



**UNIVERSIDAD NACIONAL
"PEDRO RUIZ GALLO"**



**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE FÍSICA**

**"CARACTERIZACIÓN DE UN FANTOMA SÓLIDO PARA USO DE
DOSIMETRÍA EN TELETERAPIA CON UN ACELERADOR LINEAL
CLINAC 600C/D EN EL CENTRO ONCOLÓGICO ONCORAD S.A.C"**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

LICENCIADO EN FÍSICA

PRESENTADO POR:

Bach. Fís. LLAMO TORRES, Isaul

Lambayeque – PERÚ

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"

Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Escuela Profesional de Física

Tesis

***"Caracterización de un fantoma sólido para uso de dosimetría en
Teleterapia con un acelerador lineal Clinac 600C/D en el Centro
Oncológico ONCORAD S.A.C".***

Para optar el Título Profesional de:

LICENCIADO EN FÍSICA

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:



M.Sc. Augusto Saba Effio.

Presidente



M.Sc. Gustavo Víctor Montalvo Soberón.

Secretario



M.Sc. Luis Alberto Curo Maquén.

Vocal

Fecha de sustentación, 28 de Mayo del 2018.

UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"

Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Escuela Profesional de Física

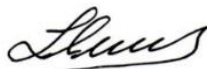
Tesis

***"Caracterización de un fantoma sólido para uso de dosimetría en Teleterapia
con un acelerador lineal Clinac 600C/D en el Centro Oncológico ONCORAD
S.A.C".***

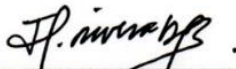
Para optar el Título Profesional de:

LICENCIADO EN FÍSICA

Sustentada por:



Bach. Fis. Isaul Llamo Torres.
Tesista



M.Sc. Juan Pedro Rivera Vásquez.
Asesor

DEDICATORIA

La batalla contra el cáncer me ha vuelto más fuerte. Es como ganar una guerra. Cuando veo un paciente nuevo llegar. Su sonrisa y fortaleza para combatir el día a día por la vida. Cada día es especial al ver el amanecer, doy gracias a DIOS por darme esta gran oportunidad en vida de estar cerca de ellos y aplicar lo aprendido para hacer el bien, compartir con ellos sus historias, hace que todo lo que existe sea algo superficial. Por todos ustedes que hicieron que cambie mi vida de la noche a la mañana un 01 de Junio y recibir un abrazo tan fuerte por agradecimiento o las lágrimas que derramaste en mi hombro por que se sentían solos luchando contra el mundo.

No tienes que tener cáncer para vivir una vida al máximo. ¿Mi filosofía post-cáncer? No hay pérdida de tiempo. No hay ropa fea. No hay películas aburridas.

A la memoria de mi amado padre que me enseñó a valorar a las personas, crecer con humildad, ser leal a una amistad y amar con el corazón a la mujer que se encuentra a lado, tu mi Anibal Llamo Medina.

Isaul, Llamo Torres.

AGRADECIMIENTO

Al finalizar este trabajo de investigación de tesis de pre grado, me ha brindado una gran satisfacción la cual me permite aportar en el campo de las ciencias físicas aplicada a la Física Medica, a la institución que abrió sus puertas para desarrollarme profesionalmente, apoyándome durante todo el desarrollo de mi tesis y a pesar de ello tengo que agradecer a las personas de los cuales mencionare líneas abajo.

A DIOS por darme la vida y las facultades necesarias para estudiar, llevar a cabo este proyecto y seguir cada día adelante a pesar de todas las dificultades.

A mi madre Eusebia Torres Ochoa por su apoyo incondicional durante mi formación profesional en el transcurso de unos largos años llenos de dificultades y lágrimas que día a día supo mantenerse siempre firme ante todo lo que la golpeo en este bendito mundo, tan solo por ver a un hijo salir adelante entre lágrimas y tropiezos en su vida universitaria. A mi hermano Carlos Llamo Torres y sus tres bellas hijas Sofía, Diana, Milena Llamo Paz ya que sin su fortaleza y apoyo no sería la persona que hoy en día soy, a pesar de que la vida nos castigó con altos y bajos fuimos bendecidos por la llegada de estos bellos seres que cambiaron mi vida por completo, lo cual le dieron sentido a mi vida y darme cuenta que estoy acá por un fin, el cual tengo que realizar a través de las ciencias físicas aplicadas a la Física Médica. Mi maestro y amigo Juan Pedro Rivera Vásquez (JP) por el apoyo y asesoramiento durante el desarrollo de mi proyecto de tesis en este transcurso de tiempo, darle las gracias por su paciencia, consejos para formar mi vida profesional y ser un hombre de bien en la vida, los cuales estoy agradecido de corazón, también quiero agradecer de manera muy especial al Centro Oncológico ONCORAD S.A.C por haberme apoyado a

realizar este proyecto dentro sus instalaciones y poder así obtener la toma de datos. A mi amigo Josep Gamarra Llontop por apoyarme cada día que teníamos que realizar la toma de datos, gracias por brindarme tu amistad y apoyo para dar por concluido este proyecto de pre grado.

A mis amigos incondicionales Ángel Cobeñas Sánchez, Cecilia Querebalu García, por sus consejos y apoyo.

A todos docentes de la escuela profesional de Física de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo

Muchas gracias a todos.

RESUMEN

En la radioterapia con aceleradores lineales es importante la distribución de dosis en el volumen blanco y órganos de riesgo. Se usan fantomas de agua o acrílico para verificar la dosis antes de aplicar el tratamiento al paciente. En esta verificación el fantoma de agua o sólido, la cámara de ionización que va dentro del fantoma y todo el arreglo experimental deben estar a la misma temperatura del recinto. En este trabajo se caracteriza un fantoma de acrílico, para evitar el tiempo que se espera llevar un fantoma de agua a la temperatura del recinto. Se utilizó el método ionométrico, con el arreglo experimental de la cámara de ionización dentro del fantoma y conectada a un electrómetro que registra la ionización correspondiente a la irradiación para campos equivalentes de 3cm x 3cm – 40cm x 40cm a diferentes profundidades a lo largo del eje principal del haz de radiación de un acelerador lineal de 6 MV, para un fantoma de agua y luego para un fantoma sólido. Se obtuvo el factor que caracteriza el comportamiento del fantoma de acrílico respecto del fantoma de agua para cada campo y profundidad.

ABSTRACT

In radiotherapy with linear accelerators is important to distribute the dose in the target and the risk organs. To this phantoms are used which allow to verify the dose before applying the treatment to the patient. To this verification the water phantom or solid one, the ionization chamber goes inside the phantom and all the experimental arrangement must be at the same room temperature. In this research we characterize a acrylic phantom for avoiding the delay time to take a water phantom to the room temperature. Using the ionometric method, where the ionization chamber is inside the phantom and connected to a electrometer which register each equivalent field data from 3cm x 3cm to 40cm x 40cm to different depths along the principal beam radiation axis of a 6 MV's lineal accelerator. The obtained outcome is a factor to each field and depth that characterize the acrylic phantom behavior from the water phantom.

INDICE

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
INDICE.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE TABLAS.....	xi
INTRODUCCION.....	1
MARCO TEORICO	3
ANTECEDENTES	3
BASE TEÓRICA	4
Acelerador lineal	4
Cámara de ionización.....	5
Electrómetro	5
Fantoma o maniquí	6
Magnitudes dosimétricas	6
Exposición	6
MATERIALES.	11
Cámara de ionización cilíndrica	11
Electrómetro	12
Acelerador lineal de fotones o LINAC	13
Barómetro digital	14
Termómetro de líquido en vidrio	15
Fantomas	16
METODOLOGÍA	18
RESULTADOS	24
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	30
CONCLUSIONES.....	30

RECOMENDACIONES.....	31
BIBLIOGRAFIA	32
ANEXOS.....	33
ANEXO A: CÁMARA DE IONIZACIÓN CILÍNDRICA.....	33
ANEXO B: ACELERADOR LINEAL DE FOTONES O LINAC	35
ANEXO C: BAROMETRO DIGITAL	41
ANEXO D: TERMÓMETRO DE LÍQUIDO EN VIDRIO	43
ANEXO E: ELECTRÓMETRO.....	44

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Cámara de ionización cilíndrica.....	11
Figura 2: Electrómetro PTW-Freiburg	12
Figura 3: Acelerador lineal de fotones o LINAC VARIAN 600 CD	13
Figura 4: Barómetro digital	14
Figura 5: Termómetro de líquido en vidrio	15
Figura 6: Fantoma de agua, en su interior contiene agua.	17
Figura 7: Fantoma de agua	21
Figura 8: Fantoma Cubico de acrílico	22
Figura 9: Lectura del electrómetro en agua.	26
Figura 10: Lectura del electrómetro en acrílico.....	28

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Especificaciones técnicas de la cámara de ionización.....	11
Tabla 2: Especificaciones técnicas del electrómetro	12
Tabla 3: Especificaciones técnicas del LINAC	13
Tabla 4: Especificaciones técnicas del barómetro digital.....	14
Tabla 5: Especificaciones técnicas del termómetro de líquido en vidrio.	15
Tabla 6: Lectura del electrómetro en profundidad de agua.	25
Tabla 7: Lectura del electrómetro en profundidad de acrílico.....	27
Tabla 8: Factor de cambio de acrílico a agua.	29

INTRODUCCION

En el Centro Oncológico ONCORAD S.A.C. de Chiclayo, para realizar la dosimetría utilizamos un fantoma de agua, la temperatura del agua recomendada es de 18°C a 22°C , temperatura en que se encuentra el recinto que alberga el acelerador lineal. En la ciudad de Chiclayo la temperatura del agua es mayor del rango deseado, por lo que se tiene que esperar un tiempo determinado hasta que la temperatura del agua se establezca con la del recinto, ya que la cámara de ionización debe estar dentro del fantoma de agua (cubo acrílico con agua) y todo el arreglo experimental a la misma temperatura.

Para la obtención de los parámetros dosimétricos de un acelerador lineal de haces de fotones se llena un fantoma de agua, luego ubicamos en él nuestra cámara de ionización a las profundidades y campos diferentes a lo largo del eje central del haz para medir la ionización en el fantoma de agua, este mismo procedimiento es el que vamos a realizar con un fantoma sólido, ya que este fantoma siempre se encontrará dentro del recinto a temperatura ambiente, este procedimiento nos va a ayudar a resolver el tiempo de espera para realizar la dosimetría de haces de fotones del acelerador lineal en el Centro Oncológico ONCORAD S.A.C. Es allí que surge la pregunta ¿es posible la caracterización de un fantoma sólido comparando el comportamiento de las curvas de ionización en profundidad con los resultados que se obtienen en un fantoma de agua? para resolver esta pregunta, en este trabajo se realizó la caracterización de un fantoma sólido para uso en dosimetría de haces de fotones en teleterapia, comparando el comportamiento de las curvas de ionización en profundidad con los resultados que se obtienen en un fantoma de agua. Para ello se construyó un fantoma cúbico de acrílico de acuerdo a las medidas específicas ($40\text{ cm} \times 40\text{ cm} \times 40\text{ cm}$) y se

acondiciono la cámara de ionización de tal forma que se pueda desplazar a profundidad. Se midió la ionización a diferentes profundidades y campos, a lo largo del eje central del haz, tanto en el fantoma sólido como en el fantoma de agua. Además, se comparó los datos obtenidos por ambos fantomas (fantoma sólido y fantoma de agua) para su caracterización.

Si bien es cierto, la mayoría de los protocolos de dosimetría, basados en patrones de kerma en aire y en patrones de dosis absorbida en agua, han recomendado la razón tejido maniquí, $TPR_{20,10}$, como descriptor de la calidad de un haz de fotones de alta energía (OIEA, 2005). La medición de la ionización a profundidades diferentes a lo largo del eje central del haz, tanto en el fantoma sólido como en el fantoma de agua, con las mismas condiciones de presión y temperatura en el recinto, y la comparación del comportamiento de las curvas de ionización en profundidad con los resultados que se obtienen en un fantoma de agua nos permitió la caracterización de un fantoma sólido, lo cual será muy útil para la verificación dosimétrica del acelerador lineal ahorrándonos tiempo.

MARCO TEORICO

ANTECEDENTES

ROBERTO GENIS SÁNCHEZ, CRISTINA GARCÍA C & MARVIN MARTÍNEZ A. (Departamento de Radioterapia, Hospital Médica Sur, Puente de piedra 150, México, D.F. - 1998) COMPARACIÓN DE DOS PROTOCOLOS DOSIMÉTRICOS EN FANTOMAS DE AGUA Y SÓLIDO PARA HACES ELECTRONES EN UN CONO DE EXTENSIÓN.

Los valores de R_p (parámetros de alcance práctico) encontrados en agua y en PMMA diferente en 1.02 %. Sin embargo, el valor del S_w , aire difiere únicamente por un 1.18 % dando una diferencia en la dosis 2.6 %. Los valores de la dosis varían poco en relación con la variación de R_p ; esto es, para una variación de una unidad en R_p la variación en la dosis es del 26 %. La diferencia del valor de la dosis hecha usando el reporte 277 es de 1.8 % con la relación a la calculada con el producto Markus (el cual propone calcular la dosis directamente con PMMA sin transformar a agua todos los parámetros de alcance).

Este trabajo sugiere la posibilidad de construir y calibrar accesorios, a bajos costos, de los cuales no se disponga (Roberto Genis Sánchez, 1998).

WALTER FLORES VEGA (Universidad Nacional del Callao, Perú, Lima - 2011)
DISTRIBUCIÓN DE DOSIS EN APLICACIONES DE YODO (I131)

El resultado arrojado en la simulación nos describe similares curvas de dosis en fantomas de materiales distintos: agua, acrílico y tejido adiposo. Esto nos indica que las curvas de dosis en fantomas de agua, acrílico y tejido adiposo son semejantes, por lo tanto, la simulación en agua y acrílico tienen gran equivalencia con el tejido biológico. Las dosis normalizadas

encontradas mediante simulación dan cuenta que en la región occipital el nivel de dosis disminuye hasta en un 40% respecto a la dosis en la región frontal (Flores, 2011).

