

# **ESPOL**

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**

## **TOPICO DE GRADUACION**

### **"INGENIERIA EN RADIACION MEDICA"**

**TEMA :**

**TRATAMIENTO DEL LINFOMA  
DE HODGKIN**

**REALIZADO POR :**

***RAFAEL ESTRADA PICO  
RICHARD CEVALLOS  
MIGUEL NUÑEZ NUÑEZ***

**GUAYAQUIL - ECUADOR  
1995**

## AGRADECIMIENTO

Agradecemos a la Escuela Superior Politécnica del Litoral por habernos dado la oportunidad de estudiar en esta institución e instruirnos de conocimientos para poder implementarlas en nuestras vidas profesional; al Ing. José Correa por su enseñanza durante el período del Tópico de Graduación, para poder desarrollar nuestro tema; al departamento de Radioterapia de SOLCA por darnos su apoyo, y permitirnos trabajar en su distinguida institución; agradecemos sobre todo a cada uno de los Padres de quienes integramos en el grupo realizador de este informe, y además a Dios por permitirnos seguir con nuestras metas y forjar un futuro mejor para nuestras vidas y para el Ecuador.

# INDICE

INTRODUCCION.....	5
<b>GENERALIDADES:</b>	
1. EL CANCER.....	7
2. LA RADIACION:	
2.1. QUE ES LA RADIACION .....	8
2.2. EFECTOS DE LA RADIACION SOBRE LOS TUMORES.....	8
2.3. TIPOS DE TRATAMIENTO	
2.3.1 Tratamiento con fotones.....	9
2.3.2 Tratamiento con electrones.....	10
3. LINFOMA DE HODGKIN:	
3.1 EPIDEMIOLOGIA Y ETIOLOGIA:	
3.1.1 Anatomía Patológica.....	11
3.1.2 Clínica.....	11
3.1.3 Diagnóstico.....	12
3.1.4 Clasificación.....	12
3.2. TRATAMIENTO CON RADIOTERAPIA.....	12
4. TRATAMIENTO DEL CANCER:	
4.1 EQUIPOS A UTILIZARSE :	
4.1.1 Simulador Kermath.....	13
4.1.2 Theraplan TP-11.....	17
4.1.3 Theratron 780C.....	20
<b>RADIOTERAPIA DE UN CASO DE LINFOMA DE HODGKIN:</b>	
1. DATOS DEL PACIENTE.....	23
2. SIMULACION.....	23
3. PLANEACION.....	25
3.1 Demostración de los cálculos de tiempo.....	28
4. PROTECCIONES.....	30
5. COBALTOTERAPIA.....	31
<b>ANALISIS DEL TRATAMIENTO:</b>	
1. ESTADISTICA.....	34
2. EFECTIVIDAD.....	36
<b>CONCLUSIONES.</b>	
<b>ANEXOS.</b>	

## INTRODUCCIÓN

Hoy en día el CÁNCER es una enfermedad que no tiene una cura ya determinada por el hombre, por lo cual se dice que es una enfermedad grave, peligrosa y misteriosa, ya que aún no se sabe con exactitud cual es su causa.

Sin embargo, existe algunos métodos para combatirla, y llegar destruir en un gran porcentaje a las células cancerígenas. Estos métodos fueron implementados por el hombre con el paso del tiempo. Uno de ellos es la RADIOTERAPIA, que, como su nombre lo dice, TERAPIA a base de RADIACIÓN, que es un método eficaz y se lo está utilizando a nivel mundial. Es por eso que el cáncer ya no es tan mortal como antes, y se puede curar en un 30% de los casos, o sino, darle al paciente un alargamiento de vida de mas de 10 años.

El cáncer es una enfermedad muy acelerada, y ataca con rapidez ciertas células dependiendo de nuestro sistema de defensa; es por esto que generalmente ataca mas a las personas de avanzada edad. El cáncer primero ataca al órgano donde se reproduce primero, luego de éste pasa a otros órganos, produciéndose así la llamada metástasis.

En el Ecuador contamos con un Hospital Moderno que brinda la ayuda a los pacientes que sufren de esta enfermedad, es el SOLCA (*Sociedad de Lucha Contra el Cáncer*), que año a año trata de encontrar una mejor manera para combatirlo; hoy en día cuenta con máquinas como Cobalto-60, THERATRON 780C de AECL MEDICAL. Por ahora, se avecina el *acelerador lineal* que es una máquina de mejor rendimiento y de un avanzado sistema para tratar el cáncer. Así como también se está construyendo un edificio de BRAQUITERAPIA, un método mas eficaz para tratar ciertos tumores cancerígenos, como el cervix, cáncer a la laringe, próstata, etc. Es así como SOLCA cada año busca nuevas alternativas para combatir el cáncer.

El motivo de este informe es ver como un Ingeniero Electrónico juega un papel importante en un Hospital o Clínica que este usando la Radioterapia, ya que debe existir un buen control de calidad de las máquinas que se usan para el proceso de los tratamientos, así como el mantenimiento de dichas máquinas; para esto es obvio, que el Ingeniero debe tener conocimientos de radiación, de sus efectos, algo de anatomía humana, y sobre todo los peligros y beneficios que puede causar la Radiación.

Para este informe hemos escogido la enfermedad conocida como el LINFOMA DE HODGKIN, que ataca a todos los ganglios linfáticos. Su tratamiento es bastante cauteloso, ya que se irradia una gran cantidad del cuerpo humano. Sin embargo, dependiendo del estadio, se logra el alargamiento de vida, y en algunos casos se logra curarlos.

Esta enfermedad no tiene definido en cuanto a las edades de los pacientes se refiere, puede padecerla un niño de 4 años como un adulto de 60 años.

La radioterapia ha tomado una gran importancia en el Ecuador. Es por ahora el método mas eficaz para tratar al cáncer. En SOLCA se llega hasta 90 pacientes tratados en la unidad de cobalto-60 por día, esto quiere decir la que la radioterapia es muy solicitada, y por ende debe tener un correcto control de calidad y mantenimiento adecuado de todas las máquinas a utilizarse para un buen proceso de tratamiento y tener la seguridad tanto para el paciente como para el personal de radioterapia.

## GENERALIDADES

### 1.- EL CÁNCER

Por ser una de las últimas enfermedades que aún no tiene curación, y pondrá fin, tarde o temprano, a la vida de la persona que lo padece, el cáncer es una enfermedad terrorífica. Consiste en un tumor maligno formado por una rápida y anormal reproducción de células.

Esta conducta anormal de las células puede iniciarse en cualquier momento y en cualquier parte del cuerpo. Las células normales tienen un período de crecimiento que, una vez concluido, se detiene. Por ejemplo, las células del hígado que se están regenerando crecen pero dejan de hacerlo cuando el órgano ha recuperado su tamaño normal. Las células cancerosas, en cambio, no dejan de dividirse mientras tengan suficiente alimento. Además, pierden la propiedad de agregación, o sea de estar juntas, que poseen las células normales. Estas tendencias de las células cancerosas provocan el desarrollo de un tejido extraño que se produce en desorden y se extiende más allá de su punto de origen. Luego, introducidas en el torrente circulatorio, las células cancerosas viajan hacia otras partes del cuerpo formando nuevas colonias y terminan con la vida del cuerpo que las contiene.

