isótopos o fuentes radioactivas) que liberan radiación. Por medio de aplicadores estos isótopos radioactivos se colocan cerca del tumor o se introducen en el seno del mismo sin necesidad de pasar a través de otras estructuras sanas. El efecto que se aprovecha en este caso es la corta distancia entre la fuente radiactiva y el volumen por irradiar, lo que proporciona dosis relativamente altas en la zona cercana a la fuente y dosis bajas en el tejido sano situado alrededor; esto se debe al hecho de que la dosis recibida en la proximidad de una fuente decrece muy rápidamente al alejarse de ella. De esta manera la energía originalmente transportada por el elemento radioactivo (fuente radioactiva) se deposita en una zona del cuerpo ocupada por un tumor, ocasionando tanto daño local como sea posible, provocando de esta manera la ionización en el núcleo de las células tumorales, generando con ello un rompimiento de los cromosomas de las mismas. Debido a que el daño letal es más aparente durante la etapa de mitosis y los tumores malignos presentan mayor número de mitosis que los tejidos normales (pues son de rápido crecimiento) es de esperar y de hecho así ocurre, que el daño mayor se produzca en el tejido enfermo.

La limitación en la cantidad de radiación usada en braquiterapia se debe al hecho inevitable de que el tejido sano que rodea al tumor también resulta irradiado, por lo cual se produce, de modo paralelo al efecto deseado, un efecto negativo para la salud del paciente. La braquiterapia busca entonces el óptimo equilibrio entre una máxima irradiación al tumor y una mínima irradiación al tejido sano vecino. Este es el único caso en el que, al aplicar gran cantidad de radiación a un ser vivo, se produce un beneficio.

[8] Enciclodepia braquiterapia, Wipidedia

3.4. PRINCIPIO RADIOBIOLÓGICO[9]

La braquiterapia se caracteriza por la disposición de la fuente de radiación cercana al tumor (con importantes connotaciones dosimétricas) y la liberación continua de una tasa de dosis (TD) baja, por debajo de 2 Gy/h, o bién la liberación fraccionada de una TD alta, en torno a 10 Gy/h o más. La forma de depositar la dosis en función del tiempo tiene un fundamento biológico, el cual se detalla a continuación.

La braquiterapia se caracteriza por una forma particular de liberar la radiación. En primer lugar la fuente de irradiación está en el centro del tumor o en cercano contacto con el volumen tumoral. En segundo lugar, la liberación continua de la dosis a una tasa relativamente baja ha caracterizado la braquiterapia durante décadas, por lo que a la braquiterapia a baja TD se la denomina convencional. A finales de los sesenta se comenzó a hablar de aplicaciones a alta TD (Joslin y cols 1967), pero hasta veinte años más tarde (inicios de los noventa) no se tuvo experiencia suficiente ni tecnología adecuada para manipular estas fuentes, como para empezar a plantear ensayos clínicos.

Actualmente las diferentes tasas de dosis son una realidad clínica. A efectos de homogeneizar informes y de comparar resultados entre diferentes centros de forma adecuada, la ICRU define actualmente tres tasas de dosis en braquiterapia:

Baja TD 0,4-2 Gy/h
Media TD 2-12 Gy/h
Alta TD >12 Gy/h

El efecto de una irradiación continua liberando una dosis D, depende de la duración de la irradiación, es decir de la tasa de dosis (TD=D/t). Las dosis necesarias para obtener un efecto dado (dosis isoefecto) difieren según la TD utilizada.

En braquiterapia de baja TD, habitualmente se liberan decenas de Gy en algunos días, y la TD se sitúa entre 0,25-1 Gy/h. Sin embargo, existen protocolos que utilizan TD fuera de este rango: TD mucho más elevadas se utilizan en aplicaciones breves (alta

[9] Radiobiología en braquiterapia de baja tasa de dosis, Francisco Sendra Portero

TD) y tasas mucho más débiles se han empleado en implantes permanentes, especialmente en terrenos irradiados previamente (Chassagne y cols, 1984).

El papel de la TD implica mecanismos puramente radiobiológicos, que son independientes de problemas dosimétricos, es decir, de la técnica de implantación de las fuentes o del método de determinación y de especificación de la dosis liberada.

El efecto biológico global para una dosis determinada disminuye conforme menor es la TD, es decir, conforme la duración de la irradiación aumenta. En las condiciones habituales de la braquiterapia, esta variación del efecto es esencialmente atribuible a la reparación de lesiones celulares que se producen durante la irradiación.

3.4.1. SUPERVIVENCIA CELULAR.

Las células poseen una curva característica de supervivencia, en las cuales se representan las fracciones supervivientes (S), resultantes al irradiar una población celular determinada con diferentes dosis. Dichos resultados se representan en una grafica característica para determinado grupo celular.

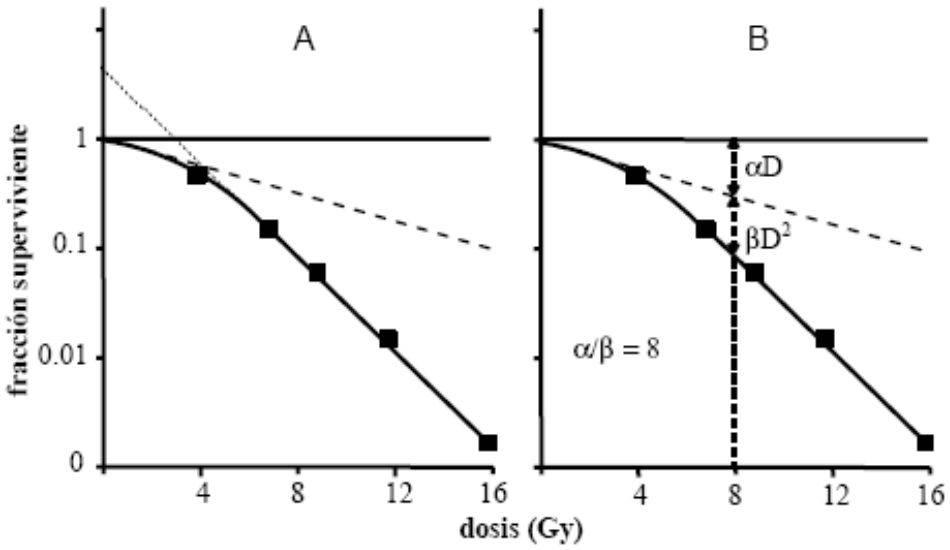


FIGURA 3.1. (A) Curva de supervivencia en la que se aprecia como en la zona del hombro puede encontrarse otro componente lineal cuya pendiente es inferior a la del segundo tramo de la curva, correspondiente al componente cuadrático. (B) En este ejemplo, para la dosis de 8 Gy, el cociente $\alpha D/\beta$ D_2 es igual a 1 (α/β = 8 Gy).

La muerte celular como consecuencia de dos posibilidades: que el daño celular sea irreparable y que se produzca un daño reparable por la célula. En función de ello, la curva de supervivencia viene determinada por dos componentes; uno linealmente proporcional a la dosis de radiación, relacionado con el daño irreparable (daño letal), y otro proporcional al cuadrado de la dosis, relacionado con el daño reparable (daño subletal). Según este modelo, la fracción superviviente es igual a:

$$S = e^{-(\alpha D + \beta D2)}$$

donde αD es el término lineal, proporcional a la dosis, y βD^2 el término cuadrático, proporcional al cuadrado de la dosis; por esto el modelo recibe el nombre de lineal-cuadrático.

Cuando el término lineal iguala al cuadrático, es decir, cuando la proporción de daños reparable e irreparable se iguala, el modelo puede expresarse como sigue:

$$\alpha D = \beta D^2 \longleftrightarrow \alpha/\beta = D^2/D = D$$

es decir, que el cociente α/β (también llamado cociente de efectividad) es igual al valor de la dosis a la que los daños reparable e irreparable se hacen iguales.

La relación α/β tiene gran importancia en braquiterapia. Los efectos agudos del tratamiento presentan valores una relación α/β grande, mientras que los tardíos la presentan pequeña. La mayoría de los tumores presentan una relación α/β semejante a las de los efectos agudos.

3.4.2. RELACIÓN ENTRE LA RADIACIÓN Y LA SUPERVIVENCIA CELULAR.

Para una irradiación muy breve, o con una TD muy alta, la variación de la fracción de supervivencia S en función de la dosis D presenta una pendiente inicial debida a las lesiones directamente letales, que más tarde se incurva (hombro) tomando una pendiente aún mayor por la contribución de lesiones subletales, cuyo cúmulo o interacción en una misma célula entraña la muerte de la misma. La asociación de

ambos tipos de muerte conduce a la expresión lineal cuadrática (S), habitualmente adoptada para representar la curva de supervivencia de una irradiación única y breve.

$$S = e^{-(\alpha D + \beta D2)}$$

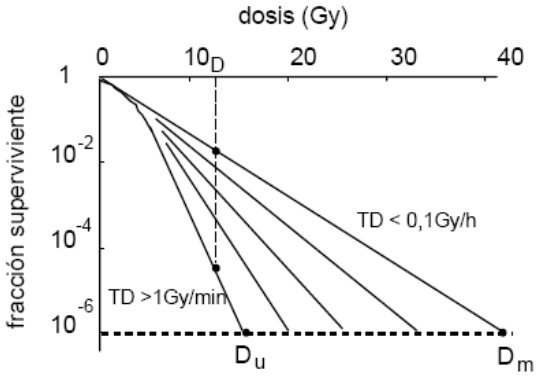


FIGURA 3.2. Modificación de las curvas de supervivencia en función de la tasa de dosis (TD).

La importancia relativa de los dos tipos de muerte se caracteriza por el parámetro α/β, que depende de la dosis, del tipo de célula, y de la TD cuando la irradiación no es muy breve.

A muy baja TD, la producción de lesiones subletales es relativamente lenta respecto a la velocidad de su reparación, que se opone al cúmulo de lesiones. La muerte celular resulta esencialmente de las lesiones directamente letales y la curva de supervivencia se expresa por el término:

$$S = e^{-\alpha D}$$

Entre TD muy altas y muy débiles, la curva de supervivencia (Figura 3.2) evoluciona progresivamente de una curva fundamental, como la vista anteriormente, a su tangente inicial. La dosis necesaria para obtener una fracción superviviente dada o, de forma general, para obtener un efecto biológico determinado, crece desde un valor Du para una irradiación única breve a un valor máximo Dm para una irradiación a muy baja TD.

3.4.3. RELACIÓN CON LA REPARACIÓN DEL DAÑO SUB LETAL.

La variación de la curva de la dosis isoefecto (Figura 3.3.) se produce esencialmente en un rango de TD entre 0,25 y 10 Gy/h. Por encima de 10 Gy/h la duración de la irradiación es muy breve para que se produzca una reparación con consecuencias significativas sobre el efecto biológico. Por debajo de 0,25 Gy/h, la mortalidad celular se

produce esencialmente por lesiones directamente letales que son independientes de la TD. Entre 0,25 y 1 Gy/h el aumento de la dosis isoefecto es relativamente lento.

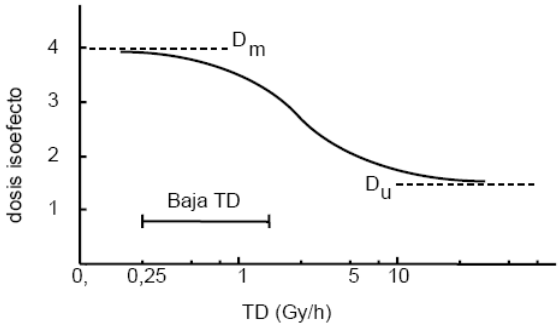


FIGURA 3.3. Modificación de la dosis isoefecto en función de la tasa de dosis (TD).

El papel de la TD depende de la velocidad de reparación de los tejidos considerados. Se admite generalmente que la cinética de la reparación obedece a una función exponencial de tiempos caracterizada por un período Tr, que es del orden de 1 h. La reparación se opone tanto más al cúmulo de lesiones letales, cuanto mayor es su velocidad, es decir cuanto más pequeño es el Tr. A baja TD, por ejemplo 1 Gy/h, la contribución de las lesiones subletales a la muerte celular es muy débil si el Tr es pequeño; por el contrario si el Tr es elevado, la contribución es más grande y la dosis isoefecto aumenta de forma apreciable cuando la TD disminuye.

La modificación de la dosis isoefecto para producir un efecto determinado depende de la importancia relativa de las lesiones subletales (cociente α/β) y la velocidad de su reparación (Tr) para las células implicadas. Una modificación de la TD entraña un "efecto diferencial" que modifica ambos términos.

3.5. FUENTES RADIOACTIVAS DE BRAQUITERAPIA[(10)].

3.5.1. ISÓTOPO

Los isótopos de un mismo elemento son las distintas variedades existentes de núcleos que tienen la misma cantidad de protones, pero distinto número de neutrones. Como la masa del átomo es prácticamente la de su núcleo, y como los protones y los neutrones tienen aproximadamente la misma masa, a la cantidad de protones y neutrones del

[(10)] Bases Físicas e Instrumentación en Radioterapia, A. Del Castillo.

núcleo se la llama número de masa. Los átomos que tienen un mismo número atómico, pero distintos números de masa se llaman isótopos. Entre ellos algunos son llamados estables, es decir que no se transmutan por sí solos en otros isótopos. Los otros, inestables, emiten radiaciones: son los isótopos radiactivos o radioisótopos.

3.5.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS FUENTES RADIOACTIVAS.

Como fuentes radiactivas que son, se describen por su **actividad,** y como están encapsuladas se expresan como en términos de **actividad aparente** que la asimila a una fuente sin filtración y con los mismos "efectos".
La actividad, además del tipo de fuente (calidad de la radiación), esta directamente relacionada con la cantidad de radiación que pueden administrar en un determinado tiempo (tasa de dosis). Según la tasa de dosis que suministran las fuentes se clasifican en : Tasas Baja, Media y Alta.

En la figura 3.4 se muestran las distribuciones de dosis a lo largo del eje transversal de la fuente. El Cesio 137 y el Iridio 192 apenas se distinguen entre si, las diferencias principal entre estos dos radioisótopos son que en el Iridio 192 se puede conseguir una alta actividad en unas dimensiones muy reducidas, lo que puede ser una ventaja según la aplicación, frente al Cesio 137 que requiere mayores tamaños. El Iridio 125 es claramente menos penetrante.

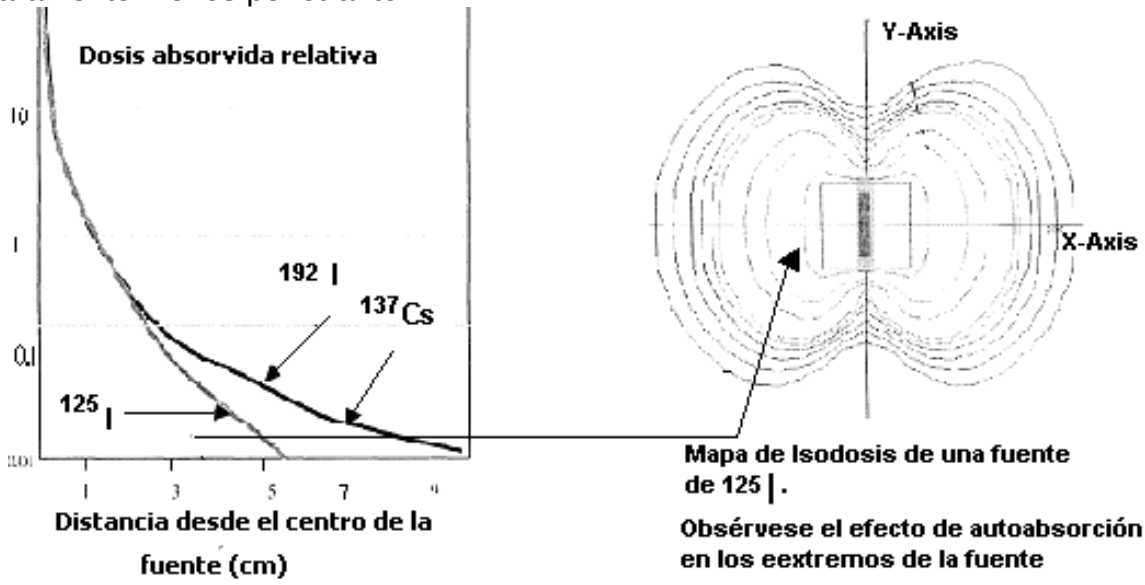


FIGURA 3.4: Distribución de dosis a lo largo del eje transversal de la fuente.

3.5.2.1. VIDA MEDIA DE LAS FUENTES RADIACTIVAS.

Cada núcleo radiactivo se desintegra según la intensidad o rapidez específica constante, siendo distinta para cada especie. Así, por ejemplo, mientras que unos isótopos radiactivos se desintegran en menos de un segundo, otros tienen una vida mucho más larga, de hasta miles de años.

Para caracterizar estos tiempos, se usa el concepto de vida media. La vida media es el tiempo necesario para que se desintegre la mitad de una determinada cantidad de un núcleo radiactivo. Las semividas de los elementos alcanzan, desde una fracción de segundo, hasta miles de millones de años. Un núcleo estable puede considerarse, por tanto, como un núcleo con una vida media infinita. Por ejemplo, el Radio 226 tiene una semivida de 1620 años y el Cobalto 15 tiene una semivida de 2.4 seg.

3.5.3. RADIOISÓTOPOS UTILIZADOS EN BRAQUITERAPIA[(11)].

En sus inicios, para la aplicaciones de Braquiterapia se utilizaban solamente los radioisótopos presentes en la naturaleza (Radio 226), los reactores nucleares permitieron la síntesis de otros radioisótopos con características mas adecuadas, como:

- Emisión de energía de efectos terapéuticos deseables (bajo efecto fotoeléctrico y baja energía dispersa)
- Baja o nula producción de partículas no útiles, o fácil eliminación de las mismas.
- Semiperiodo despreciable frente al tiempo de tratamiento.
- Características químicas: insolubilidad, atóxicidad, maleabilidad y que no deben generar polvo.

[(11)] Capacitacion del OIEA para reguladores sobre proteccion radiológica y seguridad en la práctica de radioterapia.

Las fuentes se componen del material radiactivo, con distintas configuraciones, protegido por un encapsulamiento, poseen distinta actividad y forma según el tipo de tratamiento.

A continuación se describen algunas de las fuentes mas utilizadas.

A. FUENTES RADIOACTIVAS DE EMISORES GAMMA[10]

Las fuentes de Cesio-137 tienen un semiperiodo de aproximadamente 30 años y la energía de su emisión es 0.6 MeV. Estas fuentes se construyen con un compuesto insoluble de Cesio en un encapsulado doble de acero. Pueden tener forma de agujas, tubos y esferas.

Las fuentes de Iridio 192 pueden alcanzar una actividad especifica muy elevada, tienen un semiperiodo de 74 días y una energía media de 0.38 MeV con un complejo espectro de emisión. Las fuentes de Iridio 125 tienen un semiperiodo de 60 días y energía del orden de 30 KeV, se utilizan principalmente en forma de semillas.

Algunas presentaciones de estas fuentes se presentan en las figuras 3.5 y 3.6.

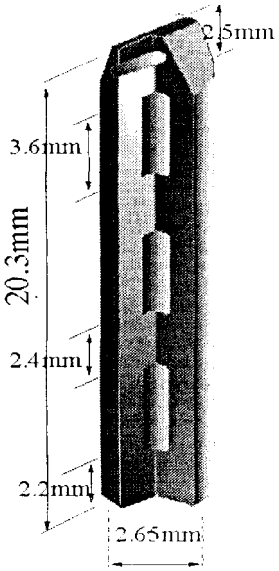


FIGURA 3.5: Fuente de Cesio 137 CSM3 por cilindro de Cesio 137 con un encapsulado de acero.

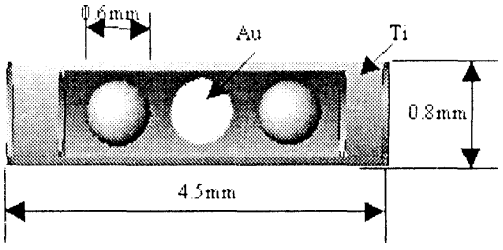


FIGURA 3.6: Semilla de Iridio 125 modelo 6702.

[10] Bases Físicas e Instrumentación en Radioterapia, A. Del Castillo.

B. FUENTES RADIOACTIVAS BETA (ß).

Las fuentes de Yodo-32 se desintegran con un período de 14 días, con una energía máxima de 1.71 MeV, se utilizan en lesiones cutáneas y tratamientos para evitar la reestenosis intracoranaria.

3.5.3.4. FUENTES RADIOACTIVAS ACTUALMENTE USADAS[(11)].

En la actualidad se cuenta con una variedad de fuentes, las cuales son utilizadas según la aplicación que se busque, clasificándose de la siguiente forma:

a) Tratamiento intersticial.
   - Cesio–137 y Cobalto-60 como fuentes selladas en agujas y células aplicadoras Iridio-192 como semillas encajadas en tiras de nylon.
   - Iridio-192 como semillas encajadas en tiras de nylon.
   - Oro-198, Yodo-125 y Paladio-103 como fuentes selladas en semillas.

b) Tratamientos intracavitatorios.
   - Cesio-137 y Cobalto-60 como fuentes selladas en agujas y células aplicadoras.
   - Estroncio-90 como fuente sellada en un aplicador para el tratamiento superficial de ojos.

c) Aplicaciones tópicas superficiales.
   - Estroncio-90 como una fuente sellada en un aplicador para el tratamiento de condiciones del ojo superficiales.
   - Cesio-137 y cobalto-60 como fuentes selladas en agujas y células aplicadoras.

[(11)] Capacitación del OIEA para reguladores sobre protección radiológica y seguridad en la práctica de radioterapia.

3.6. DIFERENTES TÉCNICAS APLICADAS EN BRAQUITERAPIA[8].

3.6.1. SEGÚN LA LOCALIZACIÓN DE LA BRAQUITERAPIA:

a) Braquiterapia endocavitaria: en la cual las fuentes son colocadas en cavidades del cuerpo utilizando distintos aplicadores o catéteres. Con esta variante se tratan principalmente los tumores de recto, vagina, útero, vías digestivas y respiratorias. En esta técnica se utiliza el Cesio-137, el Cobalto 60 y el Iridio-192, como fuentes radiactivas, generalmente en forma de tubos. Entre ellos, el más frecuente es el Cesio 137; sus características, de energía: 0,66 MeV, período de semi-desintegración: 30 años y su tasa de dosis equivalente (fotónica) por unidad de actividad y a un metro de distancia, es aproximadamente de 10-4 (mSv/h)/MBq.
Esta clase de terapia se emplea, fundamentalmente en tumores ginecológicos. Se aplicaba sola o en combinación con teleterapia. También se usa para otras localizaciones como fosas nasales, cavidad oral, recto, pero su uso es mucho menos frecuente.

b) Braquiterapia intersticial: En este tipo se introducen unas agujas huecas a través del área tumoral. Estas agujas pueden hacer de guía para la introducción posterior de tubos huecos de plástico flexibles que “atraviesan” el tumor o el lecho quirúrgico de donde fue extirpado un tumor. En el interior de estos aplicadores se colocan fuentes radiactivas en forma de tubos, alambres o semillas.
La curiterapia intersticial emplea el Iridio-192 como radionucleido más frecuente. El Iridio-192 tiene una emisión gamma de 0,318 MeV, un período de semi-desintegración de 75 días y su tasa de dosis equivalente (fotónica) por unidad de actividad y a un metro de distancia, es aproximadamente de 1,6·10-4 (mSv/h)/MBq. Su aplicación es relativamente sencilla y la maleabilidad de las fuentes permite acoplarse a la anatomía. Cualquier localización accesible puede ser tratada con radioterapia intersticial, pero las más frecuentes son lengua, regiones ganglionares cervicales, labio, mucosa de la cavidad bucal, mama, etc. Al igual que la curiterapia intracavitaria, se puede usar sola o

[8] Enciclodepia braquiterapia, Wipidedia

en combinación con la teleterapia.

c) Braquiterapia de contacto superficial: consiste en colocar una fuente en contacto o muy próxima a la piel, se hace fundamentalmente con 90Sr en equilibrio radiactivo con 90Y. Se aprovecha para terapia la emisión beta de 0,546 MeV del 90Sr y de 2,25 MeV del 90Y. Esta terapia se emplea para lesiones cutáneas de volumen reducido. Las lesiones cutáneas de volumen mayor se tratan con haces de electrones producidos en aceleradores lineales.

3.6.2. SEGÚN EL SISTEMA DE CARGA DEL IMPLANTE RADIACTIVO:

a) Braquiterapia de carga inmediata: Utiliza un sistema que se carga al finalizar la colocación de los aplicadores en el tumor, por ejemplo en la braquiterapia de baja tasa de tumores de orofaringe, en los que en el quirófano es necesario sustituir los vectores introducidos en el tumor (lengua, amígdala) bajo anestesia general, por la fuente radiactiva (horquilla o hilos de iridio) es decir, es el implante de la fuente radiactiva en el mismo quirófano, que se realiza cada vez menos.

b) Braquiterapia de carga diferida: Utiliza durante el proceso de implantación intersticial o endocavitaria, vectores o portadores huecos que posteriormente y comprobada por medio de rayos X su adecuada colocación con fuentes ficticias o fantomas, la carga en la misma habitación en donde permanecerá el paciente durante el tratamiento, mediante control remoto. A partir de la década de los 90 su utilización es casi universal y con su empleo se ha reducido drásticamente el riesgo de exposición del personal laboralmente expuesto a las radiaciones.

c) Braquiterapia de carga diferida automática: son sistemas que robóticamente transportan la fuente radiactiva desde un contenedor blindado hasta los aplicadores colocados en el paciente y retornan la fuente automáticamente cuando el tratamiento ha finalizado.

Los sistemas de carga diferida de control remoto tienen la ventaja de permitir una mejor dosimetría por emplear una fuente radiactiva móvil, consigue una mejor administración

de la dosis ya que se realiza en un corto período de tiempo (minutos) y con escasa movilidad de los órganos durante este tiempo.

3.6.3. SEGÚN LA TASA DE DOSIS DE RADIACIÓN QUE SE ADMINISTRA EN LA BRAQUITERAPIA.

a) Braquiterapia de Baja Tasa de dosis (Braquiterapia-LDR): En este tipo de braquiterapia, la radiación liberada por unidad de tiempo de la sustancia radiactiva implantada es baja (40 y 60 cGy por hora) por lo que el paciente debía permanecer durante varias horas, generalmente dos o tres días aislado en una habitación, para poder recibir una dosis determinada al tumor. Además el personal sanitario se irradiaba al introducir los hilos del material radiactivo dentro de los tubos insertados en el paciente.

b) Braquiterapia de Alta Tasa de dosis (Braquiterapia-HDR): En este tipo de braquiterapia se utiliza una sustancia radiactiva que libera mucha radiación en poco tiempo, generalmente Iridio 192 de alta tasa, que tiene como volumen (1x4 mm),
por lo que se puede introducir por tubos muy finos automáticamente y puede ser controlado desde un ordenador desde otra habitación. Cada sesión de tratamiento dura muy pocos minutos, generalmente menos de 10 minutos, y el personal sanitario no se irradia durante la introducción de los isótopos en los tubos. Las unidades de alta tasa de dosis constan fundamentalmente de una sola fuente muy activa (100 cGy por minuto de actividad). El tratamiento se programa de forma que la fuente radiactiva permanezca tiempos determinados en lugares preestablecidos dentro de los aplicadores, obteniendo al final del tiempo de irradiación, la distribución de dosis deseada.

Se emplea en diversos tipos de tumores, aunque en los sarcomas resulta más sencillo dada su accesibilidad (habitualmente son lesiones que se presentan en extremidades)

Las ventajas incluyen la reducción de la duración del tratamiento, la seguridad de la radiación y la reproductibilidad. Además, se elimina la necesidad de hospitalización prolongada por encamamiento y se reducen costes.

3.6.4. SEGÚN LA TEMPORALIDAD DEL IMPLANTE RADIACTIVO.

a) Braquiterapia con implante temporal: La fuente radiactiva que se inserta en el tumor se extrae una vez que finaliza el tiempo de radiación que libera la dosis pautada.

b) Braquiterapia con implante permanente: Consiste en la colocación de semillas de la fuente radiactiva en la zona o tejido que se pretende irradiar y dejarlas allí de forma indefinida. En esta técnica se utilizan generalmente fuente de Iridio 125 y Oro 198. Dichas fuentes son identificadas en una radiografía simple, por ejemplo en la braquiterapia del cáncer de próstata.

3.7. MODALIDADES DE APLICACIÓN SEGÚN EL OBJETIVO DE LA BRAQUITERAPIA.

La braquiterapia constituye una de las principales armas terapéuticas en el tratamiento del cáncer junto a la cirugía y la quimioterapia.

En función del objetivo que se persigue en la utilización de esta técnica, se pueden distinguir las siguientes modalidades :

a) Braquiterapia radical o curativa, en la que el objetivo de su aplicación es la destrucción del cáncer y la curación del paciente. Su indicación fundamental va a ser en tumores pequeños y cuya localización permita administrar una alta dosis, sin dañar los tejidos sanos de alrededor, como es el caso de tumores de la piel, labios, lengua, etc, o bien en aquellos casos que por las condiciones del paciente: edad avanzada, estado general, enfermedades concomitantes etc, no permita utilizar la cirugía y/o la quimioterapia.

b) Braquiterapia preoperatoria es utilizada antes de la cirugía, con el objetivo fundamental de hacer operables tumores que no lo son por su extensión local o bien para intentar disminuir la aparición de tumor en la zona intervenida como consecuencia de hacer inviables las células que hayan podido escapar durante el acto operatorio.

Esta modalidad está indicada en tumores en los límites de operabilidad mama, pulmón, cabeza y cuello etc. y en la actualidad, en el tratamiento del cáncer colorrectal.

de la dosis ya que se realiza en un corto período de tiempo (minutos) y con escasa movilidad de los órganos durante este tiempo.

3.6.3. SEGÚN LA TASA DE DOSIS DE RADIACIÓN QUE SE ADMINISTRA EN LA BRAQUITERAPIA.

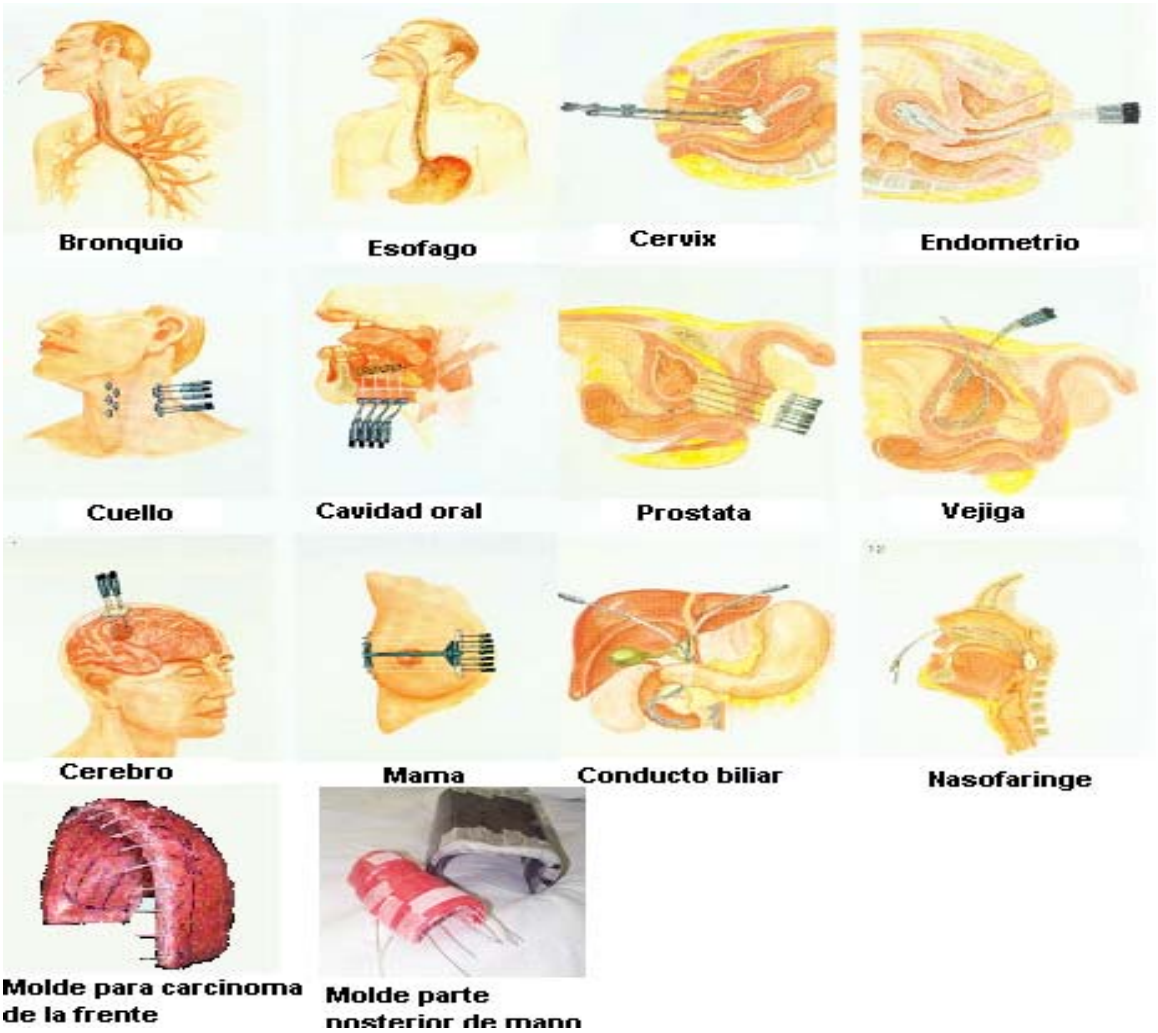
a) Braquiterapia de Baja Tasa de dosis (Braquiterapia-LDR): En este tipo de braquiterapia, la radiación liberada por unidad de tiempo de la sustancia radiactiva implantada es baja (40 y 60 cGy por hora) por lo que el paciente debía permanecer durante varias horas, generalmente dos o tres días aislado en una habitación, para poder recibir una dosis determinada al tumor. Además el personal sanitario se irradiaba al introducir los hilos del material radiactivo dentro de los tubos insertados en el paciente.

b) Braquiterapia de Alta Tasa de dosis (Braquiterapia-HDR): En este tipo de braquiterapia se utiliza una sustancia radiactiva que libera mucha radiación en poco tiempo, generalmente Iridio 192 de alta tasa, que tiene como volumen (1x4 mm),
por lo que se puede introducir por tubos muy finos automáticamente y puede ser controlado desde un ordenador desde otra habitación. Cada sesión de tratamiento dura muy pocos minutos, generalmente menos de 10 minutos, y el personal sanitario no se irradia durante la introducción de los isótopos en los tubos. Las unidades de alta tasa de dosis constan fundamentalmente de una sola fuente muy activa (100 cGy por minuto de actividad). El tratamiento se programa de forma que la fuente radiactiva permanezca tiempos determinados en lugares preestablecidos dentro de los aplicadores, obteniendo al final del tiempo de irradiación, la distribución de dosis deseada.

Se emplea en diversos tipos de tumores, aunque en los sarcomas resulta más sencillo dada su accesibilidad (habitualmente son lesiones que se presentan en extremidades)

Las ventajas incluyen la reducción de la duración del tratamiento, la seguridad de la radiación y la reproductibilidad. Además, se elimina la necesidad de hospitalización prolongada por encamamiento y se reducen costes.

FIGURA 3.1: Aplicación de radioisótopos en Braquiterapia.



3.9. EFECTOS BIOLÓGICOS SECUNDARIOS DE LA APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DE BRAQUITERAPIA[7]

El proceso de ionización producido por las radiaciones lleva a cambios, a veces en forma transitoria, que pueden dañar a las células. Si se producen daños celulares y no se reparan adecuadamente, puede ocurrir que las células afectadas mueran o se vea impedida su reproducción, o bien que se origine una célula viable, pero modificada. Ambos extremos tienen implicancias profundamente distintas para el organismo.

[7] Manual de radioprotección en las aplicaciones Médicas de las Radiaciones Ionizantes, ARN.

Si el número de células que murieron es lo suficientemente elevado se producirá un daño susceptible de ser observado, que será el reflejo de una pérdida de funcionalidad del tejido. La probabilidad de que se produzcan tales daños será cero a dosis pequeñas, pero por encima de un determinado nivel de dosis (umbral) aumentará rápidamente hasta la unidad (100%).

Por encima del umbral aumentará asimismo la gravedad del daño con la dosis.

Este tipo de efectos, conocidos anteriormente como no estocásticos, se denominan ahora deterministas.

El resultado será muy diferente si en vez de producirse la muerte de la célula irradiada, ésta sobrevive con una alteración en su genoma. Este tipo de efectos se denominan estocásticos, es decir de naturaleza aleatoria o estadística. Si la transformación se produce en una célula cuya función es transmitir información genética a generaciones posteriores (célula germinal en gónadas) el efecto de variado tipo y gravedad se expresará en la descendencia de la persona expuesta. Este tipo de efecto estocástico se denomina hereditario. Si en cambio la transformación ocurre en una célula somática podría dar lugar, luego de un largo período de latencia, a la inducción de un cáncer.

a) **Efecto estocástico.**

Los efectos estocásticos se producen como consecuencia del daño sobre una célula o un pequeño número de células. Ejemplos de efectos estocásticos son los efectos carcinogénicos y los efectos hereditarios de las radiaciones ionizantes.

b) Efectos determinantes por la exposición en todo el cuerpo.

Los efectos letales de la radiación expresan la insuficiencia de determinados órganos vitales para el organismo. Estas insuficiencias se evidencian luego de distintos períodos de tiempo de acuerdo a la cinética celular de los tejidos afectados. La secuencia de eventos se caracteriza por una combinación de signos observados y síntomas manifestados, es decir síndromes. Diferentes órganos expresan insuficiencia en distintos rangos de dosis. De acuerdo a la dosis recibida en todo el cuerpo, se pueden distinguir las siguientes formas del Síndrome Agudo de Radiación (SAR):

- Hemopoyética
- Gastrointestinal
- Neurológica

Hemopoyética: El síndrome hematopoyético se produce con dosis de 1 - 10 Gy en todo el cuerpo.

Gastrointestinal: El síndrome gastrointestinal corresponde a la forma del síndrome agudo de radiación que aparece con dosis de 10 a 50 Gy.

Los signos y síntomas de esta forma siguen a aquellos de la fase prodromal. Algunos de los signos y síntomas del síndrome gastrointestinal son: anorexia, letargia, diarrea, disminución de los fluidos y electrolitos corporales, pérdida de peso, etc.

El conteo de leucocitos cae dramáticamente, puede haber hemorragias y bacteriemia, agravando la injuria y contribuyendo a la muerte.

Pueden observarse úlceras gástricas y colónicas. La enteritis severa ocurre alrededor de 4 días después de una irradiación con dosis de 10 Gy.

Neurológica: El síndrome neurológico se presenta con dosis superiores a los 50 Gy en todo el cuerpo.

Con estas dosis, se producen en el sistema nervioso central cambios patológicos, tales como un aumento de la permeabilidad vascular y la producción de edema y hemorragia.

CAPÍTULO 4: GENERALIDADES DE LOS SERVICIOS DE BRAQUITERAPIA.

4.1. INTRODUCCIÓN.

El servicio de Braquiterapia tiene como finalidad el brindar radioterapia con el objetivo de tratar el cáncer ya sea de forma curativa o paliativa. Si bien es cierto que dicha actividad es su finalidad no significa que este servicio se encuentre ajeno al desarrollo de otras actividades. Por lo tanto este capitulo esta orientado a mostrar y definir las diferentes actividades que en un servicio de Braquiterapia se desarrollan y relacionan entre si, teniendo como propósito poder ejecutar de forma eficaz el desarrollo de la terapia que en el se elabora.

4.2. FUNCIÓN DEL SERVICIO DE BRAQUITERAPIA[12]

El Servicio de Braquiterapia tiene como finalidad proporcionar atención médica especializada para el tratamiento del cáncer mediante la aplicación de radiación ionizante, la cual es la finalización de un proceso continuo con etapas bien diferenciadas. Las que incluyen el diagnóstico y la localización del tumor, la decisión sobre la estrategia de tratamiento, la planificación y el cálculo de dosis absorbida, la administración del tratamiento, la verificación de la dosis impartida, y la evaluación de resultados a corto y a largo plazo.

4.3. PLANTA FÍSICA DEL SERVICIO DE BRAQUITERAPIA[14]

El servicio de braquiterapia contará con las áreas físicas siguientes:

a)Sala de espera y recepción de pacientes;

b)Consultorios;

c)Vestidores;

d)Área de Braquiterapia;

e)Área de simulación;

[12] Normas de Radioterapia para la acreditación de servicios, gobierno de Chile

[14] Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-229-SSA1-2002". Mexico. 27 de enero de 2004.

f)Área de recuperación;
g)Área de física médica (opcional)
h)Área de fabricación de moldes (si se aplica terapia superficial)
i)Almacén de material radiactivo.
j)Dirección;
k)Secretaría;
l)Cuarto de descanso;
m)Cuarto de aseo;
n)Sanitarios;
l) Área de descanso personal;
o) Área de personal de Braquiterapia;

A continuación se definirá la finalidad de cada una de las áreas, anteriormente definidas:

a) La sala de espera y recepción de pacientes se utilizará para la permanencia de los pacientes y familiares; será el sitio del primer contacto con el paciente y de su distribución a los consultorios.

b) El consultorio será utilizado para realizar entrevistas, hacer la valoración inicial del paciente, planear el tratamiento e impartir las consultas subsecuentes. Su diseño debe permitir el flujo ágil de pacientes y personal asegurando privacidad para el paciente; para ello se recomienda un área mínima de 15 m^2 por consultorio.

c) En el área que se utilice como vestidor, los pacientes efectuarán su cambio de ropa.

d) En el área de braquiterapia se aplicará el material radiactivo y se mantendrá al paciente durante el tiempo que lo requiera el tratamiento o la seguridad

radiológica y el retiro del material radiactivo, cuando la aplicación sea temporal. Se considera área controlada.

e) En el área de simulación se hara la reproducción fiel de todos los movimientos que ejecutan las unidades terapéuticas.

f) El área de recuperación se destina para la recuperación del paciente luego que se le práctica la Braquiterapia de alta tasa de dosis.

g) En el área de física médica se hará la dosimetría clínica, la planeación de los tratamientos y la evaluación de la calidad.

h) En el área de fabricación de moldes se elaborarán las protecciones y, en general, los modificadores de haz de radiación de los tratamientos de teleterapia, así como los moldes de aplicación para la braquiterapia.

i) En el almacén de material radiactivo se guardarán y prepararán las cargas del material, los contenedores y los equipos de aplicación y de traslado.

j) Dirección, se destina para realizar las funciones de organización del servicio de braquiterapia, como también se realiza la coordinación de las actividades a desarrollar en el servicio.

k) La secretaría, lugar en el cual se realizan las programaciones de las actividades del servicio, se realizan los procedimientos administrativos y archivo de documentos.

l) Cuarto de descanso, área destinada para el descanso del personal.

m) Cuarto de aseo, destinada para realizar labores de limpieza y para guardar los utensilios de limpieza.

n) Área de descanso personal, destinada para personal únicamente, cuenta con sala de reposo, servicios sanitarios.

o) Área de personal de Braquiterapia, destinada para el personal del área de Braquiterapia, (físicos, técnicos y terapistas). Dicha área se encuentra cercana al área de aplicación de la terapia.

4.4. ORGANIZACIÓN Y FUNCIONES.

El servicio de braquiterapia podrá estar integrado o no a un hospital. En caso que se encuentre dentro de una organización hospitalaria, esté formará parte de los servicios auxiliares de diagnóstico y tratamiento y se coordinará con el servicio de oncología. Cuando el servicio de Braquiterapia no se encuentre en un servicio de radioterapia, esté deberá contar con acceso a los servicio de teleterapia en otra unidad, a manera de referir a los pacientes que lo requieran. Indiferentemente sea el caso, el servicio de Braquiterapia cuenta con: responsable del servicio, médico, físico médico, auxiliar técnico, auxiliares de servicio.

4.4.1. RECURSO HUMANO NECESARIO[(11)].

Cantidad de personal necesario para un servicio de braquiterapia:

a) Un Jefe de Servicio (Oncólogo-Radioterapeuta)
b) Médicos (Radioterapia Oncológica): 1 por cada 25-30 pacientes en tratamiento, o cada 200-250 pacientes por año. (0.65 horas médicas semanales por cada paciente en tratamiento).
c) Físico médico: Un físico por cada 200 pacientes por año en el servicio de Braquiterapia. Debe ser el responsable de la protección radiológica del Servicio.
d) Auxiliares técnicos (paramédicos) de radioterapia
    - 2 por cada equipo de tratamiento
    - 1 por cada sala de consulta médica

[(11)] Capacitación del OIEA para reguladores sobre protección radiológica y seguridad en la práctica de radioterapia.

- 1 para preparación de pacientes y de fichas clínicas 1 para sala de planificación
- 1 para sala de simulación y bloques.

e) Secretaria: 1 por cada 300 pacientes por año aproximadamente, mínimo 2 por centro. Debe considerarse la carga de trabajo administrativa y de registros además de la trascripción de las historias clínicas. Lo recomendable es contar como mínimo con dos secretarias, que tengan conocimiento básico de computación. Un número inferior hace insostenible el trabajo en períodos de vacaciones o licencias médicas.

f) Auxiliares de Servicio
   - 1 para área de maquinas y equipos
   - 1 para área de consultas médicas y oficinas
   - Cumplen en forma alternada funciones de móvil y de estafetas.

4.4.2. FUNCIONES DEL RECURSO HUMANO[13].

Responsable del servicio.