BASE TEÓRICA

Acelerador lineal

Durante las últimas décadas, los aceleradores lineales médicos (linacs) se han convertido en la máquina predominante en el tratamiento del cáncer con radiación ionizante. En contraste con linacs utilizados para la investigación de la física de alta energía, los linacs médicos son máquinas compactas montadas isocéntricamente para permitir el tratamiento de radiación práctica que apunta el haz hacia el paciente de diversas direcciones.

Los linacs médicos son aceleradores cíclicos que aceleran los electrones a energías cinéticas de 4 *MeV* a 25 *MeV* usando campos de radiofrecuencia (RF) microondas no conservadores en el rango de frecuencia de 103 *MHz* (banda L) a 104 *MHz* (banda X), con la gran mayoría funcionando a 2856 *MHz* (banda S) (Podgorsak E. B., 2006).

Existen varios tipos de linacs disponibles para uso clínico. Algunos proporcionan rayos X sólo en el rango de bajo megavoltios (4 *MV* o 6 *MV*), otros proporcionan rayos x y electrones a varias energías de megavoltios. Un linac de alta energía moderna típico proporcionará dos energías de fotones (por ejemplo, 6 *MV* y 18 *MV*) y varias energías de electrones (por ejemplo, 6, 9, 12, 16, 22 *MeV*) (Podgorsak E. B., 2006).

Para programar la dosis que debe irradiarse al paciente con estos equipos no se usa el tiempo de irradiación, en su lugar se utiliza unidades de monitor (UM) que es una dosis integrada (integral de la tasa de dosis y el tiempo); que es la unidad mínima de funcionamiento de un acelerador lineal.

Cámara de ionización

Es un dispositivo que tiene un volumen sensible donde se produce la ionización cuando se le expone a la radiación ionizante.

Las cámaras de ionización incorporan tres electrodos, que definen el volumen de aire sensible a la cámara. El volumen de aire sensible es típicamente del orden de $0,1 \text{ cm}^3$ a 1 cm^3 en cámaras de ionización usadas para la calibración de fotones clínicos y haces de electrones.

En la región de ionización, el número de iones primarios de cualquiera de los signos recogidos es proporcional a la energía depositada por las pistas de partículas cargadas en el volumen del detector (Podgorsak E., 2005).

Las cámaras de ionización se utilizan en radioterapia y en radiología diagnóstica para la determinación de la dosis de radiación. La determinación de dosis en condiciones de irradiación de referencia también se denomina calibración de haz. Las cámaras de ionización vienen en diversas formas y tamaños, dependiendo de los requisitos específicos (Podgorsak E., 2005).

Electrómetro

Dispositivo electrónico digital donde se registra la ionización causada por la radiación en la cámara de ionización, puede ser en unidades de carga eléctrica o corriente eléctrica.

Como está controlado por microprocesadores se puede configurar para que registre magnitudes dosimétricas (por ejemplo, dosis absorbida) utilizadas en radioterapia y diagnóstico radiológico. (PTW FREIBURG, 2006).

Fantoma o maniquí

El término “fantoma” se utiliza para describir un material cuya estructura modela las propiedades de absorción y dispersión de la radiación en el tejido humano de interés. En la práctica médica se utilizan dos tipos de fantomas: los geométricos los cuales simulan las propiedades dosimétricas del tejido humano, pero reducen la complejidad de la anatomía humana para simplificarlas en geometrías cuadradas o circulares, y antropomórficos los cuales además de tener similitud en propiedades de atenuación y dispersión del tejido humano, también imitan el contorno externo e interno del paciente.

Unos de los materiales más usados recomendados por la OIEA en el TRS 398 es el Poly Metil Metacrilato PMMA más conocido como acrílico con una densidad de $1.190 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ como sustituto del agua (OIEA, 2005).

Magnitudes dosimétricas

La radiación interacciona con la materia en una serie de pasos en los que la energía se depositando en el material, para caracterizar de forma cualitativa y cuantitativa la radiación y sus efectos es necesario definir un conjunto de magnitudes y sus unidades.

Exposición

Caracteriza el poder ionizante en aire de fotones X o gamma.

Definición:

$$X = \frac{dQ}{dm} \quad (1)$$

Carga total o suma de todas las cargas eléctricas, dQ , de los iones de un solo signo producidos en aire, cuando todos los electrones liberados por los fotones en un elemento de volumen, de masa dm , sean detenidos por completo en el seno del aire.

Unidad:

$$\frac{\text{Culombio}}{\text{Kilogramo}} = \frac{C}{Kg} \quad (2)$$

La unidad de exposición en el SI es el culombio por kilogramo (C/Kg), que no ha recibido ningún nombre especial.

La unidad antigua en el sistema CGS (Sistema Cegesimal de unidades) es el *Roentgen* (R) originalmente fue definido como “la cantidad de radiación que produce la 1 *ue* (unidad electrostática) de carga en un $1cm^3$ de aire seco en condiciones normales de presión y temperatura (*PTN*)”.

$$\frac{1C}{Kg} = 3876 R \quad (3)$$

$$1R = \frac{1 \text{ u. e. s}}{0.00129 \text{ gr aire}} \times \frac{1 \text{ coulomb}}{2.996 \times 10^9 \text{ u. e. s}} \times \frac{1 \text{ gr aire}}{10^{-3} Kg} \quad (4)$$

$$R = 2.58 \times 10^{-4} \frac{C}{Kg} \quad (5)$$

La exposición cumple la ley del inverso del cuadrado de la distancia (Brosed, 2004).

La variación temporal de la exposición en un punto se denomina tasa de exposición.

Definición:

$$\dot{X} = \frac{dX}{dt} \quad (6)$$

Unidad:

$$\frac{\text{Culombio}}{\text{Kilogramo} \cdot \text{segundo}} = \frac{C}{Kg \cdot seg} \quad (7)$$

La unidad antigua:

$$\frac{\text{Roentgen}}{\text{Segundo}} = \frac{R}{s} \quad (8)$$

En Radioterapia, a la variación temporal de cualquier magnitud se llama tasa de dicha magnitud. La medida de la exposición se realiza con las cámaras de ionización, donde se mide la carga generada en un volumen de gas (p.e. aire) a la ionización generada por la radiación (Brosed, 2004).

Dosis absorbida

La dosis absorbida, D , es el cociente de $d\varepsilon$ por dm , donde $d\varepsilon$ es la energía media impartida o depositada por la radiación ionizante en una porción de material de masa dm . (Duxbury, 2009)

Definición:

$$D = \frac{\text{Energía depositada}}{\text{Unidad de masa}} = \frac{d\varepsilon}{dm} \quad (9)$$

Unidad:

$$Gray = \frac{Julio}{Kilogramo} ; 1Gy = \frac{1J}{1Kg} \quad (10)$$

La unidad de dosis absorbida en el SI es *Gray* (Gy).

La unidad antigua en el sistema CGS es el *rad* (Radiation Absorbed Dose).

$$1 Gy = 100 rad \quad (11)$$

$$1 rad = 1 cGy \quad (12)$$

$$1 rad = 10^{-2} Gy \quad (13)$$

$$rad = \text{dosis absorbida por radiación}$$

Ambas unidades, *Gray* y *rad* corresponden a dosis muy elevadas, por lo que en la práctica se usan frecuentemente dosis fraccionales como *milirad* (mrad), *miligray* (mGy) o *centigray* (cGy).

La dosis absorbida es una magnitud puntual. Cuando se habla de dosis absorbida en un órgano o tumor nos referimos al valor promedio.

La variación temporal de la tasa dosis absorbida en un punto se denomina tasa de dosis absorbida

Definición:

$$\dot{D} = \frac{dD}{dt} \quad (14)$$

Unidad:

$$\frac{\text{Gray}}{\text{Segundo}} = \frac{\text{Gy}}{\text{seg}} \quad (15)$$

La unidad antigua es:

$$\frac{\text{rad}}{\text{seg}} \quad (16)$$

También se usan:

$$\frac{\text{cGy}}{\text{min}} \text{ ó } \frac{\text{cGy}}{\text{hora}} \quad (17)$$

En Radioterapia, la tasa de dosis absorbida suele llamarse rendimiento.

Porcentaje de dosis en profundidad (PDD)

El PDD se calcula a lo largo del eje central del haz de radiación, depende de la energía del haz, profundidad, tamaño de campo, distancia desde la fuente a la superficie (SSD = 100 cm) y del sistema de colimación del haz.

Para una misma energía, tamaño de campo, SSD y sistema de colimación del haz se tiene:

$$PPD = \frac{D_d}{D_{d_0}} \quad (18)$$

Donde D_d es la dosis a una profundidad de D y D_{d_0} es la dosis máxima obtenida a una profundidad de 1.5 cm para un acelerador lineal de 6 MV.

También se le conoce como rendimiento de dosis en profundidad.

MATERIALES Y METODOLOGÍA

MATERIALES.

Cámara de ionización cilíndrica

Tabla 1: Especificaciones técnicas de la cámara de ionización

Especificación / Parámetros	Características / Valor
Fabricante	PTW - Freiburg
Modelo	Farmer TN30006
Serie	0506
Volumen efectivo (cm^3)	0.6
Tamaño de campo (cm^2)	3 x 3 – 40 x 40
Fecha de calibración	12 de Julio de 2017
Electrómetro utilizado	PTW - Freiburg
Ubicación	ONCORAD



Figura 1: Cámara de ionización cilíndrica

Electrómetro

Tabla 2: Especificaciones técnicas del electrómetro

Especificación / Parámetros	Características / Valor
Fabricante	PTW-Freiburg
Modelo	T10010
Serie	002015
Voltaje de trabajo (V)	100 - 240
Fuente de alimentación (V)	0.05 A
Frecuencia de alimentación (Hz)	50/60
Fecha de calibración	12 de Julio de 2017
Ubicación	ONCORAD



Figura 2: Electrómetro PTW-Freiburg

Acelerador lineal de fotones o LINAC

Tabla 3: Especificaciones técnicas del LINAC

Especificación / Parámetros	Características / Valor
Tipo	LINAC
Fabricante	VARIAN
Modelo	600 CD
Serie	873
Calidad del haz: Fotones (<i>MV</i>)	6
Tasa de dosis (<i>cGy/UM</i>)	100 - 600
Tamaño de campo (<i>cm</i> ²)	0 x 0 – 40 x 40
DFS mínima (<i>cm</i>)	100
Año de instalación	2015
Ubicación	ONCORAD



Figura 3: Acelerador lineal de fotones o LINAC VARIAN 600 CD

Barómetro digital

Tabla 4: Especificaciones técnicas del barómetro digital

Especificación / Parámetros	Características / Valor
Tipo	Barómetro digital
Fabricante	BRUNTON
Modelo	ADC SUMMT
Serie	---
Alcance (<i>mbar</i>)	700 a 1000
Resolución (<i>hPa</i>)	0.1
Clase (<i>mbar</i>)	± 1.5
Ubicación	ONCORAD

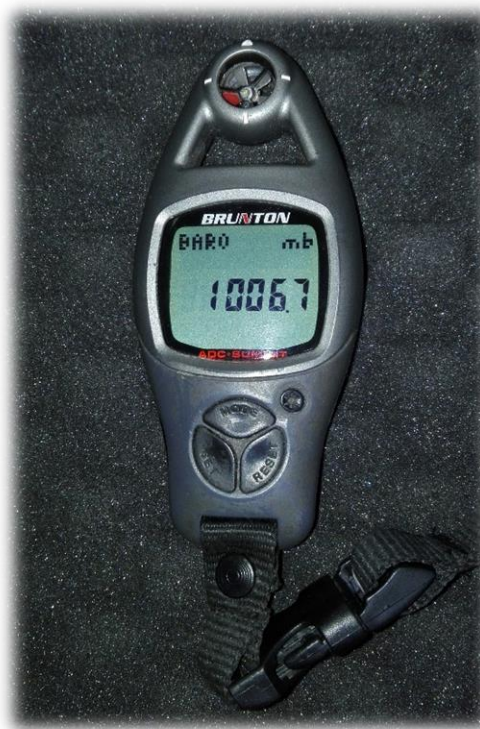


Figura 4: Barómetro digital

Termómetro de líquido en vidrio

Tabla 5: Especificaciones técnicas del termómetro de líquido en vidrio.

Especificación / Parámetros	Características / Valor
Tipo	Termómetro de líquido en vidrio
Fabricante	GIARDINO
Modelo	---
Serie	---
Alcance ($^{\circ}\text{C}$)	-10 a 110
División escala ($^{\circ}\text{C}$)	1
Líquido termométrico	Alcohol
Tipo de sensor	Dilatación térmica
Ubicación	ONCORAD

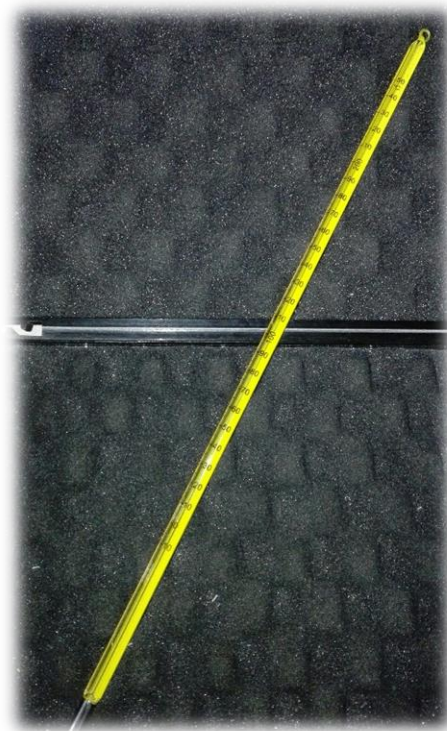


Figura 5: Termómetro de líquido en vidrio

Fantomas

Para construir un fantoma solido homogéneo, se utilizó láminas de acrílico de dimensiones de $40 \times 40 \times 40 \text{ cm}^3$ y diferentes espesores (Figura 5). La densidad de estas laminas es aproximadamente $\rho = 1.19 \text{ g/cm}^3$. Junto a este también se utilizó un fantoma de agua con dimensiones de $32.5 \times 39 \times 40 \text{ cm}^3$ que en su interior contiene agua (Figura 6), con una densidad de $\rho = 1 \text{ g/cm}^3$. El diseño permite obtener la ionización a diferentes profundidades.