Las causas seguras de cáncer aún no han sido detectadas, pero existen pistas que están siguiendo los científicos. Por lo pronto, está ya demostrado que el cigarrillo es la causa principal de cáncer al pulmón, que mata unas cien mil personas por año. Por otra parte, se observa cierta relación entre el número de casos de cáncer y la presencia de contaminantes químicos en el aire, en el agua y en los alimentos.

Las radiaciones atómicas son más que sospechosas, si se piensa en la propagación de la leucemia (cáncer de los glóbulos blancos de la sangre) entre los sobrevivientes de Hiroshima. Los rayos solares son potencialmente cancerígenos cuando actúan sobre verrugas y otras lesiones de la piel, aún cuando en otros casos puedan resultar terapéuticos.

## 2- RADIACIÓN

La aparición imprevista y repentina de procesos cancerosos hace imposible determinar normas preventivas. Por lo que una vez detectada la enfermedad, la única alternativa es irradiar.

Por fortuna existe lo que se llama *RADIOTERAPIA*, el cual es un medio efectivo para curar o al menos paliar esta enfermedad. Esta consiste en suministrarle al paciente radiación con el objetivo de destruir los tejidos cancerosos. De aquí la necesidad de conocer algo sobre radiación y sus efectos.

### 2.1- QUE ES LA RADIACIÓN?

Cuando los átomos de algún elemento emiten partículas en forma espontánea se dice que es *radioactivo*, y lo que emite se llama *radiación*. Estas partículas pueden ser de tres tipos: rayos alfa, rayos beta y rayos gamma o fotones. Sin embargo, los que tienen mayor uso en radioterapia son los fotones. También son muy comunes los tratamientos con rayos de electrones, pero estos son producidos con aceleradores lineales, y no con materiales radioactivos.

Antes de continuar es necesario mencionar las medidas de radiación con sus respectivas unidades:

• **Dosis absorbida.**- es definida como la energía depositada de radiación ionizante por unidad de masa de material y es expresada en J/Kg. o *Grays*. También suele usarse el rad (1 Gy=100 rads)

• **Exposición.**- es usada para describir la salida de un generador de rayos X. Es la carga liberada de radiación ionizante por unidad de masa de aire y en unidades SI es expresada en C/Kg.

• **Actividad.**- Describe el número de desintegraciones por unidad de tiempo de un isótopo radioactivo. Ya que no tiene dimensiones, la actividad es medida en segundos recíprocos.

### 2.2- EFECTOS DE LA RADIACIÓN SOBRE LOS TUMORES

Aunque la radiación produce lesiones tanto en los tejidos normales como en el tumor, los efectos son diferentes debido a características como por ejemplo la *radioresistencia*, así, las lesiones producidas en una célula tumoral pueden ser tan grandes que la célula muera, mientras que las células normales tienden a sobrevivir debido a su mayor capacidad de recuperación.

Los tejidos y órganos normales tienen la capacidad de regenerarse cuando son parcialmente lesionados, y lo hacen formando tejido fibroso y cicatrizal. En

cambio, si el tejido tumoral es irradiado no tiene la misma capacidad de recuperación.

El objetivo entonces es que el tejido canceroso debe ser destruido hasta la última célula y el tejido sano debe ser respetado conservando cierto grado de vitalidad.

Para conseguirlo hay que tomar en cuenta una serie de factores tanto clínicos como biológicos en relación con el tumor, los tejidos próximos, el estado del paciente, el lugar donde se asienta la tumoración, para que de acuerdo a eso emplear el tipo de radiación, la energía, la dosis y la técnica de tratamiento más adecuada en cada caso.

No siempre será posible planificar un tratamiento con fines curativos. En ocasiones las características clínicas y/o biológicas del tumor hacen imposible que se produzca su total esterilización, siendo obligado intentar sólo un efecto paliativo.

### 23.- TIPOS DE TRATAMIENTO

Como se mencionó antes, los tratamientos de Radioterapia con fuentes de radiación externa son principalmente de dos tipos:

- tratamiento con fotones y
- tratamiento con electrones.

#### 23.1.-TRATAMIENTO CON FOTONES

Los rayos de fotones son de baja energía en comparación con los rayos de electrones, y pueden ser obtenidos principalmente de dos fuentes. La primera de ellas es *Rayos X* y la otra es con materiales radioactivos en especial *Cobalto-60*.

**Rayos X.-** Aparte de su notable importancia para el diagnóstico, los rayos X son usados en la actualidad para el tratamiento de tumores superficiales, debido a que la poca energía de sus fotones (entre 50 y 150KV) es rápidamente absorbida por los primeros tejidos que encuentra a su paso.

**Cobalto 60.-** Al igual que los rayos X, el cobalto-60 también produce fotones pero de mayor energía (aproximadamente 1.25 MeV). Esto trae consigo una gran ventaja con respecto a los rayos X, pues permite que el haz de fotones entregue su dosis máxima a una mayor profundidad disminuyendo de esta manera el daño en tejidos superficiales, o sea la piel.

No cabe duda que una de las zonas más afectadas con rayos de baja energía es la piel, por lo que debe protegérsela al máximo. Esto puede ser logrado con el uso de filtros, pues absorben los fotones de baja energía que son los que más dañan la piel, y dejan pasar los fotones de mayor energía, los cuales entregarán



su máxima dosis a mayor profundidad. Sin embargo, los filtros son de muy poca utilidad cuando el tumor es muy profundo, por lo que se hace uso de ciertas técnicas para darle al tumor la mayor cantidad de dosis posible en comparación con otros tejidos.

Una de estas técnicas consiste en disparar varios haces hacia el paciente en distintas direcciones, pero que apunten siempre al tumor. De esta manera el tumor será el que reciba mayor daño. Existen otras técnicas adicionales que serán estudiadas luego cuando hablemos del tratamiento.

### 2.3.2- TRATAMIENTO CON ELECTRONES

Este es realizado utilizando aceleradores lineales, que tienen la ventaja de enviar rayos de muchísima más energía por lo que son de mayor utilidad para tumores que no se encuentran cerca de la piel. Otra ventaja es que son rayos monocromáticos (es decir de igual energía). Para apreciar de una mejor manera la diferencia entre haces de alta y baja energía podemos ver el siguiente gráfico:

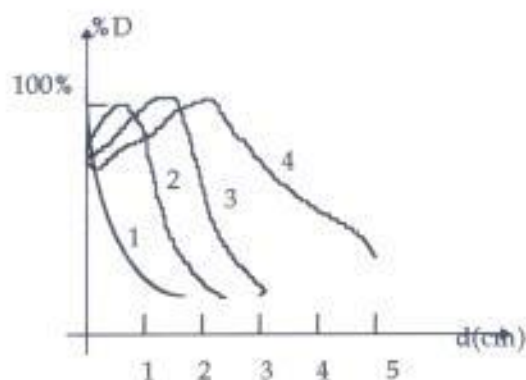


Fig. 1. Curvas de Dosis en función de la profundidad.

Curva 1: rayos X de 150 KV.