Como responsable del servicio de Braquiterapia se deben de cumplir las siguientes actividades:

a) Designar un responsable de la protección radiológica y apoyarlo en todos los aspectos relacionados con sus funciones,

b) Proporcionar al personal los medios de protección, dosimetría, capacitación y todo otro elemento necesario para el cumplimiento de sus funciones en condiciones de seguridad,

c) Establecer medidas reglamentarias conducentes a mejorar la seguridad de los trabajadores,

d) Avisar de inmediato a la Autoridad Reguladora (UNRA) en caso de incidente o accidente que involucre exposiciones indebidas o pérdida del control de la fuente,

[13] Acuerdo 41, Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social Ramo de Salud Pública y Asistencia Social.

e) Cubrir los gastos de los que resultaren afectados, incluyendo el ambiente, derivados de los accidentes radiológicos,
f) Solicitar al trabajador su historial dosimétrico previo a la contratación y toda otra información relevante para su adecuada protección,
g) Notificar a la Autoridad Reguladora su intención de cerrar la instalación o práctica.

Responsable de radioprotección.

a) Elaborar los procedimientos de protección y seguridad aplicables a las prácticas, y aprobados por la Autoridad Reguladora (UNRA).
b) Elaborar y supervisar el programa de vigilancia radiológica de las prácticas, Identificar las condiciones en las que se puedan presentar exposiciones potenciales, y corregirlas.
c) Elaborar, supervisar y participar en los programas de entrenamiento inicial y anual del trabajador.
d) Asegurar que se efectúen las pruebas de fuga a las fuentes selladas.
e) Llevar los registros de los historiales dosimétricos del personal, prueba de fuga, medición de niveles y demás actividades concernientes a la protección radiológica.
f) Estar presente en el desarrollo de las inspecciones y auditorias que practique la Autoridad Reguladora (UNRA), cuando así se requiera.
g) En el caso de entidades que posean material radiactivo en depósito: que sea un profesional médico especialista o físico que acredite una formación suficiente para su trabajo.
h) En el caso de entidades que sólo disponen de salas de internación para ser utilizadas por terceros: que sea un profesional que acredite una formación suficiente para el cumplimiento de sus funciones.
i) La persona designada como responsable según lo establecido en el punto anterior, deberá aceptar dicha responsabilidad por escrito.

Médico radioterapeuta.

Los médicos radioterapeutas tendrán las responsabilidades siguientes:

a) Llevar acabo los trabajos con fuentes radiactivas aplicando los procedimientos

establecidos por el titular, lo especificado en la presente Norma y los requerimientos de la Autoridad Reguladora, teniendo en cuenta las recomendaciones del responsable de protección radiológica.

b) Asegurar que se cumplan los requerimientos de seguridad radiológica relacionados con los pacientes portadores de fuentes que se encuentren bajo su responsabilidad médica e intervenir inmediatamente en la solución de cualquier situación anormal que surja de los mismos.
c) Evitar toda exposición innecesaria de su persona y del público,
d) Utilizar apropiadamente los sistemas de vigilancia radiológica, los equipos y la ropa de protección que le proporcione el titular de la autorización,
e) Comprobar que su persona y vestuario no estén contaminados cuando salga de una zona potencialmente contaminada,
f) Proporcionar al titular de la autorización una copia certificada de su historial dosimétrico, expedida por una institución reconocida por la Autoridad Reguladora, previo al inicio de la relación laboral,
g) Conocer el manejo y uso correcto de las fuentes de radiación ionizante, del equipo detector y medidor de radiación, de los accesorios y dispositivos de seguridad,
h) Portar durante la jornada de trabajo los dosímetros personales requeridos, los cuales son para uso interno de la institución que los provea,
i) Aceptar toda información, instrucción y entrenamiento relativo a la protección y seguridad que le ayude a conducir su trabajo de acuerdo a la cultura de seguridad,
j) Informar al responsable de protección radiológica, sobre toda situación de riesgo o de accidente.

Técnico radioterapeuta.

El técnico radioterapeuta o radiólogo deberá cumplir los requisitos y las funciones siguientes:

a) Estar acreditado para desarrollar las funciones que le corresponden en el servicio de Braquiterapia.
b) Estar autorizado por la Comisión.
c) Operar el equipo y material radioterapéutico.

d) Preparar al paciente y aplicar el tratamiento con estricto apego a las indicaciones del médico radioterapeuta y registrarlo.
e) Avisar al médico tratante de cualquier anomalía que se presente durante el tratamiento.
f) Avisar al responsable de la seguridad radiológica o al encargado del servicio, sobre cualquier incidente que se derive del funcionamiento de los equipos o fuentes de las radiaciones ionizantes.

Personal de enfermería.

El personal de enfermería (cuando se trabaja la braquiterapia) deberá cumplir los requisitos y las funciones siguientes:

a) Acreditar los estudios hechos en enfermería.
b) Recibir capacitación periódica en la materia.
c) Realizar las actividades propias del servicio.
d) Promover la salud de los pacientes del servicio.

4.5. ACTIVIDADES DE UN SERVICIO DE BRAQUITERAPIA[12]

4.5.1. LA SELECCIÓN DE PACIENTES Y LA PREPARACIÓN CLÍNICA.

Para que un paciente sea candidato o sea seleccionado para recibir un tratamiento con Braquiterapia, tiene que pasar por una serie de fases en las cuales se le practican una serie de exámenes con la finalidad de realizar el diagnóstico y determinar si dicho paciente es elegido o no para recibir la terapia.

Cabe señalar que debe haber una fluidez bidireccional de la información constante entre todas las fases. Cualquier problema que surja en una fase determinada puede poner en entredicho todas las decisiones tomadas en fases anteriores.

4.5.1.1. ETAPAS LA SELECCIÓN DE PACIENTES Y LA PREPARACIÓN CLÍNICA.

El tratamiento con radiación debe ser personalizado para cada paciente de acuerdo al tamaño y la localización del cáncer. Con el fin de adecuar el tratamiento para que

[12] Normas de Radioterapia para la acreditación de servicios, gobierno de Chile

satisfaga las necesidades individuales, el proceso de administración de la radiación involucra varios componentes, incluidas la planificación médica, la simulación, la planeación del tratamiento y, por último, la aplicación del tratamiento.

I. PLANIFICACIÓN MÉDICA.

En evaluación inicial se obtiene información acerca de la naturaleza del tumor, su localización primaria y su extensión regional y/o sistémica. Para ello se práctica un examen físico completo del paciente, se realizan las biopsias adecuadas y se obtienen estudios diagnósticos complementarios como datos de laboratorio clínico e imágenes radiológicas, de resonancia magnética nuclear, de medicina nuclear y de ultrasonido.

La prácticas mencionadas permiten clasificar a la mayoría de las neoplasias en estadios clínicos y así definir la intención curativa o paliativa del tratamiento que se ejecutará. El médico deberá evaluar las diferentes alternativas del tratamiento con el paciente. Además, le presentará al paciente el formulario de consentimiento para el tratamiento inicial. Es muy importante leer y entender el formulario de consentimiento antes de firmarlo.

Luego se procede a la crítica etapa de determinación de la extensión y localización del volumen tumoral y de las estructuras normales adyacentes. Para ello se utilizan las técnicas de diagnóstico por imágenes.

II. PLANIFICACIÓN DEL TRATAMIENTO.

a. Simulación.

Luego de la consulta inicial y la decisión del tratamiento con radiación que se empleará, la siguiente sesión es, por lo general, una sesión de planificación que se conoce como simulación, mediante la cuál el radioterapeuta, usando una máquina de rayos X o Tomografía Axial Computarizada, con las que es posible diferenciar claramente entre el metal de los aplicadores y las fuentes, el hueso, el tejido blando, las cavidades de aire y las sondas con líquido de contraste, logrando definir por ello el área exacta de tratamiento.

Los resultados de la simulación pueden ser trasladados a un equipo de planificación tridimensional, haciendo posible contornear tanto el Volumen Blanco como los

diferentes órganos de interés en cada corte de TC, pudiendo obtenerse la forma tridimensional de cada estructura; esto permitiría pasar de una BT de puntos discretos a un análisis de dosis en volúmenes, mediante histogramas dosis-volumen e índices de calidad que den cuenta del cubrimiento del Volumen Blanco y de la uniformidad de dosis, con los que pueda valorarse la efectividad y el riesgo de complicaciones del tratamiento de una forma más adecuada.

b. Planificación dosimétrica.

Se grafica y estudia la distribución de la radiación en los diferentes tejidos normales y tumorales involucrados dentro de los campos de tratamiento, sea en forma manual o computacional. Se prueban diversas alternativas usando los distintos accesorios del equipo.

c. Reunión de Planificación.

Los pacientes deben ser analizados y discutidos en comité de pacientes nuevos. Este comité debe contar con la asistencia de médicos y físicos. En ella se resume la historia médica, los hallazgos físicos y diagnóstico, etapificación del tumor y se describe la estrategia de tratamiento. Debe discutirse, para todos los pacientes, la dosis tumoral prescrita, la dosis de órganos críticos, las posibles posiciones de tratamiento.

d. Ficha de tratamiento.

Debe contener la identificación del paciente, evaluación inicial, es decir, la historia, plan de tratamiento, detalles físicos del plan de tratamiento, cálculos dosimétricos, las firmas correspondientes, el detalle de la realización diaria del tratamiento, la dosis acumulativa, el documento diario de los accesorios que se están usando, y además, las radiografías de verificación y de simulación. Debe además anotarse la cronología de los cambios de tratamiento y cualquier comentario pertinente al cuidado del paciente. En esta ficha está descrita la localización y posicionamiento del paciente. (Lo ideal es poder contar además con una fotografía del paciente y del área y posición del tratamiento). Además incluye el registro de los controles de tratamiento y, al finalizar éste, el Resumen de Alta en que se describe el problema clínico, el tratamiento entregado, la tolerancia al tratamiento, la respuesta del tumor y el plan de seguimiento.

e. Aplicación del tratamiento.

Por lo general, el tratamiento con radiación se administra en una sala distinta a la de simulación. La planificación y las áreas del tratamiento que resultan de la sesión de simulación, se llevan al cuarto de tratamiento que cuenta con el equipo de braquiterapia. Se verifica la planificación del tratamiento y sólo se inicia luego de que el radio-oncólogo y los tecnólogos han revisado de nuevo las áreas de tratamiento y los cálculos, y se encuentren muy satisfechos con las “especificaciones”.

En el caso de braquiterapia manual éste incluye la selección, preparación e inserción de las fuentes así como el retiro de éstas en el momento indicado. En el caso de equipos de carga remota automática, este proceso incluye el ingreso de los datos al sistema de aplicación, la conexión del equipo al paciente y la administración de la irradiación.

Durante el tratamiento con radiación, el paciente debe permanecer muy quieto sobre la mesa de tratamiento, mientras se realiza el procedimiento en el área exacta del tumor. Los tecnólogos no se encontrarán en el cuarto durante el tratamiento ya que éste cuenta con una conexión de vídeo y audio que les permite monitorizarlo.

g. Controles de tratamiento.

Cada paciente debe ser sometido a control médico por un especialista en radioterapia oncológica, al menos semanalmente desde el momento de iniciar el tratamiento, y en el momento de terminarlo. Un control adicional debe ser efectuado un mes después de finalizar la terapia. En estos controles el paciente debe ser instruido con relación a su enfermedad y a los cuidados que debe tener durante la radioterapia, y el médico debe efectuar la evaluación clínica del paciente y dar las indicaciones pertinentes. Además de éstos, deberá existir un especialista disponible en caso de situaciones de emergencias, durante todo el período de tratamiento.

h. Resumen de Alta.

Al finalizar el tratamiento, el médico debe elaborar una epicrisis completa, en donde se describa claramente las zonas tratadas. Asimismo, el tipo de unidad de tratamiento utilizada, energía y tipo de radiación, el tipo de dispositivo, distribución de cargas y

horas de implante, y la dosis estimada. En caso de incluirse órganos limitantes, debe especificarse la dosis alcanzada en ellos. Además, las indicaciones de alta con respecto a los cuidados recomendados, controles de seguimiento y fecha de control por médico oncólogo radioterapeuta. Una copia de esta epicrisis debe ser enviada al médico o centro de referencia.

i. Seguimiento.

Todo paciente deberá ser controlado en forma periódica por oncólogo radioterapeuta, los dos primeros años cada tres meses, y a partir del tercer año cada 6 meses. Después de los 5 años se podrá controlar 1 vez al año. Se podrá alternar con los otros especialistas tratantes, previo acuerdo de protocolo de seguimiento. Es fundamental registrar en la ficha clínica la condición del paciente y en forma muy especial y detallada las eventuales complicaciones atribuidas al tratamiento radiante, las que pueden ser agudas y tardías. Se recomienda mantener protocolos de clasificación de las eventuales complicaciones según la localización y el tipo de terapia efectuada.

j. Información al paciente.

Cada centro deberá tener un sistema de información verbal y por escrito a los pacientes y sus familiares con relación a indicaciones, complicaciones y beneficios del tratamiento que se le ofrece y las eventuales alternativas terapéuticas. Será responsabilidad del médico tratante dar la correcta información al paciente sobre su enfermedad y alternativas terapéuticas antes de proceder a la planificación del tratamiento. La información sobre los cuidados durante el tratamiento y después de finalizado el mismo deberá ser reforzada por el tecnólogo médico que trata al paciente. La enfermera cumplirá un rol de especial importancia al instruir al paciente o al familiar directo en el momento del alta.

En el siguiente flujograma se puede apreciar las etapas del proceso que se debe seguir para la aplicación de braquiterapia.

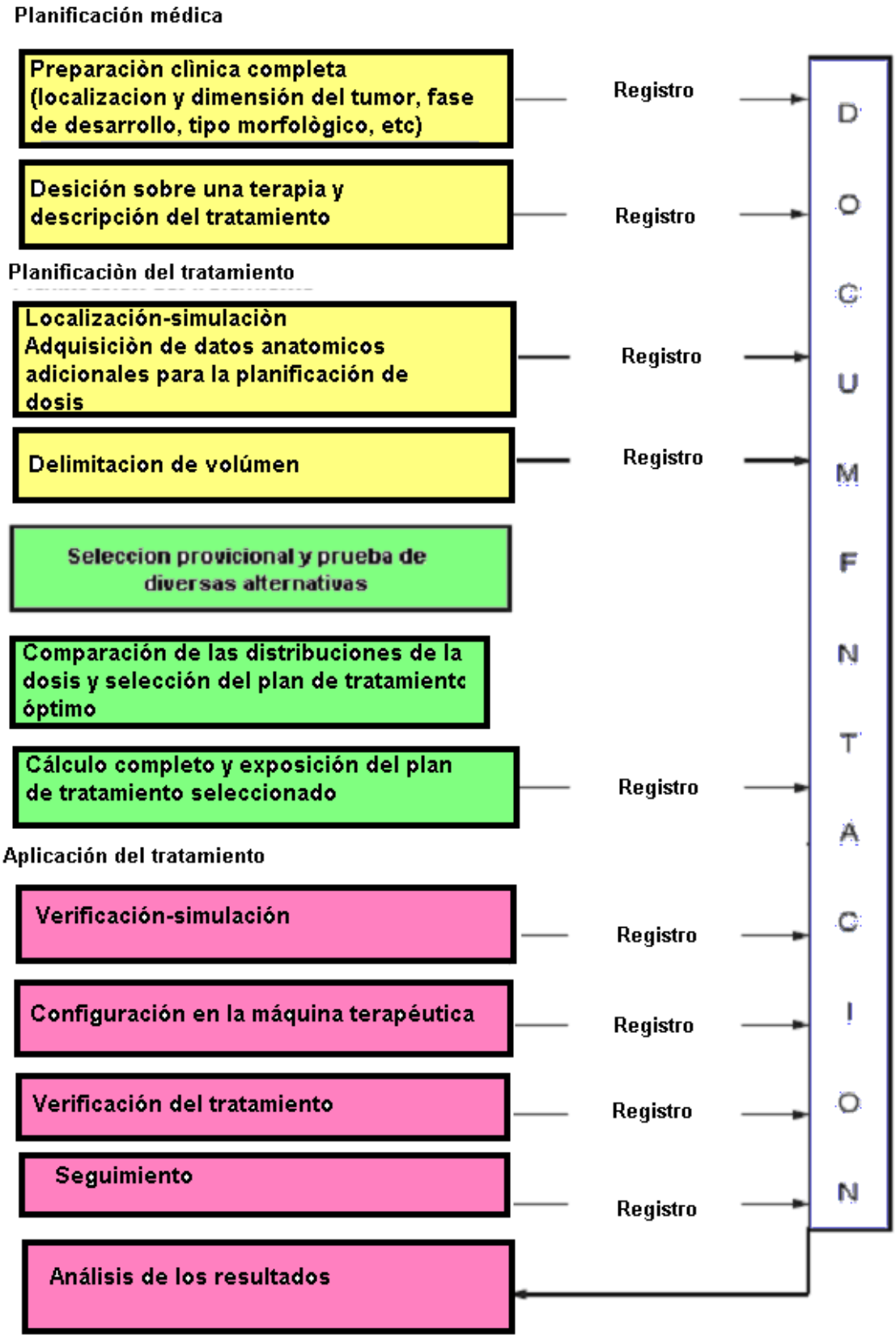


Figura 4.1: Etapas del procedimiento de Braquiterapia.

4.5.2. ACTIVIDADES EN EL TRATAMIENTO.

Cada servicio deberá tener por escrito, tanto los esquemas de tratamiento que aplica para las distintas patologías que se manejan en sus diferentes estadios clínicos, como los protocolos de investigación clínica, los que deberán estar en relación con el estado actual del conocimiento científico. En este último caso, deberán ser aprobados por un comité de ética hospitalario, con información por escrito y consentimiento informado de los pacientes y/o sus familiares responsables.

4.5.3. REGISTROS Y ESTADÍSTICAS.

Cada centro deberá llevar un registro cronológico de los pacientes ingresados para tratamiento de Braquiterapia, y de los reingresos de pacientes para tratamientos paliativos o por segundos primarios. Deberá poseer además un registro por patologías, que le permita analizar los resultados de sus tratamientos tanto en control tumoral como en complicaciones.

4.5.4. CONTROL DE CALIDAD DE EQUIPOS DE TRATAMIENTO.[7]

Toda instalación de braquiterapia debe contar con un programa de garantía de calidad con el objeto de asegurar que los procedimientos se desarrollen o implementen conforme a las normas regulatorias vigentes y en los términos fijados en la autorización de operación de la instalación.

Cada institución debe tener medios para garantizar que la calidad del servicio de braquiterapia que ofrece se mantiene dentro de límites de tolerancia aceptados por normas o recomendaciones, y que dispone de los mecanismos necesarios para corregir desviaciones que puedan ir en detrimento del paciente, del público o del trabajador.

La responsabilidad para el desarrollo de un programa de garantía de calidad en radioterapia descansa en la propia institución, y los administradores, jefes de servicios médicos y profesionales en las distintas áreas, comparten las responsabilidades de su ejecución.

[7] Manual de radioprotección en las aplicaciones Médicas de las Radiaciones Ionizantes, ARN

Los equipos de tratamiento deberán ser sometidos a control de calidad interno y externo según esta norma. Cada equipo radioterapia deberá contar con un libro de vida en el que se anotará diariamente los controles de calidad efectuados, su resultado y el nombre del profesional a cargo. En ese mismo libro se anotarán las observaciones efectuadas por el personal de control de calidad externo luego de cada visita, y todos los desperfectos que ocurran durante su operación y las medidas correctoras efectuadas.

4.5.4.1. CONTROL EXTERNO.

Será efectuado por el Ministerio de Salud Pública, delegada en aquellas entidades que esta institución estimen conveniente. Los Servicios deberán dar las facilidades para realizar este control de calidad, que contempla la evaluación, tanto de los equipos de tratamiento y planificación en sus aspectos dosimétricos, mecánicos y de seguridad, como todo el equipo utilizado para la dosimetría en los controles internos, con una periodicidad al menos anual.

4.5.4.2. CONTROL INTERNO.

Será efectuado por el propio centro, que será el responsable del buen funcionamiento del equipo. La periodicidad dependerá del tipo de equipo. En cada equipo de tratamiento deberá existir un ejemplar del esquema de control y un registro diario con los resultados obtenidos. Para esto, cada centro deberá contar con un conjunto de elementos de dosimetría los que deberán tener su propio control de calidad.

Los sistemas de planificación deberán estar sometidos a su propio control de calidad, tanto de equipos como del software, de acuerdo a las especificaciones y manuales de mantenimiento y operación entregados por el fabricante.

4.5.4. NORMAS Y CRITERIOS DE DISEÑO.

4.5.4.1. NORMAS Y CRITERIOS DE DISEÑO ARQUITECTÓNICOS[14].

A continuación se definirán algunas normas y criterios considerados para el diseño y distribución arquitectónica del servicio de Braquiterapia:

4.5.4.1.1. ESPACIO FÍSICO EN CONTORNO (ZONA).

Deberá tener una zona de amortiguamiento entre las paredes externas de las unidades braquiterapia, con los límites de casas o edificios destinados a habitación, de por lo menos 3 metros. Las zonas de amortiguamiento deberán ser propiedad del hospital, clínica o gabinete propietario de la unidad. Para el diseño de la instalación deberá considerarse el uso de las zonas aledañas hasta una distancia de 15 metros.

4.5.4.1.2. INGENIERIA SANITARIA

a. Sala de espera y recepción.

La sala de espera y recepción de pacientes deberá tener los siguientes requisitos:

1. Ubicación inmediata al acceso del servicio, correlación directa a consultorios y áreas de tratamiento;
2. Su espacio debe de corresponder a ocho lugares por cada consultorio y sala de tratamiento;
3. Sistema de seguridad contra incendio;

b. Consultorio.

Cada consultorio deberá cumplir los requisitos siguientes:

1. Ubicación inmediata a la sala de espera y recepción;
2. Superficie mínima de 9 metros cuadrados para el área de exploración (puede ser compartido con otros consultorios);
3. Lavabo con sus instalaciones

[14] Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-229-SSA1-2002". México. 27 de enero de 2004.

4. Se recomienda 3 salas de consulta por cada unidad de terapia ó 1 consulta por cada 20 pacientes en tratamiento. Deben estar próximas a las salas de terapia, e incluir mesas de examen general y ginecológico, silla para examen de cabeza y cuello e instrumental adecuado.
5. Su diseño debe permitir el flujo ágil de pacientes y personal asegurando privacidad para el paciente; para ello se recomienda un área mínima de 15 m^2 por consultorio.

c. Vestidores.

Los vestidores deberán cumplir los requisitos siguientes:

1. Ubicación cercana al cuarto de tratamiento
2. Área para cambio de ropa, con superficie mínima de 1.30 m x 1 m;
3. En el caso de los discapacitados, el área para cambio de ropa tendrá las adaptaciones que marca la norma respectiva.

d. Área de aplicación.

El área de braquiterapia deberá reunir los siguientes requisitos:

Braquiterapia de carga diferida manual:

1. Área controlada para camas de hospitalización con instalaciones;
2. Blindaje específico de acuerdo a lo reglamentado por la Comisión;
3. Disponer el almacén de material radiactivo con sus componentes de seguridad.

Para carga remota o automatizada:

1. Ubicación accesible a la sala de espera;
2. Su diseño considerará una superficie interior mínima de 20 metros cuadrados, sin considerar los espacios destinados a los laberintos;
3. Un espacio independiente para el control de mando;

4. Las puertas y los pasillos de acceso tendrán un claro mínimo de 1.30 m, para que transiten camillas y sillas de ruedas;
5. Contar con blindaje específico de acuerdo a los cálculos definidos según las normas de radioprotección.

e. Simulación.

El área de simulación deberá reunir los siguientes requisitos:

1. Las condiciones de instalación serán las definidas por el fabricante.
2. Deberá contar con un área mínima de 5 m^2.

f. Área de recuperación.

El área de simulación deberá reunir los siguientes requisitos:

1. Se encontrara continua al área de aplicación de Braquiterapia automatizada de alta tasa de dosis.
2. La capacidad de la sala varía entre 3 a 5 camas, por cada área de aplicación.
3. Se considera un área mínima de 8 m^2 por cama.

g. Almacén de material radioactivo.

1. Ubicarse dentro del área de la braquiterapia;
2. Superficie mínima de 4 m^2
3. Mesa de apoyo de material resistente para soportar el blindaje y la barrera de trabajo para el manejo del material radiactivo e iluminación directa.

h. Dirección.

1. Ubicada en un área donde no interfiera con el área circulación operativa.

2. Debe poseer un área mínima de 15 m^2

i. Secretaría.

1. Ubicada cerca de la dirección.
2. Debe poseer un área mínima de 9 m^2

j. Sanitarios.

Los sanitarios deberán reunir las condiciones y características señaladas en el Reglamento General de Construcciones:

1. Los servicios sanitarios contaran con un inodoro, un lavabo.
2. Deberán diferenciarse por sexo.
3. Superficie mínima 3.5 metros cuadrados.

k. Área de descanso personal.

1. Debe contar con una área destinada para el descanso.
2. Acceso a sanitarios.
3. Área de acuerdo al personal.

4.5.4.1.3. ACABADOS.

1. De requerir el uso de rampas, su pendiente no será mayor del 6º;
2. Los acabados de las paredes, puertas, ventanas, techos, losas, pisos y muros del servicio de radioterapia, a excepción del cuarto de teleterapia, cubrirán los requisitos siguientes:
    a. Ser durables, funcionales, resistentes y de fácil limpieza;
    b. En muros se emplearán materiales lisos que no acumulen polvo; en áreas húmedas se utilizarán materiales repelentes al agua;
    c. Techos o losas la superficie será lisa y continua.

4.5.4.1.4. CLIMATIZACIÓN.

La climatización del ambiente hospitalario además de ser un factor muy importante para proporcionar un confort favorable e influir positivamente en el estado del paciente, se ha convertido en un factor muy importante en la higiene hospitalaria, ya que ayuda a controlar la pureza del aire por medio de filtros, renovación del aire, manteniendo una temperatura especifica y humedad relativa.

A continuación se mencionan algunas de las normas que se deben tomar en cuenta para el diseño del ambiente del servicio de Braquiterapia:

1. Se debe mantener una temperatura entre 22°C y 24°C; humedad relativa entre el 50% y 60%.
2. Las entradas de aire fresco no deben estar a menos de 9m de los escapes o salidas de equipos de combustión o chimeneas.
3. La salida de aire fresco debe estar localizada a una altura no menor a 1.8 m sobre el nivel del piso.
4. Las descargas del aire removido del hospital deben estar localizadas a un mínimo de 3 m sobre el nivel del suelo; retiradas de puertas, ventanas o áreas ocupadas.
5. Las descargas de aire se realizaran hacia arriba o de forma horizontal alejado de las tomas de aire fresco.
6. Las habitaciones para aislamiento deben mantenerse a una temperatura agradable de 24°C.
7. El sistema de ventilación en la sala de espera y recepción de pacientes deberá ser preferentemente natural y adecuado a la localización geográfica y ubicación del servicio, considerando un volumen mínimo para ventilación de 17.5 metros cúbicos por hora y por persona.
8. En el área de aplicación automatizada se requiere aire nuevo a razón de 15 volúmenes por hora.
9. Para suministrar aire libre de contaminación de bacterias, se utilizaran filtros HEPA (absolutos), filtros automatizados, filtros tipo celda.

4.5.4.1.5. ILUMINACIÓN

La iluminación es un elemento muy importante en el servicio de braquiterapia, ya que se requiere del monitoreo del paciente ya sea durante la terapia (automatizada) o en el período de aislamiento (manual).

A continuación se mencionan algunas de las normas que se deben tomar en cuenta para el diseño del ambiente:

a. La sala de espera, recepción de pacientes y área administrativa deberá tener luminarias con intensidad mínima de 70 luxes, dependiendo de las fuentes de iluminación natural.

b. El área de consultorios debe diseñarse con una iluminación de tipo general de 250 luxes (cada consultorio).

c. Cuarto de braquiterapia automatizada y simulación deberá poseer una Iluminación artificial mínima con 300 luxes regulable.

d. El área de vestidores deberá contar con un nivel lumínico de 75 luxes.

e. El almacén de material radiactivo Iluminación artificial mínima de 250 luxes

f. El cuarto de aseo deberá contar con un vertedero con instalaciones y un nivel lumínico mínimo de 76 luxes.

4.5.4.1.6. NORMAS Y CRITERIOS DE DISEÑO PARA SERVICIOS VITALES.

A. DISEÑO ELECTRICO.

Sistema de emergencia:

b. Las instalaciones deben estar alimentadas por dos fuentes externas separadas, cada una con la plena capacidad.

Toma corrientes:

c. Los tomacorriente se debe colocar a una altura de 0.40 mt., sobre el nivel del piso .
d. Cada tomacorriente de potencia de al menos un polo de tierra será capaz de mantener una baja resistencia de contacto en su conexión de acoplamiento a pesar del maltrato eléctrico al que se pueda someter.
e. Todo interruptor y tomacorriente será de grado hospitalario.

f. Cada uno de los circuitos debe estar protegido por un tablero de zona correspondiente con un interruptor automático calculado según la carga del circuito.
g. La carga de instalación por circuito no debe exceder 1600 watts.
h. La máxima impedancia de tierra permitida es de 0.2 ohmios.

B. DISEÑO HIDRÁULICO.

Las instalaciones de agua que se necesiten en el servicio de braquiterapia dependen directamente del abastecimiento de las instalaciones hidráulicas del hospital.

El agua que se proporcione al servicio de braquiterapia debe ser potable.

El abastecimiento del agua potable se realizará por medio de la red pública.

En caso que se utilicen cisternas para el abastecimiento de agua, el hospital deberá contar con un sistema de potabilización del agua.

CAPÍTULO 5: CRITERIOS DE DISEÑO PARA RADIOPROTECCIÓN.

5.1. INTRODUCCIÓN.

Para el desarrollo de la técnica de Braquiterapia se utilizan materiales o implantes radioactivos los cuales son depositados en o sobre el paciente, por lo tanto se corre el riesgo de sobre exposición radioactiva tanto para el personal como para el paciente. Por lo tanto se deben de contar con requisitos y medidas de seguridad radiológica aplicables a la utilización de fuentes radiactivas sólidas no dispersables, con fines terapéuticos.

Dichos requisitos se definirán en el desarrollo del siguiente capitulo con la finalidad de dejar claros todos los aspectos que se deben de tomar en cuenta para lograr una adecuada protección radiológica.

5.2. PRINCIPIOS BÁSICOS.

El objetivo básico de la Protección es prevenir la producción de efectos biológicos no estocásticos y limitar la probabilidad de incidencia de efectos biológicos estocásticos, hasta valores que se consideren aceptables. Este objetivo es aplicable tanto para el personal de sus Instalaciones, como para los estudiantes y el público en general.

Para prevenir la ocurrencia de efectos no estocásticos se fijan unos límites de dosis suficientemente bajos, de manera que no se alcancen los valores umbrales para estos efectos.

La limitación de la aparición de los efectos estocásticos se consigue manteniendo todas las exposiciones justificadas tan bajas como razonablemente sea posible, teniendo en cuenta las condiciones socio-económicas aplicables.

5.3. REQUISITOS PARA LA AUTORIZACIÓN DE UN SERVICIO DE BRAQUITERAPIA[13].

5.3.1. REQUISITOS GENERALES.

La entidad solicitante deberá designar un responsable que satisfaga los siguientes requisitos como mínimo:

1. En el caso de entidades que posean material radiactivo en depósito: que sea un profesional médico especialista que acredite una formación suficiente para su trabajo.

2. En el caso de entidades que sólo disponen de salas de internación para ser utilizadas por terceros: que acredite una formación suficiente para el cumplimiento de sus funciones.

3. La persona designada como responsable según lo establecido en el punto anterior, deberá aceptar dicha responsabilidad por escrito.

4. La entidad solicitante deberá disponer de locales de almacenamiento y tratamiento que satisfagan lo establecido en la presente guía.

5. La entidad solicitante deberá disponer de los elementos necesarios para cumplir en forma satisfactoria los requisitos de Operación del presente documento.

5.3.2. LOCAL DE ALMACENAMIENTO DE RADIOISÓTOPOS.

6. El local de almacenamiento deberá destinarse en forma exclusiva al alojamiento, preparación, control y/o esterilización de fuentes radiactivas.

[13] Acuerdo 41, Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social Ramo de Salud Pública y Asistencia Social.

7. Las puertas del local de almacenamiento y del depósito deberán contar con elementos de seguridad que impidan su apertura por personas no autorizadas.

8. La superficie de la mesa de preparados deberá ser lisa, continua e impermeable.

9. A menos que la entidad solicitante demuestre que no es necesario, la mesa de preparados deberá contar con un blindaje que permita la visión y manipulación de las fuentes sin alterar la capacidad de blindaje del mismo.

10. El proyecto deberá contemplar la manera en que se almacenaran las fuentes radiactivas dentro de sus respectivos contenedores primarios.

11. Las fuentes radiactivas deberán identificarse de tal manera que puedan diferenciarse por actividad y/o nucleído.

12. Los contenedores deberán tener adherida una placa que indique, para cada tipo de fuente: isótopo, actividad y cantidad.

5.3.1. LOCALES DE TRATAMIENTO.

EI tratamiento de los pacientes debe efectuarse exclusivamente en los locales que la instalación está autorizada a emplear para este propósito.

5.3.1.1. CONDICIONES DE LOS LOCALES DE TRATAMIENTO

Los locales de tratamiento de pacientes deben cumplir con las condiciones siguientes:

13. En cada local sólo podrán utilizarse los radionucleidos que la entidad haya sido autorizada a emplear;
14. Los pacientes portadores de fuentes deben permanecer bajo el cuidado de personal debidamente entrenado;
15. No deben permanecer en el mismo local de tratamiento en forma simultánea

pacientes portadores y no portadores de material radiactivo;

16. Debe efectuarse en forma rutinaria el monitoreo del local de tratamiento, de la ropa de cama y de todo otro elemento que pudiera contener material radiactivo desprendido del implante;
17. AI finalizar cada tratamiento debe verificarse que la cantidad de fuentes que se retiren del paciente coincida con la de fuentes colocadas;

5.3.1.1. CONDICIONES DE ESTANCIA PARA LOS PACIENTES DEL SERVICIO DE BRAQUITERAPIA.

Los pacientes portadores de fuentes deben cumplir con las siguientes condiciones:

18. No abandonar el local de tratamiento, salvo que razones médicas u otras de fuerza mayor así lo requieran.
19. No se permitirán las visitas a menores de 18 años y embarazadas a los pacientes portadores de fuentes radiactivas.
20. Cuando se utilicen equipos de carga diferida remota, la instalación deberá disponer, independientemente de los dispositivos de seguridad con que cuente el equipo, de:
    - Una alarma acústica y lumínica en el exterior del local de tratamiento que se activa cuando la fuente no retorne al blindaje.
    - Un sistema que active una señal lumínica en el exterior del local de tratamiento siempre que las fuentes se encuentren fuera de su blindaje

21. El local de tratamiento deberá contar con instalaciones sanitarias para uso exclusivo del paciente y de diseño adecuado para impedir el extravío de material radiactivo.

5.3.1.2. OPERACIÓN GENERALES.

22. Ninguna entidad podrá adquirir, utilizar, vender, alquilar, ceder, ni dar de baja fuentes radiactivas sin autorización previa de la autoridad competente.

23. El uso, control y mantenimiento de fuentes y equipos deberá realizarse teniendo en cuenta las recomendaciones del fabricante y/o de la autoridad competente.

24. La manipulación de fuentes deberá efectuarse utilizando pinzas u otros elementos adecuados para ese propósito.

25. La colocación en el paciente de fuentes radiactivas deberá efectuarse por técnicas de carga diferida, siempre que sea posible.

26. Cuando sea necesario efectuar la localización radiográfica o radioscópica del material radiactivo colocado en un paciente, se deberán utilizar procedimientos que contemplen la optimización del tiempo de localización y la distancia entre el paciente y el personal de dicha área. Además, deberán seguirse los procedimientos de seguridad aplicables a un servicio de radiología convencional.

5.3.2. RESPONSABILIDADES DE LA ENTIDAD AUTORIZADA A DESARROLLAR LA PRÁCTICA DE BRAQUITERAPIA.

La entidad autorizada deberá:

27. Asegurar que el responsable disponga de las facilidades y el apoyo necesarios para el cumplimiento de sus funciones;
28. Efectuar una adecuada supervisión de las condiciones de seguridad radiológica en que se desarrollen las actividades de braquiterapia;
29. Designar al responsable y asegurar que dicha función se mantenga cubierta.

El responsable deberá:

30. Implementar las medidas necesarias para garantizar la seguridad radiológica de los pacientes, del personal ocupacionalmente expuesto y de los miembros del público;
31. Asegurar que el personal afectado a las tareas con fuentes radiactivas sea instruido respecto de las medidas de seguridad que deban tomar en su trabajo.

5.4. REQUERIMIENTOS MÍNIMOS PARA EL FUNCIONAMIENTO ADECUADO DE UN SERVICIO DE BRAQUITERAPIA

5.4.1. CLASIFICACIÓN DEL PERSONAL[(15)]

32. Por razones de seguridad, vigilancia y control radiológico, las personas que trabajan en las instalaciones de braquiterapia se clasifican, en función de las condiciones en que realizan su trabajo, en:
    a. Trabajadores expuestos: radioterapeuta, técnico auxiliar y enfermeras.
    b. Miembros del público

5.4.1.1. TRABAJADORES EXPUESTOS.

33. Son personas que, por las circunstancias en que se desarrolla su trabajo, bien sea de modo habitual, bien sea de modo ocasional, están sometidas a un riesgo de exposición a las radiaciones ionizantes susceptible de entrañar dosis superiores a alguno de los límites de dosis para miembros del público.

34. Los estudiantes y personas en formación, mayores de dieciocho años, que, durante sus estudios, se encuentren expuestos a las radiaciones ionizantes, se consideran incluidos en esta categoría.

Los trabajadores expuestos se clasifican en dos categorías:

[(15)] 14555 Real Decreto 783/2001, Madrid a 6 de julio de 2001.

1. **Categoría A:**

Pertenecen a esta categoría los que puedan recibir una dosis efectiva superior a 6 mSv por año oficial, o una dosis equivalente superior a 3/10 de los límites de dosis equivalente para el cristalino, la piel y las extremidades.

La condición de trabajador expuesto de categoría A exige obligatoriamente:

a. Superar el reconocimiento médico de ingreso y los reconocimientos periódicos.
b. Haber recibido formación en protección radiológica.
c. Utilizar obligatoriamente dosímetros individuales que midan la dosis externa, representativa de la totalidad del organismo, siempre que realice trabajos que supongan riesgos de exposición externa.
d. Utilizar dosímetros adecuados en las partes potencialmente más afectadas, en el caso de riesgo de exposición parcial o no homogénea del organismo.
e. Someterse a los controles dosimétricos pertinentes, en caso de existir riesgo de contaminación interna.

Como orientación general, no se considerarán trabajadores expuestos a los trabajadores administrativos de Radioterapia e instalaciones con fuentes no encapsuladas.

2. Categoría B:

Pertenecen a esta categoría aquellos para los que es muy improbable que reciban dosis superiores a 6 mSv por año oficial, o a 3/10 de los límites de dosis equivalente para el cristalino, la piel y las extremidades.

La condición de trabajador expuesto de categoría B exige obligatoriamente:

a. Haber recibido formación en protección radiológica.
b. Estar sometido a un sistema de vigilancia dosimétrica que garantice que las dosis recibidas son compatibles con su clasificación en categoría B

5.4.1.2. MIEMBROS DEL PÚBLICO DEL SERVICIO DE BRAQUITERAPIA.

35. Se considera miembros del público a :
    a. Los trabajadores no expuestos.
    b. Los trabajadores expuestos, fuera de su horario de trabajo habitual.
    c. Los usuarios de las instituciones sanitarias, mientras no estén siendo atendidos como pacientes con fines diagnósticos o terapéuticos.
    d. Cualquier otro individuo de la población

5.4.2. RESTRICCIÓN DE DOSIS[13].

36. Las dosis de radiación para los trabajadores y público, originadas en tareas de braquiterapia deberán ser tan bajas como sea razonablemente alcanzable y no superar los siguientes valores restrictivos de dosis:
    a. 100 micro Sievert al año (µSv/año) en el caso de miembros del publico;
    b. 6 mili Sievert al año (mSv/año) en el caso de personal ocupacionalmente expuesto que cumpla una jornada laboral de ocho horas o la parte proporcional de este valor de acuerdo a las horas de trabajo.
    c. El personal ocupacionalmente expuesto de otras prácticas no relacionadas directamente con la práctica de braquiterapia no deberá exceder la restricción de dosis aplicable a miembros del público.

5.4.3. CLASIFICACIÓN DE ZONAS[13].

37. En braquiterapia se clasificaran las zonas de la siguiente forma:
    a. Zona controlada: cuarto de control y acceso a las habitaciones.
    b. Zona de permanencia limitada: habitaciones con pacientes portadores de fuentes y almacén de fuentes.

[13] Acuerdo 41, Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social Ramo de Salud Pública y Asistencia Social.

5.4.3.1. ACCESO A ZONA CONTROLADA.

38. El acceso a zona controlada debe estar restringido a las personas que estén debidamente autorizadas, o sea a los trabajadores expuestos adscritos a esa área y que conocen el tipo de riesgo.
39. A los pacientes que deban ser objeto de pruebas diagnósticas o tratamientos, se les dará toda la información y medios necesarios para que no se irradien accidentalmente por motivos ajenos al acto médico del que van a ser protagonistas.

5.4.3.2. TRABAJO EN ZONA CONTROLADA

40. Debe realizarse de modo que se cumplan estrictamente las instrucciones contenidas en los procedimientos de trabajo, con objeto de restringir la exposición a la radiación ionizante.
41. Estos procedimientos de trabajo deben de estar a disposición del trabajador en las diferentes unidades.
42. Cada trabajador conocerá todos los procedimientos relacionados con su trabajo y con la protección radiológica.
43. La zona debe de contar con instrumentos adecuados para identificar los riesgos.
44. Deben comprobarse periódicamente los dispositivos de seguridad.
45. Si existe riesgo de contaminación se cumplirán estrictamente las normas en cuanto a utilización de ropa, guantes y calzado especiales y todas aquellas destinadas a prevenir este riesgo.
46. El personal que trabaja en esta zona obligatoriamente debe llevar dosímetro personal.

5.4.3.3. SALIDA DE ZONA CONTROLADA

47. En la unidad de braquiterapia, y siempre que se haya cortado, preparado o manipulado alguna fuente de pequeño tamaño, se debe controlar la posible contaminación del trabajador y del área antes de abandonarla.

5.4.3.4. ACCESO Y TRABAJO EN ZONAS VIGILADAS

48. Las zonas vigiladas estarán delimitadas adecuadamente y señalizadas de forma que quede de manifiesto el riesgo de exposición existente en las mismas.
49. El acceso a las zonas vigiladas estará limitado a las personas autorizadas al efecto.
50. En el interior de las zonas vigiladas se establecerán procedimientos de trabajo adaptados al riesgo radiológico existente. Además debe efectuarse, al menos, mediante dosimetría de área, una estimación de las dosis que pueden recibirse.

5.4.4. SEÑALIZACIÓN[16]

51. El riesgo de radiación vendrá señalizado mediante su símbolo internacional: un "trébol" enmarcado por una orla rectangular del mismo color que el símbolo y de la misma anchura que el diámetro de la circunferencia interior del símbolo.

52. Los colores de los "tréboles" indicarán la clasificación de la zona en orden creciente al riesgo asociado:

COLOR	ZONA
Gris azulado	Zona vigilada
Verde	Zona controlada
Amarillo	Zona de permanencia limitada
Naranja	Zona de permanencia reglamentada
Rojo	Zona de acceso prohibido

5.4.4.1. SEÑALIZACIÓN AREA DE APLICACION[13]

Mientras los pacientes permanezcan bajo tratamiento con fuentes radiactivas debe fijarse en los locales autorizados las señalizaciones e instrucciones siguientes:

53. En la parte exterior de la puerta de acceso:

    a. Símbolo de Radiaciones Ionizantes (trisector),

[16] Manual de Proteccion Radiológica, 16 Septiembre 2002, Sociedad Española de Física Médica.
[13] Acuerdo 41, Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social Ramo de Salud Pública y Asistencia Social.

b. Régimen de visitas,
c. Entrada sólo para personal autorizado,
d. Condiciones de uso autorizado del local.

54. En lugar visible dentro de la habitación: instrucciones para el personal dedicado a la atención del paciente. Estas instrucciones deben como mínimo, describir:
    a. Tamaño y apariencia de las fuentes;
    b. Manipulación, almacenamiento seguro y comunicación inmediata en caso de situaciones anormales
    c. de emergencia;
    d. Atención del paciente;
    e. Control de visitas;
    f. Notificación al responsable de protección radiológica en caso de emergencia médica o muerte del paciente.

55. Al pie de la cama:
    a. Enumeración de las fuentes colocadas y esquema demostrativo,
    b. Fecha y hora de inicio y finalización del tratamiento.

56. Un duplicado de la información indicada en el presente articulo deberá permanecer en el expediente del paciente,

57. Debe disponerse de un contenedor para casos de emergencia dentro del local de tratamiento.

5.4.5. EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN[13].

5.4.5.1. MONITOREO DE ÁREA

Se deberá efectuar las siguientes tareas de monitoreo:

58. Evaluar la eficacia de los procedimientos y elementos destinados a la seguridad radiológica y mejorarla si es necesario;

[13] Acuerdo 41, Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social Ramo de Salud Pública y Asistencia Social.

59. Evitar que ocurran situaciones anormales;
60. Determinar las acciones inmediatas que deban tomarse en situaciones anormales.

5.4.5.2. EQUIPO NECESARIA PARA MONITOREO DE ÁREA.

Se debe disponer como mínimo de un instrumento para monitoreo de área que cumpla con las siguientes características:

61. Indicación en unidades de dosis equivalente ambiental;
62. Valores a fondo de escala desde 10 micro Sievert/hora (o menor) hasta 1 mili Sievert, (o mayor);
63. Exactitud no menor de ±30 %.