Figura 5: Fantoma solido cubico, láminas de diferentes espesores.

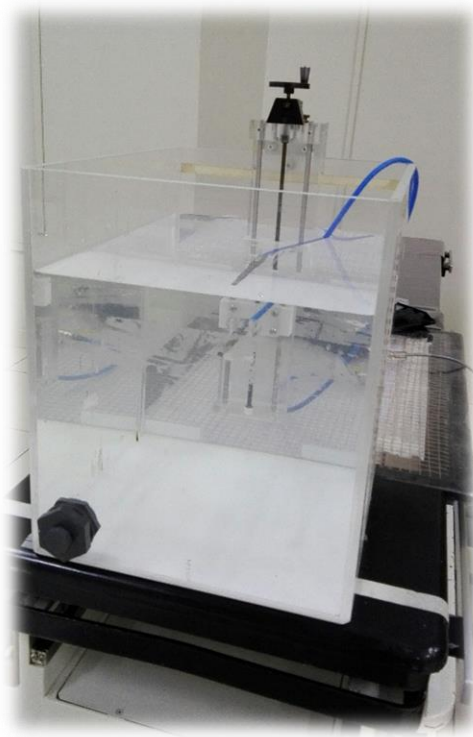


Figura 6: Fantoma de agua, en su interior contiene agua.

METODOLOGÍA

Se explicarán de manera detallada el instrumental que se utilizó para llevar a cabo la toma de datos, el método de cálculo y las mediciones que se usaron como control de los resultados obtenidos para la caracterización de un fantoma sólido; además también las características técnicas de cada equipo con el cual se trabajó y el criterio utilizado para cada uno de ellos.

Se explica de una manera detalla cómo fue la ubicación de cada equipo, este proceso es realizado para ambos fantomas de manera individual.

A. Como fuente de haz de fotones se utilizó un acelerador lineal (Linac) de VARIAN 600 CD que posee un máximo potencial de energía 6 MV. Los colimadores secundarios del linac reprodujeron campos de tamaños de $3 \times 3 \text{ cm}^2$ hasta llegar a $40 \times 40 \text{ cm}^2$, todos definidos en isocentro o DFS (Distancia Fuente Superficie, a 100 cm de la fuente). La energía nominal del haz de fotones usado fue de 6 MV con una tasa de dosis de 400 cGy/UM y disparos de 50 UM

- La superficie del fantoma se dispuso a una distancia fija de 100 cm de la fuente para todas las mediciones debido a que con este formalismo los datos son obtenidos de una forma más directa. Como se muestra en el arreglo experimental de la figura 7 y 8. Partiendo de allí para tener una profundidad de referencia de 1.5 cm de profundidad a dosis máxima o D_{max} hasta llegar a 20.84 cm (para el fantoma cubico de acrílico sólido, los cambios de profundidades fueron realizadas por combinaciones con cada lamina de acrílico que se necesitó trabajar), abriendo así los colimadores un campo de $3 \times 3 \text{ cm}^2$ hasta llegar a su máximo de $40 \times 40 \text{ cm}^2$.

B. El método elegido más usado y preciso en dosimetría clínica para llevar a cabo la medición de los datos fue el ionométrico que consiste esencialmente en determinar la ionización producida por la radiación ionizante en el volumen sensible de la cámara de ionización de tipo PTW – Farmer, de volumen efectivo 0.6 cm^3 para obtener los valores de las cargas que son detectadas por la cámara ionización cilíndrica se utilizó un electrómetro PTW - T10010 conectado a dicha cámara, quien a su vez proporciona la tensión de polarización a la cámara de ionización de -300 V obteniendo las lecturas observados en su pantalla en *nanocoulomb* (nC), en estos procesos tendremos en cuenta la presión y temperatura del ambiente al cual se encuentra el recinto (bunker), (Ferrero, 1977).

- Se colocó una cámara de ionización cilíndrica en el interior del fantoma a dichas profundidades que van variando desde $1.5\text{ cm} - 20.84\text{ cm}$ y con el intercambio de campos desde $3 \times 3\text{ cm}^2 - 40 \times 40\text{ cm}^2$ con dirección respecto al haz de radiación. El fantoma se encuentra a temperatura y presión de ambiente para asegurar que el barrido vertical de la cámara no tenga variaciones ni corrimientos respecto al eje del haz.

Para la medición se posicionó la cámara a diferentes profundidades y se fue variando la apertura de los colimadores del acelerador lineal desde el área de control, cada disparo fue de 50 UM , y las lecturas recibidas en un electrómetro conectada a una cámara de ionización lo largo mediante un cable de transferencia de datos.

C. Para obtener el valor del PDD (Porcentaje de Dosis en Profundidad) se realiza la medición de los datos de entrada del haz de radiación, dentro de los dos fantomas

(agua y acrílico), cada proceso fue independiente uno de otro. Los fantomas utilizados fueron, un recipiente de acrílico lleno de agua con densidad de $\rho = 1 \text{ g/cm}^3$, con dimensiones de $32.5 \times 39 \times 40 \text{ cm}^3$ y otro de acrílico sólido con dimensiones de $40 \times 40 \times 40 \text{ cm}^3$ con una densidad aproximada de $\rho = 1.19 \text{ g/cm}^3$.

- Las lecturas son anotadas en tablas de Excel que nos permitirán observar las gráficas para cada fantoma y analizar el PDD y calcular sus respectivos factores de caracterización, en función de la profundidad y el campo.

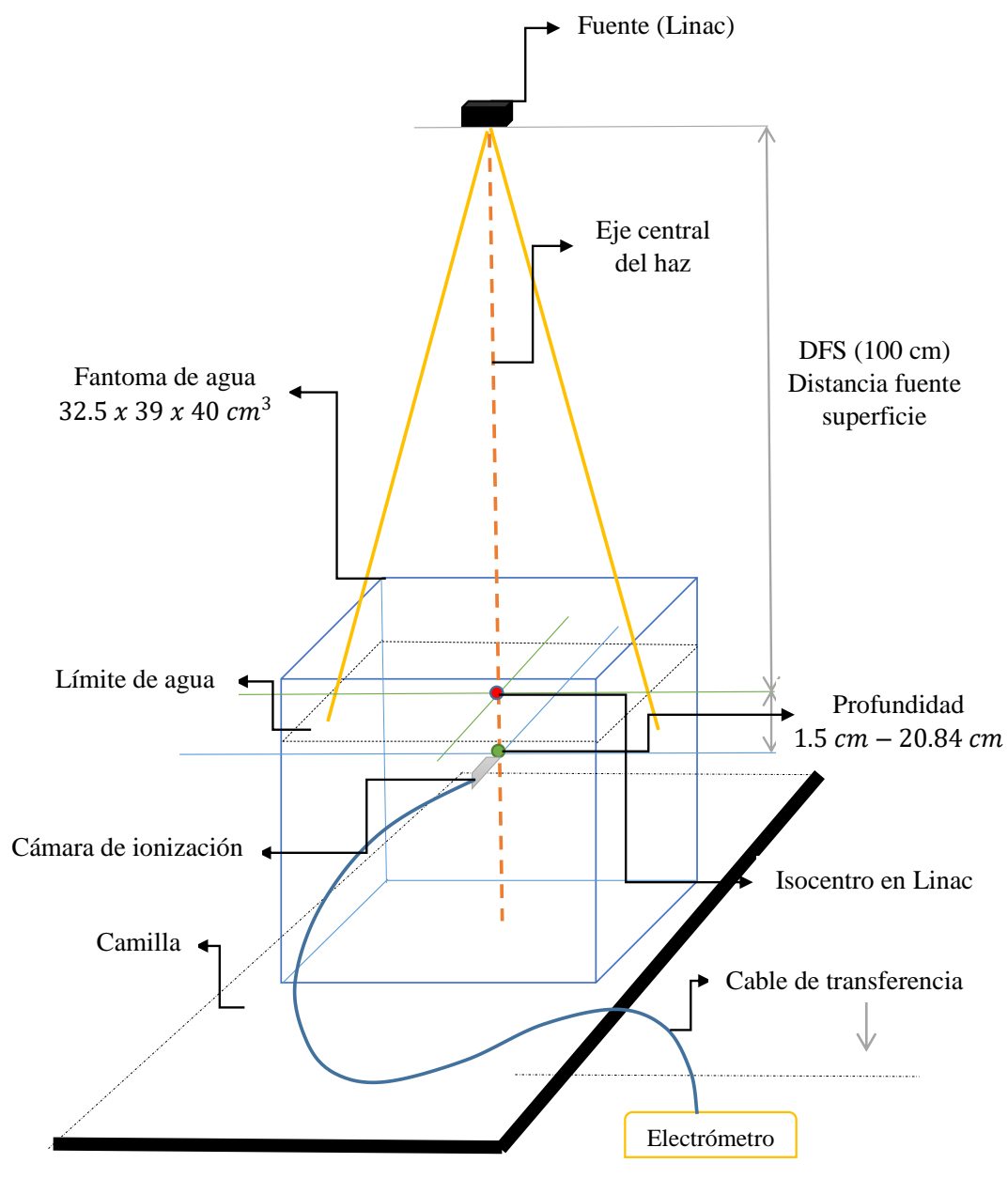


Figura 7 Fantoma de agua

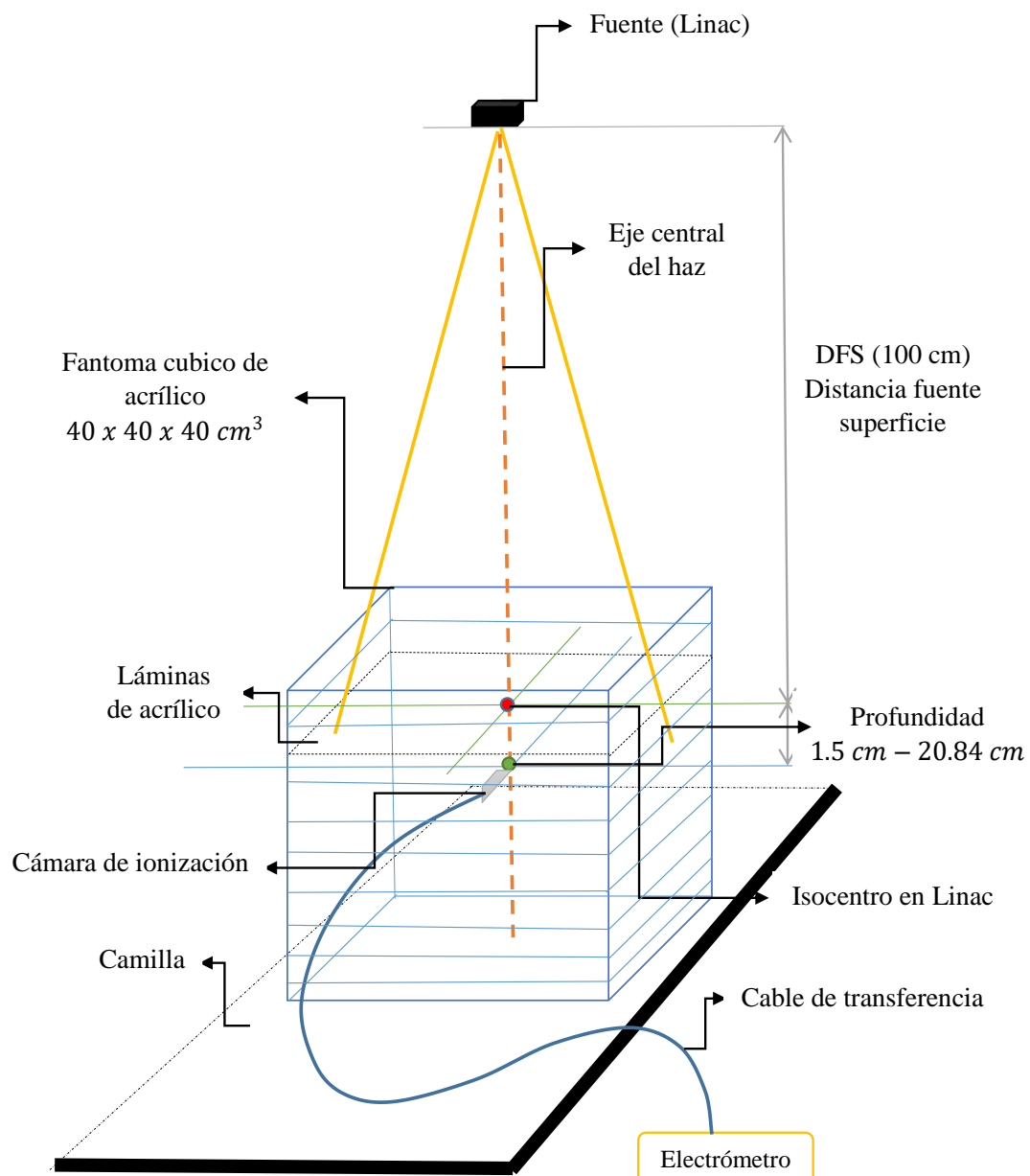


Figura 8 Fantoma Cubico de acrílico

RESULTADOS

En este capítulo se muestran los resultados obtenidos del análisis de comparación de las curvas generadas por los datos tomados en ambos fantomas para la respectiva caracterización. Para ver todos los datos obtenidos ver tablas 6, 7 y 8.

La tabla 6 muestra la lectura de carga versus profundidad desde 1.5 cm – 20.84 cm, para tamaños de campo desde 3 cm x 3 cm hasta 40 cm x 40 cm obtenidas por el conjunto dosimétrico (cámara de ionización y electrómetro) en el fantoma de agua. Del mismo modo la tabla 7 muestra la lectura de carga versus profundidad desde 1.5 cm – 20.84 cm, para tamaños de campo desde 3 cm x 3 cm hasta 40 cm x 40 cm en láminas de acrílico.

La tabla 8, muestra los factores de cambio de acrílico a agua, obtenidos de las tablas 6 y 7.

Tabla 6: Lectura del electrómetro en profundidad de agua.

