



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

Instituto de Tecnología Nuclear Dan Beninson

**ESTUDIO DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA TASA DE DOSIS
EN LA CÁMARA DEL IRRADIADOR DE COBALTO-60 DE LA
ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL DE QUITO, UTILIZANDO EL
SISTEMA DOSIMÉTRICO ALANINA-EPR**

**TRABAJO FINAL PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
ESPECIALISTA EN RADIOQUÍMICA Y APLICACIONES NUCLEARES**

ESTUDIANTE: Francisco Xavier Salgado Torres, Ing. Químico

DIRECTORA: Lic. Eva Pawlak

CO-DIRECTORA: Mgr. Celina Horak

Buenos Aires, octubre de 2018



INDICE DE CONTENIDOS

| | PÁGINA |
|---|------------|
| RESUMEN | iv |
| INTRODUCCIÓN | vi |
| AGRADECIMIENTO | vii |
| | |
| 1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA | 1 |
| 1.1 DOSIMETRÍA EN LOS PROCESOS DE IRRADIACIÓN | 1 |
| 1.1.1 DOSIS ABSORBIDA | 1 |
| 1.1.2 TASA DE DOSIS | 2 |
| 1.1.3 SISTEMAS DOSIMÉTRICOS | 2 |
| 1.1.4 INCERTIDUMBRE | 6 |
| 1.1.5 REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD | 10 |
| 1.1.6 MAPEO DE DOSIS | 13 |
| 1.2 USO DE RESONANCIA PARAMAGNÉTICA ELECTRÓNICA (EPR) | 16 |
| 1.2.1 APLICACIONES EN DOSIMETRÍA DE RADIACIÓN | 17 |
| 1.2.2 SISTEMA DOSIMÉTRICO DE ALANINA | 18 |
| 1.3 VALIDACIÓN DEL PROCESO DE IRRADIACIÓN | 19 |
| 1.3.1 CUALIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN (CI) | 19 |
| 1.3.2 CUALIFICACIÓN OPERACIONAL (CO) | 22 |
| 1.3.3 CUALIFICACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FUNCIONAL (CCF) | 23 |
| 2 METODOLOGÍA | 26 |
| 2.1 FUENTE DE RADIACIÓN | 26 |
| 2.1.1 ESTRUCTURA DEL IRRADIADOR | 27 |
| 2.1.2 CÁMARA DE IRRADIACIÓN | 28 |
| 2.1.3 CONFIGURACIÓN DE LA FUENTE | 29 |
| 2.1.4 CÁLCULO DE LA ACTIVIDAD DE LA FUENTE | 31 |
| 2.2 MAPEO DE TASA DE DOSIS DE LA CÁMARA DE IRRADIACIÓN | 32 |
| 2.2.1 SISTEMA DOSIMÉTRICO ALANINA-EPR | 32 |
| 2.2.2 DISTRIBUCIÓN DE DOSÍMETROS EN LA CÁMARA DE IRRADIACIÓN | 35 |

| | |
|--|-----------|
| 2.2.3 CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE EN EL MAPEO | 39 |
| 2.3 ENSAYOS DE REPETIBILIDAD | 40 |
| 2.3.1 REPETICIÓN DE ENSAYOS A 100 CM | 40 |
| 2.3.2 CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE EN LAS REPETICIONES | 40 |
| 2.4 MAPEO DOSIMÉTRICO DE CAJAS DE FLORES DE EXPORTACIÓN | 41 |
| 2.4.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS CAJAS DE FLORES DE EXPORTACIÓN | 42 |
| 2.4.2 MEDICIÓN DE DOSIS ABSORBIDA | 44 |
| 2.5 ENSAYO DE DOSIS VS. TIEMPO DE PERMANENCIA | 48 |
| 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 50 |
| 3.1. DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD DE LA FUENTE | 50 |
| 3.2. RESULTADOS DEL MAPEO DE TASA DE DOSIS EN LA CÁMARA | 51 |
| 3.2.1 DISTRIBUCIÓN DE DOSIS EN LA CÁMARA DE IRRADIACIÓN | 51 |
| 3.2.2 RESULTADOS DE LA DETERMINACIÓN DE INCERTIDUMBRE EN EL MAPEO DE LA CÁMARA DE IRRADIACIÓN | 56 |
| 3.3. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE REPETIBILIDAD | 58 |
| 3.3.1. MAPEO DE TASA DE DOSIS A 100 CM | 58 |
| 3.3.2. DETERMINACIÓN DE INCERTIDUMBRE EN LOS ENSAYOS DE REPETIBILIDAD | 65 |
| 3.4. RESULTADOS DEL MAPEO DE DOSIS EN CAJAS DE FLORES DE EXPORTACIÓN | 66 |
| 3.4.1. DOSIMETRÍA DE CAJAS TIPO “TABACO” | 67 |
| 3.4.2. DOSIMETRÍA DE CAJAS TIPO “CUARTA” | 71 |
| 3.5. RESULTADOS DEL ENSAYO DE DOSIS VS. TIEMPO DE PERMANENCIA | 76 |
| 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 78 |
| 4.1 CONCLUSIONES | 78 |
| 4.2 RECOMENDACIONES | 79 |
| BIBLIOGRAFÍA | 81 |
| ANEXOS | 83 |

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue el de estudiar la distribución espacial de la tasa de dosis de la cámara del irradiador de cobalto 60 de la Escuela Politécnica Nacional de Quito, para establecer la cualificación de operación de la instalación. Para esto se colocaron dosímetros de alanina tipo pellet de un mismo lote por triplicado, en cada una de las diferentes posiciones espaciales del recinto, alturas y distancias a la fuente y se irradiaron durante 24 horas y 48 horas. Se realizó la lectura de dosis en un equipo EPR marca Bruker. Los datos obtenidos de tasa de dosis fueron tabulados y graficados. La desviación estándar promedio de las lecturas fue de 0,29 Gy/h y incertidumbre combinada promedio del mapeo fue de $\pm 0,012$ kGy.

Este mapeo permitió obtener además datos para participar en el ejercicio de intercomparación regional del OIEA obteniéndose resultados satisfactorios en la capacidad de cumplir con los valores de dosis de 1, 5, 10 y 25 kGy.

Luego, se estudió la repetibilidad de las mediciones irradiando dosímetros a 100 cm de distancia de la fuente y a diferentes alturas. Se hicieron 3 repeticiones en diferentes días, los datos fueron tabulados y gráficos y se observó la coherencia en el tiempo de las mediciones de la tasa de dosis. La desviación estándar promedio entre las 3 repeticiones fue de 0,17Gy/h y la incertidumbre combinada promedio de este ensayo fue de $\pm 0,012$ kGy.

Se realizó, después, a manera de cualificación operacional con producto simulado, un estudio preliminar en cajas de flores tipo “gypsohila” de exportación para determinar la distribución de dosis y la mejor ubicación de las cajas en la cámara de irradiación, para obtener una uniformidad de dosis aceptable y asegurar que el producto reciba la dosis mínima requerida. Para ello se realizaron pruebas preliminares con cajas C_{6r} (6 ramos con 10 tallos cada uno) llamada tipo “tabaco” con y sin producto, y posteriormente se utilizaron cajas C_{12r} (12 ramos con 7 tallos cada uno) llamadas tipo “cuarta”, que corresponden a la presentación que se exporta principalmente a Estados Unidos. Los resultados obtenidos en las pruebas de distribución de dosis en las cajas

C_{6r} permitieron determinar la mejor ubicación de las cajas para lograr una uniformidad aceptable (1,36). Estos parámetros fueron: distancia desde la fuente de 100 cm, a nivel del suelo, y un giro de 180° con respecto al eje vertical de la caja, en la mitad del tiempo de irradiación. Con esta información se irradiaron las cajas C_{12r} de gypsophila y se obtuvo un índice de uniformidad de 1,28. La dosis mínima obtenida fue de 0,36 kGy, por lo que se sugiere realizar más pruebas hasta obtener la dosis mínima requerida de 0,40 kGy.

Finalmente, se realizó un ensayo de dosis versus tiempo de permanencia para establecer la linealidad de la tasa de dosis a 100 cm de distancia. Se obtuvieron 2 curvas con 15 a 22 horas de irradiación usando dosímetros de alanina con y sin un recubrimiento de polimetilmetacrilato. Las tasas de dosis obtenidas fueron 11,43 Gy/h ($R^2= 0,9884$) y 13,33 Gy/h ($R^2=0,9941$).

Los datos obtenidos del presente trabajo servirán de base para un estudio posterior de irradiación de diferentes especies de flores de exportación ecuatorianas, para lograr la cualificación del comportamiento funcional de este proceso, como tratamiento fitosanitario.

INTRODUCCIÓN

Las actividades para la validación y control son importantes en el proceso de irradiación debido a que permiten establecer evidencia documental que garantice los resultados deseados en un producto. Para llevar a cabo estas actividades se requiere implementar sistemas dosimétricos confiables y trazables con estándares de dosimetría nacionales e internacionales.

El efecto de la radiación en un producto se relaciona directamente con la dosis absorbida y tasa de dosis, por ello, el uso de técnicas de medición de dosis inadecuadas puede involucrar la exposición insuficiente o excesiva de un producto, lo cual puede traer como consecuencia la falla del tratamiento. Por lo tanto, el éxito de un proceso de irradiación dependerá principalmente de la correcta determinación de la dosis absorbida en el producto, la distribución de dosis en el empaque, y el control de rutina del proceso de radiación (IAEA, 2002a, pp. 2-10).

La irradiación de flores se puede utilizar como tratamiento fitosanitario ya que sirve para controlar artrópodos, plaga como el minador, trips y ácaros, los cuales afectan la calidad del producto y representan un problema ambiental para Estados Unidos, el principal país importador de gypsophila ecuatoriana. Este país acepta este tipo de tratamiento con una dosis mínima de 400 Gy y máxima de 1 000 Gy (USDA,2016). En este trabajo final de Especialización en Radioquímica y Aplicaciones Nucleares se realizó un mapeo de la distribución de la tasa de dosis en la cámara del irradiador de la Escuela Politécnica Nacional para establecer la cualificación de operación de esta instalación, y luego se realizó una evaluación preliminar con producto real, de las diferentes cajas de exportación de esta flor, con la finalidad de conocer la distribución de dosis y garantizar la dosis mínima de irradiación para lograr el objetivo deseado en este producto, a manera de cualificación operacional con producto simulado.

AGRADECIMIENTO

A Eva Pawlak y Celina Horak por la dirección y el asesoramiento en este trabajo final de Especialización.