Curva 2: electrones de 6 MeV

Curva 3: electrones de 7 MeV

Curva 4: electrones de 18 MeV

Se observa en las curvas de alta energía que los tejidos antes y después del tumor quedan menos expuestos en el tratamiento con electrones monocromáticos por lo que son eficaces para tumores ubicados en zonas profundas.

### **3- LINFOMA DE HODGKIN**

El Linfoma de Hodgkin está entre las siete causas más frecuentes de muerte por cáncer. Presenta elementos de diagnóstico característicos; hipertrofia glandular única o múltiple, presencia de células de Reed-Sternberg y síntomas sistémicos asociados.

#### **3.1.-EPIDEMIOLOGÍA Y ETIOLOGÍA**

Los picos máximos de incidencia se presentan en dos regiones de veinte a treinta años y a partir de los 50. Es más frecuente en varón que en la mujer, con una relación de casi 2:1, aunque este índice varía con la edad.

Su etiología es desconocida. Por razones no explicadas, la incidencia de linfomas parece que aumenta cada año, existiendo mayor riesgo conforme aumenta el nivel educativo, además de presentarse mayormente en clases sociales altas.

##### **3.1.1. Anatomía patológica**

Las principales características son:

- Predominio linfocítico
- Ceinlaridad mixta
- Esclerosis nodular

La enfermedad de Hodgkin es única entre las neoplasias debido a que el tumor palpado por el médico contiene en su mayor parte linfocitos normales, células plasmáticas y solo se hallan células malignas características de Hodgkin.

##### **3.1.2. Clínica**

En la mayoría de los casos el cuadro se inicia con adenopatía regionales que en el 60-70% de los casos son cervico supraclaviculares. Estas son indoloras, de consistencia algo blanda y rodadoras.

La sintomatología general, que aparece, de 30-40% de los casos, consiste en fiebre, sudoración profusa nocturna, prurito generalizado y pérdida de peso cuantificable, fiebre cíclica y ondulatoria. En casos avanzados incluye astenia, anorexia, y dolor en la adenopatía al ingerir alcohol.

##### **3.1.3. Diagnóstico**

El diagnóstico lo proporciona la biopsia de las adenopatías supuestamente afectadas. La exploración física general completa, con especial atención a la palpación de las cadenas linfáticas.

Se incluyen radiografías de tórax, complementada con tomografía computarizada y/o resonancia magnética.

### 3.1.4. Clasificación

- ⇒ Estado I: afección de una sola región ganglionar.
- ⇒ Estado II: afección de dos o más regiones de un solo lado del diafragma.
- ⇒ Estado III: afección de una o varias regiones ganglionares supradiafragmática e infradiafragmática.
- ⇒ Estado IV: afección difusa o diseminada de uno o varios órganos o tejidos extraganglionares, con afección simultánea de estaciones ganglionares o sin ella.

## 3.2- TRATAMIENTO CON RADIOTERAPIA

Se uso está indicado como tratamiento curativo en los estados I, II y III (éste último en sus primeros estados), para estados más avanzados es utilizado como paliativo. Las dosis utilizadas están en el orden de los 45 Gy en 4-5 semanas.

Los campos de irradiación más comúnmente utilizados son:

- Mantle: se extiende desde la mandíbula hasta el diafragma con protección de pulmones, corazón y médula espinal. Los campos engloban los ganglios linfáticos cervicales, supraclaviculares, axilares, infraclaviculares, mediastino e hilio pulmonar.
- Y invertida: se extiende desde el margen interior del mantle, hasta las tuberosidades isquiáticas. Se protege la médula espinal, los riñones, las gónadas y las crestas ilíacas.
- Irradiación nodal subtotal: incluye el mantle y la Y invertida, excluyendo las cadenas ganglionares pélvicas e inguinofemorales.
- Irradiación nodal total: incluye ambos campos mantle y Y invertida.
- Radioterapia local: en el campo afecto.

## 4- TRATAMIENTO DEL CANCER

Realizado el diagnóstico y la localización de las zonas a las que ha afectado el cáncer, el médico estará en posibilidad de utilizar la radioterapia como medio de curación o paliativo .

Para tratamiento con radioterapia la secuencia a seguir es:

- ✓ Simulación.
- ✓ Planeación y Moldes
- ✓ Cobaltoterapia.

## 4.1.- EQUIPOS A UTILIZARSE

En SOLCA la simulación es realizada por el simulador KERMATH modelo TSL-XY, la planeación se efectúa con la ayuda de THERAPLAN VO5B, la cobaltoterapia con el THERATRON 780C.

### 4.1.1. Simulador Kermath (Simulación).



Fig. 2. Simulador Kermath y su controlador remoto.

**Descripción.-** Este modelo tiene ambas capacidades, tanto para radiografía como para fluoroscopia. La planificación e implementación de la terapia de radiación se agilitan mediante la utilización de este simulador de tratamiento.

Durante la simulación, este simulador proveerá de diagnósticos de rayos X de alta calidad para la localización de tumores de una manera completamente de acuerdo con los movimientos mecánicos y compulsiones de la verdadera unidad terapéutica. Durante la simulación, el uso de mecanismos precisos de alineamiento facilitarán la colocación y recolocación del paciente. Son absolutamente esenciales la precisión y exactitud en todos los movimientos mecánicos e indicadores.

El sistema básico consiste de un brazo en forma de "C" que sostiene en el un extremo el tubo de montaje de los rayos X para diagnóstico y en el otro el tubo de imagen/casetera. El brazo rota alrededor de la superficie de la mesa de posiciones libre-voladiza. El tubo de montaje de rayos X puede adaptarse a cualquier distancia de la fuente al eje entre 80 y 130 cm para adaptarse a la mayoría de las unidades de terapia.

Todos los movimientos del brazo-C, incluyendo la rotación axial y el de la casetera se controlan por interruptores montados en un péndulo superior. Se puede seleccionar la velocidad rotacional del brazo-C en el péndulo de mano y

también todos los controles. Existen unos sensores de colisión montados en la casetera y fuente bloqueadora los cuales pararán todo movimiento si detectan una colisión.

La superficie de la mesa de fibra de carbón sostiene fácilmente a pacientes de hasta 300 libras con una desviación mínima en la posición del eje central. la equivalencia de aluminio en radiografía es de aproximadamente 1mm en 100KVp.



*Fig.3, Display de pared.*

Esta unidad tiene los siguientes movimientos motorizados:

- Rotación articulada del brazo en forma de C.
- Movimiento SAD de adentro hacia fuera.
- Rotación del colimador / fuente.
- Movimiento de los alambres delineadores de campo (X,Y).
- Movimientos X,Y,Z de la casetera/tubo.
- Movimientos X,Y,Z de la mesa.
- Movimiento X,Y del obturador del colimador.

Adicionalmente el TSL-XY es un sistema basado en un microprocesador con una pantalla para montarse en una pared y una consola de operadores controlada a control remoto.