5.4.5.3. CALIBRACIÓN DEL EQUIPO DE MONITOREO.

64. El instrumental de medición indicado en el articulo anterior deberá calibrarse como mínimo una vez por año, cada vez que el instrumento sea sometido a una reparación y cuando existan motivos para suponer una alteración de su calibración.

5.4.5.4. DOSIMETRIA PERSONAL DEL SERVICIO DE BRAQUITERAPIA.

65. Debe monitorearse la dosis equivalente individual, penetrante de todo el personal expuesto; práctica que debe efectuarla una institución reconocida por la Autoridad Reguladora. Los trabajadores que manipulen fuentes radiactivas debe utilizar anillos dosimetricos; y los informes de dosis deben tener una periodicidad no superior a un mes.

5.4.5.5. HISTORIAL DOSIMÉTRICO DEL PERSONAL DEL SERVICIO DE BRAQUITERAPIA Y REGISTROS ADICIONALES.

66. Será obligatorio registrar todas las dosis recibidas durante la vida laboral de los trabajadores expuestos en un historial dosimétrico individual, que se mantendrá debidamente actualizado y estará, en todo momento, a disposición del propio trabajador.

67. A estos efectos, será también obligatorio registrar, conservar y mantener a disposición del trabajador los siguientes documentos:
    a. En el caso de las exposiciones accidentales y de emergencia, así como en caso de superación de límites, los informes relativos a las circunstancias y a las medidas adoptadas.
    b. Los resultados de la vigilancia del ambiente de trabajo que se hayan utilizado para estimar las dosis individuales.
68. El historial dosimétrico de todo trabajador expuesto de categoría A figurará, además, en su historial médico.

5.4.5.6. CONTENIDO DEL HISTORIAL DOSIMÉTRICO[14]

69. En el historial dosimétrico correspondiente a trabajadores de la categoría A se registrarán las dosis mensuales, las dosis acumuladas en cada año oficial y las dosis acumuladas durante cada período de cinco años oficiales consecutivos.
70. En el caso de trabajadores de la categoría B, se registrarán las dosis anuales determinadas o estimadas.
71. Registro de las dosis por exposición especialmente autorizada, accidente o emergencia.
72. Toda dosis recibida como consecuencia de una exposición especialmente autorizada deberá quedar consignada como tal en el historial dosimétrico, especificando, en su caso, las incorporaciones de radionucleidos en el organismo. Estas dosis, así como las recibidas por exposiciones de accidente o de emergencia, figurarán en el historial dosimétrico, registradas por separado de las recibidas durante el trabajo en condiciones normales.

5.4.5.6.1. CERTIFICACIÓN DE DOSIS INDIVIDUAL

73. El titular del permiso debe entregar una certificación de la dosis individual acumulada a toda persona sujeta a monitoreo individual cada vez que la misma lo requiera y cuando deje de prestar servicios para la entidad autorizada.

---

[14] 14555 Real Decreto 783/2001, Madrid a 6 de julio de 2001.

5.4.5.7. VERIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE SEGURIDAD

74. El titular debe verificar periódicamente el funcionamiento de los sistemas de seguridad de los locales donde se trabaje con materiales radiactivos.

5.4.5.8. LOCAL DE ALMACENAMIENTO Y DEPÓSITO DE RADIOISÓTOPOS

75. El local de almacenamiento y el depósito de la instalación debe cumplir con las siguientes condiciones de seguridad física y radiológica:

    a) Permanecer bajo llave cuando no se efectúen tareas en los mismos;
    b) Sólo podrá ingresar y permanecer el personal autorizado;
    c) El tiempo de permanencia debe ser el mínimo compatible con las tareas a realizar.

5.4.6. RADIONÚCLEOS[13].

76. El titular del permiso deberá mantener un sistema de inventario y registros, que incluya la descripción y ubicación de las fuentes bajo su responsabilidad.

77. Toda fuente radiactiva sellada deberá contar con un certificado expedido por el fabricante debidamente autenticado por el Consulado de El Salvador en el país de origen, que contenga al menos la siguiente información: radionucleido, actividad y fecha de referencia, formas física y química, material y tipo de encapsulado, marca, modelo y número de serie.

78. El titular del permiso de fuentes selladas deberá someterlas a pruebas de fuga al momento de su recepción y en forma periódica, de acuerdo con las condiciones establecidas por la Autoridad Reguladora, debiendo conservar un registro de los resultados obtenidos.

79. Se considera que una fuente sellada es hermética cuando la fuga es inferior a 185 Becquerel (5 nano Curies) de material radiactivo removible, excepto para el

Radio-226 cuya fuga de Radón-222 en veinticuatro horas no debe ser superior a 37 Becquerel (1 nano Curies).

80. Los contenedores para el transporte interno o el almacenaje de fuentes selladas en una instalación, llevarán rótulo fijo con el símbolo internacional de radiación ionizante y la caracterización del radionucleido.

5.4.6.1. ESTADO DE LAS FUENTES

81. El titular debe verificar el estado de cada fuente como mínimo una vez por año y toda vez que la misma haya sido sometida a una práctica no habitual o haber estado expuesta a la acción de agentes corrosivos.

5.4.6.2. MANIPULACION DE FUENTES.

82. La manipulación de fuentes radiactivas se deberá efectuar por personal entrenado para dicho fin o por personal en entrenamiento bajo la supervisión de un profesional de mucha experiencia.

5.4.7. IMPLANTES DE RADIOISÓTOPOS PERMANENTES

83. Ningún paciente con fuentes radiactivas implantadas en forma permanente podrá retirarse del establecimiento a menos que:
    a) Se haya comprobado que las fuentes quedaron colocadas en forma segura;
    b) Los niveles de radiación emergentes del paciente no excedan los limites establecidos por la Autoridad Reguladora.

84. Los pacientes que se retiren del establecimiento con implantes permanentes así como sus familiares, deberán ser instruidos con respecto a la forma de mantener las dosis tan bajas como sea razonablemente posible.

---

(13) Acuerdo No 421, Ministerio de Salud Pública y asistencia Social de El Salvador

5.4.8 TRASLADO DE FUENTES Y PACIENTES

85. El traslado de fuentes radiactivas dentro de la instalación debe efectuarse en contenedores adecuados a satisfacción de la Autoridad Reguladora, cumpliendo como mínimo con las medidas siguientes:

    a) El traslado de fuentes radiactivas deberá ser realizado por personal entrenado, evitando en lo posible el paso y permanencia en locales ocupados por miembros del público cuando el traslado se efectúe dentro del mismo edificio;

    b) Durante el traslado del contenedor con las fuentes o del paciente, según sea el caso, deberá mantenerse a los mismos bajo la vigilancia constante del personal a cargo del traslado;

    c) Si las fuentes se ven involucradas en un accidente durante su transporte dentro del edificio, deberán seguirse los procedimientos de emergencia preparados al efecto.

5.4.9. VIGILANCIA SANITARIA[(15)]

4.9.1. VIGILANCIA SANITARIA DE LOS TRABAJADORES EXPUESTOS

4.9.1.2. EXÁMENES DE SALUD.

86. Toda persona que vaya a ser clasificada como trabajador expuesto de categoría A deberá ser sometida a un examen de salud previo, que permita comprobar que no se halla incluido en ninguna de las incompatibilidades que legalmente estén determinadas y decidir su aptitud para el trabajo.

87. Los trabajadores expuestos de categoría A estarán sometidos, además, a exámenes de salud periódicos que permitan comprobar que siguen siendo aptos para ejercer sus funciones. Estos exámenes se realizarán cada doce meses y más frecuentemente, si lo hiciera necesario, a criterio médico, el estado de salud del trabajador, sus condiciones de trabajo o los incidentes que puedan ocurrir.

[(15)] Manual de Proteccion Radiológica, 16 Septiembre 2002, Sociedad Española de Física Médica.

1. Examen de salud previo.

Todo trabajador que vaya a ser destinado a un puesto de trabajo que implique su clasificación como trabajador expuesto categoría A deberá ser sometido a un examen de salud previo para comprobar que no esté incluido en ninguna de las incompatibilidades que legalmente están determinadas y decidir su aptitud para el trabajo al que se le destina.

El examen médico de salud previo de toda persona que vaya a ser destinada a un puesto de trabajo que implique riesgo de exposición a las radiaciones, que suponga su clasificación como trabajador expuesto de categoría A, tendrá por objeto la obtención de un historial clínico completo que incluya el conocimiento del tipo de trabajo realizado anteriormente y de los riesgos a los que ha estado expuesto el trabajador como consecuencia de él y, en su caso, del historial dosimétrico, que debe ser aportado por el trabajador.

2. Exámenes de salud periódicos.

Los trabajadores expuestos de categoría A estarán sometidos a exámenes de salud periódicos para comprobar su estado clínico general y especialmente para determinar el estado de los órganos sometidos a exposición y de su funcionalidad. Esta vigilancia se puede completar, si fuese necesario, y según criterio médico, con reconocimientos adicionales, adaptados a la importancia de la exposición a las radiaciones ionizantes, y su frecuencia estará determinada a su vez por el estado de salud del trabajador, por las condiciones de trabajo y por los incidentes que puedan ocurrir.

Los reconocimientos médicos periódicos de los trabajadores expuestos de categoría A se efectuarán al menos una vez al año.

Estos reconocimientos estarán adaptados a las características de la exposición a las radiaciones ionizantes, teniendo en cuenta la posible contaminación interna o externa, y comprenderán un examen clínico general que incluya las investigaciones que se consideren necesarias para juzgar el estado de los órganos o sistemas que puedan ser afectados por las radiaciones ionizantes como

consecuencia de su puesto de trabajo. En los posibles reconocimientos médicos adicionales se efectuarán todos los exámenes que se consideren necesarios en relación con las características de la exposición o de las contaminaciones interna o externa.

5.4.10. NORMAS DE PROTECCIÓN DE PERSONAS EN FORMACIÓN Y ESTUDIANTES [16]

88. Las condiciones de exposición y la Protección Radiológica operacional de las personas en formación y los estudiantes mayores de 18 años, serán, según el caso, equivalentes a las de los trabajadores expuestos de categoría A ó B.
89. Las condiciones de exposición y la protección operacional de las personas en formación y los estudiantes con edades comprendidas entre 16 y 18 años, serán equivalentes a las de los trabajadores expuestos de la categoría B.

5.4.10.1. PROTECCIÓN DEL PÚBLICO

90. La estimación de las dosis efectivas recibidas por los miembros del publico implica la estimación de las dosis recibidas por exposición externa, así como las debidas a la incorporación de radionucleidos, de forma que se asegure que la suma de ambas no supere el límite de dosis o el valor optimizado de dosis establecido.

5.4.10.2. CONTAMINACIÓN POR RADIONUCLEIDOS

91. El control de la contaminación se realizará mediante:
    a) El diseño de la instalación.
    b) La señalización de zonas.
    c) La Protección Radiológica operacional.
    d) El control de la gestión de los residuos radiactivos.

5.4.10.3. PROTECCIÓN DE FAMILIARES, PERSONAS PRÓXIMAS Y VOLUNTARIOS QUE COLABORAN EN LA ASISTENCIA Y BIENESTAR DEL PACIENTE.

[16] NORMA OFICIAL MEXICANA PROY-NOM-229-SSA1-2002**,** 27 de enero de 2004

92. La exposición de las personas que ayuden a otras que deban someterse a exposiciones médicas mostrará un beneficio neto suficiente, teniendo en cuenta el detrimento que la exposición pudiera causar.

93. En ningún caso se permitirá que colaboren, a los efectos del párrafo anterior, mujeres embarazadas o menores de 18 años.

5.4.10.4. PROTECCIÓN DEL PACIENTE[13].

5.4.10.4.1. MÉTODOS CLÍNICOS.

94. Las técnicas y los equipos utilizados deben permitir en general: reducir las dosis recibidas por los tejidos en la región del cuerpo que se examina al mínimo compatible con la obtención de la información necesaria en el paciente en cuestión; administrar a la región corporal sometida a tratamiento una dosis terapéutica cuya magnitud asegure con gran probabilidad la respuesta deseada; limitar en la medida de lo posible, la exposición de otras partes del cuerpo.

95. Ningún paciente será innecesariamente expuesto. Las radiaciones ionizantes no sólo deben proporcionar un beneficio neto suficiente, es por consiguiente importante estudiar toda la información clínica pertinente, incluyendo estudios radiológicos, y que se consideren alternativas técnicas antes de prescribir o iniciar exámenes o tratamientos con radiación. Es, sin embargo, igualmente importante no escatimar exámenes necesarios para evitar los riesgos de la radiación.

96. Es imperativo que ninguna persona que carezca de la competencia técnica adecuada pueda operar equipo radiológico o efectuar procedimientos radiológicos sin conocimientos adecuados de las propiedades físicas y de los efectos nocivos de la radiación.

[13] Acuerdo No 421, Ministerio de Salud Pública y asistencia Social de El Salvador

97. Existe una responsabilidad directa, tanto del médico responsable de la exploración o tratamiento, como del médico prescriptor. Por ello, éstos deberán poseer una formación adecuada, no sólo acreditada inicialmente, si no basada en programas de formación continuada en el área de la Protección Radiológica. Es necesario que los médicos puedan fundamentar sus decisiones con el mejor conocimiento científico posible. **La exposición médica que no pueda justificarse deberá prohibirse.**

98. La interpretación de las recomendaciones para la protección del paciente ha producido en ocasiones alarma injustificada e inducido algunos pacientes a dudar en solicitar la atención médica necesaria. Se debe hacer un esfuerzo para dar a los médicos generales y al publico una indicación sobre los riesgos y beneficios, así como sobre la necesidad de varios tipos de irradiación diagnóstica y terapéutica.

5.4.10.4.2. OPTIMIZACIÓN DE LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA DEL PACIENTE.

99. Los procedimientos diagnósticos deben estar siempre optimizados, a fin de reducir las dosis sin afectar a la calidad de la información diagnóstica, ya que estas dosis pueden variar en dos órdenes de magnitud según las instalaciones. De la misma manera, los procedimientos terapéuticos, así como los diagnósticos, deben realizarse a partir de protocolos establecidos que garanticen su calidad.

100. Si bien a los pacientes no se les puede aplicar el principio de limitación de dosis, se han reglamentado unos niveles de referencia en el caso del radiodiagnóstico, y unos niveles de actividad de referencia en el caso de radionucleidos, para “exámenes tipo” de grupos de pacientes de talla estándar. Estos niveles o valores no se deberían sobrepasar cuando se aplica una buena práctica.

101. Se deberá prestar especial atención a tres categorías de exposición, que la legislación europea denomina “prácticas especiales”:

a) La exposición del niño, debido a su mayor sensibilidad a la radiación.
b) Los programas de "cribado sanitario" porque afectan a un elevado número de personas asintomáticas en su mayoría.
c) Los procedimientos que implican altas dosis de radiación, sobre todo si pueden producirse efectos deterministas.

5.4.11. SITUACIONES DE EMERGENCIA EN CASO DE ACCIDENTES

5.4.11.1. EMERGENCIA.

102. En las instalaciones radiactivas deben existir procedimientos de emergencia que describan las acciones a tomar en caso de:

a) Extravío o robo de material radiactivo;
b) Rotura o daño de fuentes radiactivas;
c) Emergencia médica que involucra a pacientes portadores de fuentes;
d) Eventos externos o catástrofes que afecten los locales donde existan fuentes;
e) Toda otra situación anormal que pueda llegar a ocurrir teniendo en cuenta las características particulares de cada instalación.

5.4.11.2. PROCEDIMIENTOS DE EMERGENCIA.

103. Los procedimientos para situaciones de emergencia deben estar escritos y ubicados en lugar visible dentro de las áreas donde tales situaciones puedan llegar a ocurrir, así como el personal estar entrenado y conocedor de los procedimientos a seguir. En el caso de equipos de carga diferida remota, los procedimientos deben estar ubicados junto a la consola de mando del equipo.

104. Emergencias médicas.

Cuando un paciente portador de fuentes radiactivas deba pasar a condición de cuidados intensivos tendrá prioridad la atención de emergencia del mismo, retirando tan pronto como sea posible las fuentes e instruirse sobre estos aspectos al personal que pueda llegar a intervenir en tales situaciones.

105. Paciente fallecido.

En el caso de muerte de un paciente con material radiactivo implantado, las fuentes deben ser retiradas y trasladadas al depósito. Cuando se trate de implantes permanentes toda acción relativa al tratamiento del cuerpo debe ser efectuada con el asesoramiento de personal idóneo en seguridad radiológica.

106. Evacuación inmediata

En los casos de fuerza mayor que se requiera la evacuación inmediata del paciente y del personal de la instalación, las acciones a tomar deben seguir el siguiente orden:

Atención de las víctimas;

Segregación de los pacientes portadores de fuentes;

Retiro de las fuentes, verificación de la cantidad de fuentes según inventario y colocación dentro de un blindaje apropiado.

107. Comunicación a la Autoridad Reguladora

El titular del permiso debe comunicar a la Autoridad Reguladora en forma inmediata, por el medio más rápido, toda situación anormal que implique riesgo de irradiación de personal del servicio o ajeno al mismo.

108. Toda situación anormal resuelta sin la intervención de la Autoridad Reguladora debe informarse a está dentro de las veinticuatro horas de producida.

5.4.12. PROTECCION RADIOLÓGICA EN EL SERVICIO DE BRAQUITERAPIA.

La protección radiología juega un papel de vital importancia en la aplicación de braquiterapia, dado que de ella depende los resultados de la terapia sean favorables tanto la protección del publico como la del personal ocupacionalmente expuesto.

A continuación se definirán los parámetros a considerar, en el diseño de la protección radiológica para un servicio de braquiterapia.

5.4.12.1. CRITERIOS DE DISEÑO.

En el desarrollo de la Braquiterapia, el personal ocupacionalmente expuesto se encuentra propenso a recibir una dosis mayor a los limites máximos de exposición anteriormente definidos, de no contar con una protección radiológica adecuada para el tipo de práctica que en el servicio de desarrollo. Es por tanto de vital importancia definir los tres principios básicos de la protección radiológica:

5.4.12.1. TIEMPO DE CONTACTO CERCANO CON LA FUENTE.

Durante la preparación de los implantes de fuentes radiactivas, es necesario planificar con anterioridad lo que habrá de hacerse para reducir al mínimo el tiempo de exposición a la radiación. O sea, mientras menos tiempo se emplee en la manipulación de las fuentes de radiación menos dosis se recibirá.

Por lo tanto actuando sobre el tiempo de exposición, en general puede esperarse una reducción de la dosis directamente proporcional a la disminución del mismo.

Dosis = Tasa de dosis x **tiempo**

Ejemplo:

Por lo tanto para determinar el cálculo de la dosis acumulada de una enfermera que visita dos veces semanalmente al interior de la instalación del servicio, con una duración promedio de quince (15) minutos , y asumiendo un régimen de carga laboral de 52 semanas al año. Tomando como referencia, el punto más próximo al paciente atrás de la barrera de protección (mampara de plomo) y a una altura de 1.5 m, en la cual se ha obtenido una medición de la tasa de 300 μSv/h; esto representa al año una dosis acumulada de:

Dosis = 350 μSv/h x 0.5 h/semana x 52 semanas/año = 9.1 mSv/año

La reducción del tiempo de exposición debe ser compatible con la correcta realización de las operaciones necesarias para el buen funcionamiento de la instalación. Por lo tanto la aplicación del principio de reducción del tiempo de exposición está limitado, en

la práctica, a aquellas operaciones no rutinarias que deban realizarse en zonas de alta tasa de dosis, como por ejemplo las operaciones de mantenimiento o reparación de equipos o sistemas.

5.4.12.2. DISTANCIA.

La intensidad de las radiaciones emitidas por una fuente decae con la distancia, es por esto que en todo momento es necesario mantenerse lo más alejado posible de las fuentes para así reducir la exposición a las radiaciones. Para ello deben utilizarse utensilios de mango largo como pinzas y todos los dispositivos diseñados para mantener las manos lo más alejadas de las fuentes.

En la siguiente ecuación se puede ver la relación que guardan la radiación emitida y la distancia:

$$\frac{\theta(2)}{\theta(1)} = \frac{d^2(1)}{d^2(2)}$$

Donde $\theta(1)$: la tasa de fluencia de energía en el punto uno a una distancia (1) de la fuente

$\theta(2)$: la tasa de fluencia de energía en el punto dos a una distancia (2) de la fuente

d(1) : distancia entre la fuente y el punto uno

d(2) : distancia entre la fuente y el punto dos

5.4.12.3. REDUCCIÓN DE LA ACTIVIDAD DE LA FUENTE

La actividad de una fuente de radiación disminuye con el tiempo debido al decaimiento radiactivo. Por otra parte, la actividad de una fuente puede reducirse removiendo una parte del material radiactivo que la constituye.

Decaimiento radiactivo

Cuando se trabaja con radionucleidos de corto período de semidesintegración, el tiempo asociado al decaimiento radiactivo es un parámetro útil para reducir la tasa de

dosis del personal expuesto. En efecto, si antes de iniciar ciertas tareas sobre un componente o equipo que contiene o está contaminado con cierto radionucleído, se deja transcurrir un tiempo, por ejemplo equivalente a varios períodos de semidesintegración del radionucleido, puede lograrse una reducción importante de la tasa de dosis a la que se verá expuesto el personal.

En general, en cualquier componente o equipo donde se han acumulado radionucleidos de diferentes períodos de semidesintegración (cortos, medios y largos), la disminución de la tasa de dosis es acentuada al principio, mientras desaparecen los nucleidos de período corto, y es menos notable a medida que la contribución de lo radionucleídos de largo período se va haciendo mayoritaria.

Remoción de material radiactivo de la fuente

Cuando un componente de un equipo incluye material radiactivo o una superficie está contaminada se transforman en una fuente radiactiva que puede producir una tasa de dosis significativa. La remoción de ese material radiactivo y la descontaminación son procedimientos básicos que se utilizan para reducir la tasa de dosis.

5.4.12.4. BLINDAJE

La intensidad de las radiaciones también decae con la densidad del medio que atraviesan, por lo cual deben utilizarse medios altamente densos, como el plomo, entre la fuente y el técnico. Es por ello que se utilizan ladrillos y petos de plomos, también guantes y vidrios plomados. Por lo general se requieren de varios centímetros de plomo para reducir las tasas de dosis a niveles aceptables.

El plomo se comercializa en distintos espesores y los constructores, lo especifican en libras por pie cuadrado (lb/ft^2). Como norma aproximada, se tiene que 4 pulgadas de mampostería, que comprende materiales como ladrillo, cemento, piedras; equivalen a 1/16 de pulgadas de plomo. En la tabla 1, se muestran los espesores comerciales y las especificaciones en lb/pulgadas cuadradas, de las láminas de plomo y de ciertos espesores de concreto.

PLOMO

(mm)	(pulgadas)	(lb/ft^2)
0.4	3/64	1
0.8	1/32	2
1.2	3/64	3
1.6	1/36	4

CONCRETO

(cm)	(pulgadas)	(lb/ft^2)
2.4	$1^{3/8}$	1
4.8	$1^{7/8}$	2
7.2	$2^{7/8}$	3
9.6	$3^{3/4}$	4

TABLA 1: **EQUIVALENTES ENTRE PLOMO Y CONCRETO PARA BARRERAS DE PROTECCION.**

Es importante también utilizar guantes durante la manipulación siempre que sea posible, para evitar la contaminación debido a fugas en las fuentes selladas.

Combinando todas las medidas que se derivan de la consideración de estos aspectos se puede mantener una adecuada protección de las radiaciones durante la manipulación de fuentes radiactivas.

5.4.13. BARRERAS DE PROTECCION (BLINDAJE).

5.4.13.1. FACTORES INFLUYENTES EN EL DISEÑO.

Para realizar el diseño de las barreras de protección primaria se debe tener conocimiento del tipo de ciertos factores que influyen en el calculo, los cuales se mencionan a continuación:

a. El espesor de la pared dependerá de la distancia entre al fuente de radiación y la barrera. La distancia a considerar es la comprendida hasta la zona donde se encuentren personas y hasta la pared interior de la sala de braquiterapia.
b. El uso al que se destine la zona que se va a proteger. Si el cuarto a proteger es un cuarto de baño o una bodega, rara vez ocupada, la protección será menor que si se tratara de una oficina o departamento.

c. El blindaje necesario del área de aplicación de braquiterapia, dependerá del nivel de actividad de la misma. Cuanto mayor sea la tasa de dosis que se utilice, mayor será el grosor del blindaje necesario.

5.4.13.2. DISEÑO DE LAS BARRERAS DE PROTECCION.

Para realizar el calculo de las barreras de protección, se realizará efectuando los siguientes pasos:

a. DEFINIR LA CARGA TOTAL MÁXIMA A UTILIZAR EN LA APLICACIÓN DE BRAQUITERAPIA.

En el caso que se realicen diferentes aplicaciones se tomará como parámetro el proceso en el cual se utilice la mayor carga.

b. EQUIVALENTE EN MILIGRAMOS DE RADIO.

El primer isótopo o fuente radioactiva utilizado fue el Radio, definiendo su factor Gamma, es decir la tasa de dosis absorbida en mSv/h a 1 m de una fuente de 1 GBq del radionúclido. Con el tiempo se fueron descubriendo y creando nuevos radioisótopos, con diferentes características y factores Gammas, los cuales fueron sustituyendo al Radio 226, surgiendo asi la necesidad de definir el valor del nuevo radioisotopo en equivalencia al radio, es decir cuantos gramos de la nueva fuente se necesitaran para obtener el equivalente a la actividad del Radio 226.

$$Ra_{eq} = A \cdot \frac{\Gamma}{\Gamma_{Ra}}$$

donde:
- Ra_{eq} = Radio equivalente en Ci
- A = Actividad de la fuente sustituta de Ra
- Γ = Constante de tasa de exposición del sustituto
- Γ_{Ra} = Constante de tasa de exposición para el Radio

Estrictamente hablando, el lado derecho de esta ecuación debería multiplicarse por la relación de los coeficientes de absorción de masa energía para el espectro de fotones de ambas fuentes. Este factor es el que se anota a continuación:

$$\left(\overline{\mu}/\rho\right)/\left(\overline{\mu}/\rho\right)_{Ra}$$

En la práctica que nos ocupa, este factor es tan cercano a la unidad que se puede despreciar. Conociendo la actividad de la fuente que se utiliza en Ra_{eq} se puede conocer la actividad aparente y la actividad real.

Actividad Aparente Total:

$$A_{AT} = \text{Raeq}\ (\ mgRa) \cdot \frac{1\,Ci}{1\,gRa} \cdot \frac{3.7x10^{10}\ Bq}{1\,Ci}$$

$$A_{AT} = \text{Raeq}\ (Bq)$$

En la expresión anterior se tiene:

1 g Ra = 1Ci = 3.7 x 10^{10} dps = 3.7 x 10^{10} Bq = 37 GBq

Actividad Real Total:

$$Ra_{eq} = A_{RT} \cdot \frac{\Gamma}{\Gamma_{Ra}}$$

Conociendo la actividad de la carga máxima, se debe hacer el análisis de la tasa de dosis que recibiría una persona ubicada alrededor del punto de aplicación.

Los rayos Gamma son muy penetrantes, sin embargo, a medida que penetran en la materia, producen ionización y pierden su energía hasta que no representan mayor peligro externo para las personas. Una forma de expresar la cualidad del poder de penetración de los rayos Gamma, también provee un significado útil para estimar el espesor apropiado del blindaje necesario. El espesor hemirreductor (HVT: Half Value Thickness o HVL: Half Value Layer), es el espesor del material el cual cuando se coloca

en el camino de la radiación, la atenúa a la mitad de su valor original. Dato que es propio para cada fuente.

c. ESPESOR DE LA PARED.

Para el caso de la determinación del espesor de las paredes que definen el recinto para la práctica de Braquiterapia, se debe asumir la ubicación de la carga, con la finalidad de conocer el punto inicial o referencia (localización de la fuente) de la cual se determinaran la tasa de dosis absorbida a una distancia “d” de la fuente o punto de referencia.

Para calcular la Tasa de Dosis Absorbida a una distancia “d”(cm) de la fuente, se utilizara la siguiente formula:

$$TD = \left(\frac{\Gamma \cdot A}{d^2} \right)$$

donde: Γ : Factor Gamma. Es la tasa de dosis absorbida en mSv/h a 1 m de una fuente de 1 GBq del radionúclido

A : Actividad de la fuente en gigabequerels

d : Distancia en metros de la fuente al punto de interés.

Las unidades de la tasa dosis (TD) serán mSv/h.

El dato anterior es la tasa de dosis sin blindaje a una distancia específica de la fuente. Para la seguridad de los pacientes y del público en general, la Tasa de Dosis fuera del recinto deberá mantenerse a un nivel aceptable; 6 μSv/h, o de 1μSv/h para publico, dato que dependerá del área que se desea proteger.

Como se dijo, el espesor hemirreductor reduce a la mitad la actividad de la fuente y por ende la tasa de dosis. Se puede calcular el espesor de material, en este caso concreto, que necesitamos para reducir la tasa de dosis con blindaje (mSv/h) hasta una dosis con blindaje(μSv/h).

Con ello se tiene:

$$TD_{CB} = TD_{SB} / 2^n$$

donde: TD_{CB} : Tasa de dosis con blindaje

TD_{SB} : Tasa de dosis sin blindaje

n : Número de espesores hemirreductores

Nos interesa conocer el espesor recomendable para esta pared en mención, pero se debe encontrar primero el número de espesores semirreductores a utilizar, usando para ello concreto. Entonces:

$$TD_{CB} = TD_{SB} / 2^n$$

$$n = \frac{\log\left(\frac{TD_{SB}}{TD_{CB}}\right)}{\log 2}$$

n = espesores semirreductores de concreto

El espesor “e” de la pared será de:

$$e = n \cdot HVT$$

Las unidades de “e” serán cm.

De la tabla 1, se puede definir el espesor en milímetros de plomo, en caso que utilizar el plomo como material para el diseño de la barrera de protección radiológica.
Este proceso se deberá seguir para definir el espesor para cada una de las paredes del servicio de braquiterapia.

CAPÍTULO 6: TECNOLOGÍA PARA LA APLICACIÓN DE BRAQUITERAPIA.

6.1. INTRODUCCIÓN.

El servicio de Braquiterapia para lograr su objetivo principal " Aplicación de la radioterapia interna para el control o tratamiento del cáncer", hace uso de diferentes tecnologías, entendiendo como tecnología a equipos y fuentes radioactivas.

A continuación se definen los diferentes equipos o dispositivos que intervienen en el implante de la fuente radioactiva, así como también se realiza una descripción de los mismos, detallando su finalidad y objetivo de su uso en el desarrollo de la práctica.

6.2. EQUIPO REQUERIDO PARA LA APLICACIÓN DE BRAQUITERAPIA

En el área de aplicación se utilizan una serie de equipos los cuales se describen a continuación:

6.1.2. FUENTES RADIOACTIVAS.

Las fuentes radioactivas están compuestas por un material radiactivo encapsulado en acero inoxidable. La diferencia entre una fuente y otra radica en el material radioactivo, la cantidad que se utilice y la forma de la fuente.

Las fuentes radioactivas se fabrican de variadas formas en dependencia de su uso y del radioisótopo que las constituye. Entre estas formas se pueden encontrar tubos para la aplicación en moldes, agujas para aplicaciones intersticiales, alambres para moldes y aplicaciones percutáneas, semillas para constituir trenes de fuentes para aplicaciones intracavitarias, y por último las metabólicas para ser usadas aprovechando mecanismos metabólicos del organismo.

A continuación, en la figura 5.1 se presenta un esquema de la composición de una fuente radioactiva tubular utilizada en tratamientos intracavitadorios:

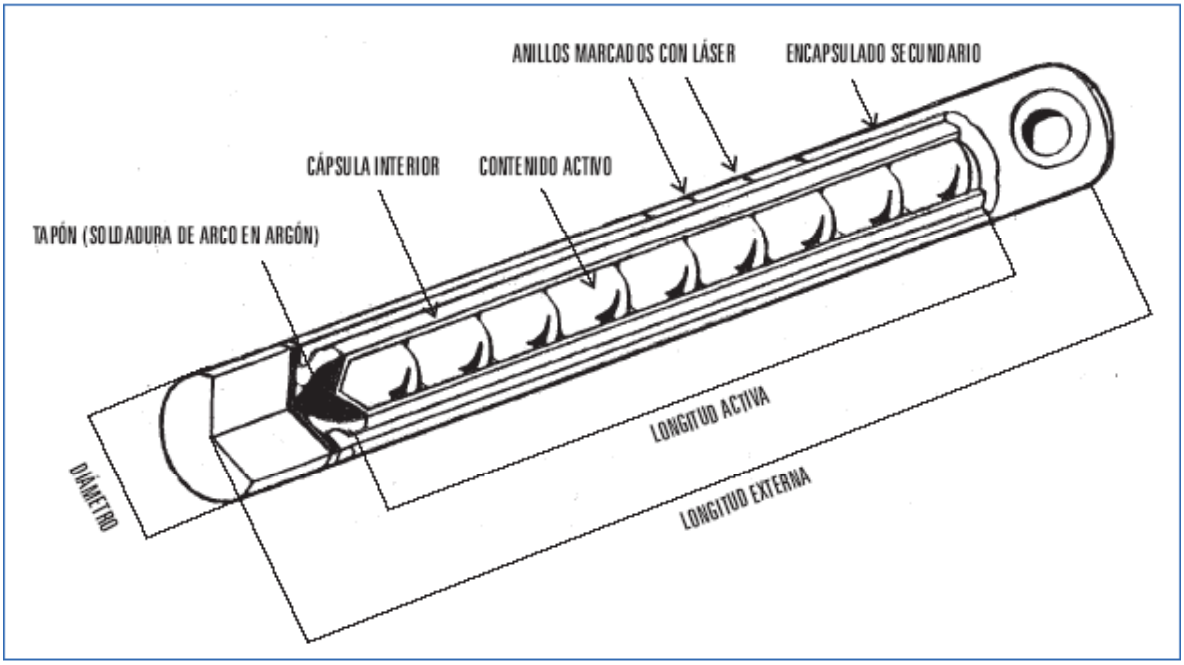


FIGURA 5.1: Tubo de cesio 137 para tratamientos intracavitarios

1. 5.1.2.1. CARACTERISTICAS DE LAS FUENTES.

Radionúcleo	**τ1/2**	**Energía de la radiación γ (MeV)**	**Γ (R m^2 h^{-1} Ci^{-1})**	**Γ/Γ_{Ra} (mg Ra_{eq})**
Radio-226 en equilibrio y filtrado por 0.5 mm Pt	1604 a	0.047-2.44	0.825	1.000
Cesio-137	30.0 a	0.662	0.328	0.398
Cobalto-60	5.26 a	1.17-1.33	1.307	1.580
Oro-198	2.698 d	0.41-1.09	0.238	0.288
Iridio-192	74.20 d	0.136-1.06	0.400	0.485

2. 6.1.3. APLICADORES.

La braquiterapia consiste en la utilización de fuentes radiactivas encapsuladas las cuales son ubicadas dentro de cavidades corporales o en planos próximos a la zona

tumoral en contacto directo con el cuerpo del paciente, lo cual se logra por medio de dispositivos llamados aplicadores.

Los aplicadores son piezas formadas básicamente por ductos huecos que poseen cierta longitud, en los cuales se introduce la fuente radiactiva para hacerla llegar al punto de interés. Dichos dispositivos pueden ser fabricados de materiales rígidos o flexibles, presentados en una gran variedad de diseños y formas.

El tipo de aplicador dependerá de la aplicación que se persiga, dado que cada aplicador esta diseñado dependiendo de la zona o cavidad en la cual se desea realizar la terapia.

Los aplicadores se pueden clasificar en dos grupos:

- Aplicación intersticial: cuello, cavidad oral, mama, próstata, etc.
- Aplicación endocavitaroria: aplicadores para bronquios, esófago, cervix y endometrio

A continuación se muestras algunos aplicadores (figuras 5.2-5.4)

Aplicadores bronquiales

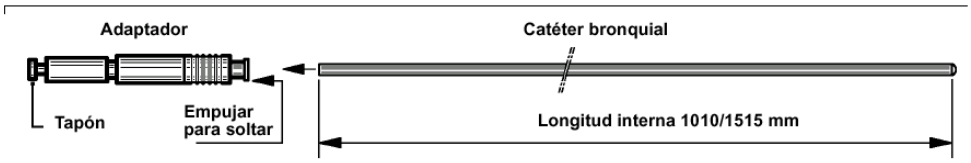


FIGURA 5.2

Aplicadores ginecológicos

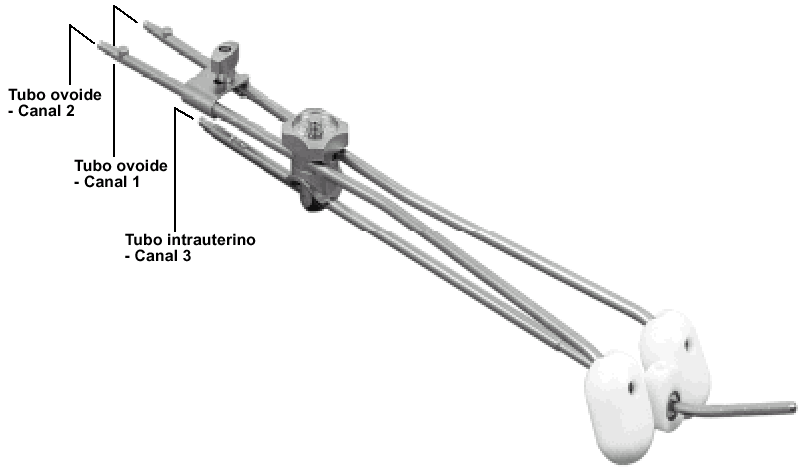


FIGURA 5.3

Agujas intersticiales

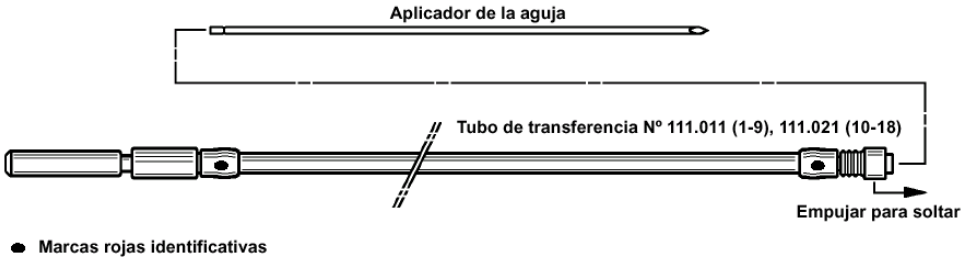


FIGURA 5.4

6.1.4. EQUIPO AUTOMATIZADO PARA LA APLICACIÓN DE BRAQUITERAPIA.

Un sistema de HDR automatizado típico consiste en una unidad de carga remota con aplicadores, una consola de control, y una computadora para el plan de tratamiento. La unidad de carga remota se puede apreciar en la figura 5.5.



FIGURA 5.5: UNIDAD DE CARGA REMOTA DE UN SISTEMA AUTOMATIZADA PARA BRAQUITERAPIA.

La unidad de carga contiene cables de prueba y sensores, un mecanismo que controla la fuente, tubos guías para las fuentes, una fuente protegida y un indexador.

A continuación se presenta un esquema en el cual se puede apreciar la estructura interna del equipo:

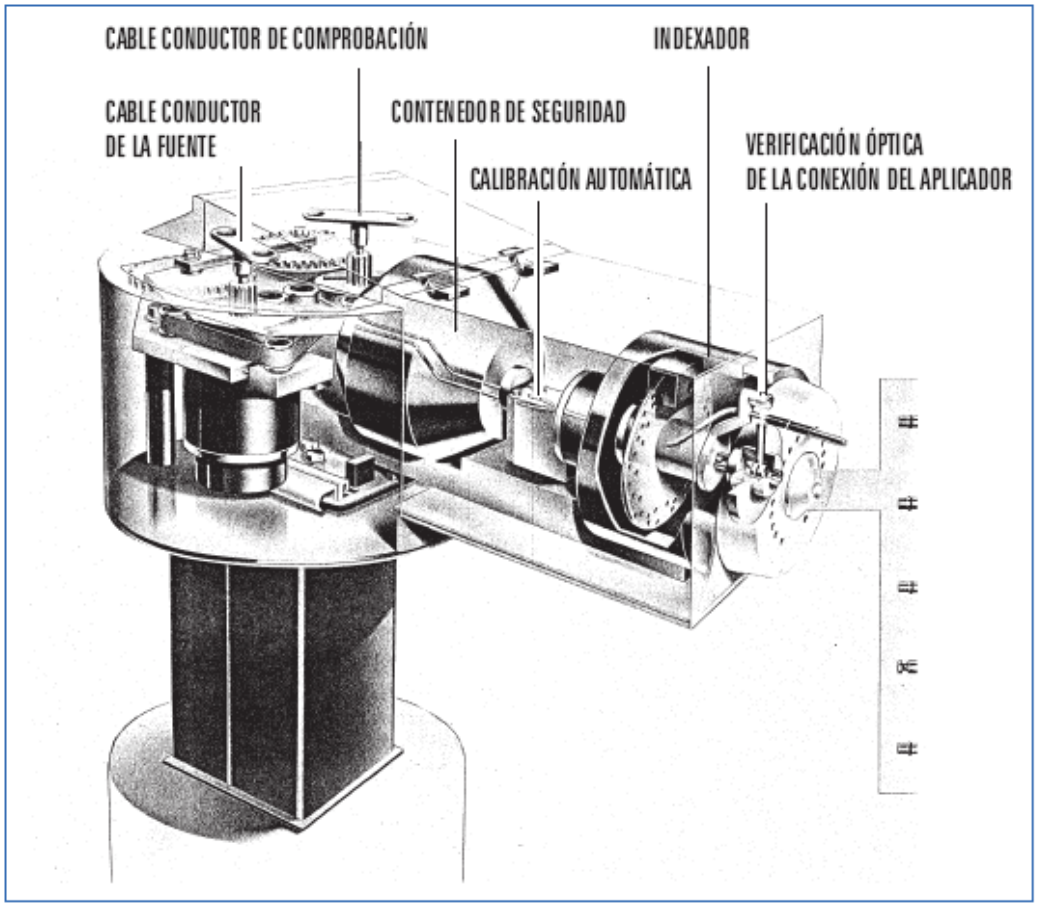


FIGURA 5.6: Estructura interna del equipo automatizado para Braquiterapia.

Antes de que la fuente radiactiva esté avanzando en los aplicadores para iniciar el tratamiento, una prueba o simulación, la fuente de simulación viaja a través de los cables para verificar si existen obstrucciones en la ruta del tratamiento y para verificar parámetros del tratamiento como lo son: la longitud del ensamblado del aplicador, la proximidad y distancia de las posiciones del tratamiento y las conexiones de las fuentes guías y aplicadores. Errores y mal funcionamiento encontrados por la fuente de simulación son indicadas en la consola de control o son impresas, y la fuente radioactiva no será infectada, hasta que el operador haga las correcciones.

Después de que los parámetros de tratamiento han sido probados, el mecanismo controlador de la fuente, usualmente una computadora controladora de motores paso a paso, con controles de rodamiento y bandas, impulsa la fuente desde el compartimiento de seguridad (caja fuerte) a través de los tubos guías hacia los aplicadores de tratamiento. Los tubos guías de fuente, también llamadas tubos de transferencia, aseguran la precisión del posicionamiento de la fuente en los aplicadores. El indexador el cual provee de 12 a 24 canales, facilita la entrada y transferencia de la fuente, para tratamientos complejos que requieran multiples aplicadores.

La fuente es retenida en una caja de seguridad de tungsteno, hasta que la terapeuta posiciona el aplicador en el paciente. Desde el cuarto de control y remotamente la terapeuta inicia el procedimiento de radiación. La consola de control computarizada permite a la terapeuta programar la ruta que la fuente seguirá y el tiempo que estará en el aplicador. Además la computadora monitorea constantemente la ruta en la que viaja la fuente, el tiempo de tratamiento, decaimiento de la fuente durante la braquiterapia. En los tratamientos de HDR, después de que la fuente viaja al punto distante del tratamiento, este puede ser retraído incrementalmente para detenerlo en un tiempo especifico (dwell time) en cada uno de las posiciones programadas. Variando este dwell time y las posiciones de parada, la terapeuta puede personalizar la dosis de radiación entregada a cada paciente. En la braquiterapia LDR la fuente es usualmente implantada usando cateters o aplicadores especiales los cuales se mantienen estacionarios durante el tratamiento.

Cuando el procedimiento de braquiterapia es completado o cuando el tratamiento necesita ser interrumpido la fuente puede ser drenada hacia la caja de seguridad utilizando el control remoto. La mayoría de las unidades automáticas de carga, drenan la fuente radioactiva cuando la puerta del cuarto de tratamiento es abierta, así todo el personal del hospital no es expuesto a la radiación; un drenaje de emergencia de la fuente manual o por medio de switch puede también ser implementada.

La fabricación de unidades de carga automática consiste en un arreglo primario de seguridad, un sistema de distribución, y un arreglo intermedio de seguridad colocado en una columna dentro del contenedor principal. El arreglo primario de seguridad almacena la fuente radioactiva y espaciamientos no radioactivos, y estos son transferidos por el sistema de distribución hacia el arreglo de distribución intermedio, donde la fuente es adecuada antes de ser entregada al aplicador, de forma que se alcancen los números y posiciones adecuadas para alcanzar una optima dosis para cada paciente.

La planificación del tratamiento.

La computadora para la planificación del tratamiento usualmente es incluida con el sistema de braquiterapia; algunos son integrados con la consola de control, mientras que otras son estaciones de trabajo separadas. Un software de planificación del tratamiento es usado para asegurar la precisión de la entrega de la radiación al tumor. Una tomografía computarizada o imágenes de resonancia magnética pueden ser usadas para definir el volumen y localización del tumor para optimizar la distribución de la dosis de radiación. Las funciones del software de planeación pueden incluir: parámetros de posicionamiento de la fuente de radiación, tiempo especifico de aplicación (dwell time), rastreo de catéter, reconstrucción tridimensional, algoritmos de reducción de dosis y un análisis de distribución de dosis.