A Sandra Siri por su constante ayuda e interés para la culminación de este trabajo final de Especialización.

A mis colaboradores del Centro de Irradiación de la Escuela Politécnica Nacional de Quito.

A mi familia por su soporte y cariño.

1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 DOSIMETRÍA EN LOS PROCESOS DE IRRADIACIÓN

1.1.1 DOSIS ABSORBIDA

En el sistema internacional la unidad de la dosis absorbida o dosis (D) es el gray (1 Gy = 1 J/kg) y corresponde a la cantidad de energía absorbida por unidad de masa de materia irradiada en un punto de interés. Es importante considerar que en el proceso de irradiación se aplica un continuo de dosis y no una dosis única, como se presenta en la figura 1.1; por lo tanto, se trata de un intervalo de dosis que es más amplio en una carga comercial, como un palé, que en un producto único (IAEA, 2013, p. 22).

En la aplicación de la irradiación, se debe conocer la dosis absorbida porque esta proporciona información sobre los efectos de la radiación en el producto; además se requiere especificar los materiales particulares a irradiar, ya que las dosis varían según estos. Dichos datos serán de utilidad para la verificación del rango de dosis aceptable en la carga procesada con irradiación por parte de los organismos reguladores (IAEA, 2002a, p.10-12). Por ejemplo, en el uso de la radiación como tratamiento fitosanitario es importante aplicar la dosis mínima especificada para garantizar que las plagas que sobrevivan a la irradiación no puedan reproducirse (IAEA, 2013, p.22).

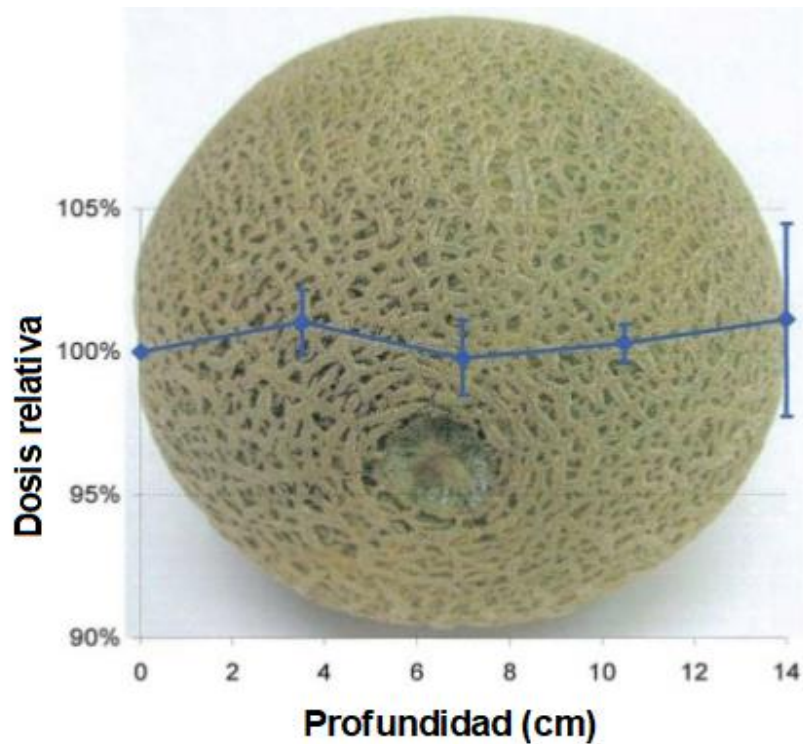


Figura 1.1. Distribución de dosis en un melón

(IAEA, 2017, p. 21)

1.1.2 TASA DE DOSIS

La evaluación de la distribución de dosis en un producto implica conocer la cantidad de energía emitida por la fuente de radiación por unidad de tiempo, conocida como tasa de dosis. Este valor está directamente relacionado con la actividad de la fuente y la distancia a la misma, y permite estimar previamente la dosis absorbida por el producto, a una distancia específica de la fuente, durante un tiempo definido. Por lo tanto, la tasa de dosis es un valor que permite estimar los tiempos de tratamiento y el rendimiento del irradiador (IAEA, 2017, p. 12).

1.1.3 SISTEMAS DOSIMÉTRICOS

Para la medición de la dosis absorbida se requiere la implementación de un sistema dosimétrico compuesto por los dosímetros, el instrumento que mide el efecto de la

radiación en el dosímetro, el procedimiento para usar dicho sistema y la trazabilidad de la respuesta a un patrón primario (IAEA, 2002a, p.21).

El dosímetro se caracteriza por producir una respuesta reproducible y cuantificable a la irradiación, esto se debe a que la irradiación provoca cambios sistemáticos y medibles en el material del dosímetro. De esta manera estos dispositivos pueden ser usados para determinar la cantidad de radiación ionizante a la que se ha expuesto el producto (IAEA, 2017, p. 23). Algunos ejemplos se presentan en la tabla 1.1, teniendo en cuenta la respuesta esperada y el intervalo al cual es utilizado cada dosímetro

Tabla 1.1 Sistemas dosimétricos y su respuesta a la irradiación

| Dosímetro | Intervalo de dosis (Gy) | Respuesta del dosímetro a la irradiación |
|-----------------------------------|-------------------------------------|---|
| Alanina-EPR | 1-10 ⁵ | Formación de radicales estables específicos |
| Solución sulfato ferroso (Fricke) | 20 - 400 | Oxidación de iones ferrosos a férricos |
| Solución sulfato cérico | 500 - 5x10 ⁴ | Reducción de iones céricos a iones cerosos |
| HarwellPerspex (Red, Amber) | 10 ³ – 5x10 ⁴ | Cambio en la absorbancia |

(IAEA, 2002a, pp.88-89; IAEA, 2017, p.24)

Los sistemas de dosimetría existentes se diferencian por su grado de incertidumbre y por su campo de aplicación. La Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM, por sus siglas en inglés) ha desarrollado procedimientos estándar para algunos de estos sistemas y para su uso en las instalaciones de irradiación. Por ejemplo, la norma ASTM E1261 presenta directrices para la selección y calibración de sistemas dosimétricos (IAEA, 2002a, p. 83).

1.1.3.1 Sistemas dosimétricos primarios

La dosimetría primaria se establece en laboratorios nacionales de normalización y se basa principalmente en calorímetros y cámaras de ionización. Los calorímetros son instrumentos que proporcionan una lectura de la dosis absorbida directamente al medir la energía disipada en un material. Este sistema dosimétrico no requiere calibración y es usado principalmente como método de calibración en haces de electrones. Por otro lado, las cámaras de ionización permiten cuantificar directamente la actividad de algunas sustancias radiactivas; sin embargo, su uso no es muy práctico cuando se requiere trabajar con dosis altas debido a que se produce un efecto de saturación (IAEA, 2002, p. 86).

1.1.3.2 Sistemas dosimétricos de referencia

Este tipo de dosimetría puede utilizarse como sistema de rutina o como estándar de referencia para calibrar otros dosímetros. Para ello los dosímetros de referencia deben ser calibrados con un estándar primario, generalmente con ayuda de un dosímetro de transferencia. Los dosímetros que son usados para este sistema dosimétrico son: la solución de sulfato ferroso (Fricke), dicromato, sulfato cérico-ceroso, ECB y el de alanina-EPR (IAEA, 2002a, p. 21,87).

1.1.3.3 Sistemas dosimétricos de transferencia

Los dosímetros de transferencia se utilizan para establecer la trazabilidad de una instalación de irradiación, a través de la transferencia de información de dosis de un laboratorio de normalización o de calibración acreditado. Para ello, la instalación de irradiación debe aplicar las condiciones establecidas por el laboratorio emisor como, por ejemplo, el tiempo entre la preparación, la irradiación y el análisis de los dosímetros.

Las características de este tipo de dosímetro deben ser principalmente: una larga vida útil antes de la irradiación, su respuesta debe ser estable luego de la irradiación y debe ser capaz de soportar el transporte y las condiciones ambientales durante el transporte. Algunos ejemplos de estos dosímetros son las soluciones de sulfato cérico-ceroso, dicromato, etanol-clorobenceno y los dosímetros de alanina-EPR (IAEA, 2002a, pp. 22,90).

1.1.3.4 Sistemas dosimétricos de rutina

La dosimetría de rutina es fundamental para el mapeo de dosis, y el monitoreo del proceso de irradiación. Para su implementación se requiere establecer la cantidad, ubicación y la frecuencia de las mediciones de acuerdo con el equipo, los procesos, los productos, las normas y los requisitos específicos, por ejemplo, relacionados con un tratamiento fitosanitario (CIPF, 2003). Este sistema debe calibrarse frecuentemente mediante el uso de dosímetros de referencia o transferencia, debido a que pueden mostrar variaciones significativas entre lotes por su inestabilidad frente a las condiciones ambientales o al campo de radiación (IAEA, 2002a, p. 91).

Para la determinación experimental de la dosis absorbida en un medio se usa un dosímetro de rutina. La presencia del material del dosímetro no debe provocar una perturbación apreciable del fotón o el espectro de electrones, por lo tanto, debe ser lo suficientemente pequeño, y además debe tener un número atómico similar al medio donde se inserta el dosímetro, para asegurar que los coeficientes de absorción de fotones y la potencia de detención de electrones sean similares en el rango amplio de energía de radiación. La respuesta de la mayoría de dosímetros es similar para los dos tipos de radiación (fotones y electrones); sin embargo, antes de usarlos se debe comprobar su comportamiento en el rango de dosis de interés (IAEA, 2002a, p. 31).

El uso efectivo de este tipo de dosímetros puede verse afectado por la dependencia de la respuesta del dosímetro a la tasa de dosis, el espectro de radiación, las condiciones ambientales, y otros factores como la inestabilidad antes y después de

la irradiación, la presencia de impurezas, variaciones de lote a lote, variaciones de tamaño en un mismo lote, el error e imprecisión de lectura. Por esta razón se recomienda que previamente se analicen y determinen estos efectos para seleccionar el sistema dosimétrico a usar, y realizar las correcciones necesarias. Una forma de disminuir el efecto de estos factores es mediante la calibración interna de los dosímetros de rutina con los dosímetros de transferencia de un laboratorio acreditado. Algunos dosímetros de referencia, como la solución cérico-cerosa, ECB y alanina se usan como dosímetros de rutina (IAEA, 2002a, p. 91).

1.1.3.5 Calibración y auditoría

Con el objetivo de establecer la trazabilidad de la dosimetría de acuerdo con los requisitos de normas nacionales e internacionales, existen algunos laboratorios que proporcionan un servicio de calibración de dosis absorbida. Este proceso implica la irradiación de dosímetros de rutina junto con otros de referencia a una dosis específica, y el intercambio de dosímetros idénticos para su lectura en dos instrumentos, uno de la instalación de irradiación y otro del laboratorio de normalización.