*Fig.4. Dispositivo para fluoroscopia*

**Características:**

- La distancia variable de la fuente al eje adaptable entre 80 y 180 cm permite la simulación verdadera de la geometría de terapia. Hay detenciones de movimiento a 80 y 100cm.
- Cuando el tubo de rayos X está en su elevación más alta se encuentra disponible en una distancia de la fuente a la mesa en exceso de 175.5 cm con la fuente en posición vertical y la mesa en la posición más baja para simular distancias de largo tratamiento (técnica mantle), utilizando el tubo de imagen de 9 in.
- Están disponibles tubos de imagen de 9 in o 12in.
- Una casetera de salida abierta aceptará un caset de red de 14 in por 36 in para técnicas mantle en una sola película.
- La longitud de la fuente del simulador de sombras (distancia del origen bandeja) estandarizado para duplicar la longitud de la bandeja bloqueadora de la unidad de tratamiento (distancia del origen a la bandeja) para proveer la duplicación del factor de amplificación.
- El sistema único de alineación del colimador incluye una matriz de marcas proyectadas ópticamente y registradas radiográficamente a incrementos de 2 cm (el isocentro) a través de todo el campo de rayos X a fin de optimizar la velocidad y conveniencia del procedimiento.
- Control independiente de alambres de alineación de campos X,Y para facilitar la elección de campos simétricos y regulares.
- El diseño del brazo C con la casetera provee flexibilidad de posiciones y facilidad de operación. Las proyecciones de radiografía deseada se obtienen rápidamente.
- Todos los movimientos del brazo C, incluyendo su rotación, adaptación de la altura del tubo y posición del tubo de imagen/casetera son completamente motorizadas y se operan desde un control suspendido en el cielo raso. El péndulo también opera todos los movimientos con el indicador óptico de distancia de la piel y de la luz del colimador y luces de la habitación.

- La altura más baja de la mesa (80.8cm sobre el nivel del suelo) permite al paciente un fácil acceso a la camilla del simulador.
- La mesa voladiza de posición libre maximiza el acceso al paciente y minimiza las obstrucciones.
- La superficie de la mesa de fibra de carbón proveen de firmeza y rigidez con extremadamente alta radioluminosidad.
- Superficie móvil de la mesa con un movimiento longitudinal de 94 cm y  $\pm 20$  cm de movimiento transversal permite una colocación del paciente rápida y precisa.
- Los alambres cruzados diagonalmente que definen el centro del campo son removibles de manera que no oscurezcan los injertos de semilla.
- La mesa y el pórtico son montados en la superficie.
- Movimientos X-Y del tubo de imagen /casetera con control de palanca de accionamiento.
- Movimiento simultáneo para colocaciones rápidas en unidades del número serial 557 y posteriores.
- La pantalla de pared y la consola de operadores a control remoto.



*Fig.5, Control de mando de RayosX.*

#### 4.1.2. THERAPLAN TP-11 (Planeación)

**Descripción.-** El sistema THERAPLAN consiste de módulos, hardware y software del computador, los que colectivamente, forman paquetes completos para la producción de distribución de dosis, para varios tipos de planes de tratamiento de terapia de radiación.

No se necesita aprender ningún comando, más allá de aquellos necesarios para iniciar el sistema y para interacción en el teclado. El usuario principiante no debe estar empapado de la sintaxis debido a que el sistema es muy amigable y le conduce a usted a través de un proceso conversacional, para producir una planificación de tratamiento.



*Fig.6, Theraplan TP-11*

**Características.**

- Tiene un Software diseñado para que pueda correr una computadora HOST
- Soporta un número determinado de periféricos y accesorios.
- Permite entrar a Scanners CT y también manuales.
- Este sistema es de 3 dimensiones
- 512 MB de disco duro
- 2 MB de RAM
- Streamer de 60 MB
- Monitor gráfico
- Tiene una consola alfanumérico, computador para ingresar datos.
- Trackball con 3 Pots.
- Impresora.
- Digitalizador sónico y electromagnético, por aquí se ingresa los datos de contornos y tamaño de campo.
- Plotter hp de 8 plumillas.
- Lectora de cinta magnética de TAC (Keneddy 9610)



*Fig. 7, Digitalizador e Impresoras*



### *Proceso De Planeación.*

Una vez que se ha obtenido todos los datos necesario con el Simulador, se llega al proceso de planeación para determinar las curvas de isodosis adecuada, permitiendo así una revisión visual, mediante el Theraplan, de la distribución de dosis en el paciente. Además se hace los cálculos respectivos para determinar el tiempo de exposición.

Es así como veremos los siguientes pasos para elaborar la planeación de un paciente:

❶ Se ingresan los datos del paciente en el computador para llevar un registro del paciente, es decir se ingresa el nombre y se lo guarda en un archivo para revisiones posteriores.

❷ Luego se ingresa la orientación del paciente para tener una referencia en la pantalla del monitor graficador, después de esto se ingresa los contornos necesarios del paciente al computador ya sea por tomas tomográficas o por los contornos elaborados en simulaciones, para poder hacer esto tenemos disponible un digitalizador (scanner). En el caso de tomografía se debe seleccionar los cortes.

❸ Posteriormente con los datos de la película radiográfica, se dibuja en forma aproximada los huesos que se encuentran dentro de cada contorno, pero nada más los que se encuentran más cercano del isocentro o por donde más o menos se va a irradiar. Ingresado todos los contornos procedemos a ingresar los tamaños de campo; generalmente los campos son irregulares, ya que se debe proteger algunos órganos no afectados por los tumores o los huesos, este ingreso se lo hace con el digitalizador, y obtenemos así los campos por donde va la radiación dentro del cuerpo del paciente con la distribución de dosis necesaria para atacar al cáncer.

❹ Con los contornos, las protecciones y los números de campos con sus respectivos tamaños, la computadora se encarga de obtener la distribución de dosis total.

❺ Una vez obtenida las curvas de isodosis, se escoge la curva de isodosis más óptima para lograr nuestra meta que es de eliminar el tumor y todos los ganglios afectados y los cercanos al tumor, esta elección la hace el doctor encargado del paciente. Para esto se imprime los contornos con la distribución de dosis calculado por el Theraplan, donde el doctor escogerá una y con esta curva se procederá a hacer los cálculos de tiempo.

❻ Ahora se procede calcular el tiempo de exposición, para esto se debe ingresar todos los parámetros necesarios a la máquina como :

- » Tipo de máquina de tratamiento,
- » Tamaño de Campo,
- » Distancia fuente-bandeja (TSD),
- » Distancia fuente-película (SID),
- » Dosis total,
- » Números de fracciones,
- » Curva de isodosis (%),
- » Factores necesarios (bandeja, cuña, etc.)
- » Y otros.

➊ Luego se imprime la tabla elaborada por el computador donde indica todos los parámetros para una correcta revisión de los cálculos, así como resultado el tiempo de exposición que el paciente va a estar en el cuarto de cobaltoterapia. Por último, con los contornos graficados e impreso y la hoja de cálculo de tiempo se llena la cartilla de radioterapia para luego pasar a cobaltoterapia.

Estos son los pasos importantes que un operador de Theraplan debe seguir para tener una excelente planeación del paciente a ser tratado, obviamente que el operador deberá tener conocimientos de como el computador elabora estos cálculos y así detectar un error ya sea por falla humana o por falla de la máquina.