		LECTURA DEL ELECTROMETRO EN PROFUNDIDAD DE AGUA												
		CAMPOS (cm x cm)												
		3x3	4x4	5x5	8x8	10x10	12x12	15x15	18x18	20x20	25x25	30x30	35x35	40x40
PROFUNDIDAD (cm)	1.5	8.748	9.044	9.191	9.496	9.628	9.747	9.887	9.990	10.050	10.170	10.260	10.320	10.310
	2.47	8.483	8.791	8.934	9.238	9.388	9.460	9.589	9.656	9.728	9.895	9.985	10.038	10.002
	3.22	8.133	8.460	8.572	8.923	9.071	9.186	9.322	9.347	9.407	9.638	9.725	9.759	9.749
	4.2	7.676	8.000	8.140	8.507	8.702	8.768	8.947	9.003	9.050	9.252	9.353	9.406	9.356
	7.54	6.241	6.556	6.725	7.141	7.355	7.504	7.647	7.737	7.797	7.993	8.121	8.223	8.208
	9.4	5.568	5.868	6.020	6.426	6.656	6.824	7.010	7.104	7.163	7.375	7.510	7.541	7.591
	10	5.355	5.644	5.806	6.212	6.437	6.622	6.801	6.896	6.954	7.152	7.295	7.348	7.399
	11.4	4.880	5.162	5.331	5.757	5.970	6.149	6.298	6.418	6.499	6.731	6.809	6.916	6.960
	13.33	4.333	4.581	4.743	5.149	5.380	5.555	5.697	5.824	5.910	6.148	6.263	6.353	6.367
	15.17	3.865	4.099	4.233	4.639	4.837	4.977	5.194	5.306	5.389	5.665	5.770	5.849	5.843
	17.1	3.443	3.653	3.780	4.144	4.331	4.498	4.694	4.811	4.888	5.157	5.238	5.310	5.400
	19.06	2.948	3.241	3.365	3.706	3.898	4.033	4.232	4.363	4.450	4.673	4.771	4.855	4.885
	20.84	2.736	2.916	3.015	3.347	3.516	3.668	3.843	3.971	4.053	4.278	4.376	4.458	4.480

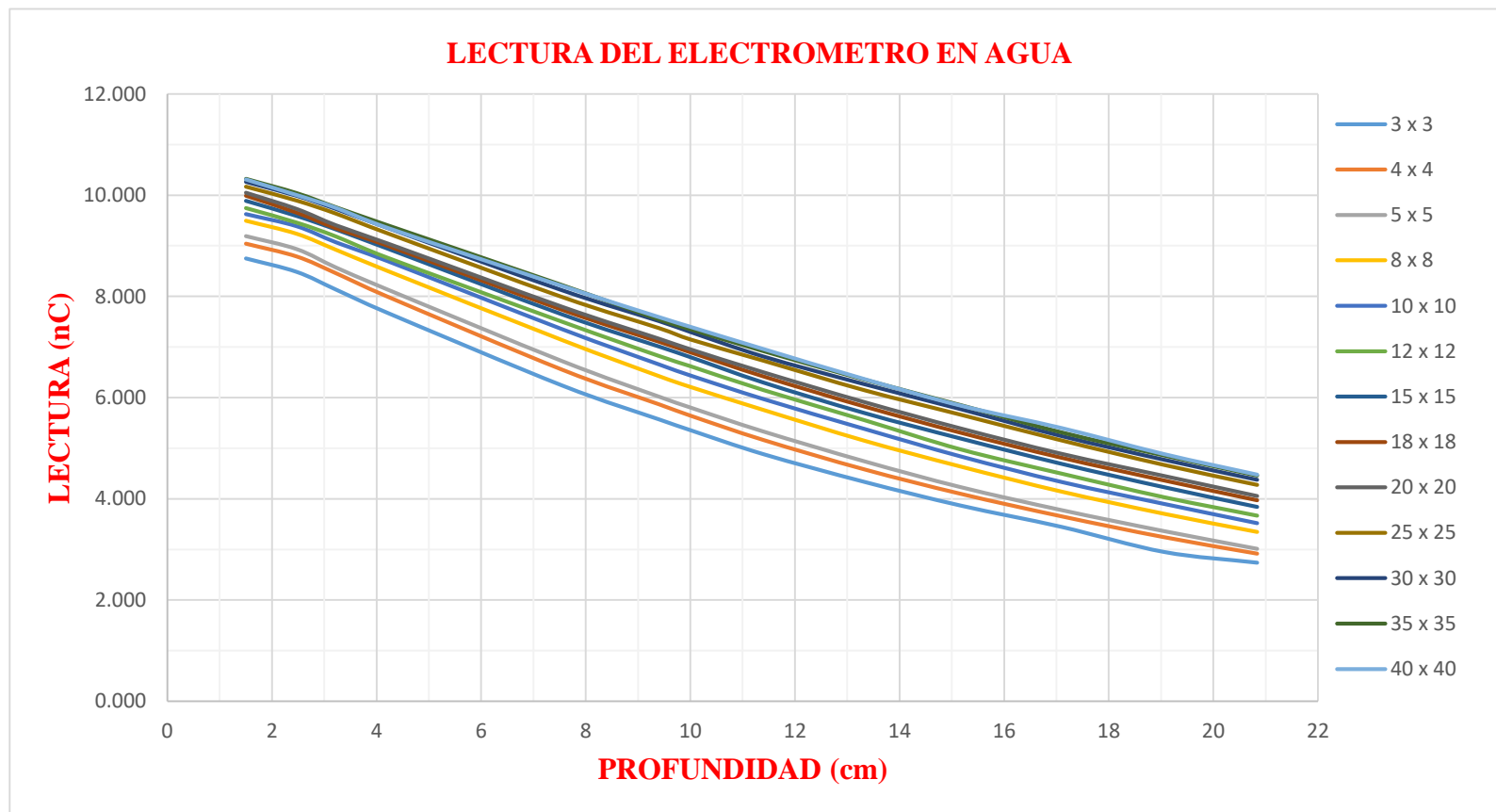


Figura 9: Lectura del electrómetro en agua.

Tabla 7: Lectura del electrómetro en profundidad de acrílico.

		LECTURA DEL ELECTROMETRO EN PROFUNDIDAD DE ACRÍLICO												
		CAMPOS (cm x cm)												
		3x3	4x4	5x5	8x8	10x10	12x12	15x15	18x18	20x20	25x25	30x30	35x35	40x40
PROFUNDIDAD (cm)	1.5	8.689	9.035	9.189	9.491	9.642	9.744	9.882	9.979	10.030	10.150	10.230	10.280	10.280
	2.47	8.184	8.576	8.738	9.057	9.181	9.292	9.421	9.522	9.581	9.685	9.765	9.817	9.816
	3.22	7.796	8.195	8.370	8.713	8.850	8.966	9.107	9.214	9.280	9.390	9.468	9.527	9.533
	4.2	7.332	7.714	7.901	8.268	8.421	8.550	8.701	8.813	8.876	8.992	9.081	9.140	9.151
	7.54	5.898	6.251	6.453	6.888	7.077	7.230	7.414	7.546	7.626	7.763	7.870	7.944	7.963
	9.4	5.227	5.540	5.746	6.191	6.389	6.550	6.750	6.890	6.974	7.126	7.235	7.315	7.318
	10	5.037	5.340	5.541	5.988	6.202	6.366	6.563	6.711	6.789	6.953	7.067	7.149	7.167
	11.4	4.569	4.864	5.055	5.499	5.708	5.870	6.078	6.234	6.316	6.479	6.598	6.679	6.705
	13.33	4.002	4.262	4.440	4.865	5.073	5.246	5.453	5.607	5.697	5.861	5.982	6.067	6.087
	15.17	3.521	3.758	3.925	4.330	4.533	4.697	4.906	5.060	5.148	5.321	5.445	5.527	5.550
	17.1	3.109	3.320	3.471	3.851	4.042	4.209	4.407	4.568	4.656	4.826	4.951	5.033	5.055
	19.06	2.725	2.911	3.050	3.406	3.590	3.747	3.944	4.097	4.185	4.349	4.470	4.551	4.572
	20.84	2.425	2.591	2.719	3.046	3.218	3.370	3.560	3.709	3.794	3.956	4.075	4.155	4.174

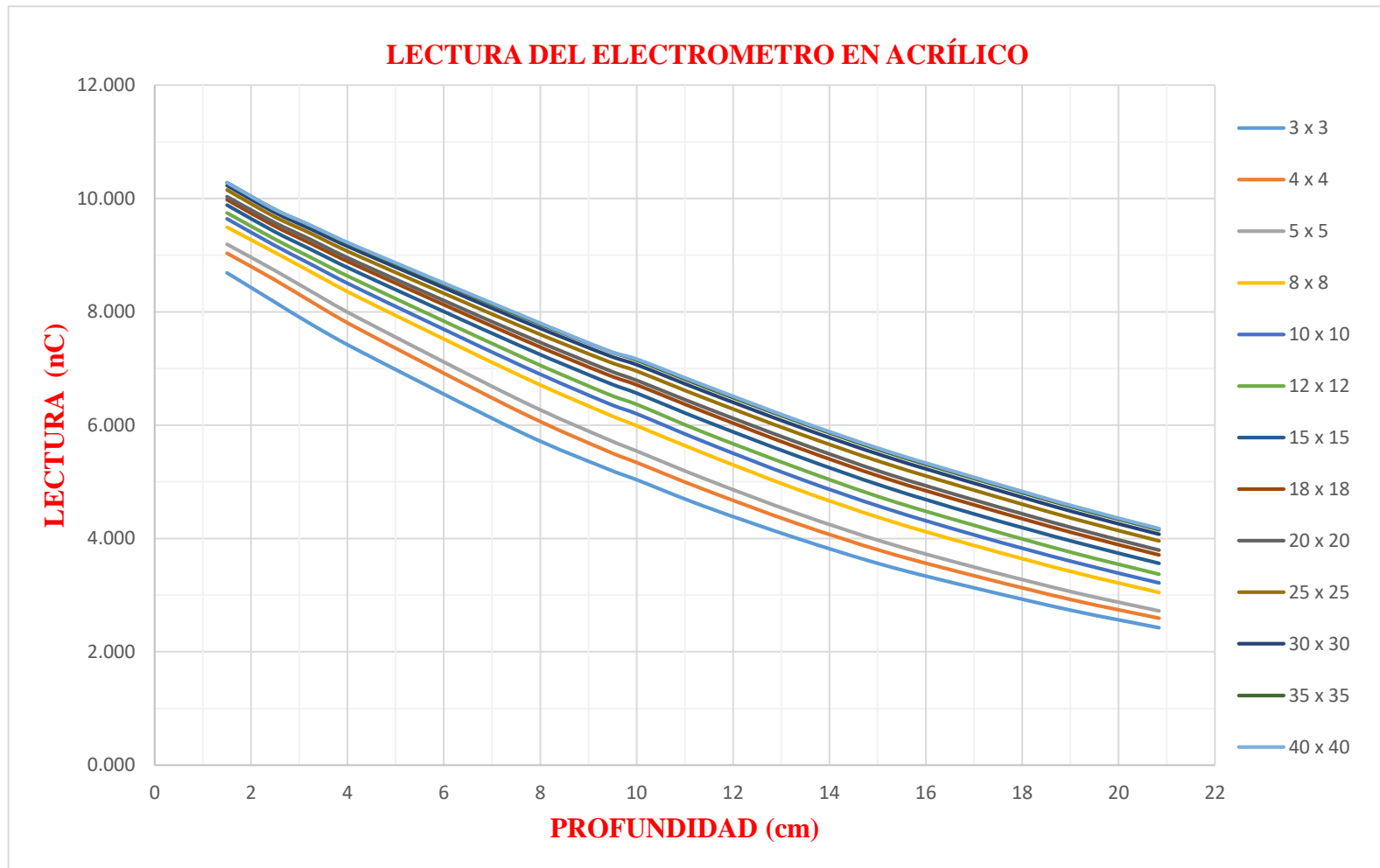


Figura 10: Lectura del electrómetro en acrílico

Tabla 8: Factor de cambio de acrílico a agua.

		FACTOR DE CAMBIO DE ACRÍLICO A AGUA												
		CAMPOS (cm x cm)												
		3x3	4x4	5x5	8x8	10x10	12x12	15x15	18x18	20x20	25x25	30x30	35x35	40x40
PROFUNDIDAD (cm)	1.5	1.007	1.001	1.000	1.001	0.999	1.000	1.001	1.001	1.002	1.002	1.003	1.004	1.003
	2.47	1.036	1.025	1.023	1.020	1.023	1.018	1.018	1.014	1.015	1.022	1.023	1.022	1.019
	3.22	1.043	1.032	1.024	1.024	1.025	1.025	1.024	1.014	1.014	1.026	1.027	1.024	1.023
	4.2	1.047	1.037	1.030	1.029	1.033	1.025	1.028	1.022	1.020	1.029	1.030	1.029	1.022
	7.54	1.058	1.049	1.042	1.037	1.039	1.038	1.031	1.025	1.022	1.030	1.032	1.035	1.031
	9.4	1.065	1.059	1.048	1.038	1.042	1.042	1.039	1.031	1.027	1.035	1.038	1.031	1.037
	10	1.063	1.057	1.048	1.037	1.038	1.040	1.036	1.028	1.024	1.029	1.032	1.028	1.032
	11.4	1.068	1.061	1.055	1.047	1.046	1.048	1.036	1.029	1.029	1.039	1.032	1.035	1.038
	13.33	1.082	1.075	1.068	1.058	1.061	1.059	1.045	1.039	1.037	1.049	1.047	1.047	1.046
	15.17	1.098	1.091	1.079	1.071	1.067	1.060	1.059	1.049	1.047	1.065	1.060	1.058	1.053
	17.1	1.107	1.100	1.089	1.076	1.071	1.069	1.065	1.053	1.050	1.068	1.058	1.055	1.068
	19.06	1.082	1.113	1.103	1.088	1.086	1.076	1.073	1.065	1.063	1.075	1.067	1.067	1.069
	20.84	1.128	1.125	1.109	1.099	1.093	1.089	1.080	1.071	1.068	1.082	1.074	1.073	1.073

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES.

Del trabajo se puede concluir que el menor factor de cambio se encuentra a una profundidad de 1.5 *cm* o *Dmax*, para un campo equivalente de 10 *cm* x 10 *cm*, siendo este 0.999. Así mismo, el mayor factor de cambio lo podemos observar a una profundidad de 20.84 *cm*, con un campo equivalente de 3 *cm* x 3 *cm*, siendo 1.128.