El laboratorio del Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST, por sus siglas en inglés) de Estados Unidos, y el Laboratorio Nacional de Física (NPL, por sus siglas en inglés) de Reino Unido, por ejemplo, ofrecen el servicio de calibración dependiendo de las características de las instalaciones de irradiación, como el tipo de radiación (gamma u electrones) que se utiliza y los rangos de dosis con los que trabajan.

1.1.4 INCERTIDUMBRE

El resultado de una medición corresponde solamente a una aproximación de la cantidad medida (por ejemplo, la dosis absorbida), por esta razón, este valor está completo cuando se incluye la incertidumbre, un parámetro que caracteriza la

dispersión de los valores atribuidos a esta cantidad. En otros términos, se puede describir a la incertidumbre como la probabilidad de que una medición se encuentre dentro de un rango de valores (IAEA, 2013, p. 53; IAEA, 2017, p. 24).

Al incluir la incertidumbre en el resultado de una medición se puede evaluar su fiabilidad, y comparar con valores de referencia de alguna norma o estándar. Es así que es necesario implementar un procedimiento fácilmente comprensible, y generalmente aceptado para evaluar y caracterizar la incertidumbre del resultado de una medición (ISO/IEC, 2008).

En dosimetría la incertidumbre es útil para (IAEA, 2017, p. 25):

- Determinar la importancia de las variaciones pequeñas en la dosis medida, y definir las regiones de dosis máximas y mínimas, en la interpretación del mapeo de dosis
- Determinar las fuentes de variabilidad de la dosis en la interpretación de los datos de dosimetría rutinaria
- Asegurar la entrega de la dosis en los límites de confianza determinados con los parámetros de operación rutinarios

La determinación de la incertidumbre asociada a una medición implica conocer y evaluar las fuentes que la generan para minimizar al máximo sus efectos; así, se puede considerar cada paso de la calibración de dosis y el uso del sistema dosimétrico como componentes de la incertidumbre general. El procedimiento consiste en atribuir una desviación estándar, conocida como incertidumbre estándar, a cada componente; y combinar estos valores para obtener la incertidumbre total (IAEA, 2017, p. 29).

Las fuentes de incertidumbre comunes en un proceso de irradiación pueden presentarse en las siguientes etapas (IAEA, 2013, p. 55-58):

- Preparación de una función de calibración
 - Calibración de dosis

- Ajuste de la función de calibración
- Factores ambientales
- Uso de dosímetros
 - Dispersión existente entre dosímetros
 - Variación en las condiciones ambientales
 - Inestabilidad en la lectura del dosímetro
 - Inestabilidad de la instrumentación

La incertidumbre asociada a una medida en particular se expresa como incertidumbre expandida (U), la cual se basa en un 95 a 99 % de probabilidad de que el valor correcto se encuentre dentro del rango determinado. De esta manera, para la mayoría de situaciones U puede expresarse con la ecuación 1.1 (IAEA, 2002, p. 30).

$$U = k u_c \quad [1.1]$$

Donde:

U : incertidumbre expandida

k : factor de cobertura ($k=2$ para un nivel de 95% de confianza y $k= 3$ para un nivel de 99 % de confianza)

u_c : incertidumbre típica combinada

Luego de calcular los valores de incertidumbre asociada a cada componente (u_n) se puede obtener la incertidumbre típica combinada (u_c) a una medición, mediante la expresión 1.2 (IAEA, 2013, p. 55).

$$u_c = \left[\sum (u_n^2) \right]^{\frac{1}{2}} \quad [1.2]$$

Los componentes de la incertidumbre se pueden agrupar en dos categorías (tipo A y tipo B) dependiendo del método de evaluación. En los dos casos el objetivo es obtener la desviación estándar de cada componente, conocida como incertidumbre estándar. La obtención de la incertidumbre tipo A (u_A) implica la aplicación de

métodos estadísticos, es decir que puede ser determinada a través de una serie de mediciones, por ejemplo, para determinar la reproducibilidad de un sistema dosimétrico se deberían irradiar diferentes dosímetros a la misma dosis, y calcular la desviación estándar de estas medidas (IAEA, 2017, p. 55). Así, este tipo de incertidumbre se puede calcular con la ecuación 1.3 (JCGM, 2008, pp. 10,11).

$$u_A = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}}{n(n-1)} \quad [1.3]$$

Donde:

- u_A : incertidumbre tipo A de un componente
- s : desviación estándar de las mediciones
- n : número de mediciones
- X_i : valor de una medición individual
- \bar{X} : promedio aritmético de las mediciones

La determinación de los componentes de incertidumbre tipo B tiene un enfoque más subjetivo, debido a que no se puede calcular a partir de datos estadísticos, sino que se obtiene mediante una decisión científica que puede estar basada en resultados de mediciones anteriores, conocimiento general de las propiedades de materiales e instrumentos utilizados, especificaciones del fabricante, datos de certificados de calibración, entre otros. La evaluación de este tipo de incertidumbre dependerá de la fuente de incertidumbre, así por ejemplo, para determinar el efecto de la temperatura sobre la respuesta de un dosímetro se puede considerar que existe una probabilidad del 100 % de que el efecto tenga entre $\pm a$ % y 0 % de probabilidad de que tome cualquier otro valor, y si, además, los datos tienen la misma probabilidad de encontrarse entre $\pm a$ % se trata de una “distribución de probabilidad rectangular, y se puede calcular una desviación efectiva específica para este caso (IAEA, 2013, p. 55).

En el caso del certificado de calibración de un equipo se tiene como dato la incertidumbre expandida y el factor de confianza, por lo que para el cálculo de la incertidumbre tipo B de este componente se utiliza la ecuación 1.4.

$$U_{cal} = \frac{U}{k} \quad [1.4]$$

Donde:

u_{cal} : incertidumbre asociada a la calibración del equipo

U: incertidumbre expandida proporcionada por el fabricante del equipo

k: factor de confianza

Otro ejemplo de componente de incertidumbre tipo B es la resolución del equipo, para este caso se considera una distribución rectangular y el cálculo de la incertidumbre se realiza con la ecuación 1.5 (JCGM, 2008, p. 13).

$$U_{res} = \frac{\Delta x}{\sqrt{12}} \quad [1.5]$$

Donde:

u_{res} : incertidumbre asociada a la resolución del equipo

Δx : resolución del equipo

1.1.5 REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD

Una forma de estimar la precisión de un método de medición consiste en obtener y analizar la desviación estándar de repetibilidad y reproducibilidad. De esta manera se puede determinar si la variación en el proceso de medición es aceptable (Botero, Parra y Olarte, 2014). La repetibilidad (r) consiste en la variación entre los resultados de mediciones sucesivas de una misma magnitud bajo las mismas condiciones de medición, es decir, con el mismo procedimiento de medición, observador, instrumento de medición, lugar y repetición en un periodo corto de tiempo. Por otro lado, la reproducibilidad (R) se evalúa en condiciones de medición diferentes (CEM, 2011).

Un método para la determinación de la repetibilidad y reproducibilidad de un método estándar de medida, implica realizar un ejercicio de comparación interlaboratorios, de acuerdo con la norma ISO 5725-2. En este método se requiere realizar un ensayo balanceado de nivel uniforme en el que q materiales (que representan a los niveles del ensayo) son enviados a p laboratorios, para obtener n mediciones en condiciones de repetibilidad (Covenin, 1997, pp.1,2).

El desarrollo de este método implica la conformación de una comisión de expertos que se encargan de la planificación y diseño del ensayo, análisis estadístico de los datos y reporte de resultados. En cada laboratorio se designa un representante que debe organizar la realización de las mediciones, de acuerdo con las instrucciones provenientes de la comisión.

El análisis estadístico requiere el cálculo de la media y la desviación estándar de repetibilidad (s_r) y reproducibilidad (s_R); sin embargo, previamente se debe tomar una decisión respecto a los valores inconsistentes a través de dos enfoques: técnica de consistencia gráfica y pruebas de valores atípicos numéricos.

La técnica de consistencia gráfica se basa en el cálculo de los estadísticos conocidos como h (consistencia interlaboratorio) y k (consistencia intralaboratorio) de Mandel. Con estos datos se realizan dos gráficas en las cuales se agrupan los valores por nivel y laboratorio, para determinar la presencia de patrones en los resultados que son diferentes en el estudio. En estas gráficas se trazan dos líneas indicadoras que se obtienen de tablas estadísticas con el 1 y 5 % de significancia.

Para el manejo de datos atípicos (outliers) se utiliza las pruebas estadísticas de Cochran y Grubb. El análisis se realiza con los resultados de las pruebas estadísticas y sus valores críticos de 1 y 5 %. Una vez que se determina los valores definitivos que se tomarán en cuenta en el análisis estadístico, se calcula para cada nivel j , la media general (m), la varianza de repetibilidad (s_r^2), la varianza entre laboratorios (s_L^2), y la varianza de reproducibilidad (s_R^2). s_R^2 resulta de la suma de s_L^2 y s_r^2 (Covenin, 1997, pp.7-14).

1.1.5.1 Prueba de Cochran

Esta prueba se utiliza para comprobar si entre laboratorios existen solamente pequeñas diferencias entre las varianzas intralaboratorios. Para este análisis se determina la prueba estadística de Cochran (C) con la ecuación 1.6, que permite evaluar el valor más alto del conjunto de desviaciones estándar de los laboratorios, para cada nivel.

$$C = \frac{s_{\text{máx}}^2}{\sum_{j=1}^p s_j^2} \quad [1.6]$$

Donde:

$s_{\text{máx}}$: desviación estándar más alta del conjunto de valores

s_i : desviación estándar del laboratorio i ($i=1, \dots, p$)

El valor obtenido C se analiza con sus valores críticos correspondientes de 1 % y 5 %, los cuales se encuentran en tablas estadísticas (Covenin, 1997, p. 11).

- a) Si C es menor que su valor crítico de 5 %, es aceptado como correcto
- b) Si C es mayor que su valor crítico de 5 % y menor o igual que su valor crítico de 1 %, es clasificado como valor dudoso
- c) Si C es mayor que su valor crítico de 1 % se clasifica como valor estadístico atípico

Cuando el valor evaluado es clasificado como atípico debe ser omitido y debe repetirse nuevamente la prueba con los valores restantes. Este proceso debe ser repetido; sin embargo, los resultados obtenidos deben ser analizados cuidadosamente para encontrar las posibles causas de la variabilidad.