#### 4.1.3. Theratron 780C (Cobaltoterapia).

##### *Descripción.*

El THERATRON 780C es una unidad de teleterapia de Cobalto-60 que al igual que el Kermath consiste de: gantry rotacional, cabeza de ensamblaje, colimador ajustable, mesa de tratamiento y consola de control, todas ellas con características, similares al simulador. Además se dispone de una consola de control por afuera del cuarto, en donde el operador determina el comienzo de la irradiación, observando al paciente desde un monitor.

Sin embargo, el Theratron tiene un componente adicional que es la parte más importante de esta unidad, esta consiste en una fuente metálica hecha de un radioisotopo de cobalto-60, la cual está sellada en cápsulas de acero inoxidable. Típicamente la fuente es de 2 cm de diámetro, y de 1 a 3 cm de largo. Los átomos de cobalto-60 continuamente y espontáneamente se desintegran para llegar a ser átomos de Niquel-60 mientras emiten radiación gama. Este proceso tiene una vida media de 5.26 años, por lo que una vez pasado este tiempo la fuente debe ser cambiada.



Fig. 4. Theratron 780C y su controlador remoto.

#### Características:

- La cabeza del Theratron 780 consiste de un molde de acero cubierto con plomo y una capa de uranio. Esto proporciona una capacidad de 175 Rmm el cual es equivalente a una unidad de salida de 200 Rmm.
- El escudo protector se encuentra acorde las normas de la ICRP 15 el cual establece que el campo no debe exceder los 2mR/hr a un metro. La transmisión a través de la cabeza con la fuente en posición ON no excede el 0.1% del campo primario.
- El mecanismo de salida de la fuente radioactiva es por medios neumáticos donde mueve la fuente de su posición de almacenamiento hasta la posición de exposición.
- La cabeza puede girar  $\pm 180^\circ$  del isocentro, tiene dos velocidades de movimiento una lenta y otra rápida.
- Los colimadores son de tungsteno y tiene cuatro niveles de movimiento con esto se obtiene los campos rectangulares.
- El movimiento del gantry es de  $360^\circ$ , esto es indicado por una escala en el propio gantry y en forma digital en la consola de control.
- La distancia básica de la fuente al diafragma para la parrilla es de 45 cm con el cual se obtiene un tamaño de campo mínimo de 5 y un campo máximo de 35. Pero esta distancia puede incrementarse con un trimmer a 55 cm obteniéndose un tamaño de campo mínimo de 4.5 y un campo máximo de 34.
- Con respecto a la camilla donde va el paciente este posee los siguientes movimientos:
  - Vertical de 77 hasta 116 cm
  - Movimiento isocéntrico rotacional de  $\pm 110^\circ$  de la posición central, lateral y longitudinal.

Además el THERATRON puede operar en los siguiente modos de tratamiento:

- Terapia Fija
- Terapia Rotacional
- Terapia por Saltos
- Terapia en Arco

**Terapia fija:** El gantry permanece fijo, lo cual se irradia en zonas determinadas.

**Terapia rotacional:** Mientras el gantry esté rotando, se está irradiando, es decir irradia los 360 grados que gira el gantry.

**Terapia por salto:** Se irradia en determinados ángulos con un cierto intervalo, es decir el gantry está girando y la máquina irradia en ciertos espacios programado desde la consola de mando.

**Terapia por Arco:** En este caso se determina un arco de movimiento al gantry y durante todo este arco se está irradiando.

## RADIOTERAPIA DE UN CASO DE LINFOMA DE HODGKIN

### 1. DATOS DEL PACIENTE:

**Nombre:** Daniel Sornoza

**Edad:** 5 años

**Procedencia:** Manabí

**Enfermedad:** Linfoma de Hodgkin estadio I.

**Doctor:** Kleber Suarez

Una vez que se ha diagnosticado la enfermedad de Hodgkin en el niño, pasa a radioterapia, para tratamiento con el Dr. Suarez. El Doctor es el encargado de dar la dosificación adecuada al paciente, así mismo como el número de fracciones semanales. Llegando a los siguientes datos:

**Dosis total :** 2000cGy

**Dosis de fracción:** 180 cGy

**Número de fracciones:** 5

**Protecciones personalizadas:** Pulmones, laringe, área de los hombros, bulbo raquídeo.



*Fig.8, Radiografía del paciente.*

### 2. Simulación

Esta etapa es necesaria para ubicar mediante radiografía, las zonas afectadas por el cáncer y zonas a proteger al momento de utilizar cobaltoterapia.

Los pasos que se siguieron fueron:

① Colocación del niño en la mesa, ubicando el isocentro a la distancia 80 cm de la fuente del simulador. Posteriormente se empieza a delimitar el tamaño del

campo supervisado por el doctor, mediante la fluoroscopia. La fluoroscopia es un sistema visual mediante el cual se observa lo que abarca el tamaño de campo y así poder determinar las protecciones adecuadas.

② Procedemos luego mediante alambres de plomo a delimitar las zonas a proteger, las cuales también será vistas en la fluoroscopia. Es indispensable la protección de regiones del cuerpo sensibles a daños por radiación.



*Fig.9, Paciente en Simulación.*

③ Una vez ubicado el tamaño del campo con las zonas protegidas, se procede a hacer tomas radiográficas. En nuestro caso se hizo una sola toma radiográfica pero sin embargo son dos campos a irradiar una anterior y una posterior.

④ Luego se procede a sacar los contornos; para el niño se sacaron 5 contornos, debido a la irregularidad del cuerpo a nivel tórax. El tamaño de campo empieza desde el mentón hasta el diafragma con un ancho que cubren la totalidad de los hombros.

Para hacer un contorno se procede como se indica a continuación:

a.- Ubicamos el punto central del contorno a trazar a 80 cm de la fuente. En el display de pared observamos la altura a la que se a movido la mesa, este valor lo medimos en una hoja de papel tamaño ministro.

b.- luego procedemos a mover la mesa colocando uno de los extremos a 80 cm de la fuente, y observamos en el display cuanto ha recorrido en altura, y sentido lateral. Estos valores lo medimos en la hoja de papel en la dirección que se ha movido, lo mismo se realiza para el otro extremo.

c.- Por último se coloca un alambre de plomo en la línea del contorno, observada en el cuerpo del paciente, es decir determinamos la forma del contorno sobre la superficie del cuerpo y la llevamos a graficar en el papel. Obviamente los puntos que obtenemos del display en la hoja debe pasar por esta línea graficada con el alambre de plomo.

Estos mismos pasos se realizarán para los demás contornos y así obtenemos 5 contornos graficados en un papel.

⑤ Con un marcador ubicamos el isocentro del campo y los vértices del rectángulo del tamaño de campo, para después empezar a tatuar dichos punto que será una guía para los operadores de Cobaltoterpia.

Con esta simulación se espera encontrar los parámetros adecuados para una correcta Planeación, para luego obtener unos resultados óptimos de tratamiento en Cobaltoterapia.

Para este paciente se escogió la zona mantle cuyo tamaño de campo de 23x22, desde la parte inferior del diafragma hasta el mentón, protegiéndose los pulmones, laringe, hombros y bulbo raquídeo.

Los 5 contornos y la placa radiográfica son llevados a la sala de planeación.