CAPÍTULO 7: ANÁLISIS DEL SERVICIO DE BRAQUITERAPIA DEL HOSPITAL ROSALES.

7.1. INTRODUCCIÓN.

El 3 de julio de 1902 se procedió a la inauguración del novedoso nosocomio de la cuidad capital, lo cual fue posible gracias a la filantropía del distinguido ciudadano Don José Rosales H. que destinó el legado de sus bienes para tal propósito.

Este hospital fue considerado para entonces como el líder de la atención hospitalaria en el área centroamericana, destacándose entre otros adelantos la construcción de pabellones con capacidad de 24 camas cada uno, dispuesto a lo largo de dos amplios corredores localizados en los límites sur y norte del edificio. El ala sur para la atención de hombres disponía de 8 pabellones, 4 para medicina y 4 para cirugía y una moderna sala de operaciones. El ala norte, destinada a la hospitalización de mujeres, incluía además un pabellón para maternidad y pediatría.

Otra de las innovaciones consistió en la habilitación de dos pabellones para pacientes pensionados, es decir con capacidad financiera para ser tratados por sus médicos privados. Esto permitió que por primera vez se diera en el país esta modalidad de atención, con lo cual se da un paso significativo no sólo para la cobertura integral de la población, sino por el ingreso económico que incrementaría los fondos del hospital.

Así la capacidad de hospitalización era inicialmente de 500 camas aproximadamente, para una población capitalina estimada en 60,000 habitantes, índice más que lujoso para cualquier comunidad.

7.1. UBICACIÓN.

El servicio de Braquiterapia del Hospital Rosales es el encargado de brindar la radioterapia interna o Braquiterapia a las pacientes que por su diagnóstico se ha determinado que son candidatas a recibirla.
La dirección de dicho departamento depende directamente de dos instituciones: Instituto del Cáncer y el Hospital Rosales, los cuales comparten la administración del servicio de la siguiente forma:

1. Hospital Rosales: depositario de las pacientes, el cual es responsable de:
    - Brindar primera atención a las pacientes por medio de la consulta externa, con la finalidad de definir el diagnóstico de cáncer, resultado de realizar una serie de exámenes y biopsias. Posteriormente las pacientes son remitidas al Instituto del Cáncer.
    - Proveer el local para que la Braquiterapia se desarrolle.
    - Proveer a la paciente todos los recursos necesarios durante su estancia en el servicio de Braquiterapia el cual comprende: alimentación, medicamentos, exámenes de laboratorio, ropa hospitalaria.
    - Responsable de la paciente.

2. Instituto del Cáncer: atención de las pacientes que han sido diagnosticadas con cáncer, teniendo las siguientes responsabilidades:
    - Realizar los exámenes y procedimientos para definir el tratamiento que se seguirá.
    - Adquisición de los datos para la planificación de la dosis.
    - Delimitar el volumen del tumor.
    - Calculo completo y exposición del tratamiento.

A continuación se presenta el organigrama dentro del cual forma parte el servicio de Braquiterapia:

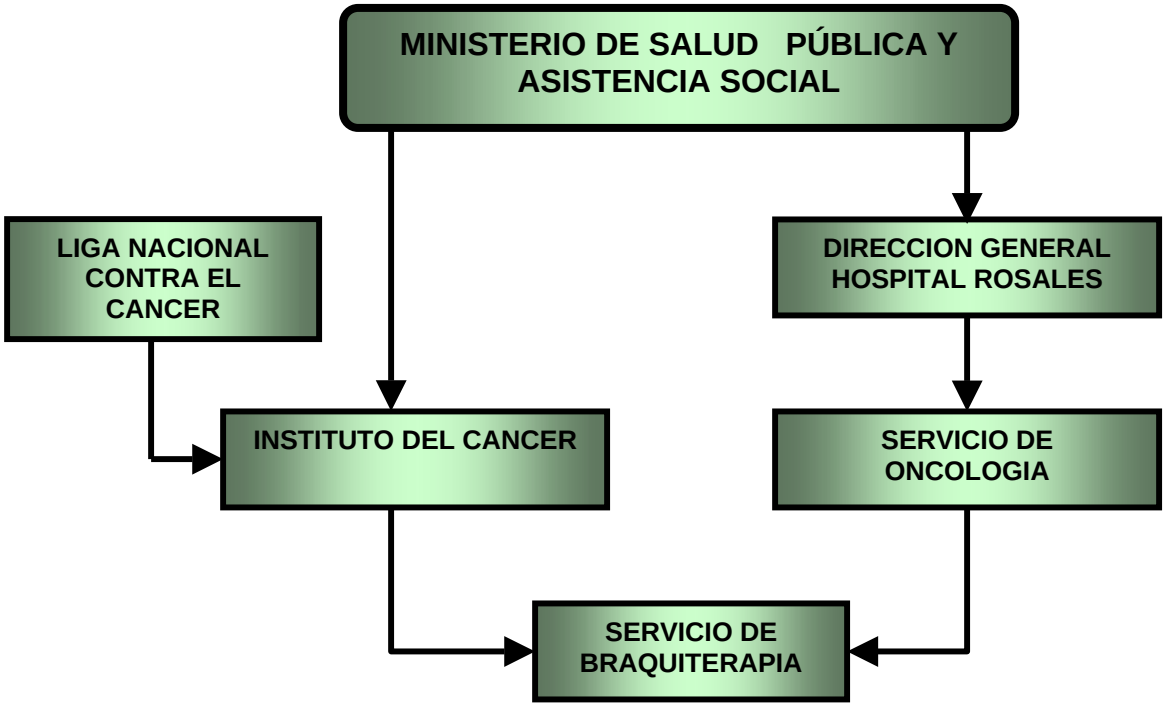


Figura 7.1: Organigrama administrativo del Servicio de Braquiterapia.

7.3. TÉCNICA DE BRAQUITERAPIA.

La forma de aplicación de la técnica empleada en el Servicio de Braquiterapia del Hospital Rosales es la Braquiterapia intracavitatoria, para tratamiento del cáncer cervical utilizando el método manual a una baja tasa de dosis.

En la técnica de aplicación que se realiza en el Hospital Rosales, la radiación liberada por unidad de tiempo del elemento radioactivo implantado en el cervix es baja, por consiguiente para que la paciente reciba la dosis necesaria o específica para tratar el tumor se hace necesario que permanezca bajo tratamiento varias horas consecutivas, dada esta situación la paciente debe permanecer aislada en una habitación desde el inicio hasta el final del tratamiento. Para ello el servicio de Braquiterapia cuenta con seis habitaciones.

El tipo de radioisótopo que se utiliza desde que el servicio fue fundado es el radio 226 el cual tiene una vida media de 1604 años.

7.4. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL.

El servicio de Braquiterapia del Hospital Rosales fue fundado por iniciativa del Doctor Díaz Bazan, reconocido por su interés para controlar el Cáncer. Dicho servicio se encuentra ubicada al final del Servicio de Oncológica Mujeres del Hospital Rosales, el cual cuenta con una entrada principal, siendo este el acceso directo al servicio de Braquiterapia.

Del servicio de Braquiterapia del Hospital Rosales se puede mencionar que cuenta solamente con dos áreas bien definidas: el área de aplicación y el almacén de las fuentes o isótopos radioactivos, las cuales se detallan a continuación.

7.4.1. DESCRIPCIÓN DE AREAS.

7.4.1.1. Acceso principal.

La entrada al servicio se encuentra al final del Servicio de Oncológica para mujeres del Hospital Rosales, posee un vestíbulo para luego ingresar al área de aplicación de Braquiterapia. El área total del vestíbulo es de: 14.93 m^2.

En esta área se encuentra, un equipo medidor de radiación gamma con alarma sonora, calibrado a una escala tal que detecte la salida del material radiactivo del cuarto de aplicación del material; con la finalidad de controlar e indicar si un radioisótopo sale del servicio.

7.4.1.2. Área de aplicación.

El área de aplicación es el sitió en el cual se realiza la terapia, es decir lugar en el cual se introducen el radioisótopo a la paciente. En la figura 7.2 se aprecia una vista panorámica de esta área.

En el área se cuenta con un total de seis habitaciones, cada una cuenta con una cama hospitalaria simple, una mesa de noche y una gradilla. Cada habitación posee una entrada de 1.15 metros, se identifican con una numeración nominal que inicia desde el

numero 13 al 18. La habitación 13 es la que se encuentra mas próxima a la entrada del área, y finaliza en la que se encuentra mas lejana.



Figura 7.2: Vista panorámica del área de aplicación de Braquiterapia del Hospital Rosales

El área de aplicación posee un área similar a un triángulo, teniendo un total de 6 habitaciones. A continuación se presenta las dimensiones de cada habitación: Áreas de las habitaciones:

- Habitación 13 : 6.71 m^2.
- Habitación 14 : 6.54 m^2.
- Habitación 15 : 6.66 m^2.
- Habitación 16 : 6 m^2.
- Habitación 17 : 9.90 m^2.
- Habitación 18 : 5.10 m^2.



Figura 7.3: Fotografía de la habitación 15.

En la figura 7.3 se puede apreciar la distribución de la habitación 15, la cual es igual en todas las habitaciones.

7.4.1.3. Almacén de radioisótopos.

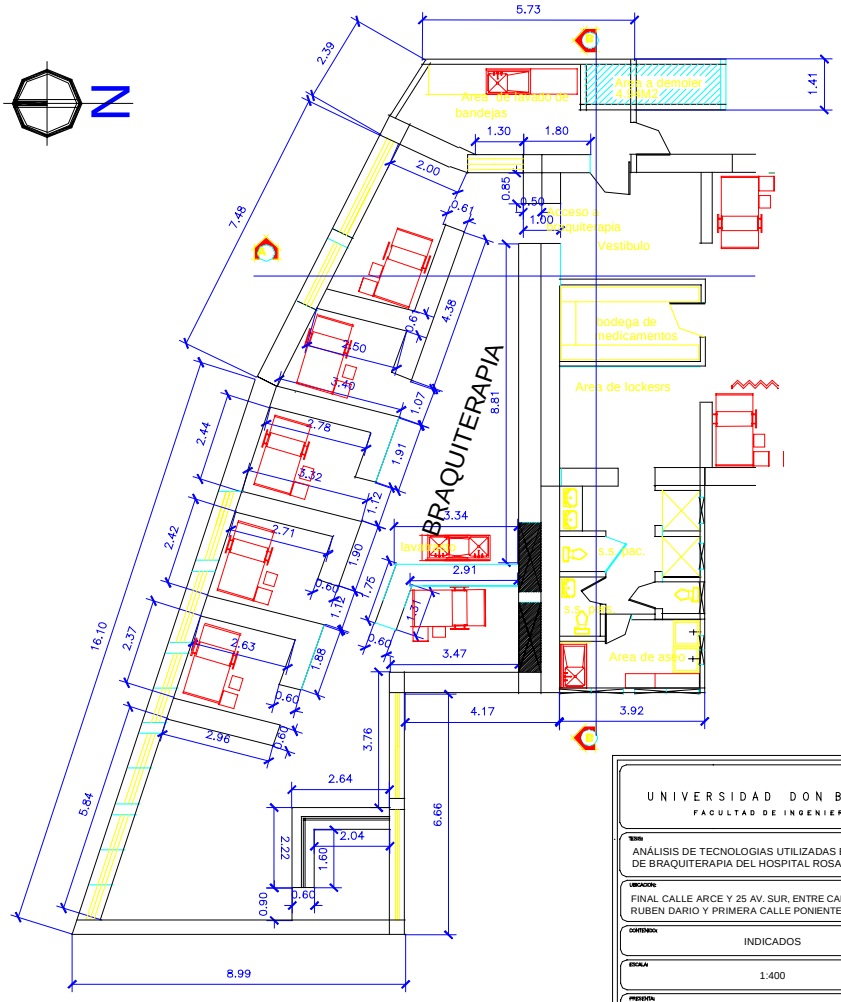
Es un área que se encuentra con acceso restringido con una puerta que permanece asegurada con llave y solamente la persona que desarrolla la técnica tiene acceso a ella. Esta persona es la responsable del almacenamiento adecuado de las fuentes, y ella es la única que las manipula.

Dicha área cuenta con una zona en la cual se encuentran los contenedores de transporte de radioisótopos y la caja fuerte en la cual se almacenan los radioisótopos. El área total del almacén es de 4.1 m^2.

7.4.2. PLANTA ARQUITECTÓNICA.

A continuación se presenta el plano 1, en el cual se ostenta la distribución arquitectónica del servicio de Braquiterapia del Hospital Rosales.

PLANO 1: PLANTA ARQUITECTÓNICA DEL SERVICIO DE BRAQUITERAPIA DEL HOSPITAL ROSALES



UNIVERSIDAD DON BOSCO
FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS: ANÁLISIS DE TECNOLOGIAS UTILIZADAS EN EL SERVICIO DE BRAQUITERAPIA DEL HOSPITAL ROSALES

UBICACIÓN: FINAL CALLE ARCE Y 25 AV. SUR, ENTRE CALLE RUBEN DARIO Y PRIMERA CALLE PONIENTE, SAN SALVADOR.

CONTENIDO: INDICADOS

ESCALA: 1:400

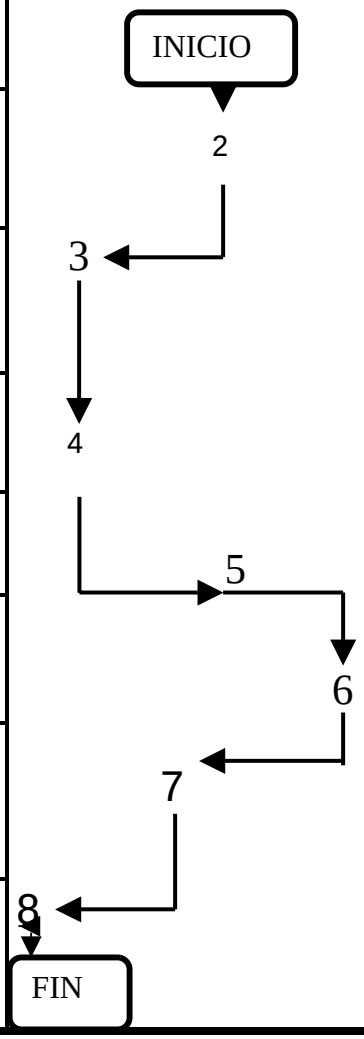
PRESENTA: JENY KARINA CORNEJO VALSE

7.5. FLUJOS EN EL SERVICIO DE BRAQUITERAPIA.

El servicio de Braquiterapia del Hospital Rosales, como en toda área Hospitalaria se interrelaciona con diferentes flujos, los cuales dependerán del proceso que se quiera desarrollar dentro del servicio. Entre los flujos que desarrollan en el servicio se pueden mencionar: flujo de personal médico y enfermeras, paciente, medicamentos y alimentación. A continuación se presentará el recorrido relacionado con el servicio de Braquiterapia del Hospital Rosales de los flujos anteriormente mencionados, enumerando las diferentes actividades y posteriormente se representaran gráficamente en los planos correspondientes.

7.5.1. FLUJO DE PACIENTE EN EL SERVICIO DE BRAQUITERAPIA. (VER PLANO 2 Y 3)

N°	ACTIVIDAD	RESPONSABLE			
		Paciente	Enfermera	Médico	Radioterapeuta
1	Inicio				
2	Ingreso del paciente a la estacion de enfermeras.				
3	Desplazamiento del paciente a los baños de oncológica para realizar el cambio.				
4	Ingreso del paciente a la habitación asignada en el servicio de braquiterapia.				
5	Ingreso del paciente a quirófano.				
6	Colocación de aplicadores ginecológicos para braquiterapia.				
7	Retorno de la paciente a la habitación en el área de braquiterapia.				
8	Salida del paciente				



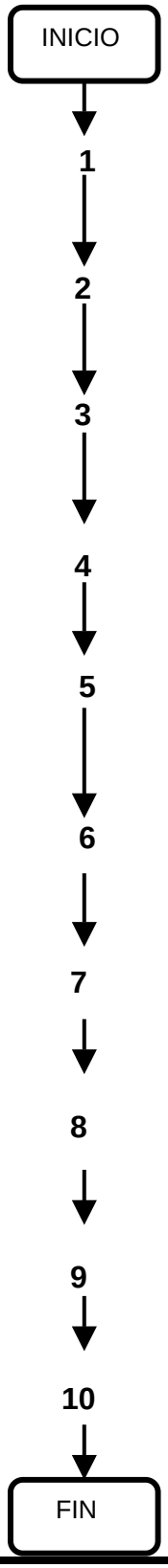
7.5.2. FLUJO DE RADIOTERAPEUTA, IMPLANTE DE FUENTE RADIOACTIVA.

(VER PLANO 4)

N°	ACTIVIDAD	RESPONSABLE			
		Paciente	Enfermera	Medico	Radioterapeuta
					INICIO
1	Entrada de radioterapeuta al servicio de oncológica. Revisión de expedientes pacientes.				1
2	Entrada del radioterapeuta al almacén de radioisótopos.				2
3	Aplicación de radioisótopo, paciente habitación 18				3
4	Aplicación de radioisótopo, paciente habitación 17				4
5	Aplicación de radioisótopo, paciente habitación 16.				5
6	Aplicación de radioisótopo, paciente habitación 15				6
7	Aplicación de radioisótopo, paciente habitación 14.				7
8	Aplicación de radioisótopo, paciente habitación 13.				8
9	Retorno al almacén de radioisótopos				9
10	Desplazamiento del radioterapeuta a estación de enfermeras				10
11	Salida del servicio de ontología				FIN

7.5.3. FLUJO DE ENFERMERA (VER PLANO 5)

Nº	ACTIVIDAD	RESPONSABLE			
		Paciente	Enfermera	Médico	Radioterapeuta
1	Ingreso al servicio de oncología.				
2	Ingreso al cuarto de cambio de ropa del personal de enfermería.				
3	Entrada a la estación de enfermeras.				
4	Monitoreo de paciente habitación 18.				
5	Monitoreo de paciente habitación 17.				
6	Monitoreo de paciente habitación 16.				
7	Monitoreo de paciente habitación 15.				
8	Monitoreo de paciente habitación 14.				
9	Monitoreo de paciente habitación 13.				
10	Retorno a estación de enfermera.				



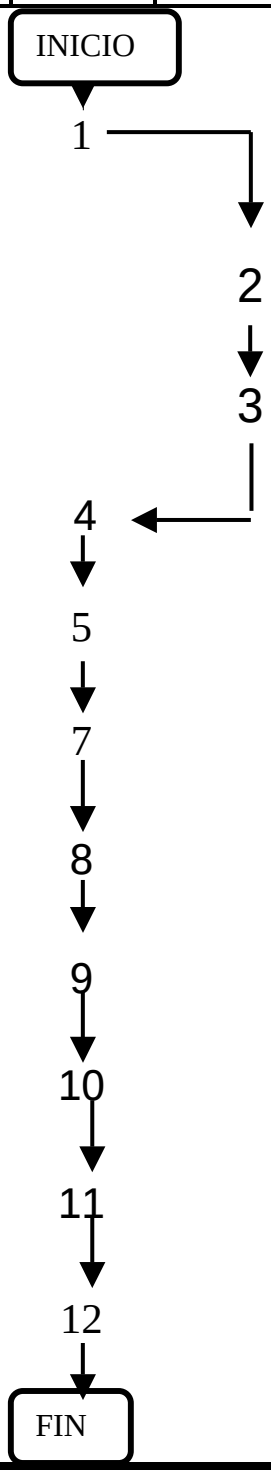
7.5.4. FLUJO DE RETIRO DE IMPLANTES (VER PLANO 6).

Nº	ACTIVIDAD	RESPONSABLE			
		Paciente	Enfermera	Médico	Radioterapeuta
1	Ingreso al servicio de oncología.				INICIO → 1
2	Revisión de expedientes.				2
3	Entrada del radioterapeuta a almacén de radioisótopos.				3
4	Preparación para retiro de fuentes.				4
5	Retiro de radioisótopos, paciente habitación 18.				5
6	Retiro de radioisótopos, paciente habitación 17.				6
7	Retiro de radioisótopos, paciente habitación 16.				7
8	Retiro de radioisótopos, paciente habitación 15.				8
9	Retiro de radioisótopos, paciente habitación 14.				9
10	Retiro de radioisótopos, paciente habitación 13.				10
11	Retorno a almacén de radioisótopos.				11
12	Retorno de radioterapeuta a estación de enfermera. Salida del radioterapeuta				10 → FIN

7.5.6. FLUJO DE FARMACOS.

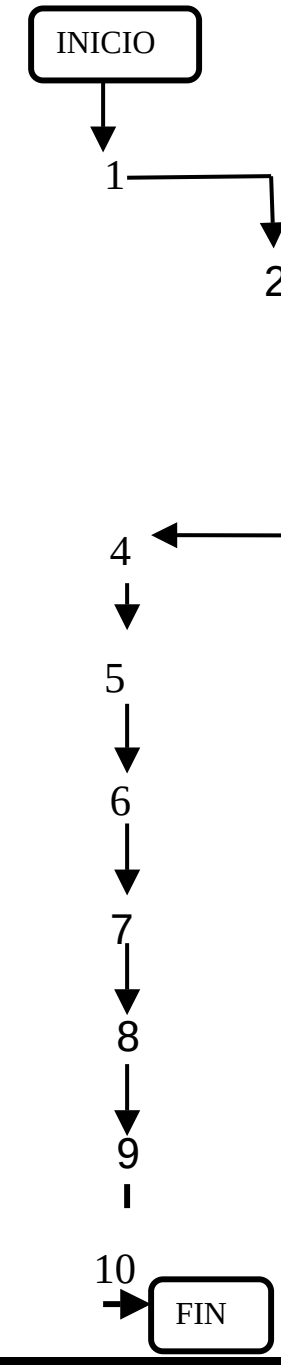
(VER PLANO 7 Y 8)

N°	ACTIVIDAD	RESPONSABLE
		Paciente / Enfermera / Jefe enfermera / Médico
1	Entrega de solicitud de medicamentos a farmacia	
2	Entrega de fármacos	
3	Ingreso de fármacos al servicio de oncológica y almacenaje	
4	Almacenamiento de fármacos en estación de enfermeras	
5	Entrega de medicamento a la habitación 18	
7	Entrega de medicamento a la habitación 17	
8	Entrega de medicamento a la habitación 16	
9	Entrega de medicamento a la habitación 15	
10	Entrega de medicamento a la habitación 14	
11	Entrega de medicamento a la habitación 13	
12	Retorno a estación de enfermeras	

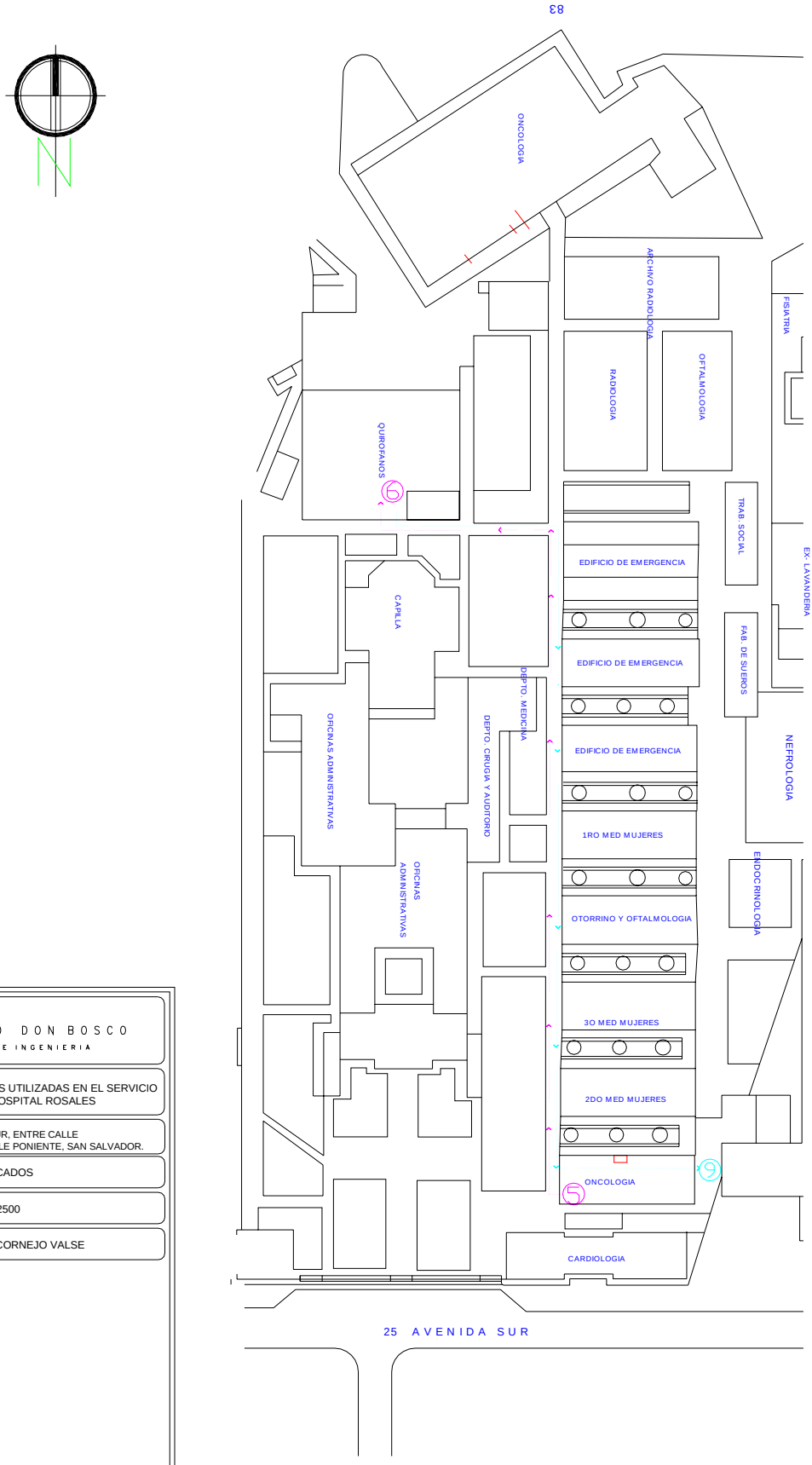


7.5.7. FLUJO DE DIETA DEL PACIENTE. (VER PLANO 9 y 10)

N°	ACTIVIDAD	RESPONSABLE			
		Paciente	Enfermera	Despacho dep. alimentación y dietas	Repartidor
1	Entrega de dieta prescrita por el médico al departamento de alimentación y dietas.				
2	Ingreso de solicitud de dietas para pacientes.				
3	Entrega de dietas para pacientes del servicio de braquiterapia.				
4	Entrega de medicamento a la habitación 18				
5	Entrega de medicamento a la habitación 17				
6	Entrega de medicamento a la habitación 16				
7	Entrega de medicamento a la habitación 15				
8	Entrega de medicamento a la habitación 14				
9	Entrega de medicamento a la habitación 13				
10	Retorno del carro de alimentos al departamento de alimentación y dietas				



PLANO 2: PLANTA DE CONJUNTO
FLUJO DE PACIENTE



UNIVERSIDAD DON BOSCO
FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS:
ANÁLISIS DE TECNOLOGIAS UTILIZADAS EN EL SERVICIO DE BRAQUITERAPIA DEL HOSPITAL ROSALES

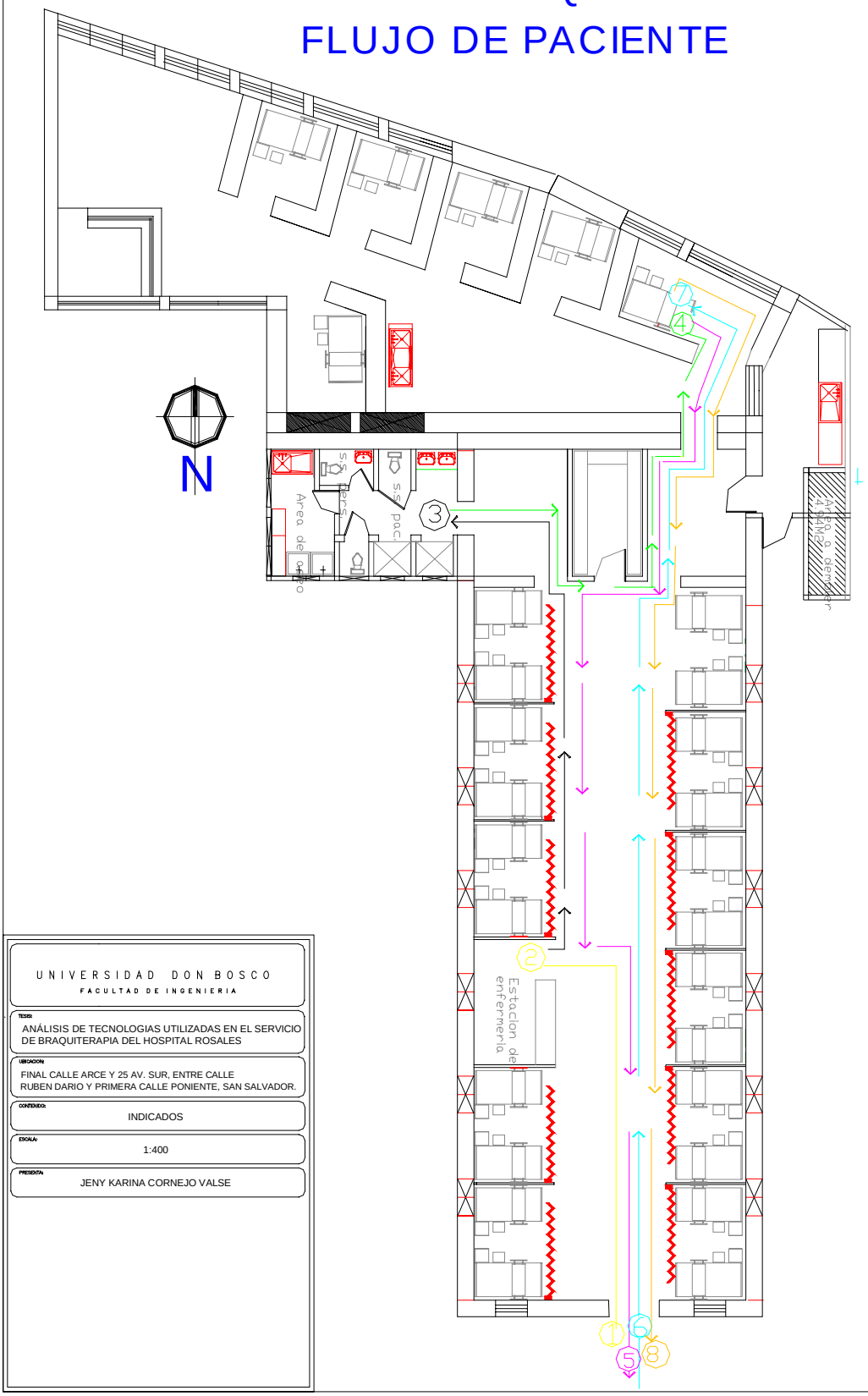
UBICACION:
FINAL CALLE ARCE Y 25 AV. SUR, ENTRE CALLE RUBEN DARIO Y PRIMERA CALLE PONIENTE, SAN SALVADOR.

CONTENIDO:
INDICADOS

ESCALA:
1:2500

PRESENTA:
JENY KARINA CORNEJO VALSE

PLANO 3: PLANTA ARQUITECTÓNICA
FLUJO DE PACIENTE



UNIVERSIDAD DON BOSCO
FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS:
ANÁLISIS DE TECNOLOGIAS UTILIZADAS EN EL SERVICIO DE BRAQUITERAPIA DEL HOSPITAL ROSALES

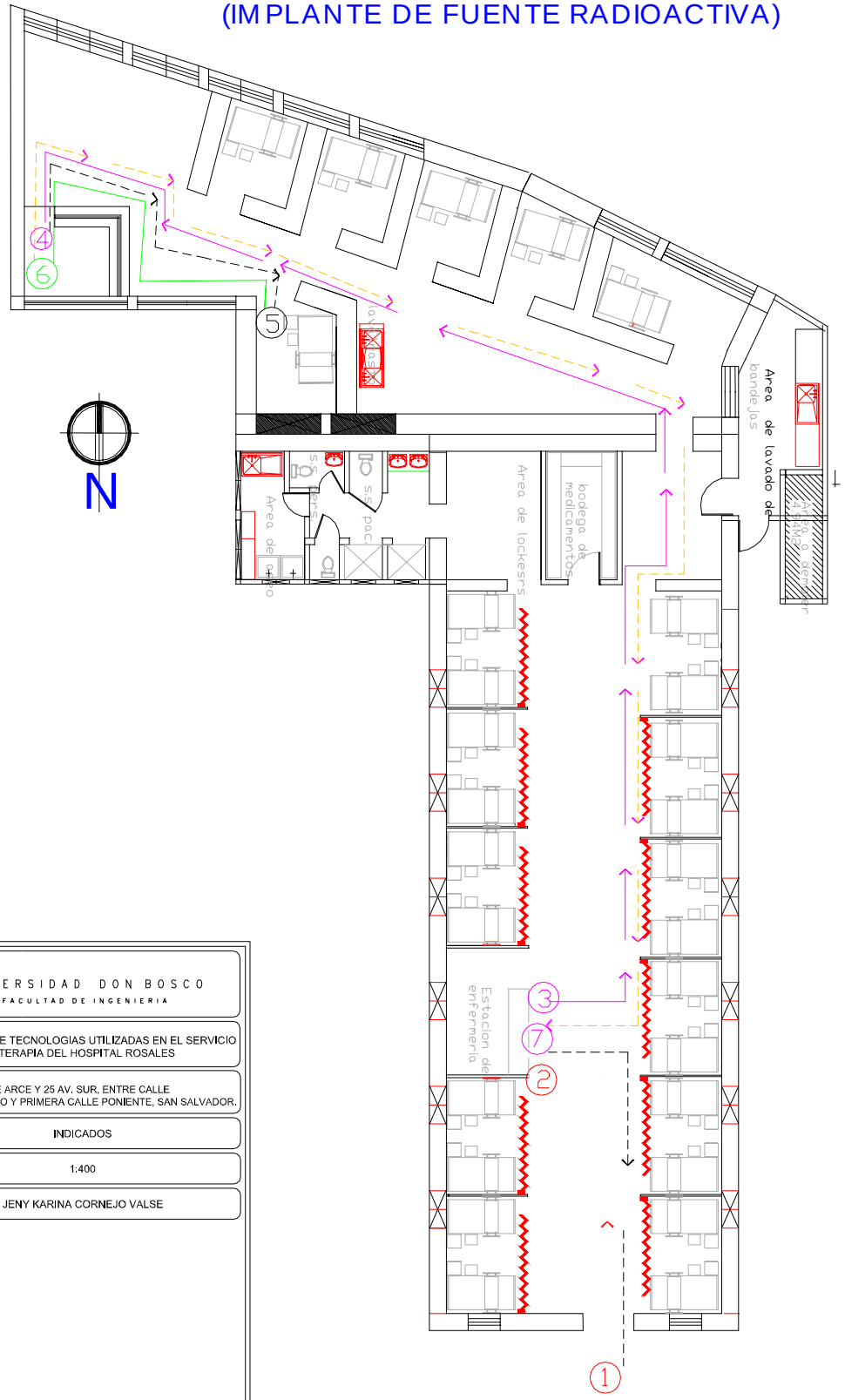
UBICACION:
FINAL CALLE ARCE Y 25 AV. SUR, ENTRE CALLE RUBEN DARIO Y PRIMERA CALLE PONIENTE, SAN SALVADOR.

CONTENIDO:
INDICADOS

ESCALA:
1:400

PRESENTA:
JENY KARINA CORNEJO VALSE

PLANO 4: PLANTA ARQUITECTÓNICA
FLUJO DE RADIOTERAPEUTA
(IMPLANTE DE FUENTE RADIOACTIVA)



UNIVERSIDAD DON BOSCO
FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS:
ANALISIS DE TECNOLOGIAS UTILIZADAS EN EL SERVICIO DE BRAQUITERAPIA DEL HOSPITAL ROSALES

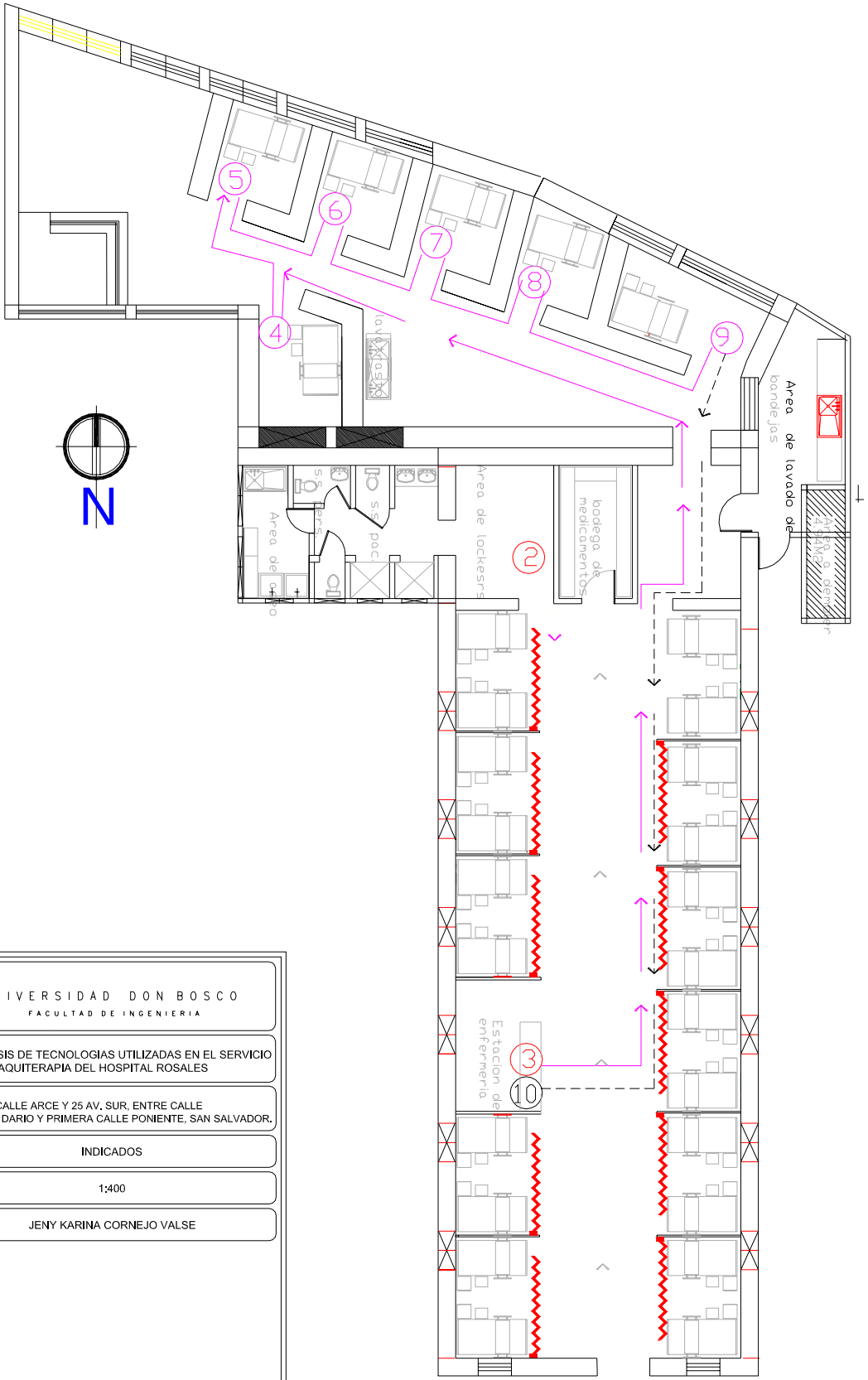
UBICACION:
FINAL CALLE ARCE Y 25 AV. SUR, ENTRE CALLE RUBEN DARIO Y PRIMERA CALLE PONIENTE, SAN SALVADOR.

CONTENIDO:
INDICADOS

ESCALA:
1:400

PRESENTA:
JENY KARINA CORNEJO VALSE

PLANO 5: PLANTA ARQUITECTÓNICA
FLUJO DE ENFERMERÍA



UNIVERSIDAD DON BOSCO
FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS:
ANALISIS DE TECNOLOGIAS UTILIZADAS EN EL SERVICIO DE BRAQUITERAPIA DEL HOSPITAL ROSALES

UBICACION:
FINAL CALLE ARCE Y 25 AV. SUR, ENTRE CALLE RUBEN DARIO Y PRIMERA CALLE PONIENTE, SAN SALVADOR.

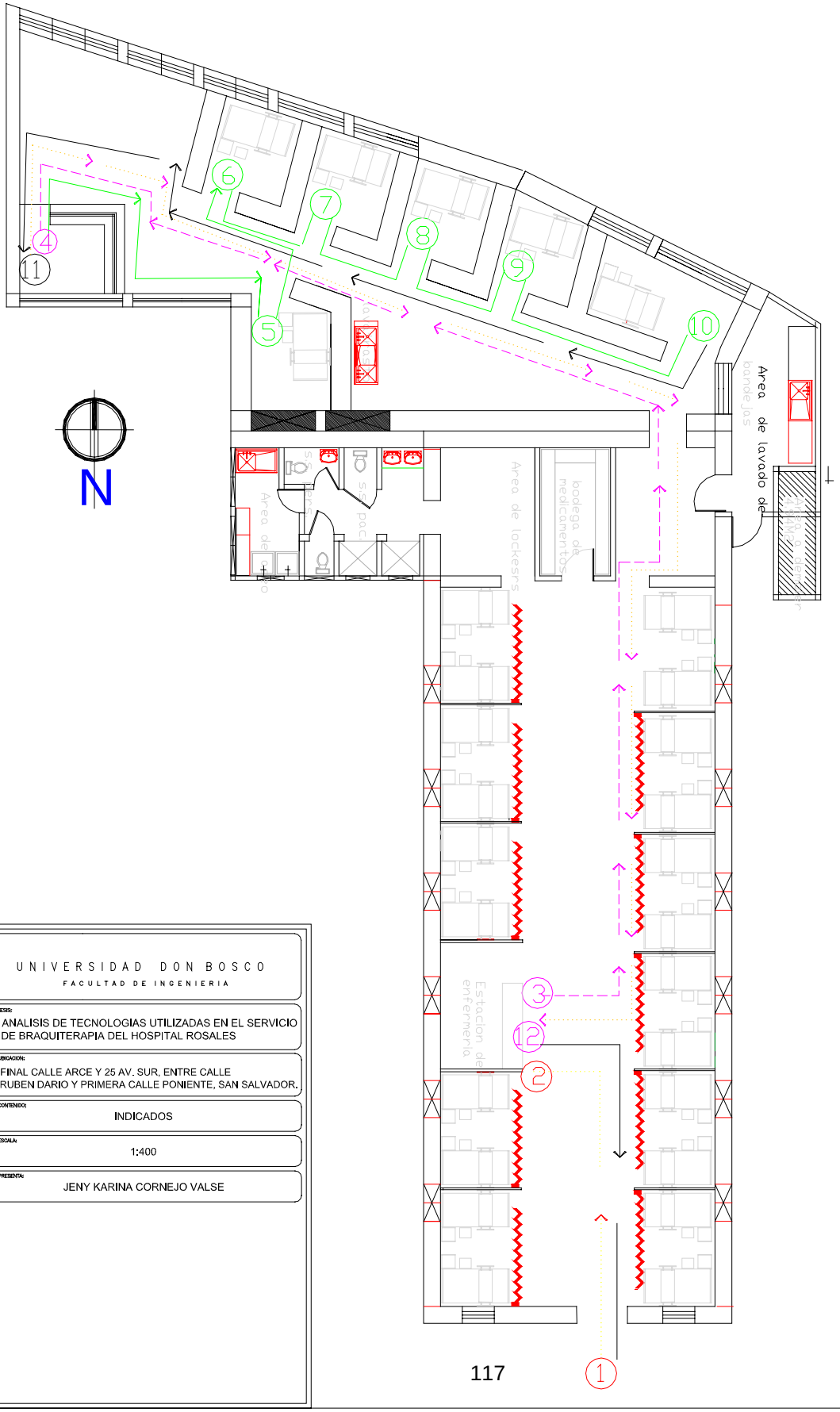
CONTENIDO:
INDICADOS

ESCALA:
1:400

PRESENTA:
JENY KARINA CORNEJO VALSE

PLANO 6: PLANTA ARQUITECTÓNICA

RETIRO DEL IMPLANTE DEL RADIOISÓTOPO



UNIVERSIDAD DON BOSCO

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS:
ANALISIS DE TECNOLOGIAS UTILIZADAS EN EL SERVICIO DE BRAQUITERAPIA DEL HOSPITAL ROSALES

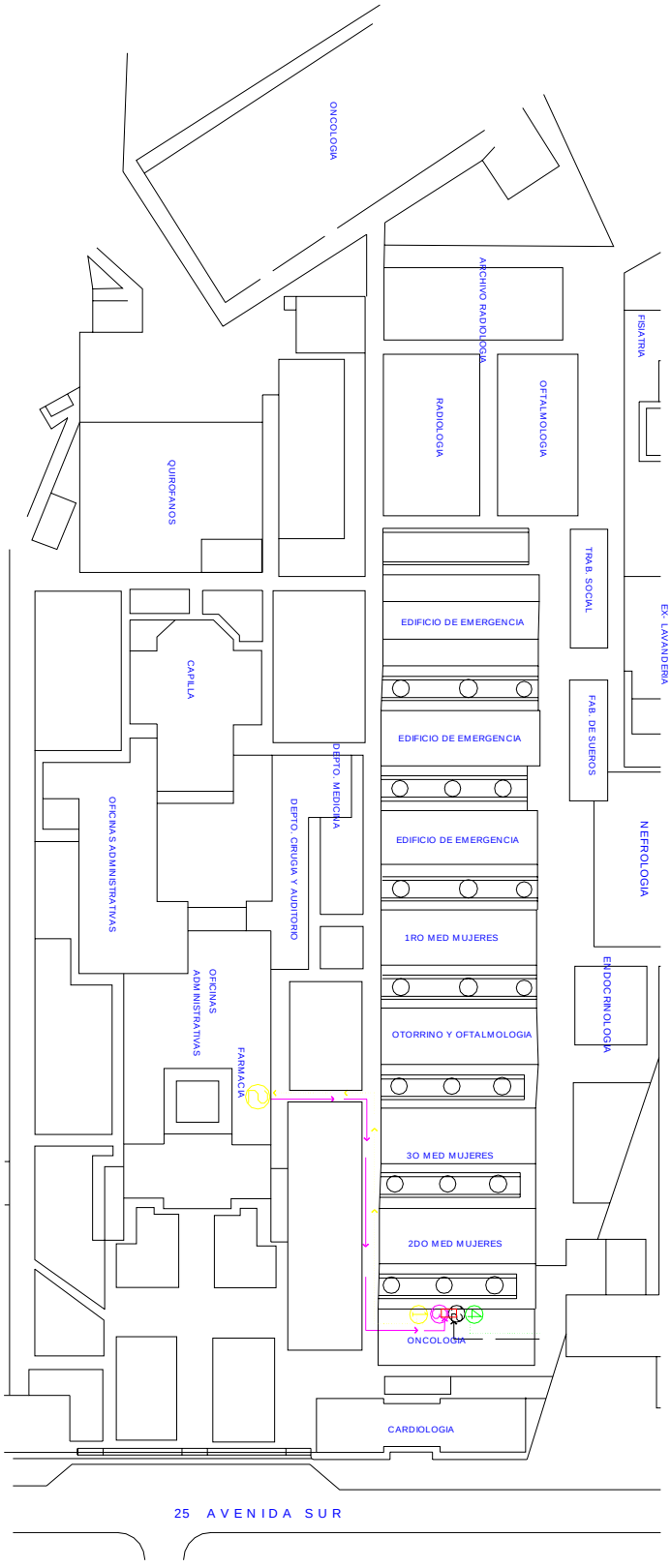
UBICACION:
FINAL CALLE ARCE Y 25 AV. SUR, ENTRE CALLE RUBEN DARIO Y PRIMERA CALLE PONIENTE, SAN SALVADOR.