1.1.5.2 Prueba de Grubbs

La prueba de Grubbs puede utilizarse para evaluar un valor sospechoso obtenido mediante la prueba de Cochran. Esta prueba se utiliza para evaluar si los resultados más altos o bajos de un nivel son valores atípicos. Este análisis se realiza mediante el cálculo del estadístico de Grubbs (G) con las ecuaciones 1.7 y 1.8.

$$G_p = \frac{(x_p - \bar{x})}{s} \quad [1.7]$$

$$G_1 = \frac{(\bar{x} - x_1)}{s} \quad [1.8]$$

Donde:

G_p : estadístico de Grubb para el resultado más alto

G_1 : estadístico de Grubb para el resultado más bajo

x_p : resultado más alto de los laboratorios

x_1 : resultado más bajo de los laboratorios

\bar{x} : promedio de resultados de laboratorios

s : desviación estándar de los resultados de laboratorios

Al igual que con la prueba de Cochran, el valor obtenido G se clasifica como correcto, dudoso o atípico, luego de su comparación con sus valores críticos correspondientes de 1 % y 5 % que se encuentran en tablas estadísticas. Cuando no se obtiene un valor atípico con esta prueba se puede realizar un análisis con dos resultados distantes (Covenin, 1997, p. 12-13).

1.1.6 MAPEO DE DOSIS

Para el uso de la tecnología de irradiación se requiere realizar pruebas dosimétricas en el producto, esto se logra con el mapeo de dosis. Este procedimiento consiste en colocar los dosímetros en los productos, luego irradiarlos en condiciones conocidas y finalmente realizar la lectura de la dosis absorbida. El objetivo de esta

práctica es determinar la distribución de dosis en el producto y la ubicación de la dosis mínima y máxima para poder establecer los parámetros de control del proceso de acuerdo con los requerimientos particulares del producto; así mismo, permitirá determinar el control rutinario y evaluar la variabilidad del proceso (CIPF, 2003, p. 7; IAEA, 2017, p. 27).

El uso del mapeo de dosis es necesario durante la cualificación operacional de la instalación de irradiación, así como en la cualificación del comportamiento funcional. Para el caso específico de irradiación de alimentos con haces de electrones, rayos X y radiación gamma, sirven como guía las normas ISO/ASTM 51431:2005 e ISO/ASTM 51204:2004 (CIPF, 2003, p. 6).

1.1.6.1 Número y colocación de dosímetros

El número de dosímetros a usarse deben ser suficientes para obtener resultados estadísticamente significativos, y dependerá del volumen del contenedor de irradiación, y de la información obtenida de la cualificación operacional y mapeos de dosis realizados anteriormente. Por lo general se considera que no se debe superar una distancia de 20 cm entre dos dosímetros. En la ubicación de los dosímetros se debe determinar los lugares del producto en los que pueda existir variaciones de composición o densidad, y afecten a las regiones de dosis máxima o mínima. En el caso de los haces de electrones se debe tomar en cuenta que las dosis máximas y mínimas se producen bajo la superficie en el interior del producto, debido a la acumulación (IAEA, 2017, p. 28,29).

1.1.6.2 Variabilidad de dosis

Diversos factores como las variaciones en las respuestas de cada dosímetro, la posición de los productos en el contenedor de irradiación, la posición de los contenedores durante la irradiación, la colocación de dosímetros y las incertidumbres en la lectura de los dosímetros, pueden provocar diferencias en los

valores de dosis, por esta razón se aconseja realizar el mapeo de dosis al menos por triplicado (IAEA, 2017, p. 30).

1.1.6.3 Ubicación de dosímetro de referencia de rutina

La ubicación de dosímetros de rutina en el interior de los productos no es práctica, es por esto que generalmente se coloca un dosímetro de referencia en un lugar que resulte fácilmente accesible y reproducible para el operador, en la superficie del producto, o contenedor de irradiación. En condiciones de operación específicas se debe definir una relación constante entre el dosímetro de referencia y la dosis mínima y máxima de la carga, como se presenta en la figura 1.2 (IAEA, 2017, p. 31).

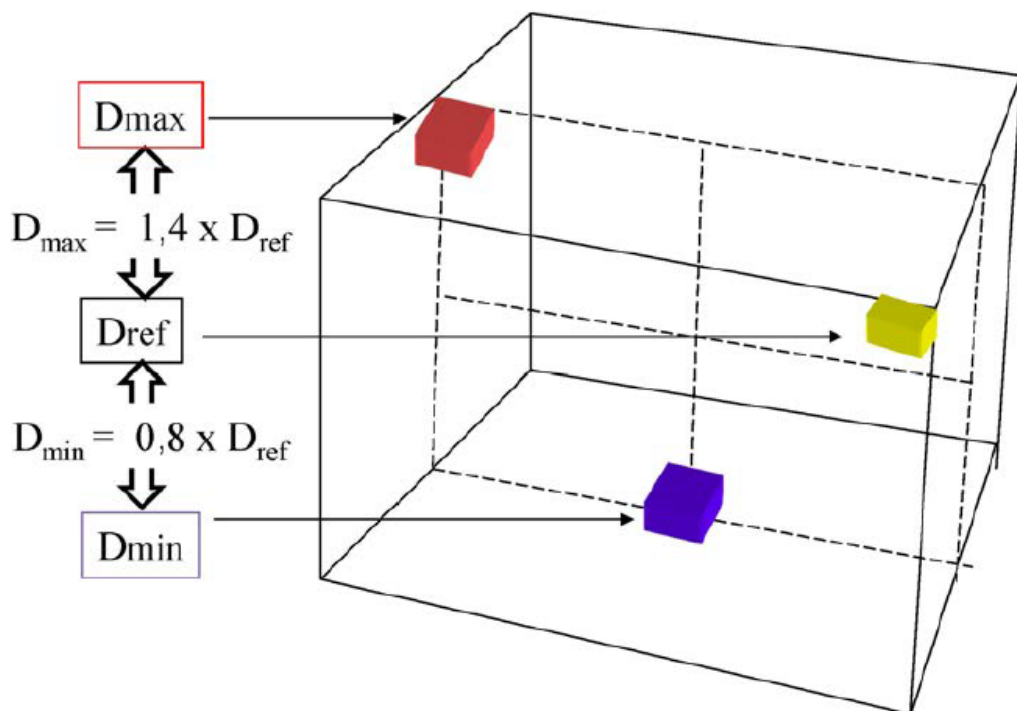


Figura 1.2. Relación entre la dosis mínima, máxima, y la dosis del dosímetro de referencia (IAEA, 2017, p. 31)

1.1.6.4 Uniformidad de dosis

Debido a que un producto no absorbe una dosis única en todos sus puntos, existe el concepto de uniformidad de dosis (DUR, por sus siglas en inglés), que corresponde al cociente entre la dosis máxima y mínima presente en el producto. Este valor debe ser cercano a la unidad, sin embargo, un rango entre 1,5 y 3 puede ser aceptado para muchas aplicaciones, dependiendo del producto y el proceso.

Cuando la distribución de dosis obtenida en un producto se encuentra en un rango más amplio que el especificado, por lo que el índice de uniformidad de dosis es inaceptablemente elevado se puede realizar algunas modificaciones en el proceso de irradiación. El DUR incrementa con la densidad y tamaño del producto, por lo que algunas prácticas para reducirlo consisten en disminuir el número de productos en el contenedor de irradiación, reducir el tamaño de los envases, utilizar atenuadores para blindar las zonas de altas dosis, o aumentar la distancia entre la fuente y el producto; sin embargo, esto implica la reducción de la eficiencia del proceso e incremento del costo de irradiación, por lo que debe ser analizado (IAEA, 2017, p. 33).

1.2 USO DE RESONANCIA PARAMAGNÉTICA ELECTRÓNICA (EPR)

Mediante la técnica espectroscópica EPR se puede detectar sustancias paramagnéticas, es decir, aquellas que presentan un dipolo magnético debido a electrones desapareados. Esta técnica se basa en el efecto Zeeman, que consiste en la interacción de los electrones desapareados de una muestra cuando se aplica un campo magnético externo a una frecuencia específica, en el rango de gigahercios.

Cuando se produce la absorción de radiación electromagnética se produce la transición de un electrón de un estado de menor a mayor energía, y la frecuencia asociada corresponde a la diferencia de energía entre dichos estados. El estado de energía más bajo se presenta cuando el momento del electrón se alinea con el

campo magnético y, por el contrario, cuando el momento del electrón se alinea contra el campo magnético el estado de energía será el más alto. Por lo tanto, la detección de estas transiciones de energía, que se reflejan en una amplitud de línea espectral, indica la presencia de electrones desapareados, y proporciona información sobre la identidad, estructura y dinámica de la muestra bajo estudio (Henry, 1997, p.47).

1.2.1 APLICACIONES EN DOSIMETRÍA DE RADIACIÓN

La radiación ionizante es capaz de generar un gran número de compuestos con electrones desapareados, que en general reaccionan rápidamente y se estabilizan en el orden de los milisegundos, sin embargo, existen algunos materiales en los que la difusión limitada, permite mantener durante largos periodos de tiempo a los electrones desapareados. La espectroscopía EPR permite medir la concentración de los radicales libres (con uno o más electrones desapareados) inducidos por radiación, la cual es proporcional a la dosis absorbida (Schauer, Iwasaki, Romanyukha, Swartz y Onori, 2007).

De esta manera esta técnica puede ser aplicada en dosimetría retrospectiva, cuando se requiere determinar la dosis absorbida por una persona, en situaciones accidentales de exposición a irradiación. El procedimiento implica la determinación del radical libre $\text{CO}_2^{\cdot-}$ en muestras irradiadas de esmalte dental. Este compuesto se origina de las impurezas de carbono que se unen a los cristales del mineral hidroxiapatita en formación, y que está presente en grandes cantidades en el esmalte dental (IAEA, 2002b, p. 2; Espitia, Díaz y Almanza, 2013). Con esta base, también se ha estudiado el uso de esta técnica para la detección de alimentos irradiados, a través de la identificación de radicales derivados de huesos, celulosa y azúcar cristalina (Negut y Cutrubinis, 2017, 3-6).

Así mismo, compuestos orgánicos como el aminoácido alanina (figura 1.3a), que en estado natural no es paramagnética, puede ser usado como dosímetro, debido

a que el efecto de su exposición a radiación ionizante, es la formación de radicales libres estables como se observa en la figura 1.3b.