Por otro lado el factor de cambio es 1.00 para un campo equivalente de 5 *cm* x 5 *cm* y 12 *cm* x 12 *cm*, a una profundidad de 1.5 *cm* o *Dmax*. Por lo cual no hay diferencia o necesidad de recurrir a un factor de corrección cuando se trabaje a estos campos y profundidad.

Adicionalmente, se concluye que cuando se trabaje en láminas de acrílico para hacer mediciones o verificaciones, se debe aplicar el factor de cambio de 1.038 para un campo equivalente de 10 *cm* x 10 *cm*, a una profundidad de 10 *cm*, y de 0.999 a una profundidad de 1.5 *cm*.

Observamos que por cada campo equivalente que va de 3 *cm* x 3 *cm* hasta 40 *cm* x 40 *cm* conforme va aumentando la profundidad de manera vertical los factores de cambio aumentan.

Para cada trabajo de dosimetría que se realice con este fantoma de acrílico solido se debe tomar en cuenta estos factores de cambio a agua, correspondientes para cada campo equivalente con sus respectivas profundidades.

RECOMENDACIONES.

Tener en cuenta la ubicación de cada acrílico para diferentes profundidades y poder realizar las combinaciones correspondientes con cada lámina.

Utilizar el fantoma sólido para realizar la verificación diaria dentro del recinto.

Podemos utilizar el fantoma solido de acrílico en el cálculo de dosis absorbida en plano medio aplicando el método de dosimetría in vivo, durante irradiación de cuerpo entero.

BIBLIOGRAFIA

- Brosed, A. (2004). *Medida de la Radiación - FUNDAMENTOS DE FISICA MEDICA* (Vol. 1). (A. Brosed, Ed.) Madrid, España: Sociedad Española de Física Médica. Obtenido de www.sefm.es
- Duxbury, P. C. (2009). *PRACTICAL RADIOTHERAPY : PHYSICS AND EQUIPMENT* (Segunda ed.). USA: Blackwell Publishing Ltd.
- Ferrero, M. J. (1977). *Dosimetria Química de la Radiación*. (J. d. Nuclear, Ed.) Madrid, España: Servicio de Documentación Biblioteca .
- Flores, V. W. (2011). *DISTRIBUCIÓN DE DOSIS EN APLICACIONES DE YODO 131*. Callao, Peru.
- MEASUREMENTS, I. C. (1998). *Fundamental Quantities and Units for Ionizing Radiation*. Maryland, USA.
- OIEA. (2005). *Determinación de la dosis absorbida en radioterapia con haces externos*. Viena, Austria: OIEA.
- Podgorsak, E. (2005). *Radiation Oncology Physics: A Handbook for Teachers and Students*. Vienna, Austria: IAEA Library Cataloguing in Publication Data.
- Podgorsak, E. B. (2006). *Radiation Physics for Medical Physicists*. Berlin, Germany: Springer.
- PTW FREIBURG. (2006). *Manual de usuario UNIDOS E Dosímetro Universal PTW*. Freiburg, Alemania.
- Roberto Genis Sánchez, C. G. (1998). *COMPARACIÓN DE DOS PROTOCOLOS DOSIMÉTRICOS EN FANTOMAS DE AGUA Y SÓLIDO PARA HACES DE ELECTRONES EN UN CONO DE EXTENSIÓN*. Mexico,D.F., Mexico.

ANEXOS

ANEXO A: CÁMARA DE IONIZACIÓN CILÍNDRICA

Farmer-Type Ionization Chamber, 0.6 cc³, Waterproof



The waterproof 0.6 cc ionization chamber is designed for absolute dosimetry in radiation therapy. Since the chamber is waterproof, it may be used in water phantoms and does not require a protective sleeve. It is rugged in construction and has a PMMA/graphite thimble and an aluminum electrode. This chamber includes a 1 m (3.3 ft) cable, BNC Triax connector, and a PMMA buildup cap.

Key features

- Completely waterproof, does not require protective sleeve
- Can be safely used in water phantoms and solid-state phantoms
- Open volume, vented at connector
- Fully guarded up to the measuring volume
- Touchable parts free of high voltage
- Extension cables up to 100 meters in length are available

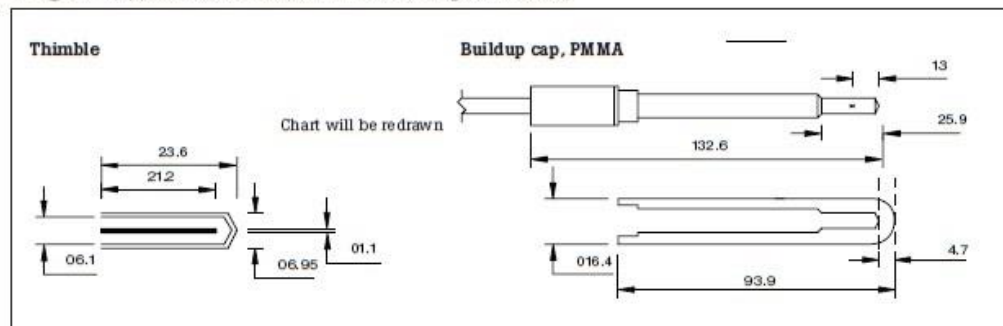
Specifications

Volume	0.6 cm ³
Response	$2 \cdot 10^{-4}$ C/Gy
Leakage	$\pm 4 \cdot 10^{-10}$ A
Polarizing voltage	Maximum 500 V
Cable length	1 m (3.3 ft)
Cable leakage	10^{-12} C/(Gy · cm)
Wall material	PMMA (C ₅ H ₈ O ₂), Graphite (C)
Wall density	1.19 gm/cm ³ (PMMA), 1.85 gm/cm ³ (C)
Wall thickness	0.335 mm PMMA, 0.09 mm C
Area density	66.5 mg/cm ²
Electrode	Aluminum, 1.1 mm Ø, 21.2 mm long
Nominal useful range	30 keV to 80 MeV
Range of temperature	10 °C to 40 °C
Range of relative humidity	10 % to 80 %
Ion collection time	300 V 0.18 ms
	400 V 0.14 ms
	500 V 0.11 ms

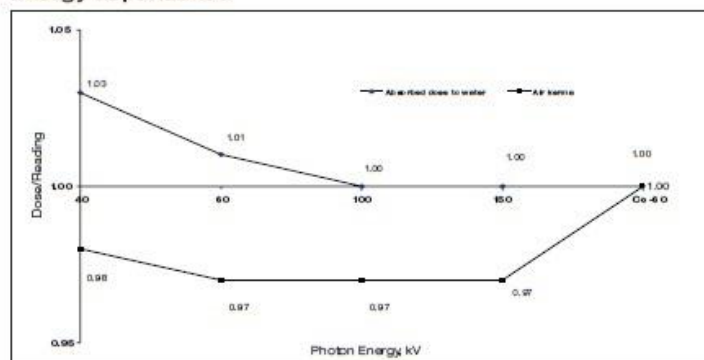
Saturation behavior	Polarizing voltage	99.0 % saturation	99.5 % saturation
Maximum dose rate at continuous irradiation	300 V	5.70 Gy/s	2.80 Gy/s
	400 V	10.00 Gy/s	5.00 Gy/s
	500 V	16.00 Gy/s	7.80 Gy/s
Maximum dose rate per irradiation pulse	300 V	0.69 mGy	0.34 mGy
	400 V	0.91 mGy	0.46 mGy
	500 V	1.14 mGy	0.57 mGy

Farmer-Type Ionization Chamber, 0.6 cc³, Waterproof

Diagram (Approximate dimensions in mm, drawing not to scale)



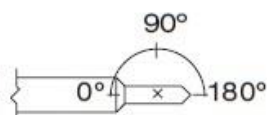
Energy dependence



Directional dependence

In Air												
Reading/ Dose, %	6°	12°	18°	24°	30°	60°	90°	120°	150°	162°	174°	180°
70 kV	20	48	69	81	88	99	100	100	98	96	91	88
140 kV	36	66	82	90	94	100	100	100	100	98	96	94
280 kV	57	80	90	94	96	100	100	100	100	99	98	97
Co-60	67	85	91	95	97	100	100	100	100	99	99	98

In PMMA												
Reading/ Dose, %	6°	12°	18°	24°	30°	60°	90°	120°	150°	162°	174°	180°
70 kV	78	88	96	100	101	100	100	100	100	101	102	102
140 kV	90	97	101	102	103	101	100	100	99	100	102	102
280 kV	100	102	103	103	103	101	100	100	100	101	102	102
Co-60	102	101	101	101	101	100	100	100	101	102	102	102



Included accessories
BNC Triax connector and PMMA
buildup cap

Ordering information
30-351 Farmer-Type Ionization
Chamber, 0.6 cm³, Waterproof
Other types of triaxial cable
connectors available

ANEXO B: ACELERADOR LINEAL DE FOTONES O LINAC

CLINAC® 600C & 600C/D Advanced Treatment Delivery

Introduction

This specification sheet provides information for the Clinac 600C and 600C/D Clinac linear accelerators.

1.0 Photon Beams

- 1.1 Energy: One (1) photon beam, with a nominal energy of 4 MV or 6 MV, is provided in accordance with the specifications listed below and in Table 1.
- 1.2 Dose Rate can be selected in fixed steps and ranges per the specifications listed in Table 1, depending on energy selected.
- 1.3 Maximum Field Intensity at D_{max} : The intensity at the depth of maximum buildup (D_{max}) will not exceed 109% of central axis intensity anywhere in the measurement plane of any field size.
- 1.4 Leakage: The X-ray absorbed dose shall not exceed 0.1% of the absorbed dose at the isocenter measured anywhere in the patient plane outside of the maximum useful beam. The patient plane is defined as a circular plane with a radius of 2 meters, centered on and perpendicular to the axis of the beam at isocenter. The X-ray measurements may be averaged over an area not to exceed 100 cm². In all other directions, the X-ray absorbed dose at 1 meter from the path of the electrons between the electron gun and the target or electron window shall not exceed 0.1% of the absorbed dose at isocenter.
- 1.5 Collimator Transmission: The transmission of the movable collimators does not exceed 0.5%.
- 1.6 Spot Size: The spot size is less than 2 mm in diameter at the X-ray target.
- 1.7 Penumbra: The distance between the 20% and 80% isodose lines for a 10 x 10 cm² field at a depth of 10 cm and at 100 cm TSD shall be less than or equal to 9 mm along the major axes.
- 1.8 Field Size: The field size is continuously variable from 0.5 x 0.5 cm to 40 x 40 cm at 100 cm TSD. Field sizes larger than 35 x 35 cm are limited to a 49.5 cm diagonal (the diameter of the circle defined by the primary collimator at 100 cm TSD). The field size is defined as the distance along the radial and transverse axes between the points of 50% density on an X-ray film taken at 100 cm TSD with minimum buildup.
- 1.9 Independent Collimators Positioning (Optional): Each of the upper and lower collimators may be independently positioned. Upper collimators are capable of 10 cm travel past nominal beam centerline, and lower collimators are capable of 2 cm travel over centerline, as projected at 100 cm TSD.
- 1.10 Enhanced Dynamic Wedge (Optional): Wedged fields may be generated by moving one of the upper collimators while dose is delivered. Dynamic wedge field is 4 cm to sizes ranging from 30 cm in the wedge direction and .5 cm to 40 cm in the non-wedge direction.

Table 1: Nominal X-Ray Energies (MV) for Clinac 600C

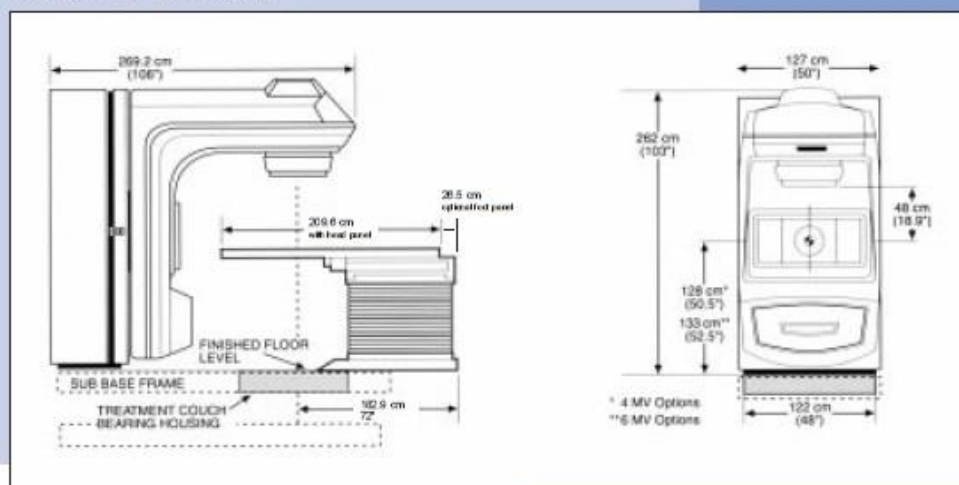
Energy (MV)	D_{max} (cm)	% Depth Dose @ 10 cm	Flatness ¹	Symmetry ²	Dose Rate ³ (MU/Min)
4	1.2 ± 0.2	63 ± 1.5	± 3%	1.5%	50-250
6	1.6 ± 0.2	67 ± 1.5	± 3%	1.5%	80-400

¹ Flatness is defined as the maximum variation about the mean value of X-ray intensity over the central 80% of the radial and transversal axes, measured at a depth of 10 cm in a tissue equivalent phantom at a TSD of 100 cm. This specification applies to all square field sizes from 10 x 10 cm² to 40 x 40 cm². This mean value of intensity is the average of the maximum and minimum values over the central 80% of the radial and transverse axes.

² Symmetry is defined as the maximum difference between the dose delivered to any two points which are equidistant and symmetrical about the central axis and within 80% of the radial and transverse axes. This specification applies to all square field sizes from 10 x 10 cm² to 40 x 40 cm².

³ The clinical facility is responsible for calibrating monitor units (MU) to rads or centigrays. The dose rate is variable in five (5) fixed steps, (6) six for C/D systems, as measured at the depth of maximum buildup.