CONTENIDO:
INDICADOS

ESCALA:
1:400

PRESENTA:
JENY KARINA CORNEJO VALSE

PLANO 7: PLANTA DE CONJUNTO
FLUJO DE FÁRMACOS



UNIVERSIDAD DON BOSCO
FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS:
ANÁLISIS DE TECNOLOGIAS UTILIZADAS EN EL SERVICIO DE BRAQUITERAPIA DEL HOSPITAL ROSALES

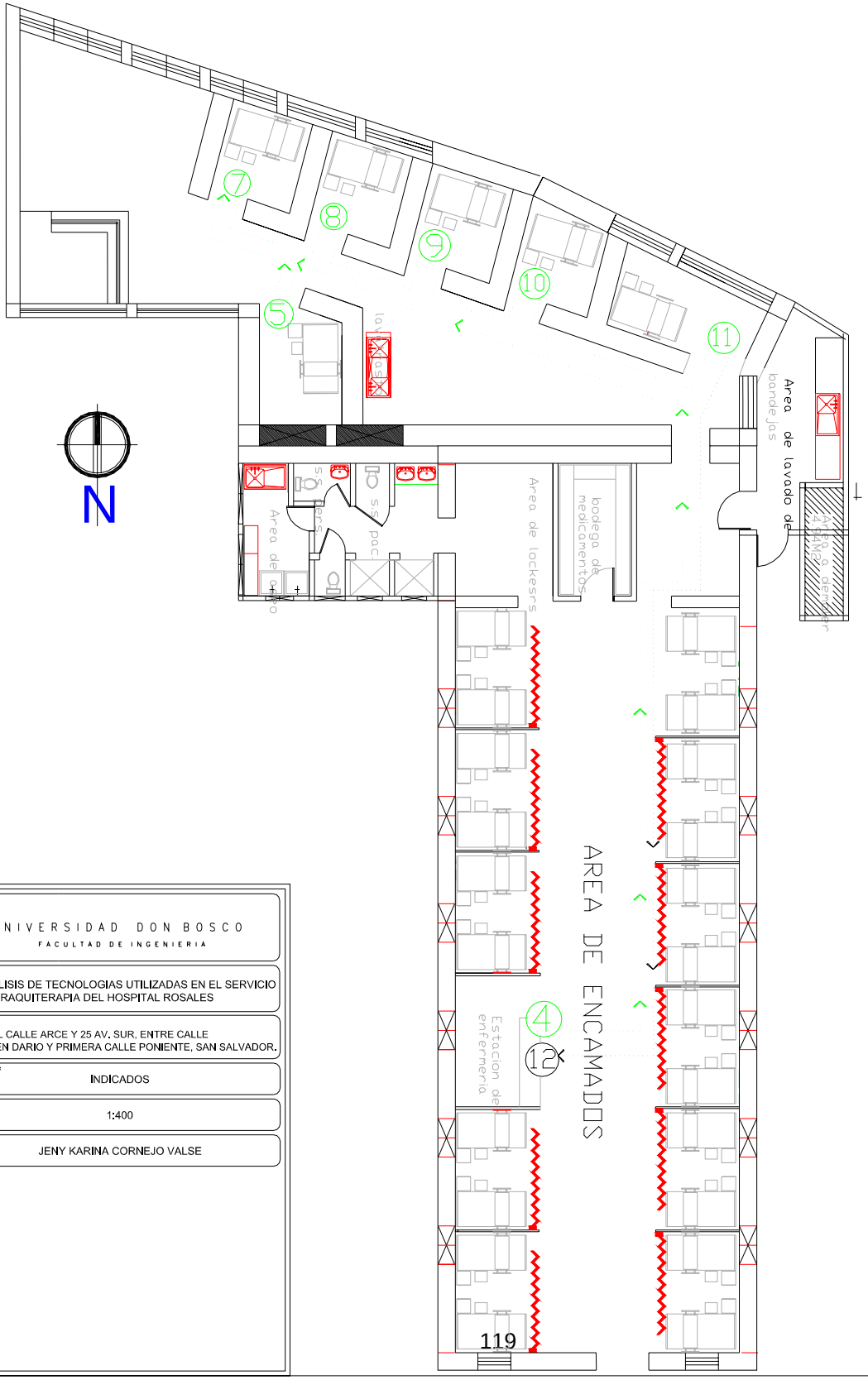
UBICACIÓN:
FINAL CALLE ARCE Y 25 AV. SUR, ENTRE CALLE RUBEN DARIO Y PRIMERA CALLE PONIENTE, SAN SALVADOR.

CONTENIDO:
INDICADOS

ESCALA:
1:2500

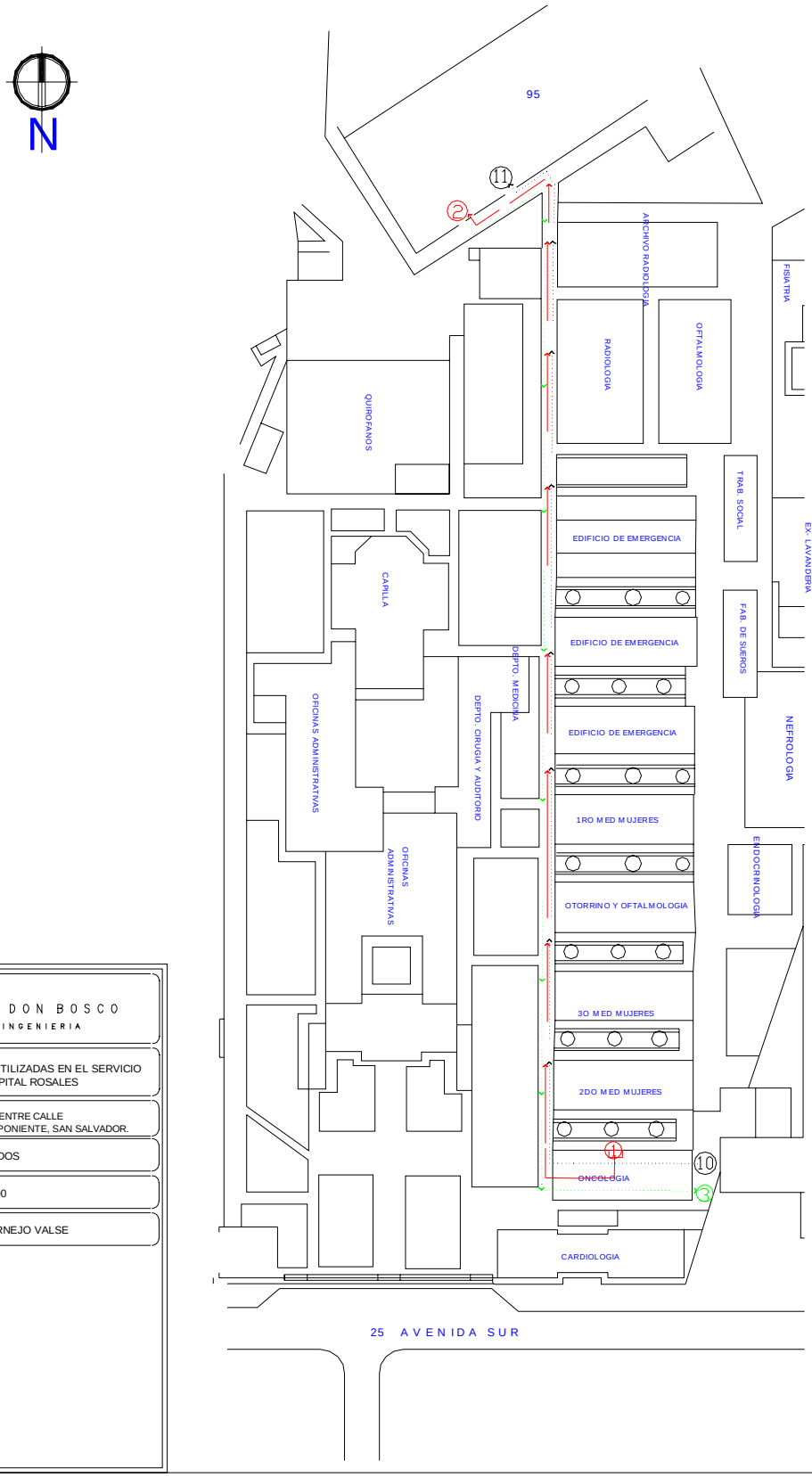
PRESENTA:
JENY KARINA CORNEJO VALSE

PLANO 8: PLANTA ARQUITECTÓNICA
FLUJO DE FÁRMACOS



UNIVERSIDAD DON BOSCO FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS:	ANALISIS DE TECNOLOGIAS UTILIZADAS EN EL SERVICIO DE BRAQUITERAPIA DEL HOSPITAL ROSALES
UBICACION:	FINAL CALLE ARCE Y 25 AV. SUR, ENTRE CALLE RUBEN DARIO Y PRIMERA CALLE PONIENTE, SAN SALVADOR.
CONTENIDO:	INDICADOS
ESCALA:	1:400
PRESENTA:	JENY KARINA CORNEJO VALSE

PLANO 9: PLANTA DE CONJUNTO
FLUJO DE DIETA DE PACIENTE



UNIVERSIDAD DON BOSCO
FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS:
ANÁLISIS DE TECNOLOGIAS UTILIZADAS EN EL SERVICIO DE BRAQUITERAPIA DEL HOSPITAL ROSALES

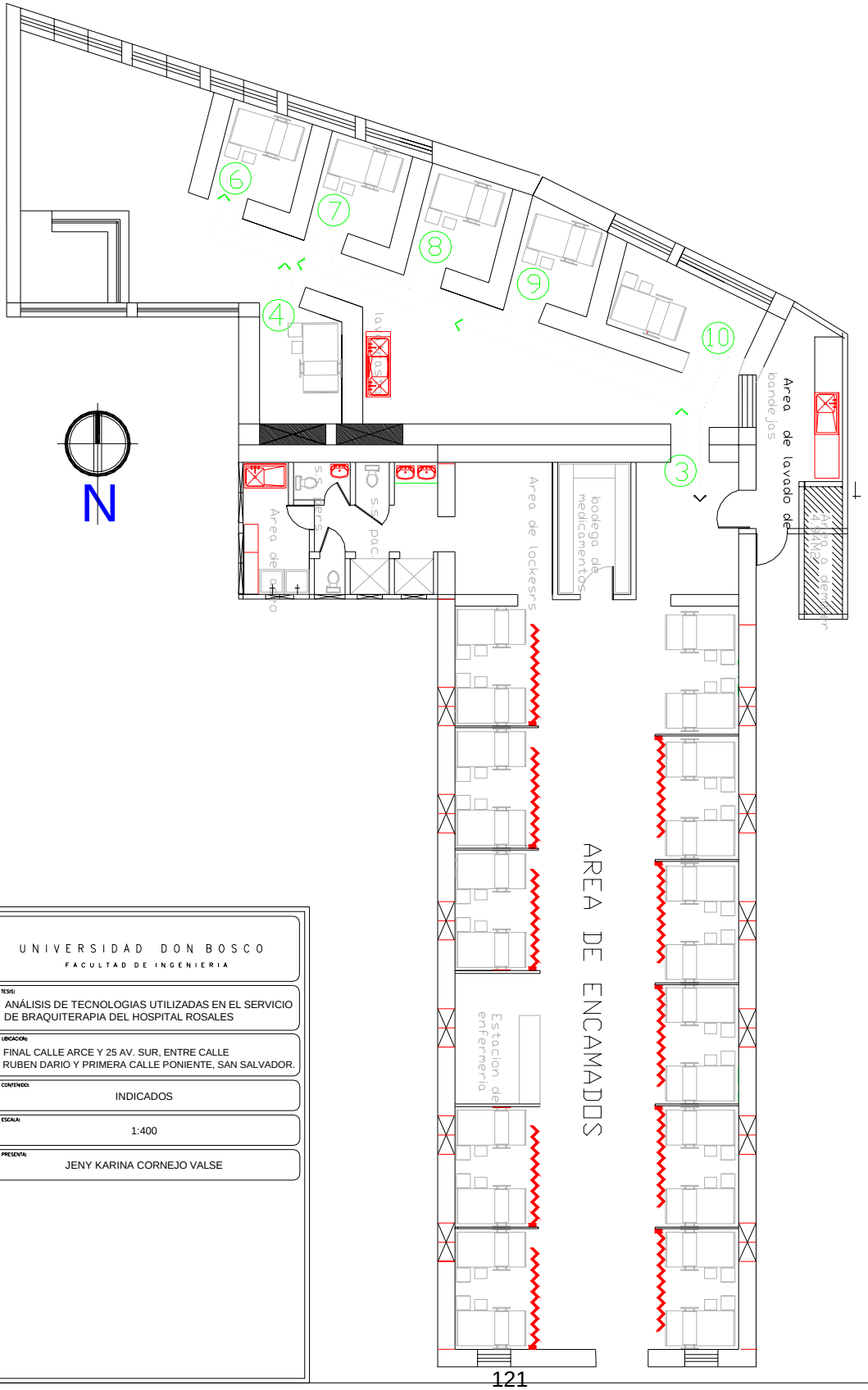
UBICACION:
FINAL CALLE ARCE Y 25 AV. SUR, ENTRE CALLE RUBEN DARIO Y PRIMERA CALLE PONIENTE, SAN SALVADOR.

CONTENIDO:
INDICADOS

ESCALA:
1:2500

PRESENTA:
JENY KARINA CORNEJO VALSE

PLANO 10: PLANTA ARQUITECTÓNICA
FLUJO DE DIETA DEL PACIENTE



UNIVERSIDAD DON BOSCO
FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS:
ANÁLISIS DE TECNOLOGIAS UTILIZADAS EN EL SERVICIO DE BRAQUITERAPIA DEL HOSPITAL ROSALES

UBICACIÓN:
FINAL CALLE ARCE Y 25 AV. SUR, ENTRE CALLE RUBEN DARIO Y PRIMERA CALLE PONIENTE, SAN SALVADOR.

CONTENIDO:
INDICADOS

ESCALA:
1:400

PRESENTA:
JENY KARINA CORNEJO VALSE

7.6. RECURSOS HUMANOS.

El servicio de braquiterapia cuenta con diferentes elementos que forman el equipo de trabajo del servicio, de los cuales cada uno posee responsabilidades particulares dependientes del cargo que se desempeñe.

El equipo de trabajo del servicio de Braquiterapia del Hospitales Rosales lo componen:

- Médico radioterapeuta.
- Enfermera
- Auxiliares de enfermera
- Personal auxiliar.

7.6.1. MÉDICO RADIOTERAPEUTA.

Médico graduado, el cual desarrolla el papel de médico radioterapeuta ya que cuenta con los conocimientos necesarios y la experiencia para desempeñar este cargo.

Las funciones que desarrolla:

- Evaluación del paciente.
- Planificación del tratamiento.
- Aplicación de la técnica de Braquiterapia: colocación de aplicadores ginecológicos, ondas transuretral, colocación del radioisótopo
- Realiza la sutura.
- Control de pacientes diario, realiza las ordenes de fármacos y dieta.
- Seguimiento del paciente post-radiación.

Además de todas estas actividades, el médico radioterapeuta desempeña las actividades del responsable de radioprotección, las cuales se mencionan a continuación:

- Calibración del medidor Gamma.
- Control de fuentes radioactivas.
- Control de fuga de radiación.

- Supervisión y control del servicio de braquiterapia.
- Mantenimiento de los contenedores.

7.6.2. TÉCNICO RADIOTERAPEUTA.

La persona que desempeña este papel es el ayudante del médico radioterapeuta, la cual al igual que el médico se forma a base de experiencia.

Las actividades que desarrolla son las siguientes:

- Preparación del material para aplicar la braquiterapia.
- Aplicación de la Braquiterapia.
- Retiro de radioisótopos y almacenamiento adecuado.
- Retiro puntos de puntos de sutura.
- Retiro de aplicadores.

7.6.3 ENFERMERAS.

Jefe de enfermería del servicio.

Es la encargada de la administración del departamento y de supervisar el trabajo que realizan las demás enfermeras.

Las responsabilidades:

- Elaborar plan de asignaciones dentro del servicio.
- Planificación y supervisión de recurso humano, material e instrumental utilizado en el servicio.
- Apoyar al personal responsable de paciente de mayor riesgo.
- Realizar los pedidos de fármacos.
- Supervisar el desarrollo de las actividades y verificar que se utilicen normas.

Enfermeras.

Responsables de la atención de pacientes.

Las responsabilidades de las enfermeras son las siguientes:

- Entrega de fármacos.
- Preparación de la paciente antes de la aplicación de Braquiterapia: preparación de colon, preparación de región pélvica, colocar acceso venoso permeable,
- Realizar toma de muestras para exámenes de laboratorio clínico completo.
- Atención en caso que sea necesario.
- Vigilancia periódica de paciente.

Horario de los turnos rotativos de enfermeras.

7.6.4. PERSONAL AUXILIAR.

Personal de aseo.

Responsable de realizar la limpieza dentro del área de Braquiterapia.

Específicamente realiza las siguientes funciones:

- Realizar limpieza de las habitaciones: retiro de papeles, basura, etc.
- Retiro de orina de los baldes, ya que las bolsas de orina permanecen en goteo para evitar que se llene. Este goteo es depositado en el balde.

Responsable de repartir los alimentos.

- Distribuir los líquidos claros a las pacientes en tratamiento, los cuales se dan en bolsas plásticas.

7.7. EVALUACIÓN TECNOLÓGICA

La evaluación de tecnología consiste en identificar y contabilizar el equipo con el cuenta el servicio de braquiterapia del Hospital Rosales.

7.7.7. EQUIPAMIENTO BRAQUITERAPIA.

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
40	FUENTES RADIO 226
6	JUEGO DE APLICADORES GINECOLÓGICOS

7.7.8. EQUIPO DE RADIOPROTECCIÓN.

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
	DOSÍMETROS
1	DOSÍMETRO DE ANILLO
6	MAMPARAS
1	CAJA FUERTE PARA ISÓTOPOS RADIOACTIVOS
2	CONTENEDORES PARA RADIOISÓTOPOS

7.7.9. EQUIPO DE MONITOREO

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
1	MEDIDOR DE RADIACIÓN GAMMA
1	MEDIDOR G. MULLER

7.7.10. MOBILIARIO

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
3	VENTILADORES DE TECHO
1	CARRITO PARA MEDICAMENTOS
1	CARRITO PARA RADIOISÓTOPOS
6	CAMA SIMPLE CON COLCHÓN
6	MESA DE NOCHE
6	GRADILLAS DE UN PELDAÑO

7.7.11. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPO.

Equipo	Radioisótopo
Descripción. **Material radioactivo utilizado: sulfato de radio** **Vida media del radioisótopo: 1604 años.** **Dimensiones:** **Tamaño: 2 cm** **Espesor: 2 - 3 mm**	
Características específicas. Energía de radiación (γ) : 0.047-2.44 MeV Constante de tasa de exposición para el Radio (Γ): 1.00 mg Ra_{eq} Constante de tasa de exposición del sustituto (Γ_{Ra}): 0.825 R m^2 h^{-1} Ci^{-1}	
Información técnica requerida. Especificaciones técnicas proporcionadas por el fabricante.	

Equipo	APLICADORES BRAQUITERAPIA
Descripción. **Aplicadores ginecológicos utilizados para braquiterapia manual.**	
Características especificas. Aplicador Standard de Fletcher de carga diferida. El aplicador consta de: Un tandem: de tres cilindros de 2.65 mm de diámetro y 20.3 mm de longitud. Dos Colpostatos Material utilizado para su fabricación:	
Información técnica requerida. Manual de operaciones.	

Equipo	MAMPARAS
Descripción. **Barreras móviles para radioprotección.**	
Características especificas. Dimensiones: Alto: 1.18 m. Ancho: 0.60 m. Espesor: 10 cm de plomo encajuelado en láminas de acero	
Información técnica requerida. Capacitaciones de radioprotección.	

Equipo	MEDIDOR DE RADIACIÓN GAMMA
Descripción.	
Características especificas. Forma de presentar lectura: galvanómetro. Escala de medición: mR/h Límites de medicion: mínima 0.01 mR/h y máxima de 100 mR/h Calibración. **Capacidad de calibración de límites: mínimo y máximo.** **Reseteo.** Alarmas. Alarma audible Alarma visible Especificaciones eléctricas. Voltaje 120 VAC **Frecuencia: 60 Hz**	
Información técnica requerida. Manual de operación y servicio	

7.8. ANÁLISIS DE INSTALACIONES.

Este análisis consiste en definir la situación actual (climatización, iluminación y sistemas vitales), en la que se encuentra el servicio de Braquiterapia del Hospital Rosales, buscando con ello realizar una evaluación de los mismos.

7.8.1. AMBIENTACIÓN.

7.8.1.2. CLIMATIZACIÓN.

El servicio de Braquiterapia como sistema para climatizar se apoya en la utilización de tres ventiladores, dispuesto en todo el área de aplicación.

En la figura 2 se muestra el tipo de ventilador que se utiliza.



Figura 7.3: Fotografía de ventilador utilizado en el Servicio de Braquiterapia.

7.8.1.3. ILUMINACIÓN.

La iluminación en el área se logra de dos maneras: utilizando lámparas fluorescentes y por medio de ventanas.

Las lámparas se encuentran distribuidas en el área de aplicación en pares, siendo un total de 14 lámparas, de 40 Watts, dos lámparas por cada pantalla reflectora. Cada pantalla reflectora posee un flujo lumínico de 5200 luxes, según el manual de lámparas Philips. Para determinar el flujo lumínico proporcionado de forma artificial utilizaremos la siguiente formula:

$$\text{LUXES DEL AREA} = \frac{\text{NUMERO DE LUMINARIAS X 5200 LUMENES}}{\text{AREA}}$$

Por lo tanto, los luxes proporcionados por las lámparas es de 638.6.

La iluminación natural se proporciona por una serie de ventanas las cuales están dispuesta a lo largo de las dos paredes laterales haciendo un total de 20 ventanas, 18 de ellas poseen 8 celosías, las otras dos ventanas poseen solamente cinco celosías. Dichas ventanas se distribuyen en todo el departamento de la siguiente manera: en la pared donde se encuentran las habitaciones de las pacientes se 13 ventanas de 8 celosías y dos de cinco celosías, las otras siete se localizan en la pared frontal a las habitaciones.

7.8.5.1. SISTEMAS VITALES.

En este apartado se tomar en consideración las instalaciones eléctricas y las hidráulicas del servicio de Braquiterapia del Hospital Rosales. El análisis que se realizará se basará en la observación de la situación actual del servicio.

7.8.5.1.1. INSTALACIONES ELÉCTRICAS.

En el análisis de en cuanto a las instalaciones eléctricas del servicio de Braquiterapia del Hospital Rosales se basará en la identificación y ubicaciones de las tomas eléctricos, los interruptores y panel de aislamiento.

Luego de realizar las visitas al servicio se logro determinar el numero total de tomas

eléctricos, siendo todos convencionales y polarizados de 120V / 20 A. Se determinó que todos los tomas se encuentran a una altura de 32 cm. sobre el nivel del piso.

En cuanto a los interruptores se determinó que se encuentran a una altura de 1.70 sobre el nivel del piso. Dichos interruptores son de dos polos, tres de ellos son utilizados para activar los ventiladores y uno sólo para activar todas las luminarias del área de aplicación.

El panel de aislamiento del servicio se encuentra ubicado en el servicio de oncología, el cual cuenta con dos térmicos, cada uno de 15 A.

Todas las instalaciones eléctricas del servicio de Braquiterapia del Hospital Rosales cuentan con el suministro de energía de la planta de emergencia del Hospital Rosales.

A continuación se presentará una tabla en la cual se detalla la ubicación y la cantidad tanto de los tomas eléctricos como de los interruptores:

SERVICIO DE BRAQUITERAPIA DEL HOSPITAL ROSALES INSTALACIONES ELECTRICAS		
UBICACIÓN	**CANTIDAD DE TOMACORRIENTES CONVECIONALES**	**INTERRUPTORES DOS POLOS**
VESTÍBULO	1	1
ENTRADA	-	1
HABITACIÓN 13	1	-
HABITACIÓN 14	1	1
HABITACIÓN 15	1	
HABITACIÓN 16	1	1
HABITACIÓN 17	1	-
HABITACIÓN 18	1	1

TABLA 8.1: Sistemas eléctricos.

7.8.5.1.2. INSTALACIONES HÍDRAHULICAS.

En el servicio de Braquiterapia cuenta con un suministro de agua potable, y se puede

observar que se cuenta con una sola toma de agua, la cual se utiliza únicamente para lavado de materiales.

7.9. RADIOPROTECCIÓN.

7.9.1. ESPESOR DE LAS PAREDES.

En la distribución de planta del servicio de braquiterapia se pudo observar que la distribución de todas las habitaciones es la misma. Dicha distribución se presenta en la siguiente figura 7.4:

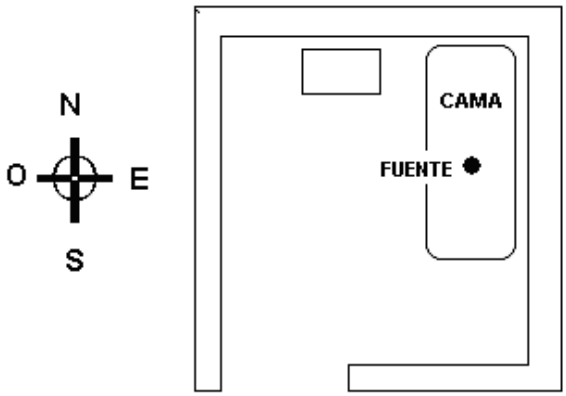


Figura 7.4: Distribución de las habitaciones del área de braquiterapia.

7.9.1.1 CARACTERISTICAS DEL RADIOISÓTOPO [17]

Radionúcleo	$\tau 1/2$	Energía de la radiación γ (MeV)	Γ (R m^2 h^{-1} Ci^{-1})	Γ/Γ_{Ra} (mg Ra_{eq})	HVTU
Radio-226 en equilibrio y filtrado por 0.5 mm Pt	1604 a	0.047-2.44	0.825	1.000	8.00

A) PARED NORTE.

La determinación del espesor para la pared norte del servicio de braquiterapia será, igual para todas las habitaciones, y se realizará de la siguiente forma:

[17] The Physics of Radiation Therapy, Faiz M. Khan

- **Actividad aparente total.**

La máxima carga que se utiliza en el servicio de braquiterapia del hospital Rosales, es de 70 mgRa.

Calculando la actividad aparente total:

$$A_{AT} = 70\ mgRa \cdot \frac{1\,Ci}{1\,gRa} \cdot \frac{3.7x10^{10}\ Bq}{1\,Ci} = 2.59GBq$$

- **Tasa de Dosis Absorbida.**

Distancia de 50cm de la fuente, ya que es la distancia más cercana que la paciente podrá estar de dicha pared.

Utilizando la fórmula:

$$TD = \left(\frac{\Gamma \cdot A}{d^2} \right)$$

donde: Γ : Factor Gamma. Es la tasa de dosis absorbida en mSv/h a 1 m de una fuente de 1 GBq del radionúclido

A : Actividad de la fuente en gigabequerels

d : Distancia en metros de la fuente al punto de interés.

Sustituyendo valores:

donde: Γ : 0.82 mSv/h

A : 2.59 gigabequerels

d : 70cm

$$TD = \left(\frac{(0.82) \cdot (2.59GBq)}{(0.70mt)^2} \right) = 4.334\ mSv/h$$

Calculando:

$$TD_{CB} = TD_{SB} / 2^n$$

donde: TD_{CB} : Tasa de dosis con blindaje

TD_{SB} : Tasa de dosis sin blindaje

n : Número de espesores hemirreductores

Número de espesores hemirreductores que se deben utilizar:

$$n = \frac{\log\left(\frac{TD_{SB}}{TD_{CB}}\right)}{\log 2} = 9.497$$

TD_{CB} : 6

TD_{SB} : 13.273 mSv/h

n : Número de espesores hemirreductores

El espesor “e” de la pared de concreto será de:

$$e = n \cdot HVT = 9.497 \times 7\ cm$$

$$e = 66.48 cm$$

- **Espesor actual de la pared norte.**

El espesor real de la pared norte es de 70cm, cumpliendo con la norma.

B) PARED ESTE.

- **Actividad aparente total.**

$$A_{AT} = 70\ mgRa \cdot \frac{1\,Ci}{1\,gRa} \cdot \frac{3.7x10^{10}\ Bq}{1\,Ci} = 2.59 GBq$$

- **Tasa de Dosis Absorvida.**

Distancia de 50cm de la fuente, ya que es la distancia más cercana que la paciente podrá estar de dicha pared.

Utilizando la fórmula:

$$TD = \left(\frac{\Gamma \cdot A}{d^2} \right)$$

donde: Γ : Factor Gamma. Es la tasa de dosis absorbida en mSv/h a 1 m de una fuente de 1 GBq del radionúclido

A : Actividad de la fuente en gigabequerels

d : Distancia en metros de la fuente al punto de interés.

Sustituyendo valores:

donde: Γ : 0.82 mSv/h

A : 2.59 gigabequerels

d : 50cm

$$TD = \left(\frac{(0.82) \cdot (2.59 GBq)}{(0.50 mt)^2} \right) = 8.4952 \ mSv/h$$

Calculando:

$$TD_{CB} = TD_{SB} / 2^n$$

donde: TD_{CB} : Tasa de dosis con blindaje

TD_{SB} : Tasa de dosis sin blindaje

n : Número de espesores hemirreductores

Número de espesores hemirreductores que se deben utilizar:

$$n = \frac{\log\left(\frac{TD_{SB}}{TD_{CB}} \right)}{\log 2} = 10.46$$

TD_{CB} : 6

TD_{SB} : 13.273 mSv/h

n : Número de espesores hemirreductores

El espesor “e” de la pared de concreto será de:

$$e = n \cdot HVT = 9.497 \times 7\ cm$$

$$e = 73.22 cm$$

- **Espesor actual de la pared este.**

El espesor real de la pared norte este es de 70cm, no cumpliendo con la norma.

C) PARED SUR.

- **Actividad aparente total.**

$$A_{AT} = 70\ mgRa \cdot \frac{1\,Ci}{1\,gRa} \cdot \frac{3.7x10^{10}\ Bq}{1\,Ci} = 2.59 GBq$$

- **Tasa de Dosis absorbida.**

Distancia de 50cm de la fuente, ya que es la distancia más cercana que la paciente podrá estar de dicha pared.

Utilizando la fórmula:

$$TD = \left(\frac{\Gamma \cdot A}{d^2} \right)$$

donde: Γ : Factor Gamma. Es la tasa de dosis absorbida en mSv/h a 1 m de una fuente de 1 GBq del radionúclido

A : Actividad de la fuente en gigabequerels

d : Distancia en metros de la fuente al punto de interés.

Sustituyendo valores:

donde: Γ : 0.82 mSv/h

A : 2.59 gigabequerels

d : 100cm

$$TD = \left(\frac{(0.82) \cdot (2.59 GBq)}{(1mt)^2} \right) = 2.1238\ mSv/h$$

Calculando:

$$TD_{CB} = TD_{SB} / 2^n$$

donde: TD_{CB} : Tasa de dosis con blindaje

TD_{SB} : Tasa de dosis sin blindaje

n : Número de espesores hemirreductores

Número de espesores hemirreductores que se deben utilizar:

$$n = \frac{\log\left(\frac{TD_{SB}}{TD_{CB}}\right)}{\log 2} = 8.468$$

TD_{CB} : 6

TD_{SB} : 13.273 mSv/h

n : Número de espesores hemirreductores

El espesor “e” de la pared de concreto será de:

$$e = n \cdot HVT = 8.468 \times 7\ cm$$

$$e = 59.27 cm$$

- **Espesor actual de la pared SUR.**

El espesor real de la pared norte este es de 60cm, cumpliendo con la norma.

D) PARED OESTE DE LAS HABITACIONES.

- **Actividad aparente total.**

$$A_{AT} = 70\ mgRa \cdot \frac{1\,Ci}{1\,gRa} \cdot \frac{3.7x10^{10}\ Bq}{1\,Ci} = 2.59 GBq$$

- **Tasa de Dosis Absorbida.**

Distancia de 50cm de la fuente, ya que es la distancia más cercana que la paciente podrá estar de dicha pared.

Utilizando la fórmula:

$$TD = \left(\frac{\Gamma \cdot A}{d^2} \right)$$

donde: Γ : Factor Gamma. Es la tasa de dosis absorbida en mSv/h a 1 m de una fuente de 1 GBq del radionúclido

A : Actividad de la fuente en gigabequerels

d : Distancia en metros de la fuente al punto de interés.

Sustituyendo valores:

donde: Γ : 0.82 mSv/h

A : 2.59 gigabequerels

d : 150cm

$$TD = \left(\frac{(0.82) \cdot (2.59 GBq)}{(1.50 mt)^2} \right) = 0.9439 \ mSv/h$$

Calculando:

$$TD_{CB} = TD_{SB} / 2^n$$

donde: TD_{CB} : Tasa de dosis con blindaje

TD_{SB} : Tasa de dosis sin blindaje

n : Número de espesores hemirreductores

Número de espesores hemirreductores que se deben utilizar:

$$n = \frac{\log\left(\frac{TD_{SB}}{TD_{CB}} \right)}{\log 2} = 7.298$$

TD_{CB} : 6

TD_{SB} : 13.273 mSv/h

n : Número de espesores hemirreductores

El espesor “e” de la pared de concreto será de:

$$e = n \cdot HVT = 7.29 \times 7\ cm$$

$$e = 51.08 cm$$

- **Espesor actual de la pared OESTE.**

El espesor real de la pared norte este es de 60 cm, cumpliendo con la norma.

A continuación se presentará un cuadro resumen de los datos obtenidos en los cálculos anteriores:

UBICACIÓN DE LA PARED	ESPESOR CALCULADO (concreto cm)	ESPESOR REQUERIDO (concreto cm)
Pared norte	70.00	70
Pared este	73.22	70
Pared sur	59.27	60
Pared oeste	51.08	60

7.9.2. SEÑALIZACIÓN.

El Hospital Rosales como institución de Salud cuenta con una gran deficiencia a nivel global en cuanto a señalización. Las pocas señalizaciones que se pudieron observar fueron la identificación de los servicios, localizada en la parte superior de la entrada principal a cada en fondo blanco y letras azules.

Específicamente el servicio de Braquiterapia del Hospital Rosales no cuenta con ningún tipo de señalización, que indique el tipo de procedimientos que en el se realizan.

7.9.3. PROTECCIÓN RADIOLÓGICA PERSONAL.

El personal que ingresa al área de Braquiterapia, solamente utiliza las mamparas como protección, el factor tiempo ya que permanecen en el área cortos periodos de tiempo y realizan los procesos con el menor tiempo posible, como también toman como precaución mantener una distancia prudencial entre la paciente hasta donde sea posible.

7.9.3.1. DOSIMETRIA DE ÁREA.

El médico radioterapeuta cuenta con medidores de radiación portátiles con los cuales realiza la lectura de radiación en el área de Braquiterapia. Esta medición la realiza periódicamente y llevando un control de cada lectura.

7.9.3.2. DOSIMETRIA PERSONAL.

El personal del servicio de Braquiterapia utilizan los dosímetros individuales y el radioterapeuta utiliza también un anillo de medición de radiación.

La lectura de los dosímetros se realiza en la Universidad Nacional de El salvador la cual cuenta con la autorización de la UNRRA y la respuesta se da cada dos meses.

Para la dosimetria interna el personal se mantiene en control médico periódico.

7.9.3.3. HISTORIAL DOSIMETRICO.

Posee los datos personales de cada miembro del personal, tiempo de permanencia en el servicio, actividades que desempeñan en el servicio, los resultados de la lectura de los dosímetros, como también los resultados del control médico de cada miembro del personal.

El historial dosímetro es controlado por el médico raditerapeuta.

7.9.3.4. CONTROL DE RADIOISÓTOPOS.

El médico radioterapeuta lleva un inventario de los radioisótopos, los cuales se encuentran etiquetados.

7.9.3.5. PROGRAMA DE EDUCACIÓN.

El personal del servicio cuenta con un programa de educación permanente sobre radioprotección para refrescar los conocimientos sobre los reglamentos de protección radiológica.

7.9.3.6. HABITACIÓN DE LA PACIENTE.

No cuentan con vigilancia de cámara, ni con un sistema de alarma para paciente.

En la cama de la paciente no se cuenta con el expediente de la paciente que indique el tipo de dosis que esta recibiendo, la posición de los aplicadores ni su historial médico.

Dicho expediente se encuentra en la estación de enfermeras el cual se encuentra en el servicio de ontología.

En la figura 7.que se presenta a continuación se visualizan las condiciones en las cuales la paciente permanece internada.



FIGURA 7.5: Vista frontal de la habitación 13

7.10. ANÁLISIS DE LA DEMANDA.

Para realizar el análisis de la demanda, se toma como base dos aspectos fundamentales:

- Demanda actual y la proyectada para el 2010.
- La carga de trabajo para el personal.

7.10.1 ATENCIÓN ACTUAL DEL SERVICIO.

Las pacientes a ser tratadas con Braquiterapia, deben pasar por un largo proceso el cual comprende pasar por consulta general, especializada, exámenes de diagnóstico, estudios del caso, recomendación y planeación del tratamiento. Este proceso se realiza en el Instituto del Cáncer de El salvador, posteriormente las pacientes que han finalizado este proceso son referidas al Hospital Rosales al servicio de Braquiterapia donde se aplica la radioterapia.

7.10.2. DURACIÓN DE LA TERAPIA.

La duración del tratamiento por Braquiterapia es de cinco días, a continuación de detallan las actividades que se realizan en cada día:

N°	ACTIVIDAD	DIA	DURACION
1	Ingreso y preparación de la paciente (examen de laboratorio completo, preparación pélvica, acceso venoso, colocación de sonda transuretral)	Lunes	24 horas
2	Colocación de los aplicadores en el quirófano	martes	1 hora
3	Implante de los radioisótopos	martes	15 minutos
4	Permanencia del implante en la región vulvar	Marter-viernes	72 horas
	TOTAL DEL TRATAMINETO	LUNES-VIERNES	97 horas, 15 minutos

7.10.3. CAPACIDAD MÁXIMA DE ATENCION.

El departamento de Braquiterapia cuenta con seis juegos de aplicadores ginecológicos, y seis habitaciones, por lo tanto se puede aplicar la terapia a un total de seis pacientes a la semana dado que cada tratamiento tiene una duración de 5 cinco días.

Anualmente el servicio de braquiterapia del Hospital Rosales labora 52 semanas. Por lo

tanto, la capacidad máxima de atención del servicio será:

semanas laboradas por año **X** # max. de pacientes a atender por semana = 312

Anualmente el servicio de braquiterapia del Hospital Rosales tendrá una capacidad máxima de atención de: **312 pacientes.**

7.10.4. CASOS ATENDIDO CON BRAQUITERAPIA.

Como se menciono anteriormente los casos atendidos con Braquiterapia dependen de muchos factores, por lo tanto las pacientes que logran ser atendidas son únicamente las que finalizan este proceso y no todas las que deberían recibirlo.

A continuación se presenta el cuadro 4.1, en el cual se ven los casos tratados con Braquiterapia, durante los años de 1997 al 2003.

Cuadro 4.1.

INSTITUTO DEL CANCER DE EL SALVADOR "Dr. Narciso Díaz Bazan"

TRATAMIENTO DE BRAQUITERAPIA

INSTITUTO DEL CANCER DE EL SALVADOR & HOSPITAL NACIONAL ROSALES

Sitio Primario	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003[1,2]
1. CUELLO DEL UTERO N°	204	239	233	224	208	171	80
TOTAL CASOS NUEVOS POR AÑO	688	686	691	770	694	664	588

1. Recolección de información solamente en I.C.E.S.
2. Recolección de información
   a. Cifras provisionales.
   b. Otras topografías: en proceso de recolección.

Como puede verse los datos del año 2002 y 2003 se cuenta como única fuente de recolección el instituto del Cáncer de El salvador, el año 2003 aun se encuentra en proceso de recolección, es decir que las cifras podrían variar. Dado este factor para realizar el estudio nos basaremos en los años 1997-2001.

7.10.5. DEMANDA DEL SERVICIO DE BRAQUITERAPIA DEL HOSPITAL ROSALES.

En el servicio de Braquiterapia del Hospital Rosales se brinda la terapia a las pacientes que padecen cáncer de cuello uterino, debido a ello para el análisis de demanda se estudiaran las estadísticas actuales de este tipo de cáncer, y se realiza una proyección hasta 2010 para determinar el incremento que se esperaría que se sintiera en la demanda de este servicio.

7.10.6. DEMANDA ACTUAL DEL SERVICIO.

Según la información del cuadro 4.2 se ve claramente que entre los años 1997-2000 se ve un aumento en el padecimiento de cáncer Cerviño uterino, siendo en el año 2000 un total de 770 casos nuevos, en el año 2001 siempre se registraron nuevos casos en este tipo de cáncer, pero con cierto decrecimiento que los años anteriores, el cual es de 694 nuevos casos. Realizando un promedio entre 1997 - 2001 y se determino que anualmente se presentan 706 nuevos casos.

7.10.6. 1. ATENCIÓN ACTUAL DEL SERVICIO.

El servicio de Braquiterapia del Hospital Rosales entre los años de 1997-2001, atiende un promedio de 222 casos de cáncer Cervico-uterino anualmente. Por lo tanto atiende únicamente 31% de los nuevos casos sin contar los casos que se van sumando anualmente y que no fueron atendidos en su momento en años anteriores.

Cuadro 4.2

INSTITUTO DEL CANCER DE EL SALVADOR "Dr. Narciso Díaz Bazan"

TRATAMIENTO DE BRAQUITERAPIA

INSTITUTO DEL CANCER DE EL SALVADOR & HOSPITAL NACIONAL ROSALES

Sitio Primario		1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003[1,2]
1. CUELLO DEL UTERO	N°	688	686	691	770	694	664	588
2. MAMA FEMENINA*	N°	135	152	158	238	192	133	4
3. PIEL	N°	108	122	144	108	96	68	1
4. ESTOMAGO	N°	107	129	141	133	95	93	...
5. MEDULA OSEA	N°	72	92	111	101	112	79	...
Otros:	N°	681	686	848	868	753	559	33
Total:		1791	1867	2093	2218	1942	1596	626

1. Recolección de información solamente en I.C.E.S.
2. Recolección de información
   a. Cifras provisionales.
   b. Otras topografías: en proceso de recolección.

7.10.6. 2. DEMANDA PROYECTADA AL AÑO 2010.

Para conocer la demanda que tendrá el servicio de Braquiterapia del Hospital Rosales, se tiene que saber en cual será la población femenina para ese año, lo que puede verse en el cuadro 4.3 que se presenta a continuación.

Cuadro 4.3: **MINISTERIO DE ECONOMÍA**
DIRECCIÓN GENERAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS
Proyecciones de Población, Años: 2008-2010

AÑO	POBLACIÓN PROYECTADA								
	TOTAL			URBANA			RURAL		
	TOTAL	HOMBRES	MUJERES	TOTAL	HOMBRES	MUJERES	TOTAL	HOMBRES	MUJERES
2008	7218048	3551601	3666447	4368939	2103496	2265443	2849109	1448105	1401004
2009	7329898	3607385	3722513	4455097	2145251	2309846	2874801	1462134	1412667
2010	7440662	3662603	3778059	4541282	2187003	2354279	2899380	1475600	1423780

Se observa en el cuadro 4.2 la cantidad de casos de la población femenina que padeció cáncer de cuello uterino entre los años de 1997 al 2001, en el cuadro 4.3 se ve la población femenina correspondientes a dichos años, por lo tanto, el porcentaje que representa la cantidad de mujeres que padecieron cáncer de cuello uterino de la población total de cada año, y de esta manera conocer un porcentaje promedio de la

población total correspondiente a dicha patología con la finalidad de conocer la cantidad de casos de mujeres que padecerán cáncer de cuello uterino en el año 2010. Calculando el porcentaje de mujeres que pacieron cáncer de cuello uterino.