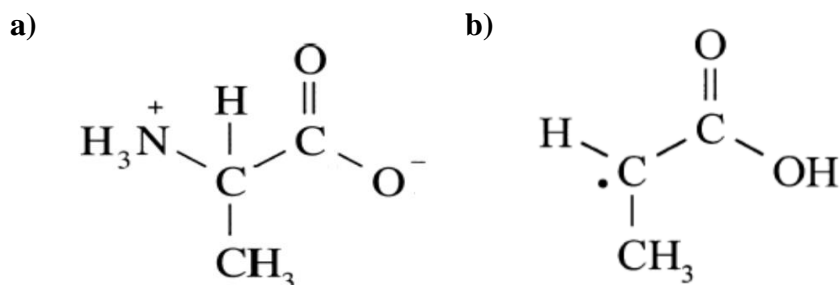


Figura 1.3. Molécula de L- α -alanina (a) y radical libre de alanina irradiada (b)

(Maghraby, 2012, pp. 656, 657)

1.2.2 SISTEMA DOSIMÉTRICO DE ALANINA

La medición de la dosis absorbida con este sistema se realiza cuantificando la energía de la radiación almacenada en los radicales libres formados, a través de un espectrómetro EPR. Este tipo de dosímetro por lo general viene en forma de pellets o films y es preparado usando α -alanina (CH₃-CH(NH₂)-COOH) la cual se encuentra disponible a nivel comercial en grado de pureza espectroscópica (IAEA, 2017, p. 24). Este sistema dosimétrico puede ser usado como sistema de referencia, transferencia o rutina en diferentes aplicaciones como: irradiación de alimentos, modificación de polímeros esterilización de productos médicos y productos farmacéuticos, y terapia médica (IAEA, 2002, p. 89).

De acuerdo con la norma ISO/ASTM 51607 (2013), el sistema dosimétrico de alanina-EPR debe usarse dentro de parámetros que se señalan en la tabla 1.2 (p.1). Las principales ventajas del uso de este sistema dosimétrico son la estabilidad a largo plazo, una lectura rápida y directa de la dosis absorbida, y debido a que la medición de la dosis implica un procedimiento no destructivo, los dosímetros pueden leerse repetidamente. El principal factor que afecta la lectura de dosis es la variación de temperatura de +0,25 % por °C (IAEA, 2017, p. 24).

Tabla 1.2. Condiciones para la medición de dosis con el sistema dosimétrico de alanina-EPR.

| Parámetro | Valor |
|--|--|
| Rango de dosis absorbida (Gy) | 1 - 1,5x10 ⁵ |
| Tasa máxima de dosis absorbida (Gy/s) | 10 ² (campo de radiación continuo) 3x10 ¹⁰ (campo de radiación discontinuo) |
| Energía de radiación para fotones y electrones (MeV) | 0,1 - 30 |
| Rango de temperatura de irradiación (°C) | -78 a+70 |

(ISO/ASTM, 2013, p. 1)

1.3 VALIDACIÓN DEL PROCESO DE IRRADIACIÓN

Un programa de validación completo tiene el objetivo de proporcionar la documentación necesaria para aprobar un producto irradiado. Para su implementación se requiere verificar que la planta de irradiación cumple con los requisitos de la instalación (cualificación de la instalación), funciona de acuerdo con las especificaciones de su diseño (cualificación operacional), y la aplicación del tratamiento requerido a un producto específico se encuentra dentro de los rangos de tolerancia predeterminada (cualificación del comportamiento funcional) (IAEA, 2017, p. 34).

1.3.1 CUALIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN (CI)

La cualificación de la instalación se realiza por primera vez luego de la puesta en marcha, e implica la prueba, calibración y caracterización del equipo de la instalación, es decir, de la fuente, los sistemas de control auxiliar, el sistema de transporte, equipo de pesaje y los sistemas dosimétricos.

Posteriormente, este proceso debe realizarse anualmente y cada vez que se presenten cambios que puedan influir en la distribución de dosis en los productos tratados, con el objetivo de evaluar la efectividad, predictibilidad y reproducibilidad de la instalación para el rango de condiciones de operación. Esto se logra con la elaboración de un protocolo donde se establezca los criterios de aceptación entre el operador del irradiador y los proveedores.

Dentro de estos criterios se debe considerar el rango operacional de los parámetros que pueden afectar la dosis absorbida por el producto. Para el caso de un irradiador gamma, estos parámetros corresponden a la intensidad y disposición de la fuente, la geometría, el tiempo de permanencia del producto en la cámara de irradiación y la densidad aparente de la carga (IAEA, 2002a, p. 55; IAEA, 2017, p. 36).

1.3.1.1 Caracterización de un irradiador gamma

Antes del uso de la instalación con fines comerciales, se debe documentar los elementos que componen un irradiador. La primera característica que se debe definir es el tipo de radionucleido que utiliza, que puede ser cesio 137 (^{137}Cs) o el más común, el cobalto 60 (^{60}Co). La segunda característica es la actividad de la fuente, expresada en becquerel (Bq) que equivale al número de desintegraciones radiactivas por segundo, o en curie (Ci) que es la actividad de un gramo de ^{226}Ra . Este valor debe estar asociado a una fecha, y como referencia se debe utilizar el valor inicial de actividad que se registra en los certificados de la fuente proporcionados por el proveedor. La actividad de una fuente que utiliza ^{60}Co puede calcularse con la ecuación 1.9 (IAEA, 2017, p. 14).

$$A = A_0 \cdot e^{\left(\frac{-\ln 2 \cdot (d)}{1925,2}\right)} \quad [1.8]$$

Donde:

A: actividad después de d días de desintegración

A_0 : actividad inicial

d : tiempo transcurrido entre A y A_0

Los radionucleidos se colocan en tubos metálicos denominados “lápices” que a su vez se ubican sobre un bastidor metálico conocido como “portafuente”. Por lo tanto, la geometría de la fuente se define con la actividad, número y dimensión de cada lápiz, así como la forma y el tamaño del bastidor. Estos elementos también deben caracterizarse y documentarse.

1.3.1.2 Tiempo de permanencia y densidad aparente

La dosis absorbida por un producto depende del tiempo de permanencia, y de la densidad aparente de la carga del proceso. Estas relaciones se establecen durante la cualificación de la instalación, y se emplean también en la cualificación operacional y del comportamiento funcional.

El proceso para determinar los parámetros mencionados consiste en procesar cargas con productos reales o con productos de prueba que tengan características similares, con una densidad media aparente cercana lo más parecida posible al producto que se desea irradiar en la instalación. A este producto se colocan dosímetros, especialmente, en las áreas donde se espera obtener la dosis mínima. Posteriormente se obtiene las relaciones entre las variables: dosis y densidad del producto con respecto al tiempo de permanencia, a través de un análisis de regresión, como el ejemplo que se presenta en la figura 1.4. Para este caso se observa que la dosis depende linealmente del tiempo de permanencia (IAEA, 2002a, p. 55).

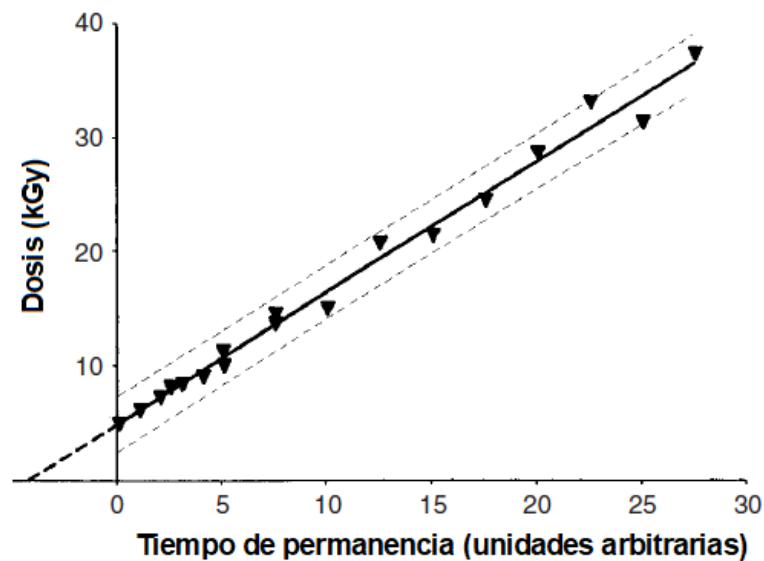


Figura 1.4. Relación entre la dosis mínima en función del tiempo de permanencia. Cada punto corresponde al promedio de tres dosímetros en forma de films

(IAEA, 2002a, p. 56)

1.3.2 CUALIFICACIÓN OPERACIONAL (CO)

La cualificación operacional (CO) de un irradiador implica la determinación de la magnitud, distribución y reproducibilidad de la dosis entregada. El objetivo es verificar el funcionamiento del irradiador conforme a las especificaciones y el desarrollo de los procesos en los rangos de tolerancia establecidos (IAEA, 2017, p.37). Para ello se requiere previamente completar la calificación de la instalación (CI), es decir, que los equipos que puedan generar un impacto en la administración de dosis, se mantengan dentro de los límites especificados.

La CO se logra principalmente mediante el mapeo de dosis, que consiste en colocar dosímetros en aire o en un producto simulado formado de un material de densidad homogénea, que llena por completo el contenedor de irradiación. Además, se deben documentar otros procedimientos que superen los límites del uso normal del irradiador, para demostrar los límites de uso confiable (IAEA, 2013, pp. 63, 64).

1.3.3 CUALIFICACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FUNCIONAL (CCF)

Para la cualificación del comportamiento funcional se utiliza el mapeo de dosis en productos que se prevé tratar de forma rutinaria o productos con características físicas idénticas. La parte central de la *CCF* es establecer y especificar la dosis máxima que el producto puede tolerar, y la dosis mínima necesaria de acuerdo con el objetivo del tratamiento. El objetivo es verificar que el equipo funciona de acuerdo con lo previsto y que se cumplen las especificaciones del proceso. Para ello se debe generar y aprobar un protocolo con los criterios de aceptación entre la entidad explotadora del irradiador y el cliente (IAEA, 2013, p. 75).

Debido a que la distribución de dosis varía según las características del producto y la disposición de la carga en la cámara de irradiación, la cualificación del comportamiento funcional debe realizarse siempre que se modifiquen los parámetros a usarse en el tratamiento de rutina (IAEA, 2017, p. 38).

1.3.3.1 Caracterización del producto

El producto a irradiar debe ser especificado con precisión, y las características cuantitativas deben incluir los rangos de tolerancia. Dentro de las especificaciones del producto se debe incluir la información que se detalla a continuación.