Clinac 600C Dimensions



2.0 Photon Arc Mode

- 2.1 The Clinac 600C is capable of delivering 0.3 MU to 20 MU per degree over a preset gantry rotation of up to 360° or any fraction thereof. MU per degree (MU/DG) is automatically computed based on the preset total dose and the preset arc segment.
- 2.1.1 Precision: During arc treatment, the position of the gantry deviates no more than 0.7 degrees from the desired instantaneous gantry angle, and the dose deviates no more than 0.20 MU from the desired instantaneous total dose, as specified by the user-preset total dose and arc segment. If these tolerances are exceeded, the dose delivery is suspended and the gantry position is targeted to the position dictated by the actual dose delivered. When the gantry is again within 0.7 degrees of the desired position, the treatment will resume. The Dose Position (DPSN) interlock is asserted if the gantry is not positioned within 0.7 cm of the desired position within 3 seconds. The DPSN interlock will terminate the beam immediately if the position deviates 3.0 degrees or more from the desired position, or the dose delivered exceeds 0.3 MU (0.45 MU for CD) from the desired dose.
- 2.1.2 Arc Dose Rate: The dose rate during a dynamic arc treatment is automatically modulated between zero and the maximum dose rate selected in Physics Mode.

- 2.1.3 Arc Direction: The Clinac 600C may be programmed to perform arc therapy in either a clockwise or counterclockwise direction.

3.0 Dosimetry System

The following specifications apply for both independent dosimetry channels:

- 3.1 Precision: Reproducibility of the dosimetry measurement system for each energy is $\pm 1\%$, or 1 MU, whichever is greater, at a fixed dose rate.
- 3.2 Linearity: The linearity shall be $\pm 1\%$, or 1 MU, whichever is greater, for accumulated doses between 10 MU to 999 MU.
- 3.3 Reproducibility with Gantry Position: The reproducibility of the dosimetry system is $\pm 2\%$ or 1 MU, whichever is greater at any fixed gantry angle from 0° to 360°.
- 3.4 Dose Rate Dependence: The reproducibility of the dosimetry system with variations in the dose rate from minimum to maximum is $\pm 2\%$ or 1 MU, whichever is greater.
- 3.5 Energy: The dosimetry system will monitor the beam energy and will terminate irradiation should an energy change exceeding $\pm 3\%$ of the nominal value occur.
- 3.6 Beam-Off Interlocks: The radiation beam will automatically terminate in the event of any of the following:
- Monitor Units 1 complete
 - Monitor Units 2 complete (backup)
 - Treatment time complete (backup)
 - Radial symmetry not within 2%
 - Transverse symmetry not within 2%

- Excess dose rate
- Excess dose per pulse
- Excess dose per degree
- Loss of ion chamber voltage

4.0 Mechanical Features

4.1 Gantry:

- 4.1.1 Rotation: $\pm 180^\circ$ from the vertical
- 4.1.2 Controls: Local and remote
- 4.1.3 Readouts:
 - Type: Digital and mechanical
 - Location: Local and remote
 - Accuracy: Digital: $\pm 0.5^\circ$
 - Mechanical: $\pm 1.0^\circ$
 - Resolution: Digital 0.1°
 - Mechanical: 1.0°
- 4.1.4 Target Axis Distance: 100 ± 0.2 cm
- 4.1.5 Mechanical and Radiation Isocenter Accuracy:
 - < 0.1 cm radius sphere for units without Beam Stoppers
 - < 0.2 cm radius sphere for units with optional Beam Stopper
- 4.1.6 Target to Surface Distance Indicators:
 - Optical Range Finder:
 - Range: 70-156 cm
 - Accuracy: ± 0.1 cm at 100 cm TSD
 - Resolution: 0.5 cm
 - Mechanical Front Pointer:
 - Range: 90-110 cm
 - Accuracy: ± 0.1 cm at 100 cm TSD

Resolution: $0.2 \text{ cm} \pm 1.0 \text{ mm}$

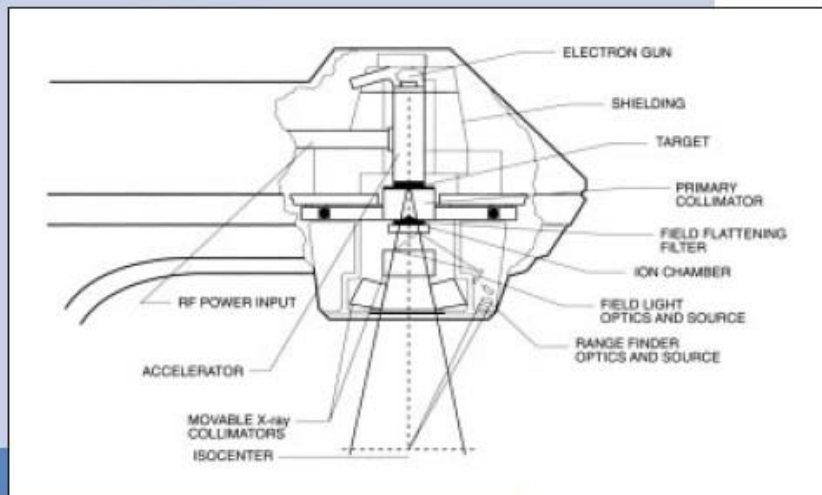
4.1.7 Isocenter Height:

- Standard:
 - 128 cm (50.5") nominal, 4 MV
 - 133 cm (52.5") nominal, 6 MV
- Optional:
 - 128 cm (50.5") nominal, 6 MV

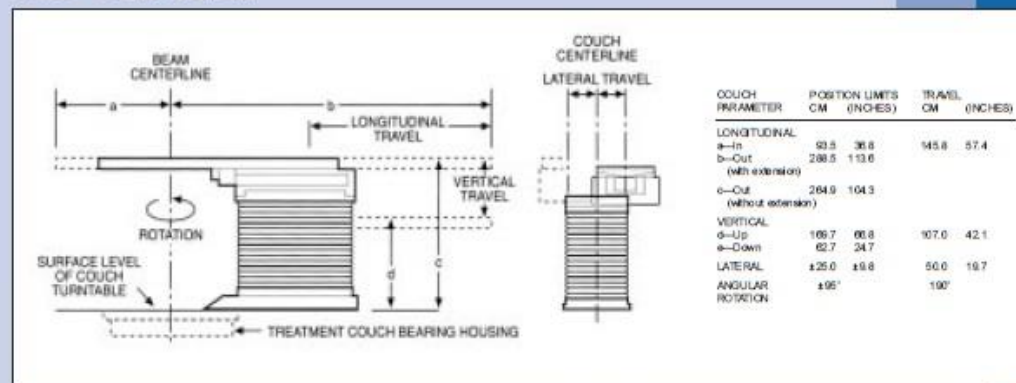
4.2 Collimator:

- 4.2.1 Rotation: $\pm 95^\circ$ about mid position
 - 4.2.2 Controls: Local and remote
 - 4.2.3 Readouts:
 - Type: Digital and mechanical
 - Location: Local and remote
 - Accuracy: $\pm 0.5^\circ$
 - Mechanical: $\pm 1.0^\circ$
 - Resolution: Digital 0.1°
 - Mechanical: 1.0°
 - 4.2.4 Mechanical Isocenter Accuracy: ≤ 0.1 cm radius circle
 - 4.2.5 Bottom of Wedge Mount to Isocenter Distance: 48 cm minimum
- ##### 4.3 Field Size Collimation:
- 4.3.1 The field size range: 0.5×0.5 cm to 40×40 cm at 100 cm TSD
 - 4.3.2 Controls: Local and remote
 - 4.3.3 Readouts:
 - Type: Digital
 - Location: Local and remote
 - Accuracy: ± 0.1 cm
 - Resolution: 0.1 cm

Clinac 600C Schematic of Accelerator and Collimator Subsystems



Exact™ Couch Motions



4.3.4 Independent Modes (Optional):

When placed in the independent mode, it digitally displays collimator position with respect to central axis (negative sign indicates overcentral travel). The collimators automatically re-enter upon returning to the symmetric mode and selecting field X or field Y.

- Upper Independent Collimators
Range: -10.0 cm to +20.0 cm
- Lower Independent Collimators
Range: -2.0 cm to +20.0 cm

Note: The same specifications detailed above apply to the independent modes

4.3.5 Light and X-Ray Field Coincidence:

The field-defining light coincides to within 0.2 cm of the 50% isodensity line on an X-ray film taken with minimum buildup for any field size at 100 cm TSD.

4.4 Exact Couch with Indexed Immobilization™

- 4.4.1 The Exact Couch is standard with the Clinac 600C. Specifications and standard vs. optional accessories for the Exact Treatment Couch are provided on specification sheet RAD1951. For information on upgrading your installed couches to use Indexed Immobilization, please contact your sales representative.

5.0 Accessories and Features

- 5.1 Standard: The following are included with the Clinac 600C:

- 5.1.1 Accessory mount for mounting block trays
- 5.1.2 Block trays

Hand Pendant



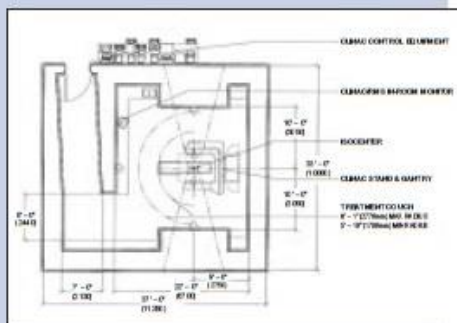
- 5.1.3 Two (2) sets of lead shadow blocks, five (5) blocks per set
- 5.1.4 15°, 30° and 45° wedges that provide a 20 cm (in the wedged direction) x 40 cm treatment field at 100 cm TSD. 60° wedge provides a 15 cm treatment in the wedge direction.
- 5.1.5 Mechanical front pointer (70-100 cm)
- 5.1.6 Spare parts kit
- 5.1.7 One pair of Universal Accessory Clamps
- 5.1.8 One Posterior Support Side Rail Panel (tennis racket type)
- 5.1.9 One Posterior Support Centerline Panel (tennis racket type)
- 5.1.10 I-beam sub-base support for floor installation of Clinac 600C per Installation Data Package
- 5.1.11 Installation supervision not including rigging, grouting the baseframe into the floor, attaching utilities to the machine or construction of the therapy room or conduit runs
- 5.1.12 Two sets of operator, system and schematic manuals

- 5.1.13 Two tuitions to Varian operator and maintenance schools
- 5.1.14 Planning and Coordination Department: Drawing and review support
- 5.1.15 Refer to Collimator Accessories Specification (RAD 2040) for details
- 5.2 Optional: The following features are available as options with the Clinac 600C and will be quoted upon request:
 - 5.2.1 Laser Alignment Systems

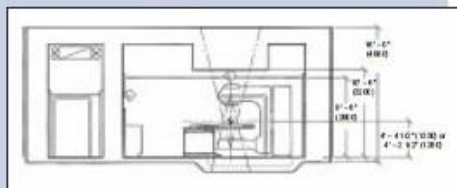
- 5.2.11 C-Series Interface™ (CSSI) A computer interface allowing import and export of a selected set of machine parameters between the Clinac 600C and external record and verification systems
- 5.2.12 Enhanced Dynamic Wedge™
- 5.2.13 Auto Field Sequencing

* Transmission and leakage beyond the edge of the beam stopper for field sizes up to 35 x 35 cm shall not exceed 0.1%. With larger fields, leakage over a limited region beyond the diagonals can exceed this value to a maximum of approximately 0.3% for a 40 x 40 cm field.

Clinac 600C Typical Room Plan View



Clinac 600C Typical Room Section



- 5.2.2 Laser Backpointer
- 5.2.3 Retractable Beam Stopper*
- 5.2.4 Special Procedures Mode
 - Total Body Irradiation
- 5.2.5 Hand Grips (pair)
- 5.2.6 Arm Support
- 5.2.7 IEC Scale Conventions
- 5.2.8 In-Room High-Resolution Color Display Monitor
- 5.2.9 Independent Collimators
 - Upper • Upper and Lower
- 5.2.10 Record and Verification System

6.0 Typical Facility Requirements

6.1 Clinac 600C, 600C/D Electrical Requirements

- 6.1.1 Input Voltage Typical US: 200-240 VAC, 60 Hz, line-to-line, 3-phase, 4-wire plus ground, 15 KVA load, line voltage regulation $\pm 5\%$
- 6.1.2 Input Voltage Typical International: 360-440, 50 Hz or 60 Hz, line-to-line, 3-phase, 4-wire plus ground, 15 KVA load, line voltage regulation $\pm 5\%$
- 6.1.3 Cooling Water Requirements: The cooling water requirements can be satisfied with a one-pass system (domestic supply and waste return) or a closed loop system.
- 6.1.4 Ventilation Requirements: Sufficient to remove from 7 kW from treatment room and 1 kW from control console
- 6.1.5 Machine installation does not include rigging, grouting the baseframe into the floor, conduit runs, attaching utilities to the machine or construction of therapy room.
- 6.1.6 For typical facilities requirements, refer to the Installation Data Package.

Dynamic Therapy Specifications for the Clinac 600C/D

1.0 Photon Beams

The Clinac 600C/D offers a high dose rate capability of 100-600 MU at 6MV and 80-400 MU at 4MV.

2.0 Enhanced Dynamic Wedge Mode™

- 2.1 Enhanced Dynamic Wedge (EDW) Mode offers both precision jaw collimator movement and dose rate control to create wedge-shaped dose distributions. Therapists save time with EDW, especially when used with optional Auto Field Sequencing, by avoiding the need for room reentry to add or remove wedges. EDW of 10, 15, 20, 25, 30, 45, and 60 degrees are

Table 2: Nominal X-Ray Energies (MV) for Clinac 600C/D

Energy (MV)	D _{max} (cm)	% Depth Dose @ 10 cm ¹	Flatness ²	Symmetry ³	Dose Rate ⁴ (MU/Min)
4	1.2 ± 0.2	63 ± 1.0	± 3%	1.5%	80-400
6	1.6 ± 0.15	67 ± 1.0	± 2.5% or ± 3.0%	1.5%	100-600

¹ Depth of ionization applies to a 10 x 10 cm² field at 100 cm TSD. If measurements are made to the "effective measurement point" per AAPM TG-51 protocol, deduct 0.6% from the stated depth dose values.