### 3. PLANEACIÓN

Esta etapa del tratamiento tiene como objetivo hacer un estudio minucioso de como se irradiarán las zonas afectadas por el linfoma, mediante el uso del Theraplan TP-11.

Aquí se graficará las distribuciones de dosis para cada contorno. Estas curvas deberán de ser lo más planas posibles, debiendo lograr que el linfoma absorba más radiación que los tejidos sanos.

Para el cálculo de las curvas isodosicas se procede de la siguiente manera:

⇒ Se ingresa el nombre del paciente, ubicación respecto al monitor, y si es con cortes tomográficos o con contornos, para este caso se eligió con contornos es decir sin CT.



*Fig.10, Operador de Theraplan.*

⇒ Luego ingresamos con el digitalizador los 5 contornos, con el offset de referencia. Con los conocimientos de Anatomía humana dibujamos las partes internas importantes en cada contorno.

⇒ Ingresamos ahora los campos mediante la placa radiográfica con el digitalizador, el computador visualizará estos campos. Anotaremos el nombre de cada campo, en este caso ingresamos el campo anterior, con la placa radiográfica, y la protección de laringe, hombros y pulmones; luego se vira la placa y se ingresa el campo posterior con la protección de bulbo raquídeo, hombros y pulmones.

⇒ Una vez ingresado estos dos campos y ubicados en el lugar respectivo del contorno, escogemos una opción de añadir isodosis, lo cual lo elabora el computador, escogeremos alguna curvas isodosicas donde el mínimo será 80%.

⇒ Para encontrar las curvas de isodosis de los demás contornos se utilizará la opción 3D. El computador mostrará inmediatamente las curvas de isodosis en los otros cuatro contornos.

⇒ Una vez determinada las curvas para los 5 contornos, se graficará en el plotter, para ser mostrada al Doctor encargado, Dr. Suarez, y escoja una curva de isodosis adecuada, él escogió la curva 86%, la cual era la mas óptima.

Ya escogida la curva adecuada se procede a hacer los cálculos de tiempo de exposición para cada campo.

Este calculo se procede así:

- 1) Se ingresa el valor de Dosis total (2000 cGy),
- 2) Luego se ingresa el numero de fracciones (11),
- 3) EL computador solo determinará el valor de dosis diario, donde el operador verificará si es el que se requiere (180cGy).



- 4) Después se ingresa la curva de isodosis escogida, (86%),
- 5) El computador empezará a trabajar, mostrará el tamaño de campo ingresado anteriormente, lo cual el operador aceptará si es el correcto, y mostrará también el cuadrado equivalente para este tamaño de campo.
- 6) De ahí preguntará el computador los factores necesarios para que sean ingresados, para este caso tenemos el factor de bandeja, como es personalizadas, tenemos un valor de 0.975.
- 7) Luego mostrará la razón de dosis de referencia de la maquina en ese momento, al cual el operador deberá ingresar este mismo dato y aceptarlo, para que el computador comience a calcular el tiempo.
- 8) Por ultimo y al instante, se mostrará el tiempo de exposición para el campo escogido, donde el operador deberá aceptar este valor. Para el paciente es de 1.20 minutos.

Para el siguiente campo se sigue los mismo pasos, en el campo posterior también salió el tiempo de exposición de 1.20 minutos.

Luego se llena la hoja de Radioterapia con todos los datos necesarios para que el operador de Cobaltoterapia realice un excelente tratamiento. Lo mas importante de esta hoja es el tiempo de exposición, donde el operador deberá observar detalladamente que el tiempo calculado por el computador sea correcto.

Nota : Las hojas graficadas de los contornos con las curvas de isodosis, y la tabla de cálculo de tiempo se encuentra en la parte de Anexos.

### 3.1 Demostración de los cálculos de tiempo :

Para realizar el gráfico de las partes internas de los contornos, se hace la siguiente conversión:

$$F.E. = \{(SSD + E.P/2)\} / SID$$

donde :

- F.E = Factor de escala
- SSD = Distancia fuente piel
- E.P. = Espesor del paciente
- SID = Distancia fuente película.

Dependiendo del contorno y con la placa radiográfica se obtiene una aproximación de las partes internas graficadas en el papel, para después ser pasada al computador mediante el digitalizador.

Esto es para ubicar ciertos cortes internos importante y así poder visualizar mejor por donde está la distribución de dosis.

Lo primero que se realiza es obtener la distribución de dosis de los dos campos, donde el Theraplan lo realiza rápidamente.

Encontramos que con los datos de distribución de dosis obtenemos un valor de normalización de 173.8%. Este valor es obtenido considerando la contribución de los 2 campos de una manera independiente donde en un punto está la dosis máxima.

Los valores que son prescritos por el Doctor son : Dosis total absorbida (Target Absorbed Dose, T.A.D.) , el Numero de campos y Numero de Fracciones (F). Con estos datos podemos obtener la Target Dose / Fracción. ( T.A.D. / F. ).

$$T.A.D. / F. = 1980 \text{ cGy}/11$$

$$T.A.D. / F. = 180 \text{ cGy.}$$

Este valor es la dosis diaria al 173.8% que es la normalización, pero debemos normalizarla al 100%, de debemos encontrar la dosis de normalización, con una simple regla de tres:

$$\begin{array}{lcl} 173.8\% & \Rightarrow & 180 \text{ cGy} \\ 100\% & \Rightarrow & D_{\text{norm}} \end{array}$$

$$D_{\text{norm}} = (100\% \times 180 \text{ cGy}) / 173.8\%$$

$$D_{\text{norm}} = 103.6 \text{ cGy}$$

El tamaño de campo es de 23x22, pero es un campo irregular debido a las zonas dibujadas para las protecciones personalizadas. Calcularemos entonces el cuadrado equivalente para este tamaño de campo:

$$\text{Cuadrado Equivalente} = 4 \times (\text{Área} / \text{Superficie})$$

$$\text{Cuadrado Equivalente} = 4 \times (23 \times 22 / 23 + 22)$$

$$\text{Cuadrado Equivalente} = 22.5 \text{ cm}$$

Es decir el cuadrado equivalente del campo será de 22.5x22.5.

Con este valor del cuadrado equivalente obtenemos la exposición relativa que tiene como base un campo de 10x10 , este valor es un factor de 1.059, el cual se lo denomina el RDF, el Factor de Dosis Relativa.

Para el cálculo de la dosis normalizada, se multiplica Dosis de salida de la máquina a 80.5 cm. con todos los factores que influyen sobre la radiación al momento de irradiar al paciente, con el TAR/TPR (Razon tejido-aire/ Razón tejido/Phantom) y también se multiplica por la curva de isodosis escogida. Este producto resulta:

$$D_{norm} = D_{80.5} \times TAR/TPR \times F_{tray} \times RDF \times Isodosis \times F_{otros}$$

La Dosis de salida está ingresada en la máquina con el decaimiento diario normal de la fuente, es decir es un valor fijo cada día, el TAR/TPR también es elaborado por la computadora automáticamente, aunque estos dos valores se lo puede encontrar mediante tablas:

$$D_{norm} = 91.1 \times 1.062 \times 0.975 \times 1.059 \times 0.86 \times 1$$

$$D_{norm} = 85.9096 \text{ cGy/min}$$

Con esto podremos determinar entonces el tiempo de exposición que se lo determina así:

$$\text{tiempo} = D'_{norm} / D_{norm}$$

$$\text{tiempo} = 103.6 \text{ cGy} / (85.9096 \text{ cGy/min})$$

$$\text{tiempo} = 1.20 \text{ min.}$$

Para el siguiente campo, se hace los mismo cálculos, de lo cual resultó también el tiempo de 1.20 minutos.