- Nombre, descripción y medios de identificación
- Material de embalaje
- Condiciones de almacenamiento antes y después de la irradiación
- Calidad del producto antes de la irradiación
- Finalidad del tratamiento con irradiación

El tratamiento de irradiación sólo se justifica cuando resulta beneficioso para cubrir una necesidad tecnológica o para la protección de la salud del consumidor. La irradiación no sustituye las buenas prácticas agrícolas, las prácticas de higiene y las buenas prácticas de fabricación, por ello es importante que el propietario del

producto asegure el cumplimiento de normas de calidad e inocuidad (IAEA, 2017, pp. 39-42).

1.3.3.2 Caracterización del proceso

Este proceso, a cargo del cliente de la instalación de irradiación, consiste en definir el intervalo de dosis aceptable del producto a irradiar, a través de la determinación del nivel mínimo y máximo de dosis. En este punto prevalecen los límites reglamentarios para un producto o aplicación.

Sobre el nivel de dosis mínima y bajo el nivel de dosis máxima se consigue la finalidad técnica deseada con el tratamiento. Por encima de este rango, puede presentar deterioro de la calidad del producto.

Los límites de dosis se pueden determinar experimentalmente y dependen de diversos factores, como:

- tipo de producto y condición en la que se encuentra
- sensibilidad de los materiales o compuestos a la irradiación
- cantidad y tipo de organismos que contaminan el producto
- estado fisiológico en que se encuentran

Una vez que se obtiene el intervalo de dosis, se verifica en la instalación que se pueda aplicar dicho rango de dosis para cargas comerciales, y se toma en cuenta las incertidumbres, lo cual dará lugar a un intervalo de dosis objetivo, que es más exigente al especificado inicialmente, como se observa en la figura 1.5 (IAEA, 2017, pp.46-48).

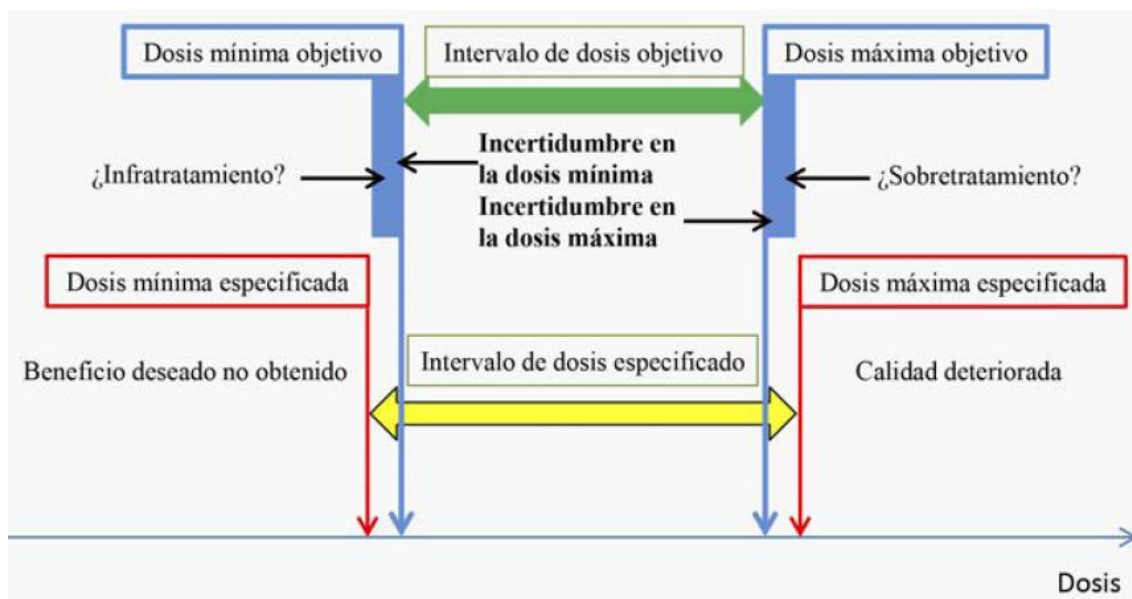


Figura 1.5. Intervalo de dosis especificado y objetivo
(IAEA, 2017, p. 48)

2 METODOLOGÍA

2.1 FUENTE DE RADIACIÓN

El irradiador de rayos gamma utilizado está ubicado en la Campus “José Rubén Orellana”, Escuela Politécnica Nacional (EPN), fue diseñado por el Comisariato de Energía Atómica (CEA) de Francia, y su construcción estuvo a cargo de técnicos ecuatorianos asesorados por técnicos franceses. En la figura 2.1 se puede observar la cámara de irradiación dentro del edificio Casamata.



Figura 2.1. Irradiador de Cobalto 60 de la EPN

La creación de esta instalación, cuyo funcionamiento inició en 1980, se realizó con los siguientes objetivos:

- Apoyo a la investigación científica, sobre todo en el desarrollo de las aplicaciones de las radiaciones como fuentes intensas de radiación y su acción sobre los materiales.
- Ayuda en la introducción de esta técnica dentro del ámbito industrial del país.
- Prestación de ayuda en este campo a la industria del país

2.1.1 ESTRUCTURA DEL IRRADIADOR

El irradiador de la EPN es de tipo panorámico, categoría III-VI, con almacenamiento en húmedo. Su estructura está conformada por:

- a) la cámara de irradiación propiamente dicha,
- b) sistema de elevación de la fuente y
- c) la piscina de almacenamiento de la fuente cuando no está en uso

En la figura 2.2 se esquematiza la estructura del irradiador.

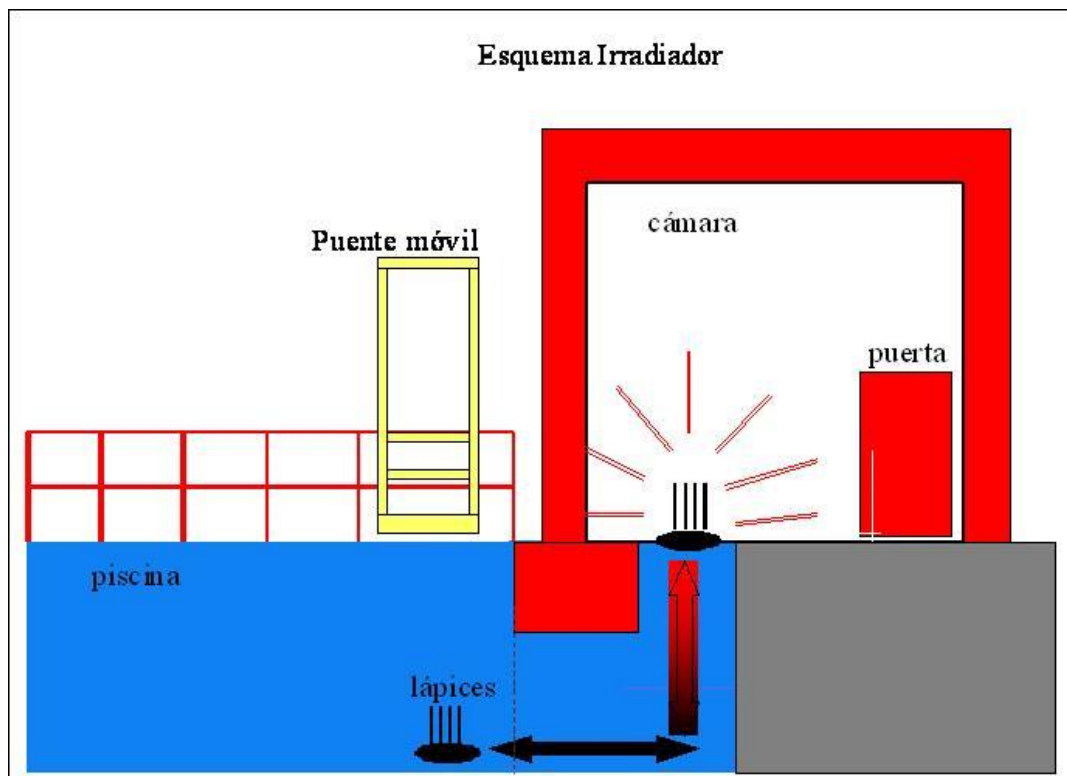


Figura 2.2. Esquema del irradiador de rayos gamma de la EPN

2.1.2 CÁMARA DE IRRADIACIÓN

La cámara de irradiación presenta un blindaje fijo de paredes de hormigón armado con las dimensiones y características que se presentan en la tabla 2.1.

Tabla 2.1. Características de la cámara de irradiación de la fuente de cobalto-60 de la EPN.

| Característica | Descripción |
|----------------|---|
| Dimensiones | Largo: 4 m Ancho: 4 m Altura: 2,6 m |
| Blindaje | Material: Hormigón armado Densidad: 2,35 g/cm ³ Espesor de paredes: 1,5 m Espesor de techo: 1,4 m |

En la figura 2.3 se puede apreciar el interior de la cámara de irradiación, en la cual existe un agujero circular por donde sobresale la fuente, y una ventana que tiene un vidrio especial plomado, a través de la cual se puede observar el interior de la cámara.



Figura 2.3. Interior de la cámara de irradiación

El irradiador posee un sistema de control e interlock que es operado manualmente y consta de las siguientes partes:

- Punto de ronda del sistema, ubicado en el interior de la cámara de irradiación, desde el cual se activa el mecanismo de elevación de la fuente.
- Sistema de cerraduras de seguridad, que se activan cuando se ha cerrado la puerta del irradiador y no se pueden abrir cuando la fuente cobalto está dentro de la cámara de irradiación
- Sistema electrónico de alarma sonora y luminosa que se activa cuando detecta la presencia de radiación gamma

2.1.3 CONFIGURACIÓN DE LA FUENTE

La radiación gamma de la fuente de la EPN es emitida por ^{60}Co , radioisótopo que fue fabricado en Francia por CIS BIOINTERNATIONAL. Este radioisótopo está contenido en 12 lápices de acero inoxidable que están codificados y dispuestos en una canasta cilíndrica como se observa en la figura 2.4.