Formula utilizada para el calculo:

POBLACIÓN FEMENINA TOTAL (POR AÑO) ——— 100%

CASOS DE MUJERES CANCER CUELLO UTERINO (POR AÑO) ——— X

- Año 1997 : 0.0228% del total de la población femenina padecieron cáncer del cuello uterino
- Año 1998 : 0.0223% del total de la población femenina padecieron cáncer del cuello uterino.
- Año 1999 : 0.0220% del total de la población femenina padecieron cáncer del cuello uterino.
- Año 2000 : 0.0240% del total de la población femenina padecieron cáncer del cuello uterino.
- Año 2001 : 0.0210% del total de la población femenina padecieron cáncer del cuello uterino.

Se realizará un promedio de los cinco valores obtenidos, realizando la sumatoria de los cinco valores y dividiéndolo entre cinco, obteniéndose el siguiente resultado:

Valor promedio: 0.0224% del total de la población femenina padecieron cáncer del cuello uterino.

Conociendo el porcentaje de las mujeres que padecerán cáncer de cuello uterino y conociendo el total de la población femenina que se espera tener para el año 2010 (3778059) obtenido de la tabla 4.3, se puede obtener la cantidad de pacientes que se espera puedan padecer este tipo de cáncer, por medio de la siguiente formula:

POBLACIÓN FEMENINA TOTAL AÑO 2010 ——— 100%

X ——— PORCNETAJE DE MUJERES QUE SE ESPERA

Datos:

Población femenina año 2010: 3778059

Porcentaje mujeres que decaían cáncer de cuello uterino: 0.0224

Sustituyendo los datos en la ecuación se obtuvo como resultado que la demanda esperada de mujeres que padecerán cáncer de cuello uterino será de 847. Sabiendo que el promedio en los años 1997-2001 de los casos de mujeres que padecen este tipo de cáncer es de 706, se puede decir que la demanda del servicio se incrementara en un 20%.

Tomando como base el análisis expuesto anteriormente, es necesario que la capacidad de atención del servicio de Braquiterapia se incremente como mínimo en un 50% para atender la demanda proyectada para el año 2010, y tener la capacidad de enfocarse en la atención de otros tipos de neoplasia que pudieran ser atendidos con la misma tecnología.

7.10.7. CARGA DE TRABAJO.

7.10.7.1. PERSONAL DE ENFERMERIA

Considerando la información proporcionada por el encargado del Servicio de Braquiterapia del Hospital Rosales, se considera que cada uno de los miembros del personal de enfermería relacionados con la práctica de braquiterapia, realizará un máximo tres (3) visitas semanales al interior de la instalación del servicio, con una duración promedio de quince (15) minutos cada visita, y asumiendo un régimen de carga laboral de 52 semanas al año. Para el cálculo de la dosis acumulada en un año, se considera el punto más próximo al paciente atrás de la barrera de protección (mampara de plomo) en el cual y a una altura de 1.5 m, se obtuvo una medición de la

tasa de dosis de 350 μSv/h (dato proporcionado por la UNRRA), lo que representa al año una dosis acumulada de:

Dosis = 250 μSv/h x 0.5 h/semana x 52 semanas/año = 6.5 mSv/año

Este valor, como puede observarse, esta sobre el nivel límite recomendado en los documentos técnicos MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL RAMO DE SALUD PÚBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL de 6 mSv/año, para el personal ocupacionalmente expuesto.

7.10.7.2. PERSONAL MÉDICO (RADIOTERAPISTAS)

Asumiendo un régimen de dos cargas semanales, durante las 52 semanas del año, con una duración promedio de manipulación de las fuentes durante cada carga de diez (10) minutos e igual tiempo para la descarga (remoción de las fuentes), y partiendo de la tasa de dosis calculada considerando la carga máxima de las fuentes de 1.23 mSv/h, a nivel de superficie de las fuentes, puede calcularse una dosis acumulada al año en las manos de:

Dosis = 8.45 mSv/h x 2/3 h/semana x 52 semanas/año = 219 mSv/año en las manos.

El médico radioterapeuta excede el limite de dosis en recibido en la piel.

De los resultados obtenidos en cuanto a carga de trabajo, se puede mencionar que el personal de enfermería no suficiente para atender la cantidad de pacientes que se atienden en el servicio.

En cuanto al radioterapeuta, se ve claramente que también sobrepasa el limite permitido para la radiación de la piel, por lo tanto el personal no es suficiente para atender la demanda del servicio.

7.11. CUADRO COMPARATIVO ENTRE LAS NORMAS Y CRITERIOS DE DISEÑO PARA UN SERVICIO DE BRAQUITERAPIA IDEAL Y LAS CUMPLIDAS ACTUALMENTE POR EL SERVICIO DE BRAQUITERAPIA DEL HOSTPITAL ROSALES.

A continuación se presenta un cuadro comparativo de las normas correspondientes al servicio de Braquiterapia y las cumplidas en el servicio de Braquiterapia del Hospital Rosales:

	NORMA	CUMPLE	NO CUMPLE
	NORMAS DE UBICACION		
1	En caso que se encuentre dentro de una organización hospitalarialos, esté formará parte de los servicios auxiliares de diagnóstico y tratamiento y se coordinará con el servicio de oncología.	✓	
2	Deberá tener una zona de amortiguamiento entre las paredes externas de las unidades braquiterapia, con los límites de casas o edificios destinados a habitación, de cuando menos 3 metros.		✓
	NORMAS AREA DE APLICACION		
4	Considerada como área controlada.	✓	
5	Disponer el almacén de material radiactivo con sus componentes de seguridad.	✓	
	NORMAS AREA DE ALMACENAMIENTO		
6	Ubicarse dentro del área de la braquiterapia.	✓	
7	Superficie mínima de 16 metros cuadrados.		✓
8	Mesa de apoyo de material resistente para soportar el blindaje y la barrera de trabajo para el manejo del material radiactivo e iluminación directa.	✓	
	NORMAS PARA LOS ACABADOS		
9	De requerir el uso de rampas, su pendiente no será mayor del 6°.		✓
10	Los acabados de las paredes, techos, plafones, pisos y muros del servicio de radioterapia, cubrirán los requisitos siguientes:		
10.1	• fácil limpieza.		✓

10.2	• En muros se emplearán materiales lisos que no acumulen polvo; en áreas húmedas se utilizarán materiales repelentes al agua.	✓	
10.3	• Techos o plafones la superficie será lisa y continua.		✓
	NORMAS PARA CLIMATIZACION		
11	Se debe mantener una temperatura entre 22°C y 24°C; humedad relativa entre el 50% y 60%.		✓
12	Las entradas de aire fresco no deben estar a menos de 9m de los escapes o salidas de equipos de combustión o chimeneas.		✓
13	Las entradas de aire fresco no deben estar a menos de 9m de los escapes o salidas de equipos de combustión o chimeneas.		✓
14	La salida de aire fresco debe ser localizada a una altura no menor a 1.8 m sobre el nivel del piso.		✓
15	La descarga del aire removido del hospital deben estar localizadas a un mínimo de 3 m sobre el nivel del suelo. Retirada de puertas, ventanas o áreas ocupadas.		✓
16	Las descargas de aire se realizaran hacia arriba o de forma horizontal alejado de las tomas de aire fresco.		✓
17	Las habitaciones para aislamiento deben mantenerse a una temperatura agradable de 24°C.		✓
18	El sistema de ventilación en la sala de espera y recepción de pacientes deberá ser preferentemente natural y adecuado a la localización geográfica y ubicación del servicio, considerando un volumen mínimo para ventilación de 17.5 metros cúbicos por hora y por persona.		✓
19	En el área de aplicación automatizada se requiere aire nuevo a razón de 15 voumenes/hora.		✓
20	Para suministrar aire libre de contaminación bacterial, se utilizaran filtros HEPA, filtros automatizados, filtros tipo celda.		✓
	NORMAS PARA ILUMINACIÓN		
21	Cuarto de braquiteraia automatizada debá poseer una Iluminación artificial mínima con 200 luxes regulable.		✓
22	El almacén de material radiactivo Iluminación artificial mínima de 250 luxes.		✓
	NORMAS PARA INSTALACIONES HIDRAULICAS		

23	El agua que se proporcione al servicio de braquiterapia debe ser potable.	✓	
24	El abastecimiento del agua potable se realizará por medio de la red pública.	✓	
	CRITERIOS DE DISEÑO PARA RADIOPROTECCIÓN		
	AREA DE ALMACENAMIENTO		
25	El local de almacenamiento deberá destinarse en forma exclusiva al alojamiento, preparación, control y/o esterilización de fuentes radiactivas.	✓	
26	Las puertas del local de almacenamiento y del depósito deberán contar con elementos de seguridad que impidan su apertura por personas no autorizadas.		✓
27	La superficie de la mesa de preparados deberá ser lisa, continua e impermeable.	✓	
28	La mesa de preparados deberá contar con un blindaje que permita la visión y manipulación de las fuentes sin alterar la capacidad blindante del mismo.	✓	
29	Las fuentes radiactivas deberán identificarse de tal manera que puedan diferenciarse por actividad y/o nucleído.		✓
30	Los contenedores deberán tener adherida una placa que indique, para cada tipo de fuente: isótopo, actividad y cantidad.		✓
31	En cada local sólo podrán utilizarse los radionucleidos que la entidad haya sido autorizada a emplear.	✓	
	AREA DE TRATAMIENTO		
32	Los pacientes portadores de fuentes deben permanecer bajo el cuidado de personal debidamente entrenado.	✓	
33	No deben permanecer en el mismo local de tratamiento en forma simultanea pacientes portadores y no portadores de material radiactivo.		✓
34	Debe efectuarse en forma rutinaria el monitoreo del local de tratamiento, de la ropa de cama y de todo otro elemento que pudiera contener material radiactivo desprendido del implante.		✓
35	Al finalizar cada tratamiento debe verificarse que la cantidad de fuentes que se retiren del paciente coincida con la de fuentes colocadas.	✓	

36	En la parte exterior de la puerta de acceso: - Símbolo de Radiaciones Ionizantes (trisector), - Régimen de visitas, - Entrada sólo para personal autorizado, - Condiciones de uso autorizado del local.		✓
37	En lugar visible dentro de la habitación: instrucciones para el personal dedicado a la atención del paciente. Estas instrucciones deben como mínimo, describir: - Tamaño y apariencia de las fuentes; - Manipulación, almacenamiento seguro y comunicación inmediata en caso de situaciones anormales - de emergencia; - Atención del paciente; - Control de visitas; - Notificación al responsable de protección radiológica en caso de emergencia médica o muerte del paciente.		✓
38	Al pie de la cama: - Enumeración de las fuentes colocadas y esquema demostrativo, - Fecha y hora de inicio y finalización del tratamiento.		✓
39	Debe disponerse de un contenedor para casos de emergencia dentro del local de tratamiento.		✓
	CRITERIOS PARA EL FUNCIONAMIENTO		
40	**Clasificación de personal** • Trabajadores expuestos: radioterapeuta, técnico auxiliar y enfermeras. • Miembros del público	✓	
	Clasificación de zonas		
41	El acceso a zona controlada debe estar restringido a las personas que estén debidamente autorizadas, o sea a los trabajadores	✓	

	expuestos adscritos a esa área y que conocen el tipo de riesgo.		
42	A los pacientes que deban ser objeto de pruebas diagnósticas o tratamientos, se les dará toda la información.	✓	
43	El personal que trabaja en esta zona obligatoriamente debe llevar dosímetro personal.	✓	
44	En la unidad de braquiterapia, y siempre que se haya cortado, preparado o manipulado alguna fuente de pequeño tamaño, se debe controlar la posible contaminación del trabajador y del área antes de abandonarla.		✓
45	Las zonas vigiladas y controladas estarán delimitadas adecuadamente y señalizadas de forma que quede de manifiesto el riesgo de exposición existente en las mismas.		✓
	EVALUACIÓN DE EXPOSICION		
	Monitoreo de area.		
46	Se debe disponer como mínimo de un instrumento para monitoreo de área que cumpla con las siguientes características: 109. Indicación en unidades de dosis equivalente ambiental; 110. Valores a fondo de escala desde 10 micro Sievert/hora (o menor) hasta 1 mili Sievert, (o mayor).	✓	
47	Calibración del instrumento de monitoreo una vez al año		✓
	Monitoreo individual.		
48	Debe monitorearse la dosis equivalente individual, penetrante de todo el personal expuesto; práctica que debe efectuarla una institución reconocida por la Autoridad Reguladora. Los trabajadores que manipulen fuentes radiactivas debe utilizar anillos dosimetricos; y los informes de dosis deben tener una periodicidad no superior a un mes.	✓	
49	Historial dosímetro Será obligatorio registrar todas las dosis recibidas durante la vida laboral de los trabajadores expuestos en un historial dosimétrico	✓	

	individual, que se mantendrá debidamente actualizado y estará, en todo momento, a disposición del propio trabajador.		
50	Local de almacenamiento y depósito.	✓	
51	Permanecer bajo llave cuando no se efectúen tareas en los mismos.	✓	
52	Sólo podrá ingresar y permanecer el personal autorizado.	✓	
53	El tiempo de permanencia debe ser el mínimo compatible con las tareas a realizar.	✓	
	Radionucleos.		
54	Toda fuente radiactiva sellada deberá contar con un certificado expedido por el fabricante debidamente autenticado por el Consulado de El Salvador en el país de origen, que contenga al menos la siguiente información: radionucleido, actividad y fecha de referencia, formas física y química, material y tipo de encapsulado, marca, modelo y número de serie.	✓	
55	Las fuentes selladas deberán ser sometidas a pruebas de fuga al momento de su recepción y en forma periódica, de acuerdo con las condiciones establecidas por la Autoridad Reguladora, debiendo conservar un registro de los resultados obtenidos.		✓
56	Los contenedores para el transporte interno o el almacenaje de fuentes selladas en una instalación, llevarán rótulo fijo con el símbolo internacional de radiación ionizante y la caracterización del radionucleido.		✓
	Traslado de fuentes y pacientes.		
57	El traslado de fuentes radiactivas deberá ser realizado por personal entrenado, evitando en lo posible el paso y permanencia en locales ocupados por miembros del público cuando el traslado se efectúe dentro del mismo edificio.	✓	
58	Durante el traslado del contenedor con las fuentes o del paciente, según sea el caso, deberá mantenerse a los mismos bajo la	✓	

	vigilancia constante del personal a cargo del traslado.		
59	Si las fuentes se ven involucradas en un accidente durante su transporte dentro del edificio, deberán seguirse los procedimientos de emergencia preparados al efecto.	✓	
	Situaciones de emergencia.		
60	En las instalaciones radiactivas deben existir procedimientos de emergencia que describan las acciones a tomar en caso de: extravío o robo de material radiactivo, rotura o daño de fuentes radiactivas, emergencia médica que involucra a pacientes portadores de fuentes, eventos externos o catástrofes que afecten los locales donde existan fuentes, toda otra situación anormal que pueda llegar a ocurrir teniendo en cuenta las características particulares de cada instalación.	✓	
	PROTECCION RADIOLÓGICA		
	Tiempo.		
61	Reducir el tiempo que se emplee en la manipulación de las fuentes de radiación.	✓	
62	La aplicación del principio de reducción del tiempo en las operaciones rutinarias y no rutinarias que deban realizarse en zonas de alta tasa de dosis.	✓	
	Distancia.		
63	Mantenerse lo más alejado posible de las fuentes para así reducir la exposición a las radiaciones. Para ello deben utilizarse utencilios de mango largo como pinzas y todos los dispositivos diseñados para mantener las manos lo más alejadas de las fuentes.	✓	
64	El personal de auxiliar deberá utilizar mamparas.	✓	
	Blindaje.		
65	Diseño de las barreras de protección primaria plomadas o de concreto.	✓	
66	El diseño de las barreras de protección primaria (espesor de la pared) deben diseñarse en base las cargas que se utilicen en el servicio de braquiterapia.		✓

CAPÍTULO 8: DISEÑO DE UN SERVICIO DE BRAQUITERAPIA PROTOTIPO.

8.1. INTRODUCCIÓN.

En el siguiente capítulo se realiza el diseño de un servicio de Braquiterapia prototipo, en base a la demanda actual del servicio del Hospital Rosales en El Salvador, para lo cual se tomará como base los criterios presentados en el capitulo 4.

8.2. POBLACIÓN A ATENDER.

El servicio a diseñar estará orientado a atender principalmente pacientes del sexo femenino que padecen cáncer cervical, así como también atenderán pacientes de sexo femenino y masculino que padezcan cáncer en el estomago.

Para determinar la población que se atenderá en el servicio de Braquiterapia a diseñar se basará en las estadísticas proporcionadas por el “Instituto del Cáncer de El Salvador”, de la población que padece los tipos de cáncer anteriormente mencionados.

A continuación se presentarán los datos obtenidos de dichas estadísticas (ver anexo 1):

1. Promedio de las mujeres que padecieron cáncer cervical entre los años de 1997-2003: 706 casos de cáncer cervical
2. Promedio de los pacientes que padecieron cáncer en estomago, entre los años de 1997-2003: 117 casos de cáncer de estomago.

En base a los datos anteriores se puede determinar que el servicio será diseñado para atender un total de 823 pacientes.

8.3. TÉCNICA DE APLICACIÓN.

La técnica que se aplicará en el servicio de Braquiterapia a diseñar será de alta tasa de dosis de forma automatizada, por lo tanto no se contará con habitaciones de aislamiento.

8.4. DETERMINACIÓN DE ESPACIOS.

A continuación se presentarán las áreas que compondrán el servicio de Braquiterapia:

a. Dirección, ubicación cercana al acceso general; espacio de 15 mt^2

b. Sala de espera y recepción, Ubicación inmediata al acceso del servicio, correlación directa a consultorios y el área de tratamiento; dimensión estimada, 44.4 mt^2 . Sistema de seguridad contra incendio.

c. Consultorio, se contará con tres consultorios ubicados inmediata a la sala de espera y recepción. Superficie mínima de15 m^2, de los cuales 9 m^2 se destinaran para el área de exploración; se dispondrá de un lavabo.

d. Estación de enfermeras, ubicada cercana a los consultorios y área de recuperación.

e. Vestidores para pacientes, área para cambio de ropa, con superficie mínima de 1.30 m x 1 m; ubicación cercana al cuarto de tratamiento.

g. Área de aplicación, superficie interior de 20 metros cuadrados, sin considerar los espacios destinados a los laberintos; un espacio independiente para el control de mando; ubicación accesible a la sala de espera.

h. Área de recuperación, superficie interior de 8 metros cuadrados por cama, cercana al área de aplicación y estación de enfermeras.

i. Almacén, superficie mínima de 16 metros cuadrados; ubicarse dentro del área de la braquiterapia; mesa de apoyo de material resistente para soportar el blindaje y la barrera de trabajo para el manejo del material radiactivo e iluminación directa.

j. Área de simulador, El espacio, blindaje y ventilación dependerán de la guía mecánica del aparato.

k. Sanitarios, los servicios sanitarios contaran con un inodoro, un lavabo; deberán diferenciarse por sexo; superficie mínima 3.5 metros cuadrados.

l. Área de descanso para personal, la cual contará con zona destinada para el descanso y otra como vestidor, un área de 17.16 metros cuadrados.

8.5. PUERTAS Y PASILLOS

Las puertas y los pasillos de acceso tendrán un claro mínimo de 1.30 m, para que transiten camillas y sillas de ruedas.

8.6. CUADRO RESUMEN

AREA	DIMENCIONES	PUERTAS
Sala de espera y recepción	44.4 mt^2	1.3 mt
Dirección	15 mt^2	1 mt.
Secretaria	9.0 mt^2	1 mt.
Descanso personal	17.16 mt^2	1.2 mt
Baños visitantes	3.5 mt	1.3 mt.
Consultorios	15.0 mt^2	1.3 mt.
Estación de enfermeras	9.6 mt^2	1.20 mt.
Baños personal	3.5 mt^2	1 mt.
Area de personal braquiterapia	6.0 mt^2	1.2 mt.
Almacén de radioistopos	16 mt^2	1.3 mt.
Area de aplicación	20 mt^2	1.3 mt.
Area de recuperación	59.4 mt^2	1.5 mt
Area de simulación	25 mt^2	2.0 mt
Baños pacientes	3.5 mt^2	1.3 mt.
Vestidor pacientes	1X1.3 mt	1.3 mt.

8.7. TECNOLOGÍA A UTILIZAR.

A continuación se listara el equipo y mobiliario que se utilizara en el servicio de braquiterapia:

MOBILIARIO.

a. 1 Sillas reclinables.

b. 1 Escritorio ejecutivo.

c. 8 Sillas giratorias.

d. 6 Sillas plegables con cojín.

e. 3 Banquetas de sillas.

f. 4 Escritorio sencillo.

g. 4 Archivadores.

i. 1 Mesa ovalada

j. 2 Sillones individuales

k. 1 Sillón

l. 3 Teléfonos

m. 1 Oasis

EQUIPOS.

a. 2 Computadoras.
b. 1 Mesa de operación multiuso.
c. 1 Equipo de simulación.
d. 1 Equipo automatizado para Braquiterapia.
e. Aplicadores.
f. Radioisótopos.
g. 1 Caja fuerte para radioisótopos.
h. 2 Contenedores de emergencia.
i. 1 Sistema de monitoreo TV.
j. 1 Sistema de enclavaje automático.

8.8. PERSONAL.

a. Un jefe de servicio: médico Oncólogo con conocimientos y experiencia en radioterapia.
b. El servicio contará con tres radioterapeutas, ya que se atenderán aproximadamente 823 pacientes anuales y se recomienda que se cuente con un radioterapeuta por cada 250 pacientes por año.
c. Se contará con cuatro radiofisicos (uno por cada 200 pacientes en tratamiento).
d. Se contará con dos auxiliares técnicos.
e. Secretaria: contará con tres secretarias.

8.9 ILUMINACIÓN.

Para el caculo de las luminarias necesarias para cada área se utilizo la siguiente formula:

$$\text{LUXES DEL AREA} = \frac{\text{NUMERO DE LUMINARIAS X 5200 LUMENES}}{\text{AREA}}$$

UBICACIÓN	AREA m²	ILUMINACIÓN REQUERIDA (Luxes)	CANTIDAD DE LUMINARIAS REQUERIDAS	ILUMINACIÓN (Luxes)
Sala de espera y recepción	44.4	200	2	235
Dirección	15	200	1	347
Secretaria	9.0	200		578
Descanso personal	17.16	200	1	303
Baños visitantes	3.5	75	0.5(un tubo)	740
Consultorios	13.36	250	1	389
Estación de enfermeras	9.6	200	1	542
Baños personal	3.5	75	1	347
Area de personal braquiterapia	6.0	200	1	867
Area de aplicación	20	200	1	260
Area de recuperación	59.4	200	3	263
Area de simulación	25	500	3	624
Baños pacientes	3.5	75	0.5 (un tubo)	740
Vestidor pacientes	1X1.3	75	1	2000

8.10 PLANO ARQUITECTÓNICO.

A continuación se presenta el diseño de una unidad de Braquiterapia, basada en las normas y criterios definidos en el capitulo 4.

8.11 FLUJOS

En el servicio de Braquiterapia prototipo se definirán los siguientes flujos: flujo de personal médico, enfermeras, radioterapeuta y paciente. A continuación se presentará en tablas las actividades que se realizan en el flujo, las cuales se enumeraran según su desarrollo progresivo y posteriormente se representaran gráficamente en planos con la misma numeración que se le asignó en la tabla.

8.11.1. FLUJO DE PACIENTE –PLANIFICACIÓN (PLANO 12)

ACTIVIDAD	NUMERO ACTV.
Paciente ingresa a sala de espera.	1
Paciente ingresa a consultorio medico.	2
Paciente abandona el servicio de Braquiterapia.	3

8.11.2. FLUJO PACIENTE-SIMULACION (PLANO 13)

ACTIVIDAD	NUMERO ACTV.
Paciente ingresa a sala de recepción	1
Paciente ingresa estación de enfermeras	2
Cambio de ropa de paciente en vestidor de sala de simulación.	3
Aplicación del procedimiento que se realiza en dicha sala (simulación del tratamiento).	4
Paciente abandona el servicio.	5

8.11.3. FLUJO DE PACIENTE-APLICACIÓN (PALNO 14)

ACTIVIDAD	NUMERO ACTV.
Paciente ingresa a sala de recepción	1
Paciente ingresa estación de enfermeras	2
Cambio de ropa de paciente en vestidor de área de aplicación.	3
Aplicación de Braquiterapia automatizada de alta taza de dosis.	4
El paciente ingresa al área de recuperación	5
Paciente abandona el servicio de Braquiterapia	6

8.11.4. FLUJO DE MEDICO (PLANO 15).

ACTIVIDAD	NUMERO ACTV.
Ingreso del medico al área de descanso, realiza cambio de ropa.	1
Desplazamiento del medico al área en el que labora (consultorios 1, 2 o 3)	2
Medico ingresa al área de descanso, realiza cambio de ropa.	3
Abandona el área de Braquiterapia.	4

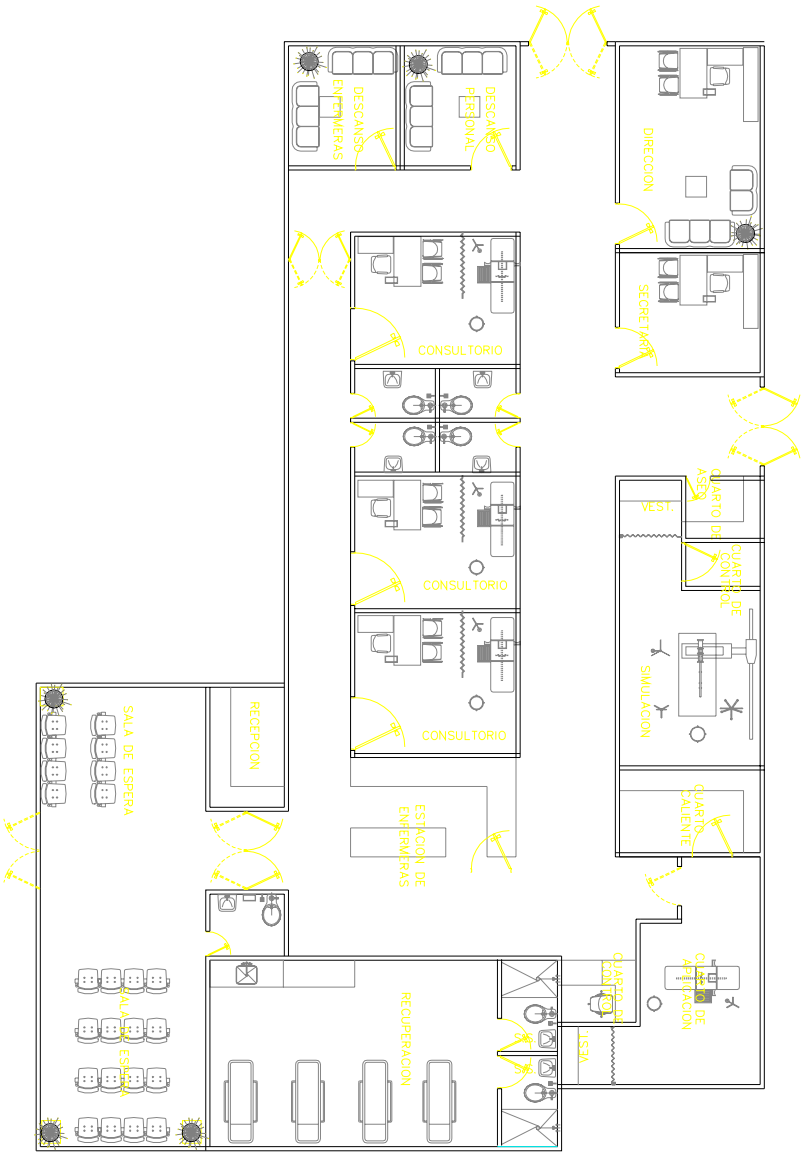
8.11.5. FLUJO DE ENFERMERAS (PLANO 16).

ACTIVIDAD	NUMERO ACTV.
Ingreso de la enfermera al área de descanso, realiza cambio de ropa.	1
Desplazamiento del personal a la estación de enfermeras.	2
Enfermera ingresa al área de descanso, realiza cambio de ropa.	3
Abandona el área de Braquiterapia.	4

8.11.6. FLUJO DE RADIOTERAPEUTA (PLANO 17).

ACTIVIDAD	NUMERO ACTV.
Ingreso del radioterapeuta al área de descanso, realiza cambio de ropa.	1
Desplazamiento del radioterapeuta al área de aplicación, donde se realiza la aplicación de la terapia.	2
Radioterapeuta ingresa al área de descanso, realiza cambio de ropa.	3
Radioterapeuta abandona el de Braquiterapia	4

PLANO 11: PLANTA ARQUITECTONICA



UNIVERSIDAD DON BOSCO

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS:

ANÁLISIS DE TECNOLOGIAS UTILIZADAS EN EL SERVICIO DE BRAQUITERAPIA DEL HOSPITAL ROSALES

UBICACION: FINAL CALLE ARCE Y 25 AV. SUR, ENTRE CALLE RUBEN DARIO Y PRIMERA CALLE PONIENTE, SAN SALVADOR.

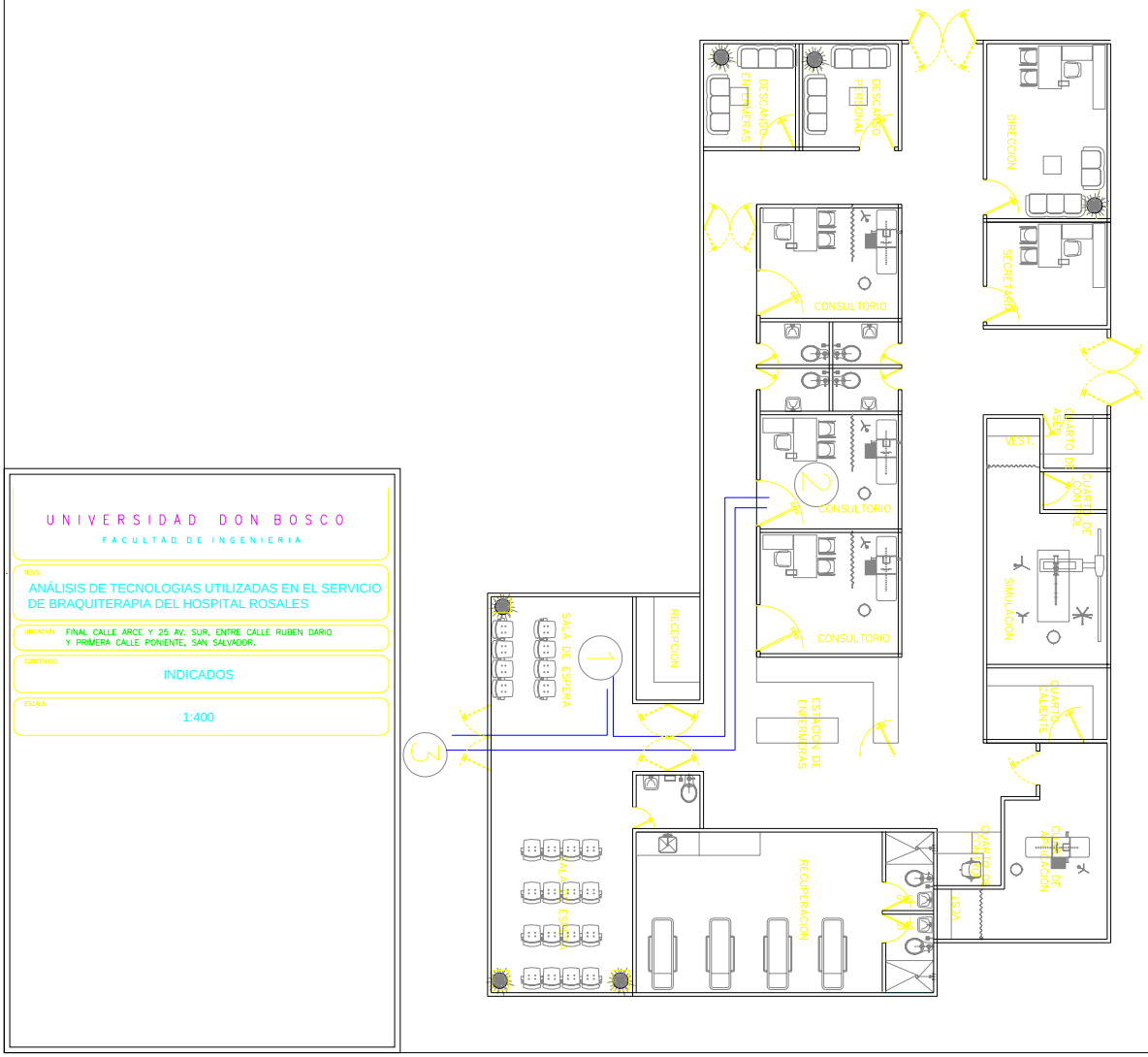
CONTENIDO:

INDICADOS

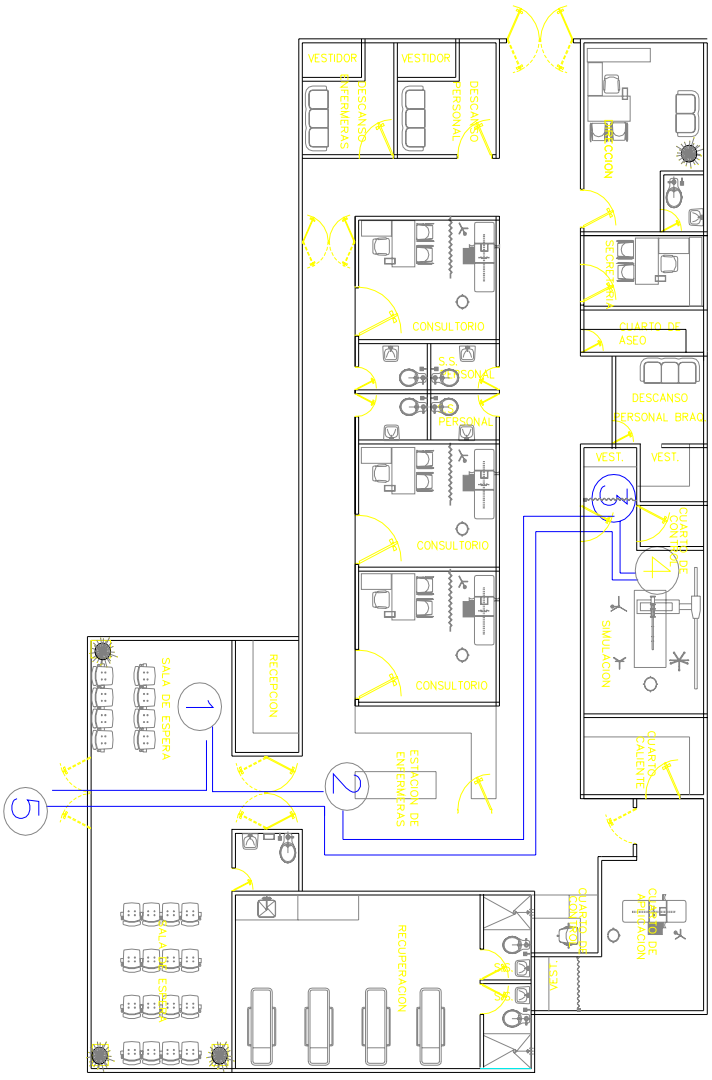
ESCALA:

1:400

PLANO 12: PLANTA ARQUITECTONICA
DE FLUJO DE PACIENTE (PLANIFICACION)



PLANO 13: PLANTA ARQUITECTONICA DE FLUJO PACIENTE (SIMULACION)



UNIVERSIDAD DON BOSCO

FACULTAD DE INGENIERIA

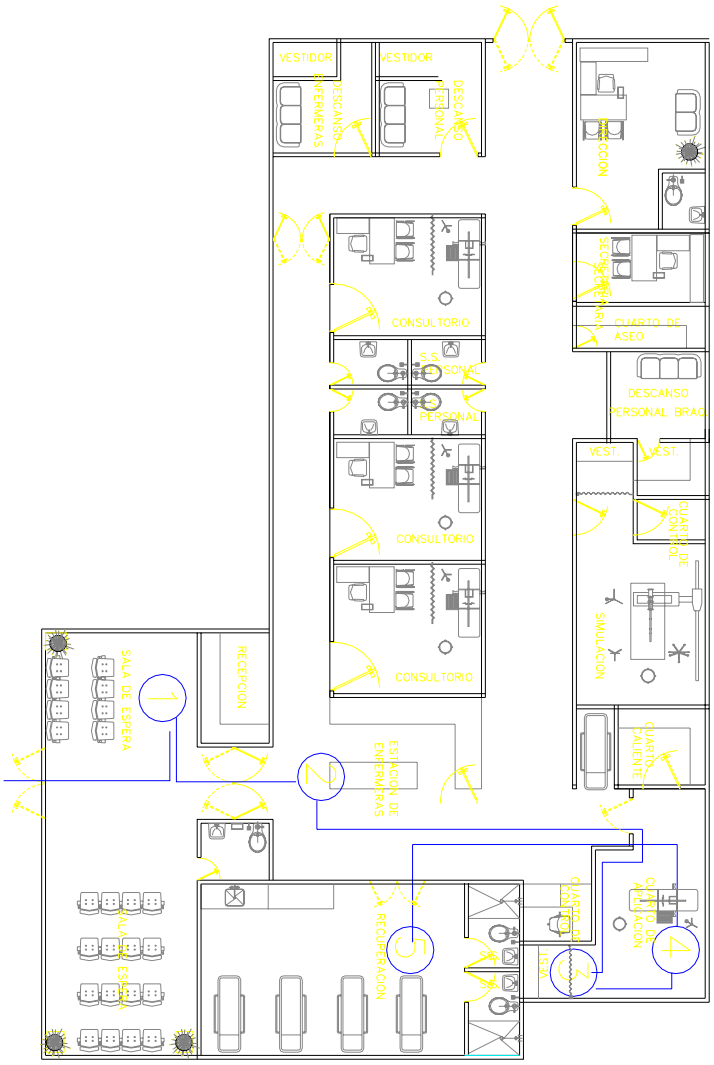
TESIS:
ANÁLISIS DE TECNOLOGIAS UTILIZADAS EN EL SERVICIO DE BRAQUITERAPIA DEL HOSPITAL ROSALES

UBICACION: FINAL CALLE ARCE Y 25 AV. SUR, ENTRE CALLE RUBEN DARIO Y PRIMERA CALLE PONIENTE, SAN SALVADOR.

CONTENIDO:
INDICADOS

ESCALA:
1:400

PLANO 14: PLANTA ARQUITECTONICA DE FLUJO DE PACIENTE (APLICACION)



UNIVERSIDAD DON BOSCO

FACULTAD DE INGENIERIA

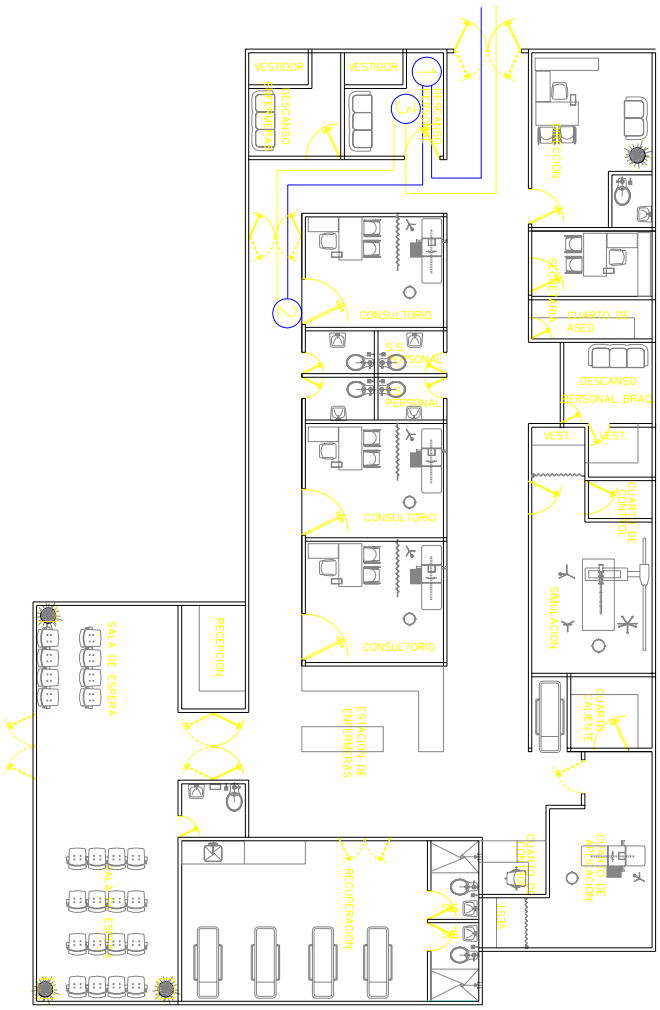
TESIS:
ANÁLISIS DE TECNOLOGIAS UTILIZADAS EN EL SERVICIO DE BRAQUITERAPIA DEL HOSPITAL ROSALES

UBICACION: FINAL CALLE ARCE Y 25 AV. SUR, ENTRE CALLE RUBEN DARIO Y PRIMERA CALLE PONIENTE, SAN SALVADOR.

CONTENIDO:
INDICADOS

ESCALA:
1:400

PLANO 15: PLANTA ARQUITECTONICA DE FLUJO DE MÉDICOS



UNIVERSIDAD DON BOSCO

FACULTAD DE INGENIERIA

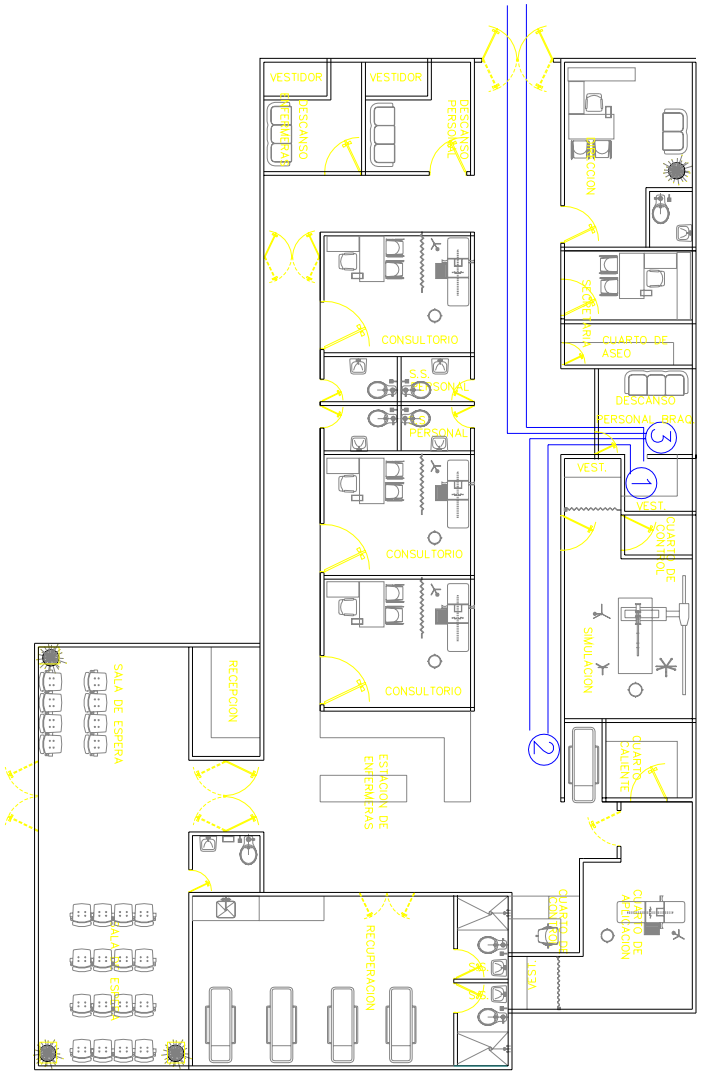
TESIS:
ANÁLISIS DE TECNOLOGIAS UTILIZADAS EN EL SERVICIO DE BRAQUITERAPIA DEL HOSPITAL ROSALES

UBICACIÓN: FINAL CALLE ARCE Y 25 AV. SUR, ENTRE CALLE RUBEN DARIO Y PRIMERA CALLE PONIENTE, SAN SALVADOR.