² Flatness is defined as the maximum variation from the mean dose delivered within the central 80% Full Width Half Max (FWHM) region measured at 100 cm TSD at a depth of 10 cm. The mean is the average of the maximum and minimum points within the central 80% FWHM region. For the Clinac 600C/D 4MV, the specification of ±3.0% applies to both the radial and transverse axes of all square field sizes from 10 x 10 cm² to 40 x 40 cm², inclusive. For the Clinac 600C/D 6MV, the specification of ±2.5% applies to both the radial and transverse axes of all square field sizes from 20 x 20 cm² to 40 x 40 cm², inclusive. The specification of ±3.0% applies to both the radial and transverse axes of all square field sizes from 10 x 10 cm² to 20 x 20 cm².

³ Symmetry is defined as the maximum difference between the X-ray dose delivered to any two points which are equidistant and symmetrical about the central axis and within the 80% FWHM region measured at 100 cm TSD at a depth of 10 cm. This specification applies to the radial and transverse axes of all square field sizes from 10 x 10 cm² to 40 x 40 cm².

⁴ Dose rate for the Clinac 600C/D 4MV has five fixed steps of 80 MU/minute from 80 to 400 MU/minute. The 600C/D 6MV has six fixed steps of 100 MU/minute from 100 to 600 MU/minute. An "MU" is nominally one centiGray delivered to a tissue-equivalent material at D_{max} and 100 cm SSD, with a 10 x 10 cm² field size.

included, with up to 30 cm (wedge direction) by 40 cm field sizes, using the Y jaw to create the wedge angle.

2.1.1 Precision: Refer to EDW Specifications RAD 1880B.

2.1.2 Dose Rate: The dose rate during the EDW treatment is automatically modulated between zero and the maximum dose rate selected in Physics Mode.

3.0 Upper and Lower Independent Collimators

Asymmetrical collimation is provided with the upper and lower sets of collimators.

3.1 Upper travel range: 30 cm (-10 cm to +20 cm relative to central axis).

3.2 Lower travel range: 22 cm (-2 cm to +20 cm relative to central axis).

4.0 Special Procedures Mode

4.1 Special Total Body X-ray Mode accessory plugs are provided.

4.2 All beams are calibrated at machine isocenter.

4.3 Integrated dose monitor is 4 digits, 1 to 9,000 MU.

4.4 Exposure time setting is 3 digits, 0.1 to 99.9 min.

4.5 Integrator reproducibility is according to standard machine specifications.

5.0 Remote Diagnostics

Connects the Clinac 600, 600C/D with Customer Support for expert assistance and provides on-line remote analysis by Varian Customer Support organization. Diagnostic and Morning Checkout Logs can be viewed and transferred for report generation and for identifying trends.

6.0 Couch Accessories

6.1 Universal Accessory Clamp

6.2 Arm Support

6.3 Hand Grips

7.0 Extended Collimator Head Rotation

Provides additional collimator rotation to ±165°.

Specifications subject to change without notice.

All company and product names mentioned are used for identification purposes only and may be trademarks or registered trademarks of their respective owners.

ANEXO C: BAROMETRO DIGITAL



CALIBRACIONES ORTIZ METROLOGIA S.R.L.

Calle Meteoro N° 392 - Cercado de Lima • Perú
Telf.: (51-1) 775-3156 / RPM: #892493 / 976161815
www.caliomet.com calibracion@caliomet.com

CERTIFICADO DE CALIBRACION

N° CMP-116-2014

Expediente: 108

Pág. 1 de 2

CLIENTE

Nombre:

ONCORAD S.A.C.

Dirección:

Av. Jose Leonardo Ortiz 423 Chiclayo

DATOS DEL INSTRUMENTO

Tipo: **BAROMETRO DIGITAL**
Presion Absoluta
Marca: **BRUNTON**
Alcance: **(700 a 1000) mbar**
Resolucion: **0,1 hPa**
Código de Identif: **No indica**
Modelo: **ADC SUMMIT**
Clase: **± 1,5 mbar**
Procedencia: **No indica**

CONDICIONES DE REFERENCIA

Temperatura Ambiental: **19.9 °C ± 2.1 °C**

Humedad Relativa: **71 % ± 7 %**

Lugar de Calibración:

Procedimiento/Método

Laboratorio de Calibración de **CALIOMET S.R.L.**

ME-003, Procedimiento de Calibración de manómetros y manovacuumetros Edición 1, CEM de España /

Fluido manométrico utilizado en la calibración: **Aire**

Comparación

Patrón Utilizado	Trazabilidad	
	Nacional	Certificado
Calibrador digital de presión	SNM-INDECOPI	LFP-021-2014
Termometro Patron	SNM-INDECOPI	LT-332-2014
Termohigrometro Patron	SNM-INDECOPI	LT-684-2012

RESULTADOS DE CALIBRACION

Presión de Referencia Pr (kPa)	Presión de Referencia Pr (hPa)	Indicación Instrumento Pi (hPa)	Corrección Pr - Pi (hPa)	Incertidumbre ±(hPa)
60.626	606.26	606.0	0.3	0.4
70.087	700.87	700.5	0.4	0.4
79.130	791.30	791.0	0.3	0.4
90.076	900.76	900.5	0.3	0.4
105.067	1050.67	1050.3	0.4	0.4
109.527	1095.27	1095.0	0.3	0.4

La incertidumbre de la medición se da con un nivel de confianza aproximadamente del 95 % con un factor de cobertura $k=2$.

La unidad básica de presión del Sistema Internacional de Unidades es el Pascal:

$$1 \text{ psi} = 6894,7 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ Kpa} = 1000 \text{ Pa}$$

Corrección: Como se puede ver, hay que sumar algebraicamente al instrumento para obtener el valor convencionalmente verdadero.



ARTURO ORTIZ VARGAS MACHUCA
INGENIERO FÍSICO
Reg. CIP N° 113997
Ing. Arturo Ortiz Vargas Machuca
Coordinador de Metrología

El presente documento, debidamente sellado y firmado es válido para el instrumento en su estado, bajo las condiciones que prevalecían bajo la prueba y no debe estar reproducido parcial ni totalmente sin previa y expresa autorización de **CALIOMET S.R.L. del Perú**



CALIBRACIONES ORTIZ METROLOGIA S.R.L.

Calle Meteoro N° 392 - Cercado de Lima • Perú

Tel.: (51-1) 775-3156 / RPM: #892493 / 976161815

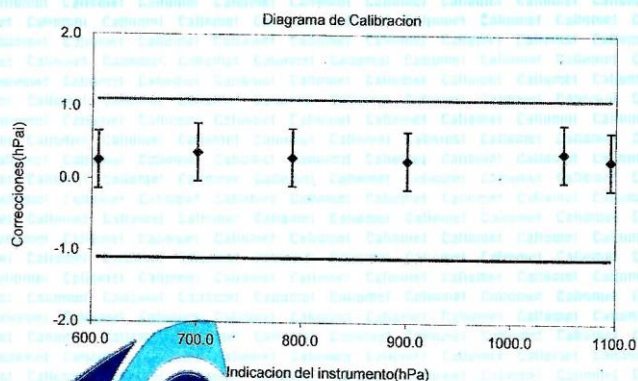
www.caliomet.com

calibracion@caliomet.com

N° CMT-116-2014

Expediente: 106

Pág. 2 de 2



OBSERVACIONES

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"
- La periodicidad de la calibración está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento.



El presente documento debidamente sellado y firmado es válido para el instrumento en su estado, bajo las condiciones que prevalecían bajo la prueba y no debe estar reproducido parcial ni totalmente sin previa y expresa autorización de CALIOMET S.R.L. del Perú

ANEXO D: TERMÓMETRO DE LÍQUIDO EN VIDRIO



CALIBRACIONES ORTIZ METROLOGIA S.R.L.

Calle Meteoro N° 392 - Cercado de Lima • Perú
Telf.: (51-1) 775-3156 / RPM: #892493 / 976161815
www.calimet.com calibracion@calimet.com

CERTIFICADO DE CALIBRACION

N° CMT-128-2014

Expediente N° : 106

Pag 1 de 1

CLIENTE

Nombre: **ONCORAD S.A.C.**

Dirección:
Av. Jose Leonardo Ortiz 423 Chiclayo

DATOS DEL INSTRUMENTO

Tipo : **TERMOMETRO DE LIQUIDO**
EN VIDRIO
Marca : GIARDINO
Alcance : -10 °C a 110 °C
División escala : 1°C
Líquido Termométrico : Alcohol
Tipo de Sensor : Dilatación Termica
Código de Identif : No indica
Modelo : No indica
Procedencia : No indica

CONDICIONES DE REFERENCIA

Temperatura Ambiental : 20.5 °C ± 0.5 °C

Lugar de Calibración:
Laboratorio de Calibración de CALIMET S.R.L.

Tiempo de estabilización no menor a 5 min
Se calibra a inmersión total

Humedad Relativa : 70 % ± 5 %

Procedimiento/Método :
PC-009, "Procedimiento para la Calibración de
termómetros de líquido en vidrio", Cuarta
Edición-Dic 2008 del SNM-INDECOPI

Patrones Utilizados	Trazabilidad
Nº / Código / Clase	Certificado Nacional
Term. Digitales / AT-004 ; AT-010 / 0,05 °C	CALIMET S.R.L. CMT-049-2014 ; CMT-055-2014 SNM INDECOPI / LT-332-2014
Baño Isotermo utilizado	Informe
Código EAT-001	ICA-001-2014
Estabilidad:	Uniformidad
± 0.01	± 0.01

RESULTADOS DE CALIBRACION

INDICACION TERMOMETRO (°C)	CORRECCION (°C)	TCV (°C)	INCERTIDUMBRE ± (°C)
0.0	0.0	0.0	0.1
26.4	0.0	26.4	0.1
45.4	-0.3	45.1	0.1

La temperatura convencionalmente verdadera (TCV) resulta de la relación:

TCV = Indicación del termómetro + corrección

La incertidumbre expandida de la medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k = 2 que, para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95 %.

OBSERVACIONES

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"
- Para una mejor aproximación de lectura se subdividió la división de escala en 05 partes es decir 0,2 °C.
- La periodicidad de calibración está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.



ARTURO
ORTIZ VARGAS MACHUCA
INGENIERO FÍSICO
Reg. CIP N° 113997
Ing. Arturo Ortiz Vargas Machuca
Coordinador de Metrología

El presente documento debidamente sellado y firmado es válido para el instrumento en su estado, bajo las condiciones que prevalecen en la prueba y no debe estar reproducido parcial ni totalmente sin previa y expresa autorización de CALIMET S.R.L. del Perú

ANEXO E: ELECTRÓMETRO



Manual de usuario UNIDOS E Dosímetro Universal PTW

a partir de la Firmware 1.10

para tipo 10008 (sistema de conexión M) a partir del número de serie 082000,
para tipo 10009 (sistema de conexión TNC) a partir del número de serie 092000,
para tipo 10010 (sistema de conexión BNT) a partir del número de serie 002000

Descripción del equipo

Características

- Dosímetro universal controlado por microprocesador para mediciones de dosis y de tasa de dosis en radioterapia y diagnóstico radiológico así como del producto dosis x longitud
- Visualización en unidades radiológicas o eléctricas para la medición de la dosis/carga y de la tasa de dosis/corriente
- Medición con cámaras de ionización y detectores sólidos
- Menú CHAMBER para el almacenamiento de hasta 35 detectores
- Alimentación por red o por batería recargable (5 horas)
- Protección con contraseña de los datos de calibración radiológicos
- Opción de corrección para los valores de medición radiológicos
- Alta tensión regulable en pasos de 50 V desde 0... ± 400 V
- 3 rangos de medición de alta dinámica

- Visualización en formato grande de los valores de medición y fácil manejo
- Almacenamiento no volátil de la última configuración del equipo
- Bloque de alimentación de gran alcance para una tensión de red de (100 - 240) V~
- Amplificador de entrada de alta sensibilidad
- Amplificador herméticamente encapsulado con cartucho desecante.

NOTA

UNIDOS E es un aparato de medición sensible que requiere comprobaciones y calibraciones periódicas.

Por favor, observe las siguientes instrucciones:

- Compruebe periódicamente el dosímetro siguiendo las instrucciones del apartado 12.
- Garantice que UNIDOS E reciba un mantenimiento periódico conforme al apartado 12.
- Encargue a un laboratorio cualificado la calibración de UNIDOS E en periodos de como máximo 2 años.
- No exponga UNIDOS E a radiación directa ni a radiación dispersa.