Todo estos cálculos, el computador Theraplan lo realiza en poco tiempo, y nos facilita a nosotros un cálculo mas rápido y exacto.

Por último se procede a imprimir una tabla completa de todos los parámetros mostrados anteriormente, con el resultado final de tiempo de exposición para campo. Esta hoja entra dentro de la cartilla clínica de Radioterapia para un control del paciente.

#### 4. PROTECCIONES

En la sala de moldes se confeccionan protecciones de CERROBEND (aleación de plomo, estaño, y otros elementos en menor grado) las cuales están encaminados a impedir la acción de los rayos de cobalto sobre los pulmones, traquea piel lateral del cuello, tejido blando junto a las costillas inferiores, laringe y traquea. Para su construcción es necesario tener la radiografía con la remarcación de partes a proteger.



*Fig.11, Construcción de Moldes*

Se coloca la radiografía en la mesa de diseño, para luego con el lápiz de remarcación se siguen los contornos a proteger, estos contornos son entallados en un hilo de sierra caliente, la cual corta una plancha de espuma-flon, quedando el claro de la zona a proteger.

Esta espuma-flon ya cortada es llevada a la mesa de Cerrobend. Aquí se llena el espacio libre de espuma-flon con la mezcla de Cerrobend, colocándose una malla para poder tener maniobrabilidad sobre ella.

El molde es llevado al simulador, en donde se comprueba el correcto funcionamiento de la protección.

Los moldes elaborados son las parrillas 55 y 57 para el campo anterior y posterior respectivamente. Estos pasan al cuarto de cobaltoterapia, donde son almacenados en unos archivadores, cuando el niño llegue al tratamiento se utilizará estas parrillas.



*Fig.12, Moldes terminados para el paciente.*

## 5. COBALTOTERAPIA

Es la ultima parte del proceso para tratar al cáncer de Linfoma que tiene el paciente. Antes de proceder a tratar al niño con radiación, el operador debe observar detenidamente la hoja de Radioterapia.

Los datos mas importante de esta hoja son :

Campo	Anterior	Posterior
Ang. Del Gantry	0°	180°
Protecciones	# 55	# 57
D'ref	91.1 cGy/min	91.1 cGy/min
Tamaño del campo	23x22	23x22
tiempo	1.20min.	1.20min.

Además el operador deberá observar tambien los siguientes datos:

Dosis total es de 2000 cGy.

Dosis fraccion es de 180 cGy.

fracciones son 5 veces por semana

D.H.M. es igual a 11 cm (Distancia Horguilla Mentón).

Paciente en forma de jarra cogiendose la cadera, paciente sobre inmovilizador.

Esto es todo lo que el operador de Cobaltoterapia deberá observar, de ahí empezará a irradiar al niño durante 11 dias para que la suma total de dosis sea de 2000 cGy.

El operador hará los siguientes pasos:

1. Llama al paciente al cuarto de Cobaltoterapia y lo coloca en la mesa,
2. Procede a colocar al niño sobre el inmovilizador, y mide la distancia mentón-horguilla que es de 11cm.
3. Empieza con el campo anterior, y coloca la parrilla 55 en el cabezal de la máquina y observa, mediante un foco interno, las sombras sobre la piel del niño para verificación de las protecciones.
4. Una vez colocado el paciente en la mesa, y comprobado las protecciones, el operador sale del cuarto y cierra la puerta, la puerta es de acero que se cierra mecanicamente teniendo una seguridad completa de que no habrá dosis de fuga; el operador seleccionará el tiempo, que se observara en un display, y la técnica de la máquina, en este caso FIX (fija), y con solo boton (el rojo de la consola de mando) empezará a irradiar al niño, en el cuarto de mando se dispone tambien de un monitor que observa al niño dentro del cuarto.
5. Cuando se apreta el boton de tratameinto, empezará un contador a correr, y al llegar a los 1.20 minutos, automáticamente se cierra la fuente y dejará de irradiar.

6. Para el campo Posterior se sigue los anteriores pasos pero el gantry estará ahora a  $180^\circ$ , y la parrilla protectora será la 57. El tiempo de exposición es el mismo, 1.20 minutos.



*Fig.13, Tratamiento Anterior*

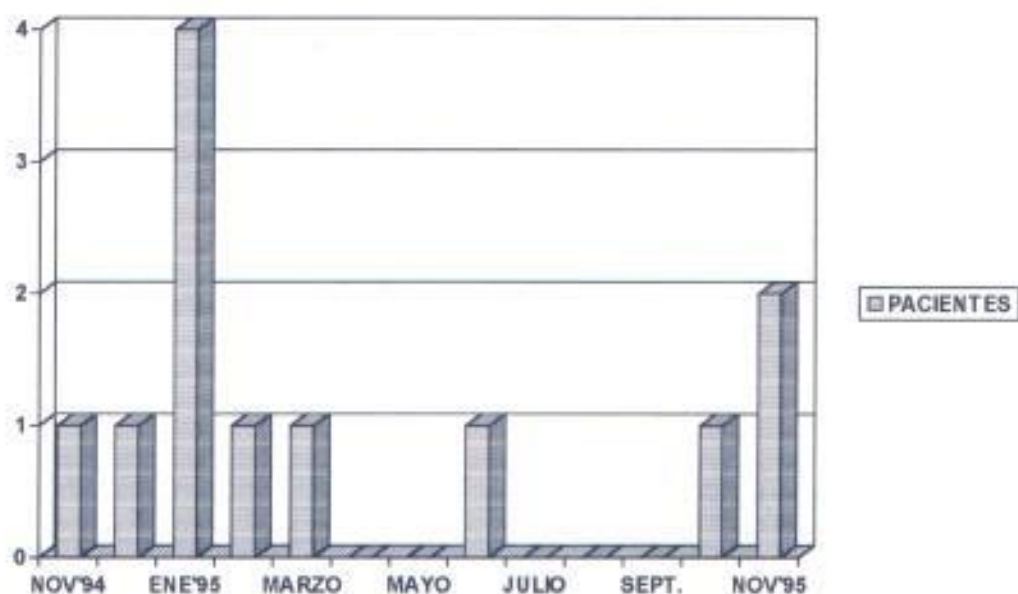


*Fig.14, Tratamiento Posterior.*

## ANALISIS DEL TRATAMIENTO

### 1.- ESTADISTICAS

Tenemos como referencia los siguientes datos del ultimo año, desde Noviembre de 1994 hasta Noviembre de este año, donde los casos de Linfoma son muy pocos. Esto lo podremos observar del siguiente gráfico:

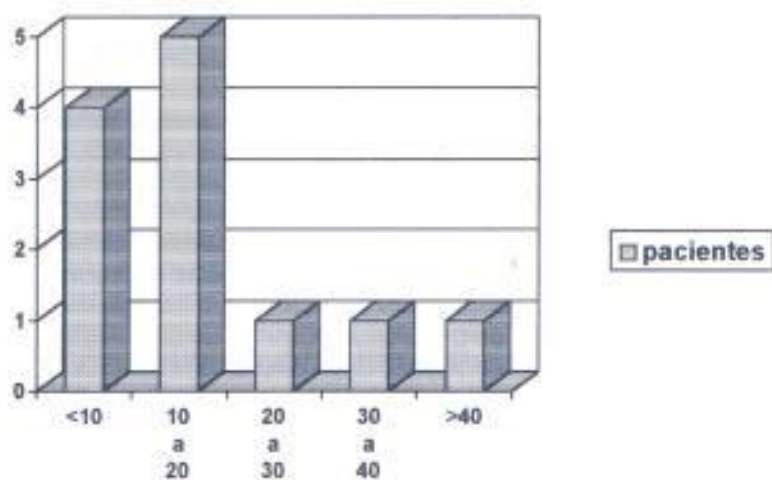


Tenemos también la relación hombre/mujeres para observar la diferencia que existen entre estos dos sexos para contraer dicha enfermedad, esto es una relación de 2 a 1.

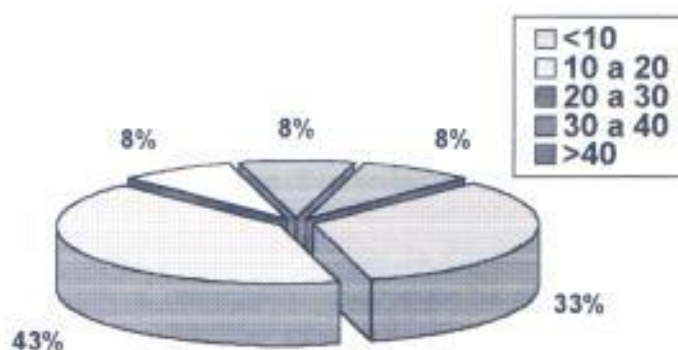
Relación de la enfermedad por sexo en el último año



Por último tenemos un cuadro comparativo por edades:



Ahora veremos la relación por edades en porcentajes:



Como observamos el porcentaje mayor, es el de los adolescente.

Todo estos datos son tomados del cuaderno de estadísticas de Radioterapia, del último año desde Noviembre de 1994 hasta ahora Noviembre de 1995.

## 2. EFECTIVIDAD

Para obtener la efectividad del tratamiento del Linfoma de Hodgkin del niño Danny, tendríamos que esperara unos 5 años para ver si el tratamiento fue un éxito, o fue un mal tratamiento que podría darle mas complicaciones al niño.



Para que podamos confiar en que el tratamiento de Linfoma de Hodgkin fue efectivo, debemos considerar un poco de factores, por ejemplo estadio del paciente, si en Cobaltoterapia fue tratado con precisión, comportamiento de las células tumorales ante la radiación, edad, comportamiento o rechazo del cuerpo del paciente ante la radiación, etc.

En este caso, del niño Danny de 5 años, y según conocimientos y experiencia del Doctor Suarez, con una buena simulación, un correcto planeamiento, y un efectivo tratamiento en Cobaltoterapia, el niño sobrevivirá unos 10 años mas, después podrá aparecer estas células cancerígenas en algún otro lado, ya que generalmente el cáncer no se lo cura, sino que se previene por un buen tiempo.

Si a los 10 años después aparece otros tumores, se le vuelve a tratar, para que pueda sobrevivir un tiempo mas, obviamente dependiendo de la decisión del paciente o de sus padres.

Además el tratamiento no termina cuando sale y termina de la sala de Cobaltoterapia, el Doctor hará algunos exámenes cada 3 meses durante el primer año, si no ha sucedido nada extraño, al año siguiente se hará exámenes cada 6 meses, y si allí el cuerpo no presenta complicaciones, se hará los exámenes cada año.

Esto no es confiable, por que al tercer año podría aparecer de nuevo el cáncer, y no se realiza los exámenes hasta después de un año, y puede aparecer al principio del tercer año y con una rapidez increíble, pero esto es un caso fortuito, ya que cada organismo es diferente.

Por ultimo diríamos que para determinar la efectividad de la radioterapia, se debe hacer un análisis a largo plazo, de 6 a 10 años con un paciente o con algunos pacientes, para así poder determinar se el método de irradiación fue efectiva, sin embargo en la historia mundial, el Linfoma de Hodgkin tratado con radiación se ha reducido en pequeño porcentaje, por lo cual podríamos decir que el método de Radioterapia es muy importante y sobre todo eficaz para combatir el Linfoma de Hodgkin.

## CONCLUSIONES

✦ Observamos la importancia que tiene la Radiación sobre el área médico, y no sólo esto sino de la necesidad de usar la Radiación para poder combatir ésta enfermedad del cáncer que ataca a las personas sin aún poder determinar sus causas.

✦ El tópico que seguimos fue de la Ingeniería en Radiación Médica, es por esto que se hizo la prácticas en SOLCA, para disponer de todos los conocimientos teóricos, y así visualizar mejor la función de la Radiación sobre los tratamientos de cáncer.

✦ En el departamento de Radioterapia si es útil un Ingeniero Electrónico, con conocimientos de Radiación, para poder realizar el Control de Calidad y Mantenimiento de estos equipos. Sin embargo, en SOLCA, tiene Ingenieros que sólo supervisan, y el mantenimiento lo realiza Ingenieros fuera de la Institución, esto debería cambiar, ya que puede suceder casos en que se produzca un falla en pleno tratamiento o la planeación o en la simulación, entonces existe un tiempo de espera para que llegue el Ingeniero para solucionarlo. La mejor Solución sería contar con un Ingeniero con bases de Radiación y conocimientos de los equipos dentro de la institución para una rápida solución. Para los aceleradores lineales y las máquinas para Braquiterapia, se deberá realizar un control mayor de Mantenimiento y de Control de Calidad.

✦ El Linfoma de Hodgkin, es novedoso, ya que no se repite muy seguidamente; y tiene un proceso para el tratamiento muy minucioso, teniendo una precisión en la simulación y en los cálculos. Es decir con este caso hemos utilizados todos los conocimientos adquiridos, y por la cantidad de contorno se aprendió a manejar el Theraplan con facilidad, a observar detenidamente el proceso de simulación y a verificar en el momento del tratamiento.

✦ No podríamos afirmar si el niño se salvó de esta enfermedad por un largo período debido a que estuvimos solo un mes en SOLCA, y además se necesita de por lo menos un año más de análisis del comportamiento del organismo del paciente para evaluar la efectividad del tratamiento.

✦ El Personal de SOLCA nos atendieron muy bien, gracias a ellos, nuestros conocimiento sobre la Radiación se fueron ampliando aún más, y pudimos visualizar mas detalladamente lo que es la importancia de la Ingeniería en la Radiación Médica.

✦ Por último, el Hombre deberá seguir investigado sobre los beneficios de la Radiación sobre el Cáncer, y lograr nuevos métodos para que estos tumores sean eliminado por completo.