CONTENIDO:
INDICADOS

ESCALA:
1:400

PLANO 16: PLANTA ARQUITECTONICA DE FLUJO DE RADIOTERAPEUTA



UNIVERSIDAD DON BOSCO

FACULTAD DE INGENIERIA

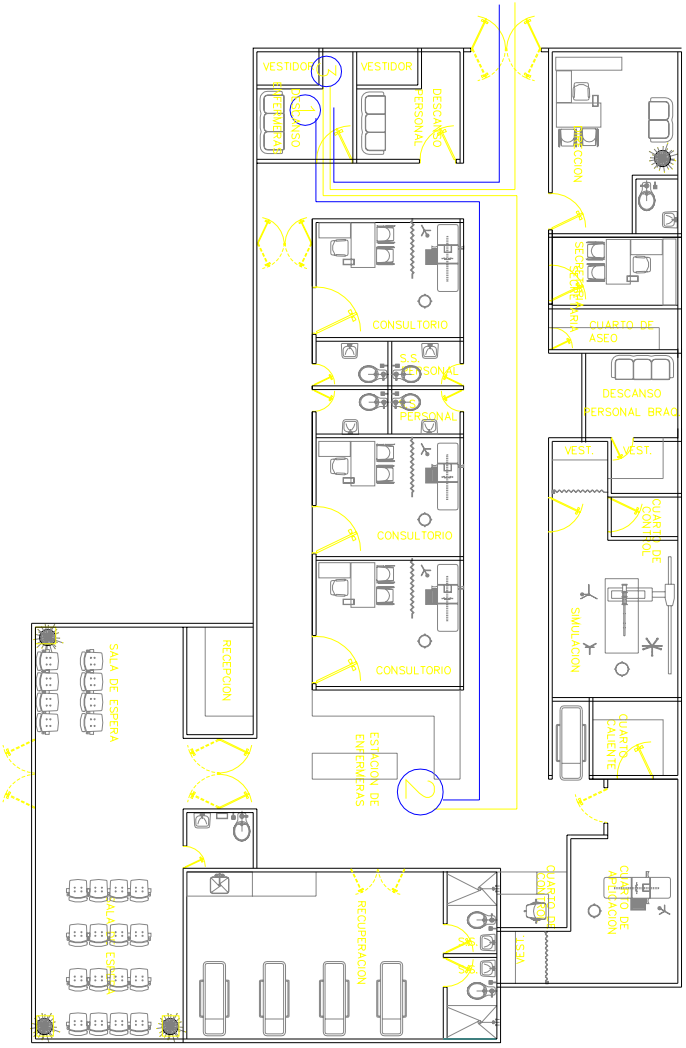
TESIS:
ANÁLISIS DE TECNOLOGIAS UTILIZADAS EN EL SERVICIO DE BRAQUITERAPIA DEL HOSPITAL ROSALES

UBICACION: FINAL CALLE ARCE Y 25 AV. SUR, ENTRE CALLE RUBEN DARIO Y PRIMERA CALLE PONIENTE, SAN SALVADOR.

CONTENIDO:
INDICADOS

ESCALA:
1:400

PLANO 17: PLANTA ARQUITECTONICA DE FLUJO DE ENFERMERAS



UNIVERSIDAD DON BOSCO

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS:
ANÁLISIS DE TECNOLOGIAS UTILIZADAS EN EL SERVICIO DE BRAQUITERAPIA DEL HOSPITAL ROSALES

UBICACION: FINAL CALLE ARCE Y 25 AV. SUR, ENTRE CALLE RUBEN DARIO Y PRIMERA CALLE PONIENTE, SAN SALVADOR.

CONTENIDO:
INDICADOS

ESCALA:
1:400

CAPÍTULO 9: PROPUESTA DE REDISEÑO DEL SERVICIO DE BRAQUITERAPIA DEL HOSPITAL ROSALES.

9.1. INTRODUCCIÓN.

En base al análisis de la situación actual del servicio de Braquiterapia del Hospital Rosales y la comparación hecha con las normas y criterios de diseño, se realizará una propuesta de diseño con el cual se pretende dar una salida a los problemas que el servicio posee actualmente.

La mayor deficiencia que presenta el servicio de Braquiterapia del Hospital Rosales se encuentra enfocada a infraestructura y tecnología utilizada, entendiendo como tecnología el equipo utilizado para la aplicación de Braquiterapia. Por lo tanto las recomendaciones y rediseño del servicio irán dirigidas básicamente a estos dos puntos, donde se tomarán en cuenta espacio, climatización, flujos (personal, pacientes y elementos radioactivos) y radioprotección.

9.2. PROPUESTA DE SOLUCIÓN A CORTO PLAZO (INMEDIATAS)

Las propuestas a corto plazo del servicio de Braquiterapia del Hospital Rosales se orientarán a:

a. Radioisótopos.
b. Iluminación.
c. Ventilación.
d. Flujos.
e. Radioproteccion.

9.2.3. RADIOISÓTOPOS.

La fuente radioactiva que actualmente se utiliza en el servicio de Braquiterapia del

Hospital Rosales se encuentran obsoletas, a nivel mundial se han retirado del mercado por los efectos secundarios que podría generar en caso que las fuentes presentarán fisuras. Por lo tanto se deben de sustituir por las fuentes de Cesio-137, que son las que actualmente se están utilizando para esta práctica.

9.2.4. ILUMINACIÓN.

En el área de aplicación cuenta con un área total de 57 mt^2, la cual requiere una iluminación de 200 luxes. De acuerdo a los resultados obtenidos en el capitulo de análisis de la situación actual del servicio de Braquiterapia del Hospital Rosales, el servicio cuenta con la iluminación adecuada.

9.2.5. VENTILACIÓN.

De acuerdo al análisis realizado anteriormente, el servicio no cuenta con la ventilación adecuada. Tomando en cuenta que la climatización del ambiente es un factor sumamente influyente en el confort del paciente es de vital importancia que el servicio logre satisfacer esta necesidad.

A continuación se definen los criterios que tomarán en cuenta para determinar el tipo de aire que se requiere:

a. Definir la carga térmica o carga de enfriamiento (BTU).

$$\text{CARGA DE ENFRIAMIENTO} = (\text{AREA}) \times (\text{CANTIDAD DE FRIGORÍAS}/M^2)$$

Donde una frigoría es equivalente a 4 BTU, y se necesitan 100 frigorías por 1 m^2.

b. Determinar la carga térmica en el área de aplicación.

Utilizando la formula anterior, se determino que para el área de aplicación del servicio de Braquiterapia (57 mt^2) se necesita una carga de enfriamiento de 22800 BTU.

Por lo tanto se recomienda que adquiera un sistema de aire acondiciona con la capacidad de proporcionar una carga de enfriamiento de 22800 BTU, para el área de aplicación del servicio de Braquiterapia del Hospital Rosales. es decir se necesitan un total de 1.9 toneladas, ya que cada tonelada es equivalente a 12000 BTU.

9.2.6. RADIOPROTECCIÓN.

9.2.6.1. SEÑALIZACION.

En la entrada principal del servicio se recomienda que se coloque la señal que indique riesgo de radiación el cual vendrá señalizado mediante su símbolo internacional: un "trébol", con la finalidad de indicar que el ingreso al servicio de Braquiterapia del Hospital Rosales se encuentra restringido. La señalización será como la siguiente:



9.2.6.2. PROTECCION RADIOLÓGICA PERSONAL.

Las mamparas que utiliza el personal de enfermería deben de sustituirse por otras que posean mayor diámetro y el espesor del plomo sea mayor, de esta manera la dosis recibida por el personal será menor.

De ser posible, el personal ocupacionalmente expuesto, deberá utilizar equipo de radioprotección personal.

9.2.6.3. HABITACIÓN DEL PACIENTE.

Para las habitaciones de las pacientes en aislamiento se recomienda que se cuente con:

b. Sistema de vigilancia de cámara.

c. Sistema de alarma para paciente.

d. En la cama de la paciente se deberá contar con el expediente que indique el tipo de dosis que está recibiendo, la posición de los aplicadores y su historial médico.

9.2.6.4. BLINDAJE.

En el análisis que se realizo en el capitulo 5 Se determino que la barrera de la pared requiere un blindaje mayor al que posee actualmente, sobrepasado en 3.22 cm de concreto.

Se recomienda por razones de costo que se complete el espesor de la pared con concreto.

9.2.6.5. ACABADOS.

Es necesario que se cambie el cielo falso, ya que se encuentra en malas condiciones, el cual deberá ser de superficie lisa y continuo.

9.2.6.6. FLUJOS.

En las siguientes tablas se presentarán las alternativas de los flujos redefinidos, en las cuales se enumerarán las actividades que se realizarán en el desarrollo de los flujos. Dicha numeración se detallara en los planos que se presentarán luego de las tablas.

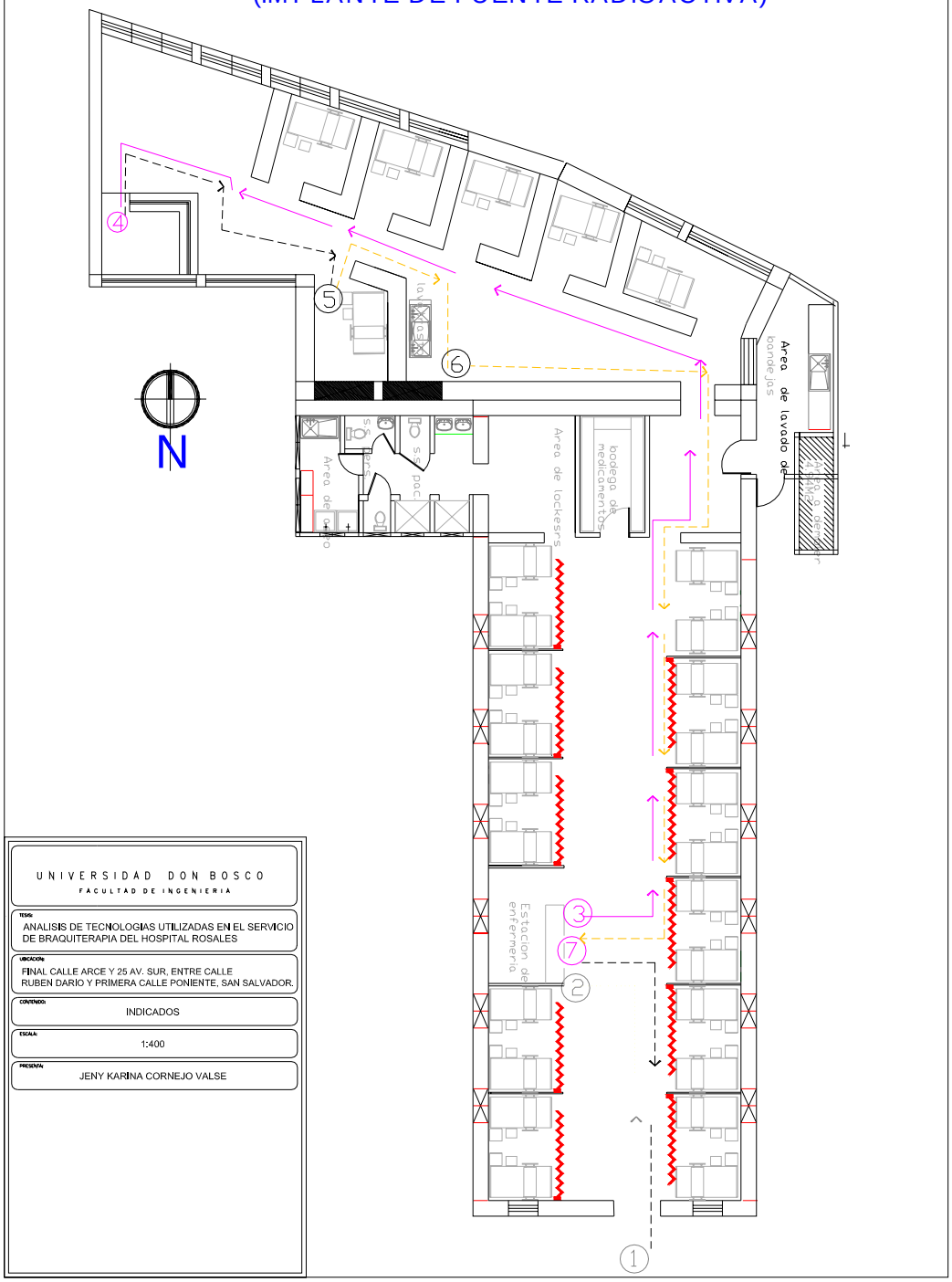
9.2.6.6.1. FLUJOS RADIOTERAPEUTA /IMPLANTE DE FUENTES (PLANO 18)

ACTIVIDAD	NUMERO ACTV.
Raditerapeuta ingresa al servicio de oncológica.	1
Radioterapeuta ingresa a la estación de enfermeras.	2
El radioterapeuta abandona la estación de enfermeras.	3
El radioterapeuta ingresa al área de almacén de fuentes radioactivas.	4
El radioterapeuta realiza el implante a la paciente de la habitación 18, desplazando las fuentes sobre un carro de transporte. Dicho proceso se desarrolla para cada paciente, hasta finalizar en la habitación 13.	5
El radioterapeuta, coloca el carro de transporte en el lugar donde se encuentra la actividad “6”, en el plano. Retirándose del área de aplicación posteriormente.	6
El radioterapeuta, se dirige a la estación de enfermeras y luego abandona el servicio.	7

9.2.6.6.2. FLUJOS RADIOTERAPEUTA /IMPLANTE DE FUENTES (PLANO 19)

ACTIVIDAD	NUMERO ACTV.
Radioterapeuta ingresa al servicio de oncológica.	1
Radioterapeuta ingresa a la estación de enfermeras.	2
El radioterapeuta abandona la estación de enfermeras.	3
El radioterapeuta toma el carrito, el cual se encuentra cerca de la entrada.	4
El radioterapeuta inicia el proceso de retiro de fuentes con la paciente 13.	5
Se retira la fuente a la paciente 14.	6
Se retira la fuente a la paciente 15.	7
Se retira la fuente a la paciente 16.	8
Se retira la fuente a la paciente 17.	9
Se retira la fuente a la paciente 18.	10
El radioterapeuta, coloca el carro de transporte dentro del almacén y las fuentes dentro de la caja fuerte.	11
El radioteraperuta vuelve a la estación de enfermeras y luego abandona el servicio.	12

PLANO 18: PLANTA ARQUITECTONICA
FLUJO DE RADIOTERAPEUTA
(IMPLANTE DE FUENTE RADIOACTIVA)



UNIVERSIDAD DON BOSCO
FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS:
ANALISIS DE TECNOLOGIAS UTILIZADAS EN EL SERVICIO DE BRAQUITERAPIA DEL HOSPITAL ROSALES

UBICACION:
FINAL CALLE ARCE Y 25 AV. SUR, ENTRE CALLE RUBEN DARIO Y PRIMERA CALLE PONIENTE, SAN SALVADOR.

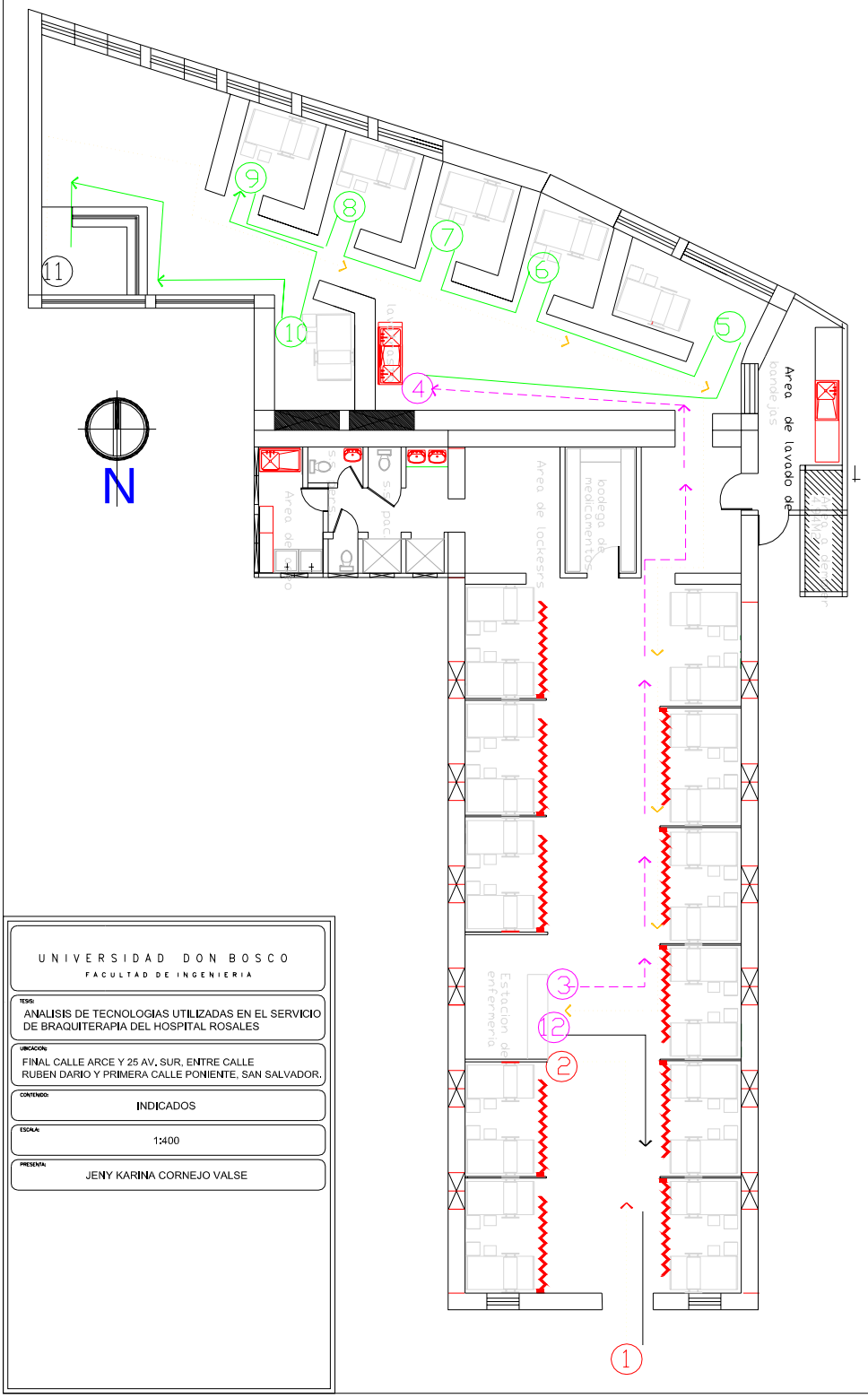
CONTENIDO:
INDICADOS

ESCALA:
1:400

PRESENTA:
JENY KARINA CORNEJO VALSE

PLANO 19: PLANTA ARQUITECTONICA

RETIRO DEL IMPLANTE DEL RADIOISOTOPO



UNIVERSIDAD DON BOSCO
FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS:
ANALISIS DE TECNOLOGIAS UTILIZADAS EN EL SERVICIO DE BRAQUITERAPIA DEL HOSPITAL ROSALES

UBICACIÓN:
FINAL CALLE ARCE Y 25 AV. SUR, ENTRE CALLE RUBEN DARIO Y PRIMERA CALLE PONIENTE, SAN SALVADOR.

CONTENIDO:
INDICADOS

ESCALA:
1:400

PRESENTA:
JENY KARINA CORNEJO VALSE

9.3. PROPUESTA DE SOLUCIÓN A LARGO PLAZO.

9.3.1. CAMBIO DE TECNOLOGÍA.

En el capitulo 7 se realizo el análisis de la situación actual del servicio de Braquiterapia del Hospital Rosales, en el cual se determinó que el Hospital posee grandes deficiencias en cuanto a la tecnología utilizada en la terapia.

Para definir cual será la tecnología mas adecuada para utilizarla en el servicio se hizo un cuadro comparativo el cual se presenta a continuación:

VENTAJAS DE LA BRAQUITERAPIA AUTOMÁTICA SOBRE LA MANUAL

TÉCNICA AUTOMATICA	**TÉCNICA MANUAL**
NO HAY CONTACTO CON LAS FUENTES	LAS FUENTES SE MANIPULAN A MUY CORTA DISTANCIA (30 cm)
LOS APARATOS ESTAN EQUIPADOS DE SISTEMAS AUTOMATICOS DE RETRACCION DE LAS FUENTES	LAS FUENTES LAS COLOCA Y LAS RETIRA UNA PERSONA
DURANTE LOS TRATAMIENTOS SE PUEDE RETRAER LA FUENTE, DURANTE LA EVALUACIÓN MÉDICA Y DE ENFERMERIA O CUANDO ES NECESARIO	LAS EVALUACIONES MEDICAS HAY QUE REALIZARLAS PROTEGIDOS POR UNA MANPARA DE PLOMO
SI POR ALGUNA RAZON SE SUSPENDE EL TRATAMIENTO LOS EQUIPOS GURDAN EL TIEMPO ACUMULADO PUDIENDO COMPLETARLO CUANDO LAS CUASAS QUE PROPICIARON LA SUSPENSIÓN SE HAYAN SUPERADO	AL RETIRAR Y RECOLOCAR LAS FUENTES SE TIENE QUE EXPONER UNA PERSONA Y HAY QUE LLEVAR LOS TIEMPOS EN UN SISTEMA MANUAL
LOS TRATAMIENTOS PUEDEN SER PLANEADOS CON TIEMPOS DE SUSPENSIÓN PARA RECUPERACION DE LAS CELULAS SANAS Y REINICIO DE LA EXPOSICIÓN	NO SE RECOMIENDA HACER TIEMPOS DE RECUPERACION DEL TEJIDO SANO YA QUE ESTO IMPLICA UNA EXPOSICION INJUSTIFICADA PARA EL TRABADOR Y LOS TIEMPOS DE TRATAMIENTOS PUEDEN VARIAR MUCHO
EN AMBOS CASOS LAS FUENTES SE CONVIERTEN EN DESECHO RADIACTIVO Y ES NECESARIO GESTIONARLOS Y ALMACENARLOS POR LARGOS PERIODOS DE TIEMPO	
ALTA TASA DE DOSIS (HDR)	**BAJA TASA DE DOSIS (LDR) MANUAL O AUTOMATICA**
LAS EXPOSICIONES DURAN COMO MAXIMO 15 MINUTOS	LOS TRATAMIENTOS DURAN 72 HORAS COMO MINIMO
SE FRACCIONAN PARA EVITAR LESIONES A LOS ORGANOS CERCANOS Y PERMITIR LA RECUPERACION DE LAS CELULAR SANAS	NO SE PUEDEN FRACCIONAR LAS DOSIS
LAS PACIENTES SE MANEJAN AMBULATORIAENTE	NECESITAN HOSPITALIZACION
NO HAY GASTOS DE HOPITALIZACION	

SE NECESITA MENOR CANTIDAD DE PERSONAL	NECESITA MAYOR CANTIDAD DE PERSONAL
SOLAMENTE SE UTILIZA UNA FUENTE	SE UTILIZAN COMO MINIMO 5 FUENTES
LA FUENTE NO ESTA ESTATICA, SE MUEVE POR TODA LA CONFIGURACION DEL TUMOR	LAS FUENTES SE MANTIENEN EN UN MISMO PUNTO
LA FUENTE POR TENER UNA VIDA MEDIA MUY CORTA (MENOR DE UN AÑO), SE PUEDEN ALMACENAR SIN GESTIONAR Y A LOS TRES AÑOS SE DESCARTA COMO DESECHO COMUN CUANDO SU ACTIVIDAD A LLEGADO A VALORES ACEPTABLES PARA SU DESCARGA	LA VIDA MEDIA DE LAS FUENTES ES CORTA (MENOR DE 30 AÑOS) O LARGA (MAYOS DE 30 AÑOS), ES NECESARIO GESTIONAR COMO DESECHO Y ALMACENAJE POR MAS DE CIEN AÑOS, SE DEJA CARGA ALAS GENERACIONES FUTURAS
LA FUENTE ES UN METAL, TIENE MUY BAJA PROBABILIDAD DE PRODUCIR COTAMINACION A LOS EQUIPOS.	LAS FUENTES SON SALES EN FORMA DE PELET (PASTILLAS PETRIFICADAS), EXISTE ALTA PROBABILIDAD DE CONTAMINACION

En base al cuadro anterior se puede ver claramente las grandes ventajas que se tienen al utilizar una unidad de Braquiterapia automatizada, con la cual no sólo se trataria el cáncer cervical sino también otros tipos de cáncer como el de estomago. Por lo tanto se recomienda que se cambie la tecnología de carga manual a una unidad de terapia automatizada.

9.3.2. REDISTRIBUCIÓN ARQUITECTÓNICA.

El rediseño del servicio de Braquiterapia del Hospital Rosales se encuentra en Plano 20.

9.3.2.1. FLUJOS PROPUESTOS PARA LA REDISTRIBUCIÓN.

Los flujos que se consideraron en la redisdritucion fueron los siguientes:

1. Flujo de paciente: planificación médica, simulación y aplicación de terapia.
2. Flujo de médico
3. Flujo de radioterapeuta.
4. Flujo de personal de enfermería.
5. Flujo de fuente radioactiva.

A continuación se presentará en tablas las actividades que se realizan en el flujo, las cuales se enumeraran según su desarrollo progresivo y posteriormente se representarán gráficamente en planos con la misma numeración que se le asigno en la tabla.

9.3.2.1.1. FLUJO DE PACIENTE-PLANIFICACIÓN (PLANO 21).

ACTIVIDAD	NUMERO ACTV.
Paciente ingresa a recepción	**1**
Paciente ingresa a sala de espera	**2**
Paciente ingresa a consultorio médico.	**3**
Paciente abandona el servicio de Braquiterapia	**4**

9.3.2.1.2. FLUJO PACIENTE-SIMULACION (PLANO 22)

ACTIVIDAD	NUMERO ACTV.
Paciente ingresa a sala de recepción	1
Paciente ingresa estación de enfermeras	2
Cambio de ropa de paciente en vestidor de sala de simulación y aplicación del procedimiento que se realiza en dicha sala (simulación del tratamiento).	3
Paciente abandona el servicio.	4

9.3.2.1.3. FLUJO DE PACIENTE-APLICACIÓN (PALNO 23)

ACTIVIDAD	NUMERO ACTV.
Paciente ingresa a sala de recepción	1
Paciente ingresa estación de enfermeras	2
Cambio de ropa de paciente en vestidor de área de aplicación.	3
Aplicación de Braquiterapia automatizada de alta tasa de dosis.	4
El paciente ingresa al área de recuperación	5
Paciente abandona el servicio de Braquiterapia	6

9.3.2.1.4. FLUJO DE ENFERMERAS (PLANO 24)

ACTIVIDAD	NUMERO ACTV.
Ingreso de la enfermera al área de descanso, realiza cambio de ropa.	1
Desplazamiento del personal a la estación de enfermeras.	2
Ingreso al área de aplicación, al finalizar la terapia,para preparar al paciente.	3
Traslado enfermera y paciente al área de recuperación.	4
Enfermera ingresa nuevamente a la estación de enfermras.	5
Enfermera ingresa al área de descanso, realiza cambio de ropa.	6
Abandona el área de Braquiterapia.	7

9.3.2.1.5. FLUJO DE MÉDICO (PLANO 25)

ACTIVIDAD	NUMERO ACTV.
Ingreso del médico al área de descanso, realiza cambio de ropa.	1
Desplazamiento del médico al área en el que labora (consultorios 1, 2 o 3)	2
Médico ingresa al área de descanso, realiza cambio de ropa.	3
Abandona el área de Braquiterapia.	4

9.3.2.1.6. FLUJO DE RADIOTERAPEUTA (PLANO 26)

ACTIVIDAD	NUMERO ACTV.
Ingreso deL radioterapeuta al área de descanso, realiza cambio de ropa.	1
Desplazamiento del radioterapeuta al área de aplicación, donde se realiza la aplicación de la terapia.	2
El radioterapeuta ingresa al área de descanso para realizar su cambio de ropa.	3
Radioterapeuta abandona el área de Braquiterapia	4

9.3.2.1.6. FLUJO DE RADIOTERAPEUTA (PLANO 27)

ACTIVIDAD	NUMERO ACTV.
La fuente se encuentra en el contenedor de la unidad automatizada para la aplicación de Braquiterapia.	1
La fuente se implanta en el paciente y vuelve al contenedor.	2

PLANO 20: PLANTA ARQUITECTÓNICA



UNIVERSIDAD DON BOSCO
FACULTAD DE INGENIERIA

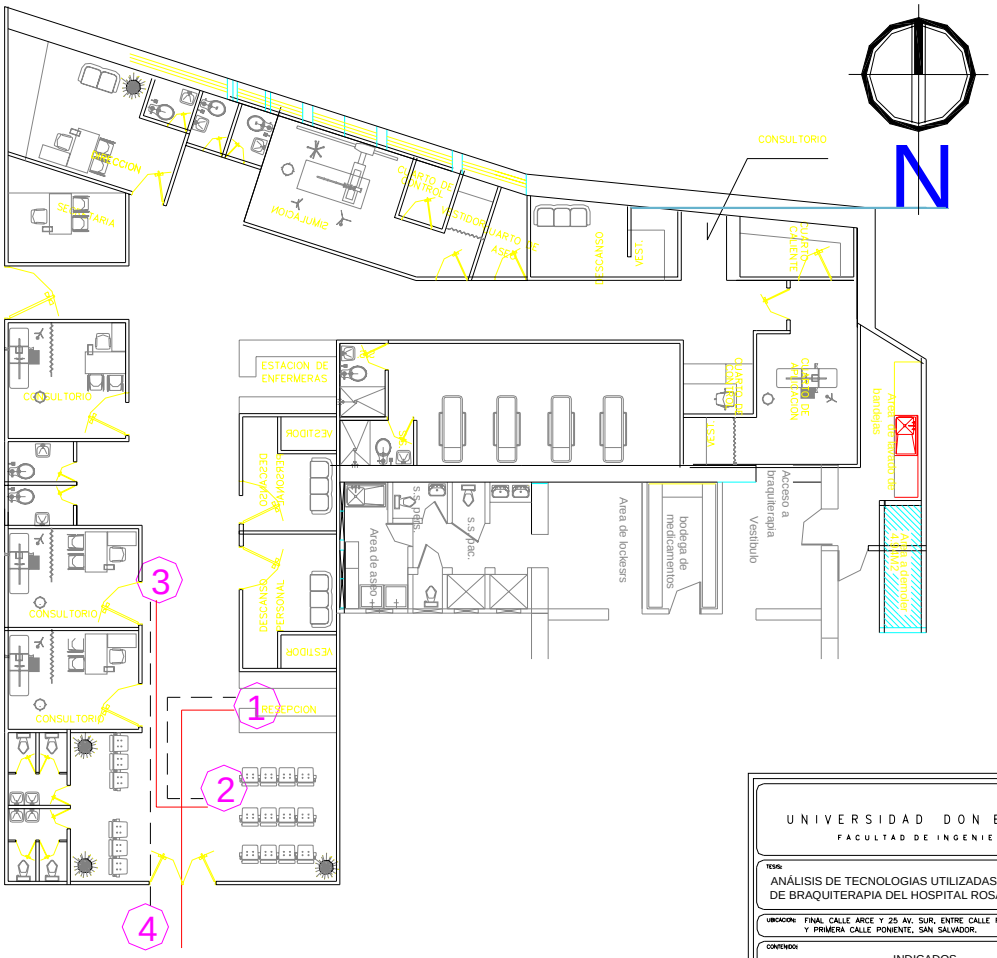
TESIS:
ANÁLISIS DE TECNOLOGIAS UTILIZADAS EN EL SERVICIO DE BRAQUITERAPIA DEL HOSPITAL ROSALES

UBICACIÓN: FINAL CALLE ARCE Y 25 AV. SUR, ENTRE CALLE RUBEN DARIO Y PRIMERA CALLE PONIENTE, SAN SALVADOR.

CONTENIDO:
INDICADOS

ESCALA:
1:200

PLANO 21: PLANTA ARQUITECTÓNICA
FLUJO DE PACIENTE DE PLANIFICACIÓN



UNIVERSIDAD DON BOSCO
FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS:
ANÁLISIS DE TECNOLOGIAS UTILIZADAS EN EL SERVICIO DE BRAQUITERAPIA DEL HOSPITAL ROSALES

UBICACION: FINAL CALLE ARCE Y 25 AV. SUR, ENTRE CALLE RUBEN DARIO Y PRIMERA CALLE PONIENTE, SAN SALVADOR.

CONTENIDO:
INDICADOS

ESCALA:
1:200

PLANO 22: PLANTA ARQUITECTÓNICA FLUJO DE PACIENTE (SIMULACIÓN)



UNIVERSIDAD DON BOSCO
FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS:
ANÁLISIS DE TECNOLOGIAS UTILIZADAS EN EL SERVICIO DE BRAQUITERAPIA DEL HOSPITAL ROSALES

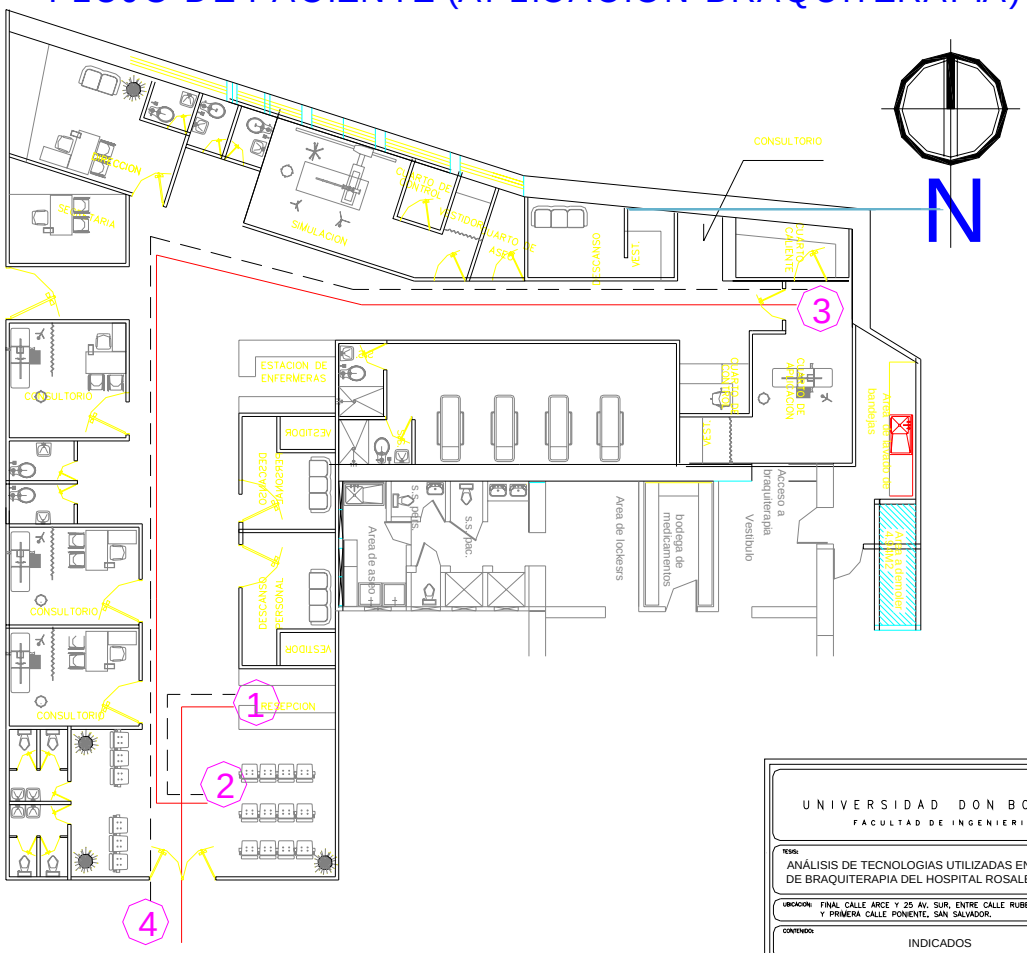
UBICACION: FINAL CALLE ARCE Y 25 AV. SUR, ENTRE CALLE RUBEN DARIO Y PRIMERA CALLE PONIENTE, SAN SALVADOR.

CONTENIDO:
INDICADOS

ESCALA:
1:200

PLANO 23: PLANTA ARQUITECTÓNICA

FLUJO DE PACIENTE (APLICACIÓN BRAQUITERAPIA)



UNIVERSIDAD DON BOSCO

FACULTAD DE INGENIERIA

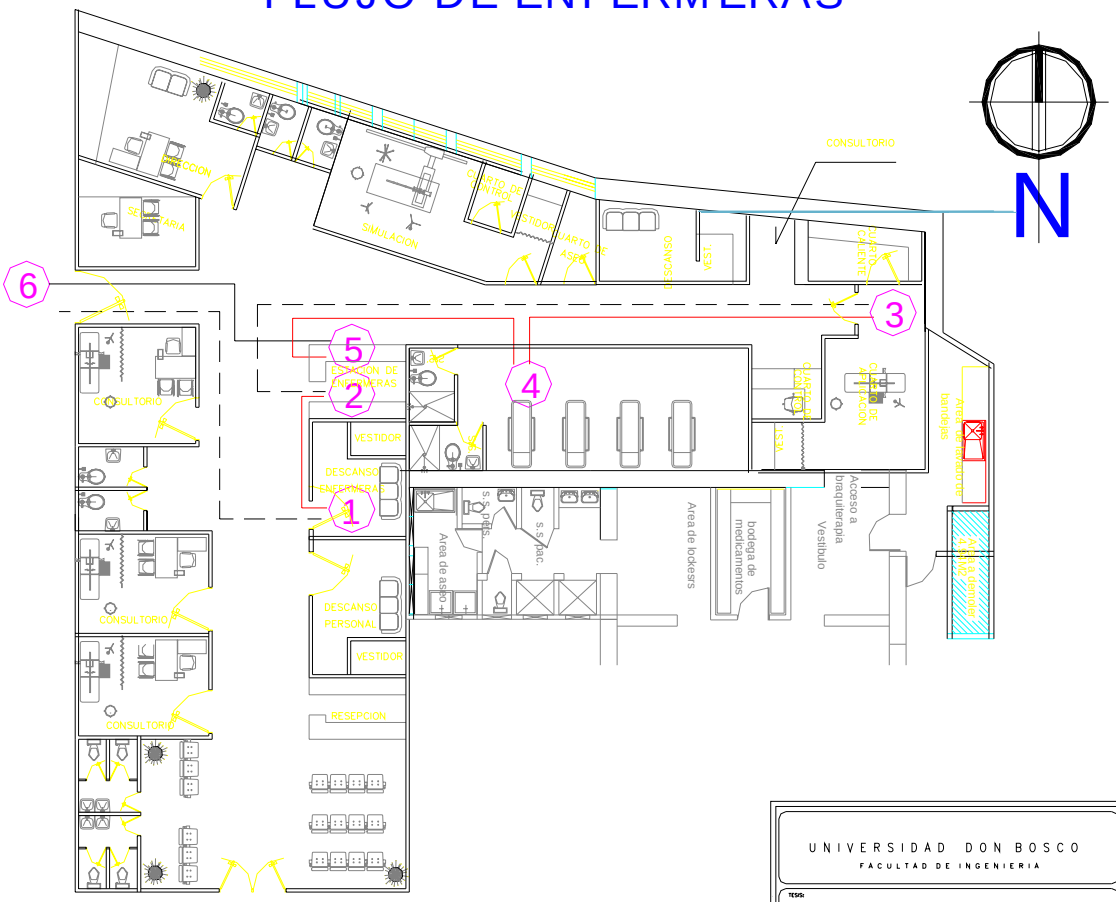
TESIS:
ANÁLISIS DE TECNOLOGIAS UTILIZADAS EN EL SERVICIO DE BRAQUITERAPIA DEL HOSPITAL ROSALES

UBICACIÓN: FINAL CALLE ARCE Y 25 AV. SUR, ENTRE CALLE RUBEN DARIO Y PRIMERA CALLE PONIENTE, SAN SALVADOR.

CONTENIDO:
INDICADOS

ESCALA:
1:200

PLANO 24: PLANTA ARQUITECTÓNICA
FLUJO DE ENFERMERAS



UNIVERSIDAD DON BOSCO
FACULTAD DE INGENIERIA

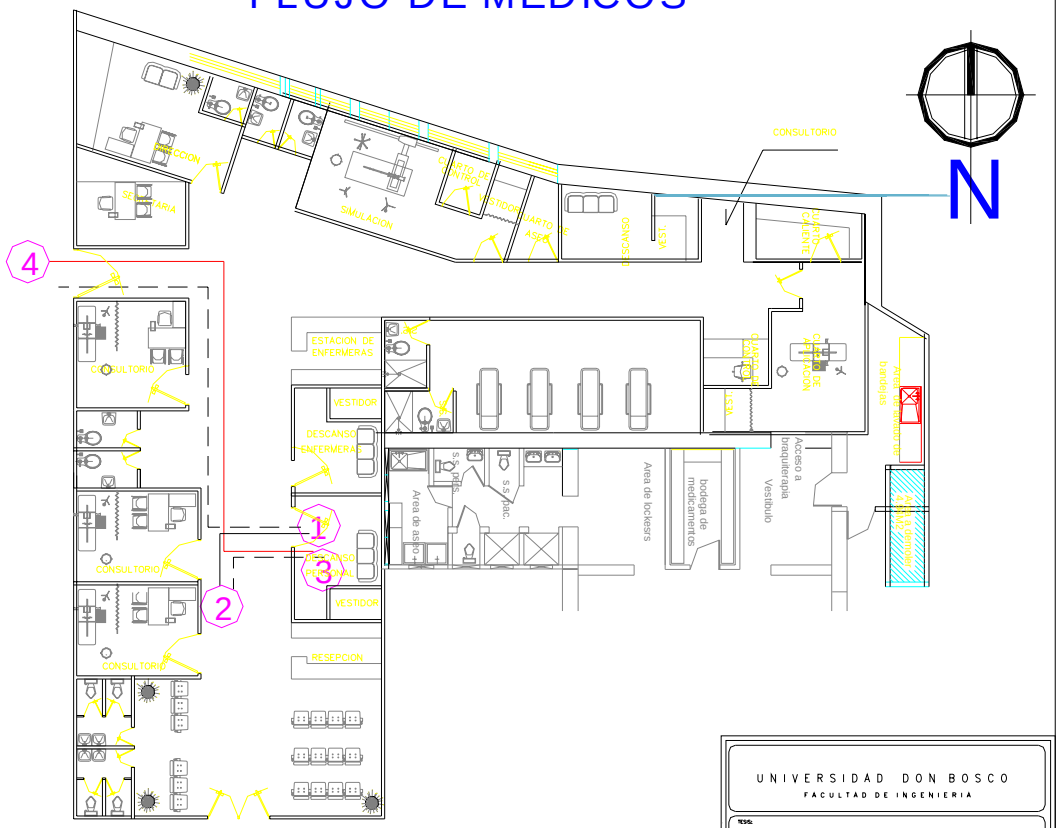
TESIS:
ANÁLISIS DE TECNOLOGIAS UTILIZADAS EN EL SERVICIO DE BRAQUITERAPIA DEL HOSPITAL ROSALES

UBICACIÓN: FINAL CALLE ARCE Y 25 AV. SUR, ENTRE CALLE RUBEN DARIO Y PRIMERA CALLE PONIENTE, SAN SALVADOR.

CONTENIDO:
INDICADOS

ESCALA:
1:200

PLANO 25: PLANTA ARQUITECTÓNICA
FLUJO DE MÉDICOS



UNIVERSIDAD DON BOSCO
FACULTAD DE INGENIERIA

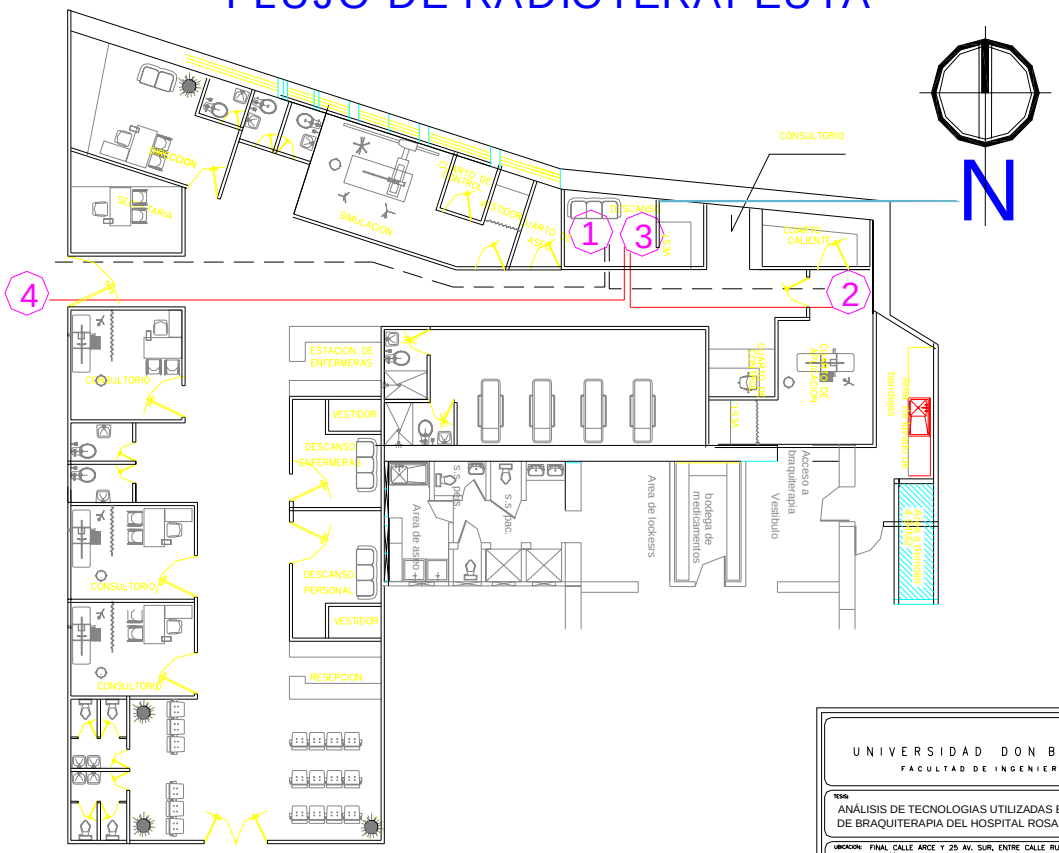
TESIS:
ANÁLISIS DE TECNOLOGIAS UTILIZADAS EN EL SERVICIO DE BRAQUITERAPIA DEL HOSPITAL ROSALES

UBICACIÓN: FINAL CALLE ARCE Y 25 AV. SUR, ENTRE CALLE RUBEN DARIO Y PRIMERA CALLE PONIENTE, SAN SALVADOR.