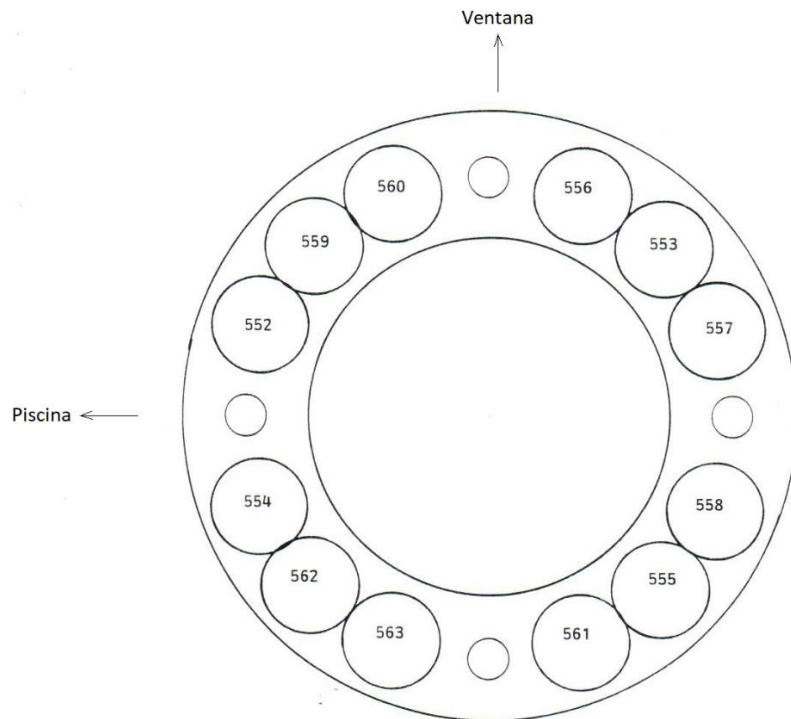


Figura 2.4. Disposición de las fuentes del irradiador de la Escuela Politécnica Nacional (Bory, 1991)

En la figura 2.5. se puede observar la canasta cilíndrica que contiene los lápices y está acoplada a un carro elevador. Cuando la fuente no está en uso, se encuentra en el fondo de una piscina de 4,5 m de profundidad. El carro elevador, mediante un motor y un sistema de poleas, lleva los lápices a la cámara de irradiación.

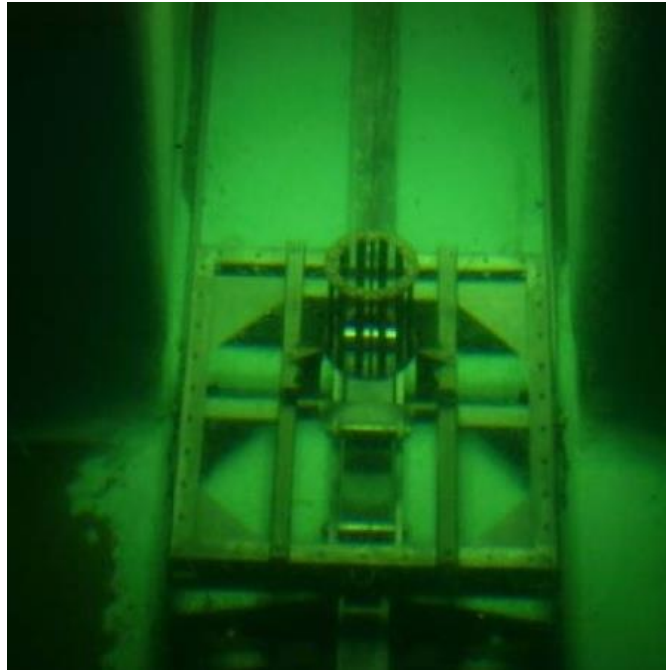


Figura 2.5. Detalle del rack, lápices y carro elevador

Las características del rack y los lápices que forman la fuente ^{60}Co se presentan en la tabla 2.2.

Tabla 2.2. Características de la fuente de ^{60}Co de la EPN

| Característica | Descripción |
|--------------------|--------------------------------------|
| Rack | |
| Forma | Canasta cilíndrica |
| Material | Acero inoxidable |
| Diámetro | Interno = 17 cm Externo = 23,8 cm |
| Altura | 31 cm |
| Número de agujeros | 12 |
| Lápices | |
| Sección | Rectangular |
| Material | Acero inoxidable |
| Dimensiones | 1 cm x 2 cm x 35 cm |
| Número | 12 |

2.1.4 CÁLCULO DE LA ACTIVIDAD DE LA FUENTE

La fuente de ^{60}Co instalada tiene una actividad máxima de diseño de 150 000 Ci. Al inicio de su funcionamiento, en 1980, presentaba una carga de 20 000 Ci. Posteriormente, en 1990 se realizó un reemplazo de lápices y se colocaron 12 lápices con una actividad total de 40 700 Ci.

En la tabla 2.3 se presenta la actividad inicial (01-12-1990) con la codificación se señala en la figura 2.3. Para el cálculo de la actividad en curies en las diferentes fechas se utilizó la ecuación 1.8.

Tabla 2.3.Actividad inicial de los lápices de ^{60}Co

| No. Lápiz | No. Fuente | Actividad (Ci) [Al 1-12-1990] |
|-----------------------------|------------|-------------------------------|
| 1 | 552 | 3344 |
| 2 | 553 | 3240 |
| 3 | 554 | 3395 |
| 4 | 555 | 3529 |
| 5 | 556 | 3261 |
| 6 | 557 | 3230 |
| 7 | 558 | 3582 |
| 8 | 559 | 3312 |
| 9 | 560 | 3261 |
| 10 | 561 | 3529 |
| 11 | 562 | 3498 |
| 12 | 563 | 3519 |
| ACTIVIDAD TOTAL (Ci) | | 40700 |

2.2 MAPEO DE TASA DE DOSIS DE LA CÁMARA DE IRRADIACIÓN

2.2.1 SISTEMA DOSIMÉTRICO ALANINA-EPR

El sistema dosimétrico seleccionado para la calibración de la geometría de este recinto fue la dosimetría de alanina con dosímetros tipo pellets y medición en un equipo de resonancia paramagnética (EPR).

Es sistema dosimétrico seleccionado comprende los siguientes elementos:

Dosímetros: Dosímetros de alanina tipo pellet E2044562, distribución másica 64,5 +/- 0,5 mg; marca Bruker BioSpin. No. Batch: T020604



Figura 2.6. Caja con dosímetros de alanina Lote T020604

Equipo para la lectura: Equipo de resonancia paramagnética (EPR), Marca Bruker; Modelo e-SCAN con conexión a ordenador y software Bruker-Scan.



Figura 2.7. EPR marca Bruker e-Scan

Holder utilizados: Se utilizaron el holder PL0132 para dosis entre 250 a 10 000 Gy y el holder PX0063 para dosis entre 50 Gy y 2 000 Gy



Figura 2.8. Holder Marca Bruker

Fuente de radiación: Fuente de cobalto 60 tipo cilindro con 12 lápices radiactivo;

Patrón de referencia: sets de calibración y software del equipo EPR. Se tiene además los certificados de calibración del lote T020604 para dosis entre 50 y 2 000 Gy y los certificados de calibración del lote T020604 para dosis entre 250 a 10 000 Gy (Ver ANEXO 1).



Figura 2.9. Set de calibración de dosímetros marca Bruker

Material para equilibrio electrónico: Planchas de poliestireno de 1cm de espesor.

Materiales utilizados en la medición: Soportes de madera para dosímetros, fundas plásticas con cierre ziploc, cobertores de poliestireno para soportes de madera, termómetro, pinzas, desecadores, cámaras climáticas, etc.

Condiciones ambientales: Se controló la temperatura de irradiación inicial y la temperatura más alta obtenida durante la irradiación, dentro del bunker. Para el almacenamiento de los dosímetros estos fueron colocados dentro de una cámara climatizada, aislados de la luz y a una temperatura de 17°C y humedad relativa: 20%.

Las lecturas se realizaron entre 24 y 48 horas después de la irradiación.

2.2.2 DISTRIBUCIÓN DE DOSÍMETROS EN LA CÁMARA DE IRRADIACIÓN

Para la determinación de la tasa de dosis absorbida se determinaron los puntos a irradiar dentro de la cámara de irradiación, con base en tres variables de referencia: la ubicación, la distancia con respecto a la fuente y la altura con respecto a la superficie del campo de irradiación.

A continuación se describen cada uno de ellos:

- Ubicación: Norte, sur, este, oeste, noreste, noroeste, sureste, suroeste; (Total 8). Esta nomenclatura se tomó de forma arbitraria como referencia dentro de la cámara de irradiación, siendo el norte la pared en la cual se encuentra la ventana panorámica.
- Distancia desde la fuente: 20 cm, 30 cm, 40 cm, 60 cm, 80 cm, 100 cm, 150 cm; (Total 7). Esta distancia se considera desde la circunferencia externa del cilindro que forma la fuente de Cobalto 60 cuando se encuentra en la posición de irradiación dentro del bunker
- Alturas con respecto al piso: 0 cm, 20 cm, 40 cm, 60 cm, 80 cm, 100 cm, 150 cm; (Total 7). Estas alturas están referenciadas al suelo del Bunker y corresponden a cada punto en cada ubicación y distancia determinada.

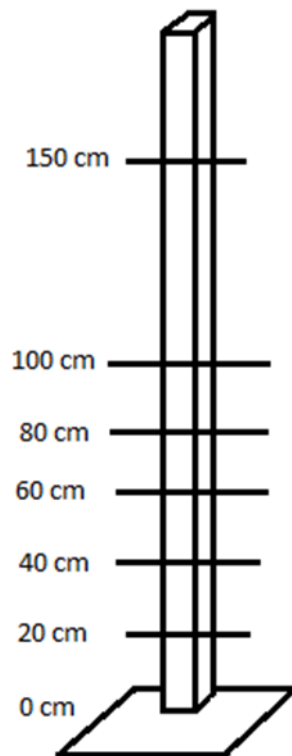


Figura 2.10. Esquema del soporte de madera

- Total de puntos: Considerando un punto por ubicación, por distancia y por altura, obtenemos un total de **392 puntos** en este mapeo.
- Dosímetros por punto: Para garantizar la repetitividad de las mediciones se utilizaron 3 dosímetros de alanina tipo pellet por punto. Cada dosímetro se midió por 2 veces en el equipo EPR.
- Total de dosímetros: al existir 392 puntos y 3 dosímetros por punto, a continuación se presenta el esquema de los puntos seleccionados para el mapeo de este campo de radiación, se muestra un esquema gráfico en la figura 2.6