Indicadores y controles

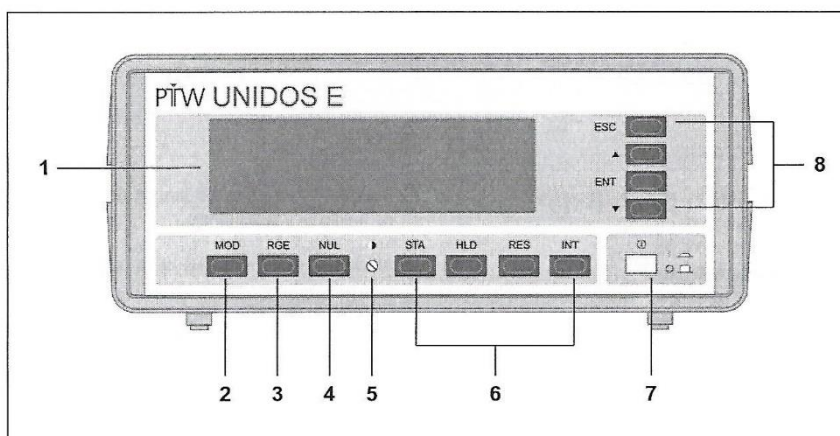


Figura 2: Parte frontal UNIDOS E

Indicadores y controles	Símbolo
1 Pantalla LC	ninguno
2 Tecla de modo de medición	MOD
3 Tecla de rango de medición	RGE
4 Tecla de ajuste a cero automático	NUL
5 Ajuste del contraste por medio de potenciómetro	⦿
6 Teclas de control del equipo (ver apartado 1.3)	STA HLD RES INT
7 Interruptor principal	ⓘ
8 Teclas de menú y cursor (ver apartado 1.4)	ESC ENT ▲ ▼

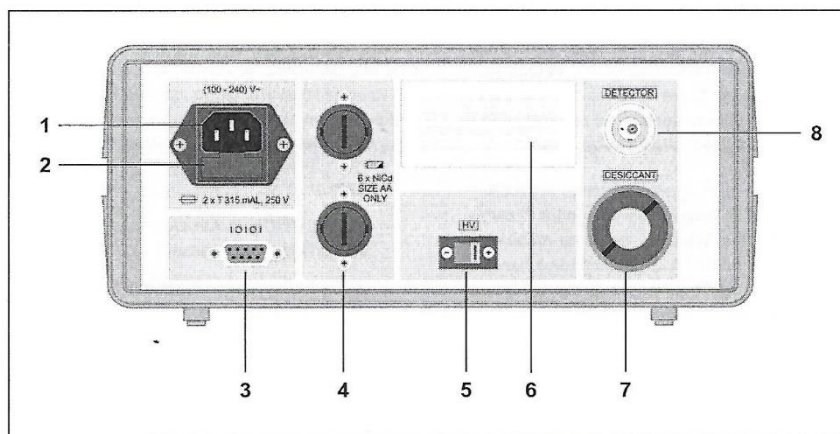


Figura 3: Parte trasera del UNIDOS E

Indicadores y controles	Símbolo
1 Alimentación de tensión de red	(100 - 240) V~
2 Portafusibles	2 x T 315 mA, 250 V
3 Interfaz RS232	1 0 1 0 1
4 Compartimentos para baterías recargables	6 x NiCd SIZE AA ONLY
5 Interruptor "HV" para la conmutación de la polaridad de la tensión en cámara	HV
6 Placa descriptiva	---
7 Cartucho desecante	DESICCANT
8 Conexión del detector	DETECTOR

Instrucciones breves para la puesta en marcha

1. Cerciérese de que el interruptor corredizo ubicado en la parte trasera del equipo esté en posición de alta tensión positiva (HV +).
 2. Enchufe un cable y conecte el equipo a la red. No conecte ningún detector a la entrada de señal.
 3. Si fuera necesario, utilice las patas para montar el visualizador de forma que obtenga un ángulo de visibilidad satisfactorio sobre la parte delantera del equipo.
 4. Oprima la tecla de conexión/desconexión para conectar el equipo.
- A continuación se mostrarán durante aproximadamente 2 segundos el logotipo de PTW y el número de versión del programa. A continuación aparecerá la ventana del valor de medición:

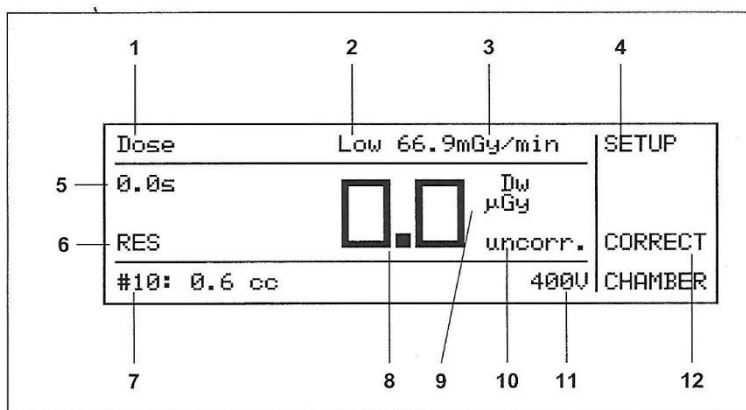


Figura 5: Ventana del valor de medición

- | | |
|--------------------------------------|---------------------------------|
| 1 Modo de medición | 7 Detector seleccionado |
| 2 Rango de medición | 8 Valor de medición |
| 3 Límite superior para tasa de dosis | 9 Magnitud y unidad de medición |
| 4 Menú SETUP | 10 Indicación de corrección |
| 5 Tiempo de medición | 11 Indicación de alta tensión |
| 6 Estado de medición | 12 Menús CHAMBER y CORRECTION |

Los pasos siguientes

Una vez que ha puesto en servicio UNIDOS E, debe adaptar el dosímetro a sus necesidades y registrar las cámaras de ionización y los detectores utilizados por Vd. en el menú CHAMBER. A continuación estará en condiciones de llevar a cabo mediciones correctas de dosis y de tasa de dosis. Los siguientes pasos a dar son:

5. Realizar los ajustes del equipo en UNIDOS E
6. Realizar las entradas en el menú CHAMBER
7. Introducir los factores de corrección
8. Llevar a cabo una medición

Manual técnico

Rangos de medición y resolución

	Resolución digital	Rango de medición – Valor mínimo	Rango de medición – Valor máximo
Modo de medición: Corriente (tasa de dosis)			
Low	1 fA (3 µGy/min)	200 fA (600 µGy/min)	100 pA (0,3 Gy/min)
Medium	100 fA (300 µGy/min)	20 pA (60 mGy/min)	10 nA (30 Gy/min)
High	10 pA (30 mGy/min)	2 nA (6 Gy/min)	1 µA (3000 Gy/min)
Modo de medición: Carga (dosis), corriente numéricamente integrada (tasa dosis)			
Low	10 fC (500 nGy)	2 pC (100 µGy)	6,5 µC (325 Gy)
Medium	1 pC (50 µGy)	200 pC (10 mGy)	650 µC (32,5 kGy)
High	100 pC (5 mGy)	20 nC (1 Gy)	65 mC (3,25 MGy)

Tabla 1: Resolución digital y límites del rango de medición para mediciones de carga y corriente. Para el límite inferior del rango de medición se indica el valor correspondiente a una resolución del 0,5%. Los valores indicados para la dosis y la tasa de dosis son valores redondeados y sirven sólo de referencia. Estos valores se refieren a una cámara de ionización PTW calibrada para dosis de energía en agua con un volumen de 0,6 cm³.

La corriente de fuga de UNIDOS E sin detectores conectados es inferior a ± 1 fA.
La variación del cero para medición de carga durante 1 minuto es inferior a ± 60 fC.

Volumen de la cámara	Factor de calibración [Gy/C]	Límites inferiores del rango de medición					
		Modo "Dose"			Modo "Dose rate"		
		Low	Medium	High	Low	Medium	High
0,02 cm ³	$1,5 \cdot 10^9$	3,0 mGy	300 mGy	30 mGy	18,0 mGy/min	1,8 Gy/min	180,0 Gy/min
0,055 cm ³	$5 \cdot 10^8$	1,0 mGy	100 mGy	10 mGy	6,0 mGy/min	0,6 Gy/min	60,0 Gy/min
0,125 cm ³	$2 \cdot 10^8$	0,40 mGy	40 mGy	4 mGy	3,0 mGy/min	300,0 mGy/min	30,0 Gy/min
0,6 cm ³	$5 \cdot 10^7$	100,0 µGy	10 mGy	1 mGy	0,6 mGy/min	60,0 mGy/min	6,0 Gy/min
1,0 cm ³	$3 \cdot 10^7$	60,0 µGy	6 mGy	600 mGy	0,4 mGy/min	40,0 mGy/min	4 Gy/min
30 cm ³	$9 \cdot 10^5$	2,0 µGy	200 µGy	20 mGy	12,0 µGy/min	1,2 m Gy/min	120,0 mGy/min
112 cm ³	$2,5 \cdot 10^5$	0,5 µGy	50 µGy	5 mGy	5,4 µGy/min ¹	300,0 µGy/min	3,0 mGy/min

Tabla 2: Límites inferiores típicos del rango de medición para una resolución del 0,5 % o mejor (los valores para la dosis y la tasa de dosis son valores redondeados). Los factores de calibración indicados son valores típicos

Datos técnicos

Sólo los valores con tolerancias o límites son datos garantizados. Los valores sin tolerancias son sólo informativos.

Designación del dispositivo	Aparato de medición de dosis e tasa de dosis UNIDOS E, Tipo 10008 (sistema de conexión M), Tipo 10009 (sistema de conexión TNC) y Tipo 10010 (sistema de conexión BNT)
Fabricante	PTW-Freiburg
Uso	<ul style="list-style-type: none"> – Dosímetro de uso según IEC 60731 e IEC 61674 para mediciones de dosis e tasa de dosis en radioterapia y diagnóstico radiológico – Aparato de medición de carga y corriente
Modo operación	Operación continua
Clase de seguridad eléctrica	IEC 61010-1
Categoría de sobretensión	II
Magnitudes de medición y unidades	<ul style="list-style-type: none"> – Dosis de energía en agua, kerma en el aire [Gy] – Tasa de dosis de energía en agua, tasa de kerma en el aire [Gy/min] – Exposición [R], Tasa de exposición [R/min] – Productos dosis x longitud [Gy · cm] – Carga [C] – Corriente [A]
Modo de medición	<ul style="list-style-type: none"> – Dosis o carga – Tasa de dosis o de corriente
Frecuencia de muestreo en integración de tasa de dosis o corriente	1 kHz
Tiempo máximo de integración	18 h
Duración de intervalo	(1 ... 9999) s
Tensión en cámara	(0 ... ± 400) V, programable en pasos de 50 V
Exactitud de la tensión en cámara	$\leq (\pm 2\% \pm 1 \text{ V})$
Exactitud de la proporción entre las tensiones en dos cámaras	$\leq 2 \%$
Limitación de la corriente de la fuente de alta tensión ¹	mediante el semiconductor protector tipo 0,25 mA; mediante resistencia adicional: como máximo 0,5 mA

Designación del dispositivo	Aparato de medición de dosis e tasa de dosis UNIDOS E, Tipo 10008 (sistema de conexión M), Tipo 10009 (sistema de conexión TNC) y Tipo 10010 (sistema de conexión BNT)
Rangos de medición	véase tabla 1, apartado 6
Exactitud de la medición de corriente y carga	$\leq \pm (0,5 \% + 1 \text{ dígito})$
Reproducibilidad	$\leq \pm 0,5 \%$ según IEC 60731
Deriva del cero (en ambos tipos de medición)	$\leq \pm 1 \text{ fA}$
Puesta a cero	automáticamente en 51 s
Desviación de linealidad en ambos tipos medición	$\leq \pm 0,5 \%$ según IEC 60731
Estabilidad a largo plazo	$\leq \pm 0,1 \%$ por año
Tiempo de ajuste	$\leq 1 \text{ s}$ según IEC 60731
Tiempo muerto	ninguno
Rango nominal de uso Temperatura Humedad relativa Presión del aire Altitud máxima de funcionamiento	(+10 ... +40) °C / (+50 ... +104) °F (10 ... 75) % sin condensación (máx. 20 g/m³ humedad absoluta) (700 ... 1060) hPa 3000 m sobre el nivel del mar
Condiciones ambientales de transporte y almacenamiento Temperatura Humedad relativa Presión del aire	(-20 ... +60) °C / (-4 ... +140) °F (10 ... 85) % sin condensación (máx. 20 g/m³ humedad absoluta) (600 ... 1200) hPa
Condiciones de referencia para Temperatura Humedad relativa Radiación dispersa	+ 20 °C 50 % 0 µSv/h
Visualización	4 caracteres
Constante temporal para medición de tasa de corriente / de dosis	200 ms en los rangos "Medium" y "High" 350 ms en el rango "Low"
Tiempo de calentamiento	5 min
Dimensiones	100 mm × 250 mm × 260 mm (altura × anchura × profundidad)
Peso	3,2 kg

Designación del dispositivo	Aparato de medición de dosis e tasa de dosis UNIDOS E, Tipo 10008 (sistema de conexión M), Tipo 10009 (sistema de conexión TNC) y Tipo 10010 (sistema de conexión BNT)
Vida útil de la memoria no volátil	típicamente 10 años
Alimentación	(100 - 240) V~; (50 / 60) Hz Baterías recargables de NiCd de tamaño AA para régimen independiente de red durante unas 5 h, N° de pedido de PTW L389010
Toma de potencia con conexión a la red	aproximadamente 2 W
Cartucho desecante	Herrmann VG 95239, Tamaño nominal 10-17, N° de pedido de PTW L137004

Efectos de magnitudes influyentes según IEC 60731

Magnitud influyente	Alcance nominal de uso de la magnitud influyente	Propiedad del equipo	Modificación máxima
Tiempo de calentamiento	15 min...6 h	Respuesta	± 0,5 % del valor indicador
Conmutación de rango	todos los rangos	Respuesta	± 0,5 % del valor indicador
Temperatura	(10... 40) °C	Respuesta Desplazamiento punto cero Corrimiento del punto cero	± 0,2 % del valor indicador 1% (Límite inferior del rango de medición) 1% (Límite inferior del rango de medición)
Humedad del aire	(10 ... 80) % humedad relativa; máximo 20 g/m ³	Respuesta Desplazamiento punto cero Corrimiento del punto cero	1% (Límite inferior del rango de medición) 1% (Límite inferior del rango de medición) 1% (Límite inferior del rango de medición)
Radiación dispersa	(0...0,2) mSv/h	Respuesta Desplazamiento punto cero Corrimiento del punto cero	1% (Límite inferior del rango de medición) 1% (Límite inferior del rango de medición) 1% (Límite inferior del rango de medición)
Fluctuación de la tensión de la red	± 15 % (entre 100 y 230 V)	Respuesta	± 0,5 % del valor indicador
Funcionamiento con baterías recargables	Vida útil de las baterías recargables	Respuesta	± 0,5 % del valor indicador
Descargas electrostáticas	según IEC 61000-4-2	Respuesta	1 % (Límite inferior del rango de medición)
Campos eléctricos	según IEC 61000-4-3	Respuesta	1 % (Límite inferior del rango de medición)
Burst	según IEC 61000-4-4	Respuesta	1 % (Límite inferior del rango de medición)
Surge	según IEC 61000-4-5	Respuesta	1 % (Límite inferior del rango de medición)
Radiointerferencias conducidas	según IEC 61000-4-6	Respuesta	1 % (Límite inferior del rango de medición)
Caídas e interrupciones de tensión	según IEC 61000-4-11	Respuesta	1 % (Límite inferior del rango de medición)