CONTENIDO:
INDICADOS

ESCALA:
1:200

PLANO 26: PLANTA ARQUITECTÓNICA
FLUJO DE RADIOTERAPEUTA



UNIVERSIDAD DON BOSCO
FACULTAD DE INGENIERIA

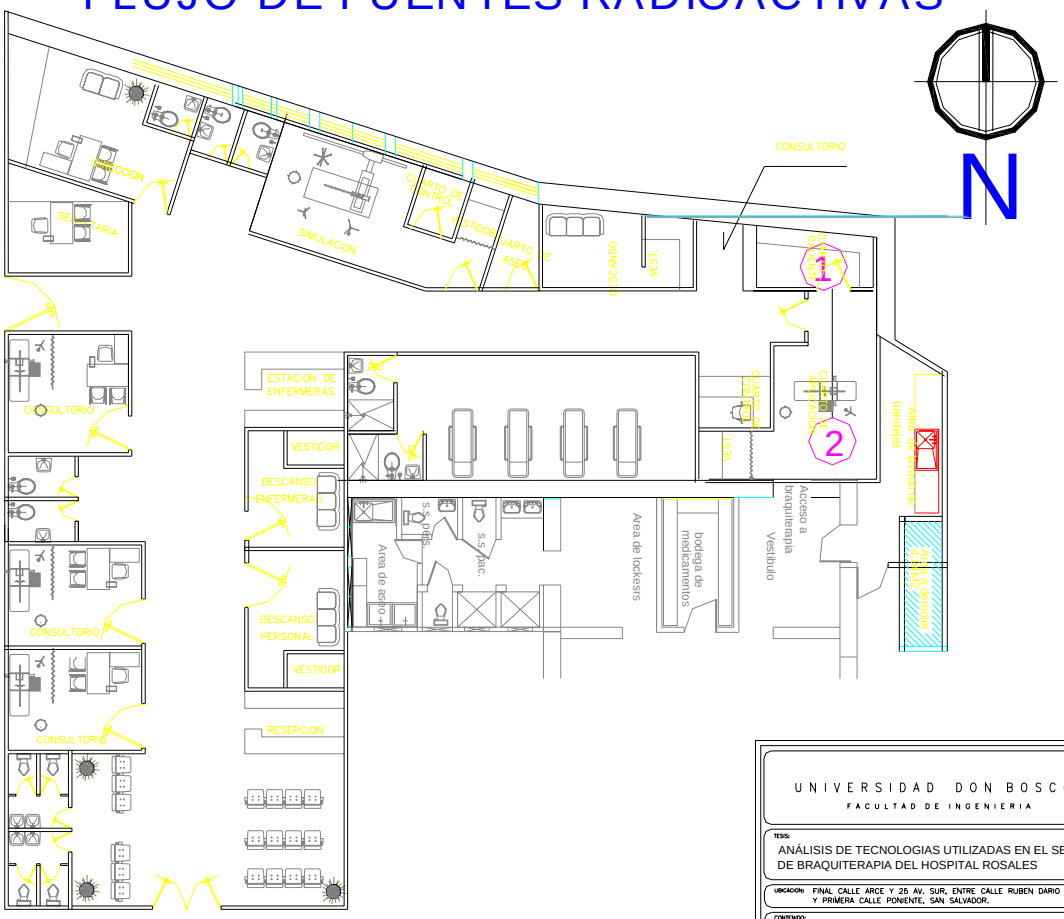
TESIS:
ANÁLISIS DE TECNOLOGIAS UTILIZADAS EN EL SERVICIO DE BRAQUITERAPIA DEL HOSPITAL ROSALES

UBICACIÓN: FINAL CALLE ARCE Y 25 AV. SUR, ENTRE CALLE RUBEN DARIO Y PRIMERA CALLE PONIENTE, SAN SALVADOR.

CONTENIDO:
INDICADOS

ESCALA:
1:200

PLANO 27: PLANTA ARQUITECTÓNICA
FLUJO DE FUENTES RADIOACTIVAS



UNIVERSIDAD DON BOSCO
FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS:
ANÁLISIS DE TECNOLOGIAS UTILIZADAS EN EL SERVICIO DE BRAQUITERAPIA DEL HOSPITAL ROSALES

UBICACION: FINAL CALLE ARCE Y 25 AV. SUR, ENTRE CALLE RUBEN DARIO Y PRIMERA CALLE PONIENTE, SAN SALVADOR.

CONTENIDO:
INDICADOS

ESCALA:
1:200

CAPÍTULO 10: MANUAL DE CONTROL DE CALIDAD.[18]

10.1 INTRODUCCIÓN.

En el siguiente capitulo se definirán los aspectos que se tomarán en cuenta para realizar una evaluación de los diferentes tecnologías utilizadas para la aplicación de Braquiterapia.

Así también se presentará la información necesaria para elaborar un programa de control de calidad y mantenimiento dirigida al equipo y fuente necesario para la aplicación de Braquiterapia, para asegurar el funcionamiento adecuado de las tecnologías implicadas en la aplicación de la terapia.

10.2. OBJETIVO DEL MANUAL.

El objetivo principal de este Manual de control de Calidad es proporcionar una guía básica para realizar la valorización y selección de tecnología para la aplicación de Braquiterapia, como también presentar el control de calidad de dichas tecnologías, asegurar de esta manera un nivel apropiado y seguro para el desarrollo de la práctica de Braquiterapia sin limitar los beneficios que la exposición a la radiación puede llegar a generar.

10.3. ELEMENTOS DEL MANUAL.

El desarrollo del manual de calidad se divide en dos partes fundamentales:

1. Criterios para la valorización y adquisición de equipos.
2. Seguimiento del control de calidad de las tecnologías utilizadas para la aplicación de Braquiterapia.

---

[18] **Aspectos físicos de la garantía de calidad de radioterapia: Protocolo de control de calidad". ARCAL XXX**

10.3.1. MANUAL PARA LA ADQUISICIÓN DE EQUIPOS DE BRAQUITERAPIA.

El proceso de adquisición o modificación de los equipos utilizados en la aplicación de Braquiterapia se consideran diferentes aspectos o criterios con la finalidad de lograr una elección satisfactoria.

A continuación se definen los criterios tomados sobre los cuales se basa la valorización y adquisición de los equipos utilizados en la aplicación de Braquiterapia:

10.3.1.1. CRITERIOS PARA LA VALORIZACIÓN Y ADQUISICIÓN DE EQUIPOS.

Para llevar acabo la adquisición o modificación de un equipo de Braquiterapia, debe realizarse un estudio para determinar que existe una verdadera necesidad, para lo cual se toman como base los siguientes criterios:

a. Necesidades clínicas que motivan la adquisición o modificación del equipo.

Se realiza un análisis sobre la creciente demanda del servicio con la finalidad de determinar si el servicio, con la tecnología que posee en la actualidad logra brindar asistencia a todos sus demandantes.

b. Las dosis a pacientes, trabajadores y público.

Se realiza un análisis de todos los historiales dosimetricos de los trabajadores y pacientes con el objetivo de dictaminar si las dosis de los mismos han sobrepasado los limites permitidos.

c. Los posibles riesgos de accidentes radiológicos.

En base a experiencias anteriores y registros de la institución se verificara que han existido accidentes radiológicos, desarrollando la actual técnica. Como también se realizará un análisis para determinar la posibilidad que se presente un accidente radiológico si se sigue utilizando la actual técnica.

10.3.1.2. ESTUDIO PREVIO.

El estudio previo se realizará dentro de la política y objetivos generales marcados por la Dirección del Centro, basados en los criterios anteriormente mencionados. Dicho

estudio será realizado por un grupo multidisciplinario de expertos, con la finalidad de definir las características fundamentales que deberá cumplir el equipo a seleccionar.

A continuación (tabla 10.1) se muestra un cuadro comparativo entre los dos tipos de tecnología utilizado en Braquiterapia, en cual se realizará una evolución en base a las criterios antes mencionados.

La forma de realizar la calificación se describe a continuación:

a. Se definieron los criterios en base a los cuales se realizará la calificación.
b. Se le asignó un puntaje a cada criterio, llegando a un valor máximo de 10, el cual llamaremos “peso”.
c. En base al valor de cada puntaje se calificó cada técnica, se asignó un valor definido por el analista (criterio propio). Este valor se colocó en la esquina superior izquierda de cada casilla.
d. Se obtuvo el valor o calificación de cada característica multiplicando el peso por el valor dado por el analista. El resultado se colocó en la esquina inferior derecha de cada casilla.
e. Se realizo la sumatoria de los valores obtenidos en el punto anterior. Los cuales corresponden a la calificación de cada criterio.
f. La técnica que obtiene la mayor calificación es la candidata a ser seleccionada.

	DIVERSIDAD DE APLICACION1	SEGURIDAD RADIOLOGICA	DOSIS FOCALIZADA	MAYOR CAPACIDAD DE ATENCION	REDUCE COSTOS DE AISLAMIENTO	SISTEMA DE EMERGENCIA DE RETRACCION DE FUENTE	MENORES EFECTOS COLATERALES PARA PACIENTE	SUMATORIA
Puntaje	8	10	8	7	7	10	8	
Pratica manual	1 / 8	1 / 10	5 / 40	2 / 14	2 / 14	0 / 0	2 / 16	102
Practica automatizada	5 / 40	8 / 80	7 / 56	7 / 49	5 / 35	10 / 100	6 / 48	408

TABLA 1.10: CUADRO COMPARATIVO DE LAS DIFERENTES TÉCNICAS DE BRAQUITERAPIA

10.3.1.3. EVALUACIÓN DE INSTALACIONES.

La evaluación de las instalaciones necesarias para el funcionamiento adecuado del equipo se basan tomarán aspectos eléctricas, hidráulicas, físico, iluminación y ventilación. Los cuales se fundamentaran en:

1. El control de accesos a las zonas con riesgo radiológico y fuentes radiactivas o a los equipos emisores de radiación.
2. Detalles precisos referentes a enclavamientos eléctricos y mecánicos de seguridad
3. Composición y dimensiones de las barreras de blindajes.
4. Sistemas de confinamiento y control de la contaminación radiactiva.
5. Adecuación a la normativa legal vigente.

Todos los proyectos deberán incluir una definición de los parámetros con sus características así como una relación de los elementos de funcionamiento que deberán ser comprobados en la recepción de la obra o montaje, así como los niveles de tolerancia y procedimientos de verificación. Tras la revisión del proyecto por la entidad reguladora, quien emitirá un informe al Director del Centro quién decidirá sobre la conveniencia de incluir en el proyecto las posibles modificaciones a que este informe dé lugar.

10.3.1.4. ELABORACION DE ESPECIFICACIONES.

Para la elaboración de las especificaciones, se tomarán en cuenta diferentes aspectos dirigidos tanto al proveedor y al equipo en particular, los cuales se definen a continuación:

I. Proveedor.

Los elementos que se tomarán en cuenta serán los siguientes:

1. Reputación del proveedor.
2. Garantía del equipo.
3. Soporte técnico.
4. Programas de entrenamiento clínico.

5. Actualización de software.
6. Costo de las unidades.
7. Existencia de repuesto y soporte de mantenimiento.

II. Equipo.

La especificaciones que se realizaran dirigidas al equipo, se dividen en tres grupos, los cuales se definen a continuación:

a. Especificaciones generales.

En este grupo se encuentran las especificaciones relacionadas a aspectos físicas que posee el equipo.

b. Especificaciones eléctricas.

Se incluyen los parámetros eléctricos necesarios para el funcionamiento optimo y seguro del equipo a adquirir.

c. Especificaciones biomédicas.

En este grupo se incluyen todas aquellas funciones del equipo que se ven relacionadas para el desarrollo eficiente de la práctica.

10.3.1.5. VALORIZACIÓN DEL EQUIPO.

La valorización del equipo se basará en las características anteriormente descritas, las cuales se detallan a continuación:

I. Características del Proveedor.

1. Numero de instalaciones hechas en el país o a nivel mundial.
2. Habilidades del proveedor para proporcionar aplicaciones efectivas y servicio de soporte técnico.
3. Viabilidad de programa de entrenamiento clínico como también un servicio de asesoramiento financiero.
4. Garantía del equipo.

5. Actualización de software.
6. Costo de las unidades.
7. Existencia de repuesto para quince años y soporte de mantenimiento.

II. Características el equipo.

a. Características generales.

3. Dimensiones del equipo.
4. Peso del equipo.

b. Características eléctricas.

1. El equipo deberá cumplir con los valores de voltaje y frecuencia que posee las instalación donde se utilizara el equipo.
2. Posee protección electrica.

c. Características biomédicas.

Unidad de tratamiento.

1. Certificación de la fuente radioactiva que utiliza.
2. Sistema de emergencia de retracción de fuente.
3. Sistema de seguridad de verificación del estado del aplicador.
4. Posee diferentes aplicadores.
5. Máximo tiempo de aplicación: 15 minutos.
6. Especificación de posiciones de tiempo en aplicación.

Computadora.

1. Computadora Pentium.
2. Monitor
7. Corrección de decaimiento de automático.
3. Capacidad de almacenamiento de tratamiento.

Planificación.

1. Posee software de planificación de tratamiento.
2. Detalles del software de planificación.
3. Monitor de tratamiento en línea.
4. Posee software de reconstrucción.

10.3.1.6. SELECCIÓN DEL EQUIPO.

La selección del equipo se realiza en base a las necesidades del servicio de braquitierapia y al cumplimiento de las especificaciones anteriormente descritas.

10.3.1.7. RECEPCION Y ACEPTACION.

Pruebas de aceptación del equipamiento.

1. Será sometidos a una prueba previa a su uso clínico que determinará su aceptación.
2. La empresa suministradora garantizará que el equipamiento cumple con las características técnicas expresadas en la oferta y con las pruebas de aceptación y normas de funcionamiento y fabricación detalladas y exigidas en las especificaciones de compra, acompañando un informe detallado de las pruebas realizadas y resultados obtenidos.
3. Para la aceptación de los equipos, la empresa suministradora realizará, en presencia del especialista en radiofísica y del responsable designado en el programa de garantía de calidad para del equipo de braquiterapia, las pruebas necesarias para comprobar el cumplimiento de las características y normas de funcionamiento expresadas en las especificaciones de compra, las características técnicas ofertadas por el suministrador y las normas legales vigentes al respecto.
4. Se emitirá un informe con los resultados de la prueba de aceptación, que remitirá al responsable de la unidad asistencial de braquiterapia.

Estado de referencia inicial del equipamiento.

Una vez que el equipamiento haya sido aceptado se establecerá el estado de referencia inicial, de acuerdo con las pruebas y tolerancias, los cuales servirán para comprobar

periódicamente la estabilidad del equipo, a lo largo de su vida útil. Dichas pruebas se definen a continuación:

Pruebas para fijar el estado de referencia inicial en las fuentes y equipos de braquiterapia y sus tolerancias.

1. Seguridad y condiciones de funcionamiento.

Comprobación de los distintos mecanismos de seguridad del paciente e instalación, y condiciones de funcionamiento de los equipos y fuentes, de acuerdo con las normas del centro y especificaciones del fabricante.

2. Fuentes o lotes de fuentes [(1)]

Registro de las fuentes Descripción Modelo, número de serie (o número de lote), radionucleido, forma física y química, dimensiones, encapsulamiento y esquemas de configuración.

Calibración Tasa de kerma en aire a 1m, tolerancia de la tasa de referencia, actividad nominal o efectiva y valores máximos de contaminación.

Distribución del radionucleido : Localización del radionucleido en la fuente (esquemas) y uniformidad de la fuente.

Curvas de isodosis : Curvas de isodosis en aire o agua, o curvas o funciones que permitan reproducirlas.

Verificación de la tasa de kerma de referencia en aire (l Gy m 2 h -1)

Valor de referencia de una fuente única [(2)]

Valor de referencia de un lote de fuente ±5% [(1)]

Coincidencia entre el valor medido y el facilitado por el suministrador ± 3% [(1)]

Verificación, geometría e integridad

Verificación de la localización y/o distribución del radionucleido ±1 mm [(3)]

Control de fugas [(4)]

3.Aplicadores

Registro de las características del aplicador

Descripción, dimensiones, materiales, esquemas y blindajes cuando proceda.
Verificación de las características del aplicador
Integridad mecánica funcional
Determinación de la posición de la fuente en el aplicador fabricante [5]
Coincidencia de la fuente activa y la de simulación 1mm

4. Equipos de carga diferida

Todas las pruebas referidas a fuentes
Todas las pruebas referidas a aplicadores
Verificación del recorrido libre de las fuentes en sus guías funcional
Verificación de la posición de la fuente en toda su trayectoria y aplicadores ±1 mm
Determinación del error del temporizador

[1] Cuando las fuentes no puedan ser tratadas de forma individual, por su dificultad de identificación, por el número a utilizar y/o por su corto período de semidesintegración, se agruparán en lotes de fuentes y todas sus características se referirán al valor medio del lote o grupo. Cuando el número de fuentes de un lote sea muy elevado y su período de semidesintegración demasiado corto para realizar un análisis de todo el lote, se efectuará sobre una muestra del mismo, no inferior al 10%.

[2] El valor de referencia corregido aplicando el factor de decadencia de la fuente debe coincidir con las sucesivas determinaciones
dentro de la incertidumbre de la medida, nada despreciable en estas aplicaciones.

[3] Cuando existan áreas activas diferenciadas, en la fuentes o asociaciones de fuentes, se localizarán estas áreas con la tolerancia descrita.
Cuando la distribución sea presuntamente uniforme y la actividad suficientemente baja se comprobará su distribución.

[4] Valor especificado por la legislación vigente en materia de protección radiológica.

[5] Tolerancia especificada por el fabricante y aceptada en las condiciones de compra.

Pruebas para fijar el estado de referencia inicial en los equipos de planificación y cálculo braquiterapia y sus tolerancias

1. Programación

Comprensión de los algoritmos de cálculo funcional

Comprensión y verificación de las pruebas de autocomprobación funcional

2. Equipos

Verificación del funcionamiento de los distintos dispositivos fabricante (1)

Verificación de las escalas en los dispositivos gráficos de entrada y salida ±1 mm

3. Dosimetría

Para cada unidad de teleterapia

Verificación de la correspondencia de las escalas y posiciones de la unidad con el sistema de planificación Para cada tipo de fuente (2)

Verificación de la correspondencia de su posición en el espacio con la calculada en el sistema de planificación

Para cada energía disponible y fuentes:

Curvas de isodosis de campos únicos

Con incidencia ortogonal ± (2% ó 2 mm) (3)

Variando incidencias y posiciones ± (2% ó 2 mm) (3)

Con elementos modificadores (Cuñas, bandejas, ...) ± (2% ó 2 mm) (3)

Con corrección de heterogeneidades ± (3% ó 3 mm) (3)

Campos irregulares y asimétricos ± (3% ó 3 mm) (3)

Curvas de isodosis de fuentes únicas

Distribución en planos ortogonales de un medio homogéneo ± (2% ó 2 mm) (3)

Sumaciones de campos y fuentes (4) en tratamientos tipo

En áreas y volúmenes generales ± (3% ó 3 mm) (3)

En zonas restringidas de gran dificultad de cálculo y medida (5)

Unidades monitor y tiempos de tratamiento en el punto de referencia ± (2% ó 2 mm) (3)

Informe dosimétrico

Verificación de las unidades monitor (o tiempo) ±2%
Verificación de los datos del informe coincidencia

Notas:

(1) Normas y pruebas especificadas por el fabricante

(2) Verificación, para cada sistema de localización utilizado, de la correspondencia entre la posición de las fuentes y su reconstrucción
espacial en el sistema de planificación, de modo que no se exceda la tolerancia especificada en el Programa de Garantía de Calidad.

(3) Según el gradiente de dosis y el valor del porcentaje, es más adecuado utilizar una diferencia entre el cálculo y la medida o bien
una diferencia en la posición de un porcentaje determinado. Como valor de tolerancia se tomará el que represente mayor diferencia en
porcentaje, sin que estadife rencia supere el 5% ni la diferencia en posición 5 mm.

(4) Los valores que se citan a continuación incluirán las incertidumbres que provienen del método de reconstrucción de la posición de
las fuentes en braquiterapia.

(5) Valor evaluado en el programa de control de calidad.

10.3.2. CONTROL DE CALIDAD DE LAS TECNOLOGÍAS UTILIZADAS PARA LA TERAPIA DE BRAQUITERAPIA.

10.3.2.1. PROGRAMA DE CONTROL DE CALIDAD DEL EQUIPAMIENTO.

1. Los programas de control de calidad del sistema de planificación y cálculo y de los equipos generadores de radiaciones con fines terapéuticos se ajustarán a protocolos establecidos, aceptados y refrendados por sociedades científicas, organismos o instituciones, nacionales o internacionales, competentes y de reconocida solvencia. Dichos programas se presentan a continuación:

PROGRAMA DE CONTROL DE CALIDAD DE LAS FUENTES Y EQUIPOS DE BRAQUITERAPIA.

En cada envío de fuentes de vida corta y sus aplicadores se realizarán las pruebas del estado de referencia inicial.

Diario (en cada uso)

1. Seguridades y condiciones de funcionamiento

2. Aplicadores

Verificación de la geometría e integridad del aplicador

Integridad mecánica

Coincidencia entre la fuente activa y la de simulación (sólo intersticiales)

3. Equipos de carga diferida

Verificación del recorrido libre de las fuentes en sus guías

Verificación de la posición de la fuente en toda su trayectoria y aplicadores

Mensual/anual [(1)]

1. Fuentes o lotes de fuentes en uso

Verificación de la tasa de kerma de referencia en aire (mGy m2 h-1)

Valor de referencia de una fuente única

Valor de referencia de un lote de fuentes

Verificación de la geometría e integridad

Verificación de la localización y/o distribución del radionucleido

Control de fugas y estanqueidad

2. Equipos de carga diferida en uso completo

Semestral

1. Registro de las fuentes inventario completo

Completar las pruebas mensuales para cubrir como mínimo la mitad de la dotación de fuentes, aplicadores y equipos.

Notas:

[(1)] Las pruebas que se contemplan en este apartado se ajustarán a un programa que garantice mensualmente las fuentes, aplicadores y equipos en uso, y de modo que al cabo del año se haya realizado el control de calidad de la totalidad de la dotación de las mencionadas fuentes, aplicadores y equipos.

CONTROLES DE CALIDAD DE LOS APLICADORES

Ubicación de atenuadores: Se verifica mediante radiografías del aplicador en diferentes ángulos, con vistas a comprobar la posición y forma del atenuador, por ejemplo, en ovoides de aplicadores tipo Feltcher-Suit.

Ubicación de la fuente: Esta prueba se suele efectuar mediante una *auto-radiografía* de la fuente en el aplicador en la posición prevista. Se recomienda fijar el aplicador sobre una película inserta en un sobre opaco (por ejemplo, 'ready-pack' X-OMAT-V para fuentes HDR, o X-OMAT-TL para fuentes LDR); se realizan marcas con una aguja hipodérmica en el sobre, de manera que se pueda comprobar, al revelar la placa, la posición de las marcas dejadas por las fuentes respecto a puntos de referencia del aplicador. El tiempo de exposición de la película (tiempo que permanecerá la fuente en el aplicador) se puede calcular como:

$t_{exp} = D / R_{sup}$

donde: R_{sup} es la tasa de dosis que en la superficie del aplicador

D es la dosis óptima de exposición, que dependerá del tipo de película empleada. Se recomienda:

Película de Verificación (por ej.: Kodak X-OMAT-V): 0.5-1 Gy

Película Rx convencional de localización (por ej. Kodak X-OMAT-TL): 0.04-0.05 Gy

Para equipos con fuentes de Alta Tasa se prefiere emplear películas de verificación, por los tiempos de exposición tan cortos que se requerirían de usar películas de mayor sensibilidad.

Coincidencia del simulador y la fuente: Las fuentes simuladas que se emplean para la localización de las fuentes reales deben garantizar, en primer lugar, que las características geométricas externas sean idénticas (diámetro y longitud). La coincidencia espacial del simulador y la fuente en el aplicador debe asegurarse con una tolerancia de ±1mm. Para verificar esta coincidencia se recomienda combinar una radiografía externa del simulador de fuentes en una posición pre-definida dentro del aplicador y una auto-radiografía de la fuente en la misma posición; en ambos casos el aplicador debe ubicarse en directo contacto con el sobre opaco de las respectivas películas, así como realizar las marcas correspondientes sobre estas, con fines de referencia.

2. Las pruebas, tolerancias y periodicidades a las que deberán ajustarse los sistemas de planificación y cálculo y los equipos de irradiación, se incluyen en las tablas y formularios que se presentan a continuación.

TABLA I.PRUEBAS DE GARANTIA DE CALIDAD PARA FUENTES DE BRAQUITERAPIA

TIPO DE FUENTE	PRUEBA	FRECUENCIA	TOLERANCIA
$T_{1/2}$ largo: descripción	Forma física y química Encapsulamiento de la fuente Distribución y uniformidad del radionuclido Ubicación de zona activa de la fuente	I I I I	R R R 1 mm
$T_{1/2}$ largo: calibración	Media del lote Desviación de la media Identificación	I, anual I, anual C	3% 5% [a]
$T_{1/2}$ corto: descripción	Forma física y química Encapsulamiento de la fuente	I I	R R
$T_{1/2}$ corto: calibración	Media del lote Desviación de la media Distribución del radionuclido y uniformidad de la fuente	I, trimestral I, trimestral I, trimestral	3% 5% [b]

[a] Revisión visual del código de identificación o verificación de su intensidad en un calibrador
[b] Revisión visual, auto-radiografía o chequeos ionométricos
(I. al comprarse; R. Registrada en el libro de control de fuentes; C. en cada uso)

TABLA II. PRUEBAS DE GARANTIA DE CALIDAD DE LOS APLICADORES DE BRAQUITERAPIA.

TIPO DE APLICADOR	PRUEBA	FRECUENCIA	TOLERANCIA
Intracavitario	Dimensiones e integridad Ubicación de las fuentes Correspondencia de posición de las fuentes simuladas con las fuentes reales Ubicación de los atenuadores	I, anual I, anual I I[a]	R R 1 mm R
Intersticial	Integridad de los aplicadores (agujas, catéteres, plantillas, etc.) Correspondencia de la posición de las fuentes simuladas con las fuentes reales	I, anual C	R 1 mm

[a] La ubicación de los atenuadores debe verificarse al inicio mediante radiografías; antes de cada inserción el aplicador debe revisarse para comprobar que no presenta partes sueltas.
(I: al inicio del uso o luego de reparación; R: registrada; C: en cada uso, como mínimo una inspección visual de que las fuentes simuladas representan adecuadamente la distribución de las fuentes reales).

TABLA III. PRUEBAS DE GARANTIA DE CALIDAD DE LOS EQUIPOS DE CARGA REMOTA AUTOMATICA.

FRECUENCIA	PRUEBA	TOLERANCIA
Diaria (o en cada tratamiento)	Interruptores de seguridad de la puerta, luces y alarmas Funciones del panel de mando, baterías, impresoras Inspección visual de las guías conductoras de fuentes Verificación de preparación de cadenas de fuentes	Funcionando Funcionando Funcionando auto-radiografía, 1 mm
Trimestral (o en cada cambio de fuentes)	Calibración (fuentes de $T_{1/2}$ corto) [a] Funcionamiento del Temporizador Exactitud de posición de fuentes simuladas respecto a fuentes reales Exactitud del conductor de la fuente y los conectores Integridad mecánica de los aplicadores	3 % 1 % 1 mm 1 mm Funcional
Anual	Algoritmo de cálculo de dosis (al menos con una configuración estándar para cada radionuclido) Calibración (fuentes de $T_{1/2}$ largo) Simular situaciones de emergencia Verificar el inventario de fuentes	 3 %, 1 mm 3 %

[a] Es recomendable que al renovar la fuente, se realice una calibración de la nueva y la vieja fuente, para establecer y registrar la reproducibilidad del método de calibración.

Formulario para la verificación de la intensidad de fuentes de braquiterapia con cámara de ionización de pozo

Fecha de verificación: _____

1.- Descripción de la fuente (s):

Radionucleido: _____

Tipo:_____

No. Serie:_____

Intensidad (por certificado del fabricante):$S_{K,cert}$=_____

Número del certificado: ____

Fecha del certificado**:**_____

2.- Equipamiento dosimétrico:

Cámara de Ionización:

Modelo y número de serie: _____;

Electrómetro:

Modelo: _____ No. Serie: _____

Inserto: _____

3.- Factor de calibración:

N_{S_K} =__ , dado a P_0 =_____, T_0 =_ ^{o}C

4.- Corrección de la lectura del electrómetro:

a) Corrección por densidad de aire

Temperatura T =_____ ^{o}C y presión P = _____al momento de la medición.

$p_{TP} = (P_0/P)[(273.15 + T)/(273.15 + T_0)]$=_____

Tensión de polarización :

Lectura promediada por unidad de tiempo: M_0=_____ (Q_{HV})

Tensión de polarización : V

Lectura promediada por unidad de tiempo: $Q_{HV/2}$=_____

b) Corrección por recombinaciones

$p_{ion} = (4/3) – (Q_{HV/2} / 3Q_{HV})$ = _____

c) Corrección por escala del electrómetro

p_E = _____

5.- Intensidad de kerma en aire medida:

$S_K = M_o\, N_{S_K}\, p_{TP}\, p_{ion}\, p_E$

$\boldsymbol{S_K}$ **=** _____

6.- Discrepancia

$\Delta = (S_K – S^*_{K,cert})x100/S^*_{K,cert}$ = _____

$S^*_{K,cer}$ *:* valor corregido para la fecha de verificación

Realizado por:_____

Formulario para el control TRIMESTRAL del Equipo de Carga Remota Automática

FECHA:_____/ __/____.

EQUIPO:_____ .

1. Revisión de fugas de aire:
Pérdida de presión: _____

2. Revisión de pérdida de alimentación eléctrica:
Verificación que fuentes retornan al contenedor: _____

3. Temporizador:
Reproducibilidad: _____ %
Linealidad: ____ %

4. Impresión de datos del tratamiento (consola):
Fuentes: _____
Tiempos: _____
Fecha: _____
Otros: _____

5. Auto-radiografía/Radiografía del simulador de fuente (configuración típica):

Aplicador	Fuentes/configuración	Discrepancia fuente-simulador
_____	_____	_____mm

6. Verificación de Intensidad de Fuentes ($T_{1/2}$ corto):

a) Lotes de fuentes

Lote			Intensidad		Discrepancia[a]
Tipo	Fabricante	Id. del lote	Certificado (promedio)	Medida (promedio)	
					_____%
					_____%

[a] Respecto al valor promedio del lote correspondiente en el Certificado de calibración (Tolerancia: ±3%)

b) Fuentes individuales

Fuente individual			Intensidad		Discrepancia[a]
Tipo	Fabricante	Número	Certificado	Medida	
					_____%
					_____%

[a] Respecto a la intensidad media del lote correspondiente calibración (Tolerancia: ±5%)

Observaciones**:**_____
_____

Realizado por**:**_____

Formulario para el control ANUAL del Equipo de Carga Remota Automática

FECHA:_____/ __/ ____.

EQUIPO:_____ .

1 Chequeo de fuentes:

a) Prueba de fugas radiactivas:

Fuentes:

_____: _____Bq
_____: _____Bq
_____: _____Bq

Guías conductoras:

_____: _____Bq (_____μGy/h)
_____: _____Bq (_____μGy/h)
_____: _____Bq (_____μGy/h)

b) Verificación de Intensidad de Fuentes ($T_{1/2}$ largo):

i) Lotes de fuentes

Lote			Intensidad		Discrepancia[a]
Tipo	Fabricante	Id. del lote	Certificado (promedio)	Medida (promedio)	
					_____%
					_____%

[a] Respecto al valor promedio del lote correspondiente en el Certificado de calibración (Tolerancia: ±3%)

ii) Fuentes individuales

Fuente			Intensidad		Discrepancia [a]
Tipo	Fabricante	Número	Certificado	Medida	
					_____%
					_____%
					_____%
					_____%
					_____%

[a] Respecto a la media del lote de un mismo tipo de fuente calibración (Tolerancia: ±5%)

2 Auto-radiografía/Radiografía del simulador de fuente (todas las fuentes/configuraciones):

Aplicador	Fuentes/configuración	Discrepancia fuente-simulador
_____	_____	_____mm
_____	_____	_____mm
_____	_____	_____mm
_____	_____	_____mm
_____	_____	_____mm

3 Temporizador:

Reproducibilidad: _____ %.
Linealidad: ____ %
Corrección por tránsito de fuente: ____ seg

Realizado por**:**_____

Dichas pruebas, tolerancias y periodicidades podrán modificarse con criterios justificados, que tengan en cuenta los objetivos de los tratamientos y la tecnología disponible.

El responsable de la unidad de radiofísica hospitalaria emitirá un informe escrito sobre el estado de los equipos de irradiación y de los sistemas de planificación y cálculo, y sobre los resultados del control de calidad, que remitirá al responsable de la unidad asistencial de radioterapia.

3. Cualquier anomalía de funcionamiento o sospecha de la misma en los equipos de tratamiento, o cualquier reacción no esperada en los pacientes tratados, serán puestas, de forma inmediata, en conocimiento del responsable del servicio de Braquiterapia y del especialista en radiofísica hospitalaria.

   El especialista en radiofísica hospitalaria, ante una de estas situaciones o en el caso de anomalías en los controles periódicos, decidirá si se debe suspender el funcionamiento del equipo afectado, o propondrá al responsable del servicio en qué casos y bajo qué condiciones puede seguirse utilizando.

4. El responsable del servicio de Braquiterapia, a la vista de los informes remitidos por los distintos especialistas, decidirá el equipamiento que puede utilizarse y sus posibles restricciones, y el que debe dejarse fuera de uso, así como los tipos de tratamientos que se podrán realizar. Las decisiones adoptadas constarán por escrito y serán comunicadas al titular de la instalación.

10.3.2.3. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO.

1. El servicio de Braquiterapia deberá disponer de un adecuado programa de mantenimiento de los equipos de los equipos utilizados en el tratamiento, tanto preventivo como correctivo, por parte del proveedor o de una empresa de asistencia técnica autorizada al efecto.

2. Toda reparación o intervención en los equipos de irradiación deberá ser previamente autorizada por un especialista en radiofísica hospitalaria. La entidad que realice la reparación o intervención responderá del funcionamiento del equipo dentro de las especificaciones garantizadas en las condiciones de compra, y emitirá un informe en el que conste la causa de la reparación, el personal que ha participado, la actuación realizada y las posibles alteraciones de funcionamiento por dicha reparación.

   Posteriormente, el especialista en radiofísica hospitalaria comprobará que el equipo reparado se encuentra en condiciones de uso clínico y realizará las medidas necesarias para verificar que se cumplen los niveles de referencia con las tolerancias previstas de aquellos parámetros que, de acuerdo con el informe emitido por la empresa que realice la reparación, se hayan podido alterar.

   Cuando no sea posible volver al estado de referencia inicial, bien por una reparación o bien por una modificación que deliberadamente altere el estado de funcionamiento, se establecerá un nuevo nivel de referencia y se harán las modificaciones necesarias en el sistema de dosimetría clínica y en toda la cadena radioterapéutica.

3. Los informes de las reparaciones o modificaciones efectuadas y los resultados de los controles subsiguientes demostrativos de la corrección realizada quedarán bajo la custodia del responsable de la unidad de radiofísica hospitalaria, que informará al responsable de la unidad asistencial de radioterapia, siendo éste el que autorice la reanudación de los tratamientos con indicación escrita de las posibles restricciones, si las hubiera.

CONCLUSIONES.

I. El Hospital Rosales de El Salvador cuenta con un servicio de braquiteria modesto, el cual no cumple con las condiciones mínimas de diseño, generando de tal manera una problemática en la atención al paciente, dado que no se esta brindando un servicio con la calidad al publico en general.

II. La técnica de Braquiterapia manual de baja tasa de dosis que se aplica en el Hospital Rosales se esta eliminando de la práctica mundial, dado las múltiples desventajas que el desarrollo de esta práctica implican como lo son: costos elevados del tratamiento ya que conlleva al aislamiento de la paciente en el hospital durante cinco días, el tratamiento para la paciente es mas traumático e incomodo y necesita de constante vigilancia durante un período de cinco días.

III. La ejecución de la técnica de Braquiterapia manual con lleva a una serie de procedimientos que afectan la salud del personal que ejecuta la terapia, dado que la manipulación de la fuente radioactiva se realiza de forma manual y directa, desde el momento que se retira del contenedor o caja fuerte hasta que se realiza el implante en la paciente, de igual manera se realiza el retiro de las mismas.

IV. La ejecución de la terapia en el servicio se realiza utilizando como fuente radioactiva el Radio 226, considerada actualmente obsoleta; ya que utiliza como radioisótopo el Radium, elemento que por los efectos secundarios que podría producir, a sido retirado del mercado, y a nivel mundial ha sido prohíbo su uso en Braquiterapia.

V. El personal del servicio de Braquiterapia del Hospital Rosales nuestra conocimientos claros sobre la radioproteccion, lo cual es muestra clara que el personal de dicha institución se encuentra en continuas capacitaciones sobre

protección radiología, asegurándose de esta manera que se lleven a cabo los procedimientos de seguridad necesarios para el desarrollo de la práctica, ya se esta creando consciencia del riesgo que se sigue.

VI. La cantidad de dosis recibida por el personal de enfermería y radioterapeuta del servicio de Braquiterapia del Hospital Rosales sobrepasa los limites de dosis aceptables y definidos por la UNRA. Por lo tanto el personal con el cual cuenta actualmente el servicio no es suficiente para atender la demanda del servicio, y de no tomar medidas al respecto, esta sobre exposición influirá directamente en la salud del personal ocupacionalmente expuesto.

VII. Las condiciones en las cuales se mantienen las habitaciones de las pacientes no son las optimas ya que estas no cuentan un sistema de vigilancia permanente por lo tanto se dificulta el monitoreo adecuado de las mismas. Al pie de la cama no se cuenta con el expediente de la paciente que identifique su estado, ni la dosis que ella recibe.

VIII. Referente a la señalización del servicio de Braquiterapia del Hospital Rosales, no cumple con la normativa en cuanto a localización, codificación de colores, simbología propia de la práctica que en el se desarrolla.

IX. En cuanto a la climatización del servicio se observo que este no cuenta con un sistema de climatización adecuado, elemento que es fundamental en el área de aplicación, debido a que el influye directamente en el confort de la paciente, durante la estancia de esta en el área de aplicación del servicio de Braquiterapia, ya que influye directamente en el estado anímico de la misma.

X. El análisis para el diseño de la propuesta se baso fundamentalmente en dos

factores: la demanda actual y la proyectada al 2010, como también la seguridad en el desarrollo de la práctica tanto para el paciente como para el profesional ocupacionalmente expuesto. Del primer aspecto se menciona que el servicio de Braquiterapia atiende únicamente el 31% de la demanda total del servicio, sin mencionar que la demanda proyectada al 2010 aumentara en un 20%, siendo de esta manera el servicio de Braquiterapia del Hospital Rosales incapaz de atender la demanda total del servicio, en las condiciones actuales en las que éste se encuentra. Del segundo aspecto se realizó un análisis y se determinó que actualmente el área de aplicación no ofrecen la seguridad necesaria al personal ni al paciente, ya que una de las paredes no cuentan con el espesor requerido para asegurar la protección radiológica definida por la UNRA.

XI. La propuesta de rediseño que se elaboro, se dirigió a dos momentos: corto plazo o de forma inmediata y largo plazo. La propuesta a corto plazo se busca solucionar de forma inmediata los problemas mas significativos y posibles de realizar en las condiciones actuales del servicio. La propuesta a largo plazo comprende una reestructuración y ampliación del servicio con la finalidad de satisfacer la demanda actual y la proyectada al 2010.

XII. Para asegurar la calidad en la adquisición de nueva tecnología se tiene que realizar una serie de pasos, los cuales van orientados a la selección de una tecnología que satisfaga las necesidades tanto clínicas como técnicas propias de la Institución, con las cuales se definen las características que debe cumplir la tecnología a adquirir.

XIII. Un control de calidad permite evaluar las condiciones en las cuales se encuentran las tecnologías utilizadas en la aplicación de la Braquiterapia, con la finalidad de identificar las fallas que se presentan antes de aplicar la técnica y realizar las correcciones necesarias de forma oportuna.

RECOMENDACIONES.

I. El Hospital Rosales debe evaluar el análisis de la situación actual del servicio de Braquiterapia a fin de tomar en cuenta las recomendaciones hechas para la problemática que actualmente padece el servicio de Braquiterapia.

II. El personal del servicio debe continuar con las capacitaciones de radioproteccion que reciben a fin de seguir refrescar y crear conciencia de la importancia que significa poner en práctica los procedimientos en el servicio de Braquitierapia.

III. Dado que en el servicio se sigue utilizando como fuente radioactiva el Radio 226, la cual ya se ha retirado del mercado, se recomienda retirarla de uso y sustituirla por las fuentes de Cesio-137.

IV. En cuanto a la radioprotecicon del personal ocupacionalmente expuesto se recomienda:

1. Sustituir las mamparas que utiliza el personal de enfermería por unas de mayor espesor para que la dosis recibida por el personal sea menor.
2. La dosis recibida por el radioterapeuta sobrepasa el limite de dosis permitido, por lo tanto se recomienda que el servicio de Braquiterapia cuente con dos radioterapeuta mientras se siga aplicando la técnica manual para administrar la terapia.

V. Para lograr un monitoreo adecuado de las pacientes que reciben terapia de baja tasa de dosis, se recomienda que se cuente con un sistema de vigilancia de TV, con el cual se tendría el monitoreo de las pacientes las 24 horas, además de contar con el expediente de cada paciente al pie de cama con lo cual se lograra identificar a la misma y conocer su situación.

VI. El servicio debe de contar con la señalización necesaria que comunique el riesgo radiológico que se sigue el área, la cual se colocara en la entrada del servicio de Braquiterapia.

VII. El área de aplicación de Braquitierapia debe contar con un sistema de aire acondicionado, con la finalidad de mantener el área en condiciones agradables para las pacientes a una temperatura de 24°C, humedad relativa entre el 50% y 60%.

VIII. Para la aplicación de la Braquiterapia de baja tasa de dosis se recomienda aumentar el espesor de la pared este en 3.22 cm de concreto.

IX. Se recomienda realizar una evaluación de las diferentes recomendaciones que se mencionan y se preste atención a la propuesta a corto y largo plazo que se presenta en el documento, con la finalidad de mejor la calidad de atención del servicio tanto para el personal como para el paciente, tomando en cuenta los aspectos de seguridad radiológica, capacidad de atención, iluminación y flujos.

GLOSARIO.

ADENOCARSINOMAS.
Crecimiento localizado de tejido epitelial glandular maligno que no rebasa la membrana basal. Es particularmente frecuente en el endometrio y en el intestino grueso.

ANTIONCOGENES.
Genes supresores tumorales.

CARSINOMA.
Neoplasia epitelial que tiende a invadir los tejidos circundantes y a metastatizar en regiones distantes del organismo. Sufijo que significa “tumor maligno compuesto de células epiteliales con tendencia a la matastatización.

CARSINOGENESIS.
Proceso de iniciación e inducción de la formación de un cáncer.

DOSIS ISOEFECTO: Las dosis necesarias para obtener un efecto dado.
reestenosis intracoranaria.

ESTOCASTICO.
de naturaleza aleatoria o estadística

HEPATOCARCINOMA.
Hematoma maligno.

HEPATOMA.
Tumor maligno primario del hígado.

RETINOBLASTOMA.

Neoplasia congénita , hereditaria originada a partir de las células germinales de la retina. Tiene carácter maligno. Se manifiesta en la infancia.

SARCOMA.

Neoplasia maligna poco frecuente del tejido blando. Se desarrolla en los tejidos fibrosos, grasoso, muscular, sinovial, vascular o nervioso.

METASTÁSIS.

Proceso por el que las células tumorales se diseminan hacia partes distantes del organismo. Puesto que los tumores malignos no tienen capsula pueden escapar, convertirse en émbolos y ser trasportadas por la circulación linfática o la sanguínea, para implantarse en los ganglios y en otros órganos distantes del tumor primario.

PALEATIVA.

Tratamiento.Terapéutica dirigida a aliviar o reducir la intensidad de una serie de síntomas desagradables, pero no a producir curación.

TISULAR.

Cualquier reacción o respuesta de un tejido vivo frente a enfermedad, toxina u otros estímulos externos.

BIBLIOGRAFÍA.

(1) **Diccionario de Ciencias Médicas Dorland.**

(2) **“Hospital de Seguridad Social”, Yánez, Enrique (1986). (8º Edición). México: Noriega Editorial (LIMUSA).**

(3) **“Dirección de Hospitales”. Barquin, Manuel (1987). (5º Edicion). Mexico: Editorial Interamericana.**

(4) **Reglamento General de Hospitales del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.**

(5) **“Manual de Oncologia”. Instituto Nacional de Cancerológica. México.**

(6) **“ Oncológica”. G. Cajaraville.**

(7) **“ Manual de radioprotecciòn en las aplicaciones Médicas de las Radiaciones Ionizantes”. ARN. 2001.**

(8) **“Enciclopedia Braquiterapia”, Wipidedia.**

(9) **“Radiobiología en Braquiterapia de baja tasa de dosis”. Francisco Sendra Portero.**

(10) **“Bases Físicas e Instrumentación en Radioterapia, A. del castillo.**

(11) **Capacitación del OIEA para reguladores sobre protección radiológica y seguridad en la práctica de Radioterapia.**

(12) **“Normas de Radioterapia para la acreditación de servicios, Gobierno de Chile.**

(13) **“Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social Ramo de Salud Pública y Asistencia Social”, Acuerdo 41.**

(14) **“Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-229-SSA1-2002”. Mexico. 27 de enero de 2004.**

(15) **“14555 Real Decreto 183/2001 Madrid a 6 Julio de 2001.**

(16) **“Manual de Proteccion Radiológica”. Sociedad Española de Física Médica. 16 de Septiembre de 2002.**

(17) **“The Physics of Radiation Therapy”. Second Edicion. Faiz M. Khan.**

(18) **“ Aspectos físicos de la garantía de calidad de radioterapia: Protocolo de control de calidad”. ARCAL XXX. Versión 9. 30 de septiembre de 2005.**