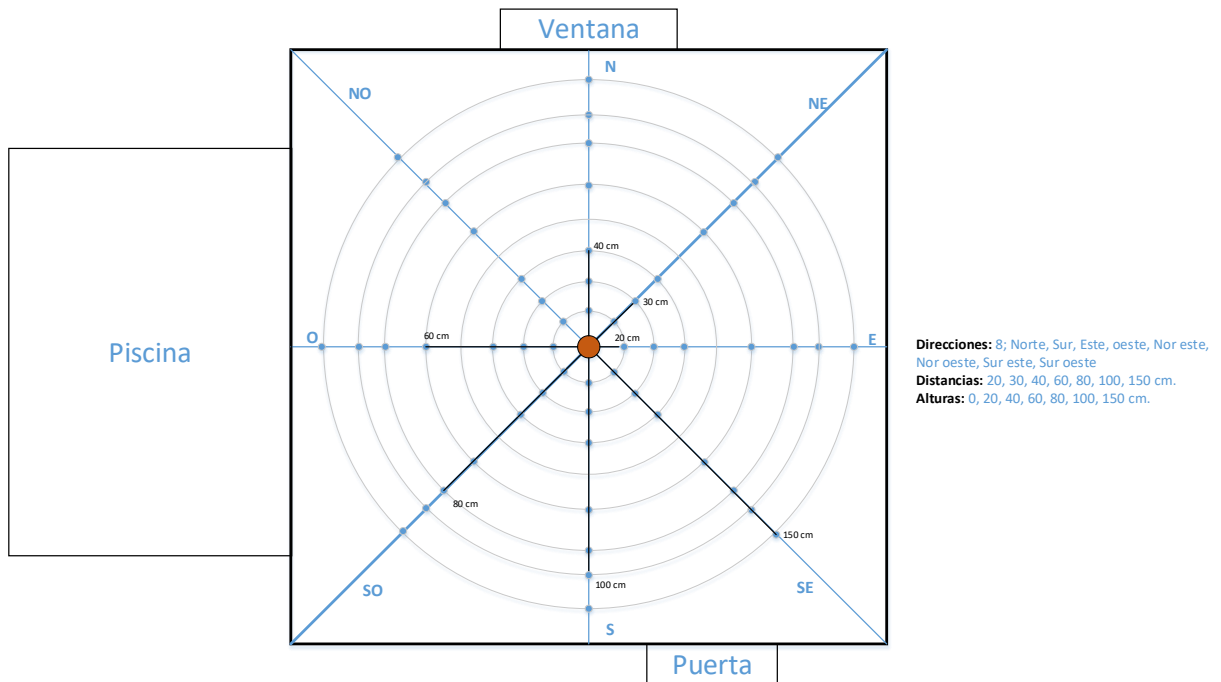


Figura 2.11. Esquema de ubicación de dosímetros en la cámara de irradiación

Una vez determinados los puntos a ser irradiados dentro de la cámara, se procedió a preparar los dosímetros, colocándolos en los soportes de madera en función de las diferentes alturas seleccionadas.

La figura 2.12 detalla la forma como se prepararon los dosímetros en los soportes:



Figura 2.12. Preparación y ubicación de dosímetros en soportes

Los dosímetros fueron irradiados durante 24 horas y luego fueron leídos en el equipo EPR con el holder PL0132 para dosis mayores a 2 000 Gy y el holder PX0063 para dosis hasta 2000 Gy.

Los datos obtenidos fueron utilizados como base para participar en el “Ensayo de Aptitud por Comparaciones Interlaboratorio en Irradiación y Medición de Dosímetros” dentro del proyecto Regional RLA1013 del Organismo Internacional de Energía Atómica.

Se irradiaron dosímetros de alanina marca Harwell Tipo Pellet, Lote: BF 616 a 1 kGy, 5 kGy, 10 kGy y 25 kGy y fueron enviados al “Laboratorio de Altas Dosis de la Comisión Nacional de Energía Atómica de la República Argentina”. En este caso se utilizó el holder PL0132 con un rango de dosis hasta 80 kGy.

2.2.3 CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE EN EL MAPEO

Para el cálculo de la incertidumbre combinada en el mapeo de tasa de dosis en la cámara de irradiación se tomaron en cuenta los siguientes tipos:

Incertidumbre tipo A. Se estableció como este tipo a la asociada al número de repeticiones. Se tomaron dos mediciones y se utilizaron 3 dosímetros por punto, por lo que $n=6$. Se utilizó la ecuación 1.3 para el cálculo de esta incertidumbre.

Incertidumbre tipo B. Se establecieron como incertidumbres de este tipo, las siguientes:

- Incertidumbre asociada a la calibración de los holders (insertos) para el lote de dosímetros T020604. Se utilizó la ecuación 1.4, con los datos de los certificados de calibración ($k=2$ y la incertidumbre asociada $\pm 2,2\%$, Ver ANEXO 1)
- Incertidumbre asociada a la resolución del instrumento, en este caso del EPR marca Bruker, con un valor de resolución de 0,01 kGy. Para calcular esta incertidumbre se utilizó la ecuación 1.5.

La incertidumbre combinada de las anteriores A y B, se calculó con la ecuación 1.2.

2.3 ENSAYOS DE REPETIBILIDAD

2.3.1 REPETICIÓN DE ENSAYOS A 100 CM

Para establecer la repetibilidad de los datos obtenidos se decidió realizar 3 repeticiones del mapeo de dosis a una distancia de 100 cm de la fuente. Esta vez se colocó un dosímetro en cada posición a cada altura. El tiempo de irradiación para cada repetición fue de 48 horas.

Se realizó la medición en el EPR, se tabularon los datos y se obtuvo la desviación estándar entre las distintas mediciones.

Las fechas de irradiación fueron las siguientes:

Repetición 1: 29/05/2018

Repetición 2: 04/06/2018

Repetición 3: 20/06/2018

2.3.2 CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE EN LAS REPETICIONES

Para el cálculo de la incertidumbre combinada en los valores medidos de los ensayos de reproducibilidad, se procedió al igual que en el punto 2.2.3.

Incertidumbre tipo A. Se estableció como este tipo a la asociada al número de repeticiones. En este caso se utilizó un dosímetro por punto, la medición se realizó por triplicado durante las 3 repeticiones por lo que $n=9$. Se utilizó la ecuación 1.3 para el cálculo de esta incertidumbre.

Incertidumbre tipo B. Se establecieron como incertidumbres de este tipo, las siguientes:

- Incertidumbre asociada a la calibración de los holders (insertos) para el lote de dosímetros T020604. Se utilizó la ecuación 1.4, con los datos de los certificados de calibración ($k=2$ y la incertidumbre asociada $\pm 2,2\%$, Ver ANEXO 1)
- Incertidumbre asociada a la resolución del instrumento, en este caso del EPR marca Bruker, con un valor de resolución de 0,01 kGy. Para calcular esta incertidumbre se utilizó la ecuación 1.5.

La incertidumbre combinada de las anteriores A y B, se calculó con la ecuación 1.2.

2.4 MAPEO DOSIMÉTRICO DE CAJAS DE FLORES DE EXPORTACIÓN

El uso de la irradiación como medida fitosanitaria requiere una serie de procedimientos que permitan garantizar la efectividad del tratamiento. En el caso de las flores, como la *Gypsophila*, la irradiación es de utilidad como tratamiento fitosanitario ya que sirve para controlar artrópodos como el minador (*Liriomyza huidobrensis*, *Liriomyza trifolii*, *Liriomyza sativae*), áfidos (*Macrosiphum euphorbiae*), ácaros (*Tetranychus urticae*) y trips (*Frankliniella occidentalis*), que son plagas cuarentenarias reglamentadas en países importadores de este producto, como Estados Unidos (Agrocalidad, 2015, pp. 6-12).

De acuerdo con el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés), la dosis mínima que debe ser aplicada para el uso de la irradiación como tratamiento cuarentenario es 400 Gy para las plagas de la clase Insecta, excepto pupas y adultos del orden Lepidoptera (USDA, 2016, p. 5-2-69). Es importante entonces asegurar que la dosis mínima absorbida por el producto sea la requerida para garantizar que las plagas que puedan sobrevivir a la irradiación no se puedan reproducir. Esto se logra mediante un estudio de la distribución y uniformidad de la dosis absorbida en el producto, lo cual implica conocer los puntos

donde se encuentran la dosis máxima, mínima, y el índice de uniformidad de dosis (DUR) (CIPF, 2016, pp. 6,7).

Para el mapeo de dosis se utilizó el sistema dosimétrico de alanina-EPR. Este tipo de dosímetro puede usarse en forma de pellets o films de 3-5 mm de diámetro y varias longitudes. Su aplicación es útil en un rango de dosis de 1 a 105 Gy e implica un procedimiento de medición no destructivo por lo que los dosímetros pueden leerse repetidamente. Se realizó el mapeo en los dos tipos de cajas utilizadas para la exportación de gypsophila llamadas “tabaco” y “cuarta”.

2.4.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS CAJAS DE FLORES DE EXPORTACIÓN

La gypsophila de exportación fue obtenida de la finca Flor Eterna Sisa Huiñai S.A. ubicada en la parroquia El Quinche, de la provincia de Pichincha, localizada al Nororiente de Quito. La flor se encontraba agrupada en ramos y empacada en cajas de cartón como se observa en la figura 1. Para las pruebas iniciales se irradiaron cajas C_{6r} que contenían 6 ramos con 10 tallos cada uno, y posteriormente se utilizaron cajas C_{12r} que contenían 12 ramos con 7 tallos cada uno.



Figura 2.12 Cajas de gypsophila de exportación marca “Eternal flower” tipo “cuarta” (izquierda) y tipo “tabaco”(derecha)

Luego de la recepción del producto se tomaron las medidas de las cajas para poder diseñar un esquema de la distribución de los dosímetros.

A continuación, en la tabla 2.4. se detallan las fechas de irradiación y actividades de la fuente de cobalto 60 respectivas:

Tabla 2.4 Actividad de la fuente en las fechas de irradiación para las pruebas

| Prueba | Fecha de irradiación | Actividad de la fuente (Ci) |
|--|-----------------------------|------------------------------------|
| Cajas C _{6r} con producto | 23/02/2018 | 1133,6 |
| Cajas C _{6r} sin producto | 28/05/2018 | 1094,7 |
| Repetición caja C _{6r} sin producto | 01/06/2018 | 1093,5 |
| Cajas C _{12r} con producto | 11/07/2018 | 1077,8 |

2.4.2 MEDICIÓN DE DOSIS ABSORBIDA

La medición de la dosis absorbida se realizó mediante el uso de dosímetros de alanina en forma de pellet.

Para colocar los dosímetros dentro de las cajas, el volumen de estas se dividió de forma geométrica en 54 puntos distribuidos en 3 niveles verticales (A, B, C); cada nivel con 6 secciones horizontales (1, 2, 3, 4, 5, 6) y cada sección con tres caras: frontal, media e inferior (F, M, I). En la figura 2.13 se esquematiza esta división.

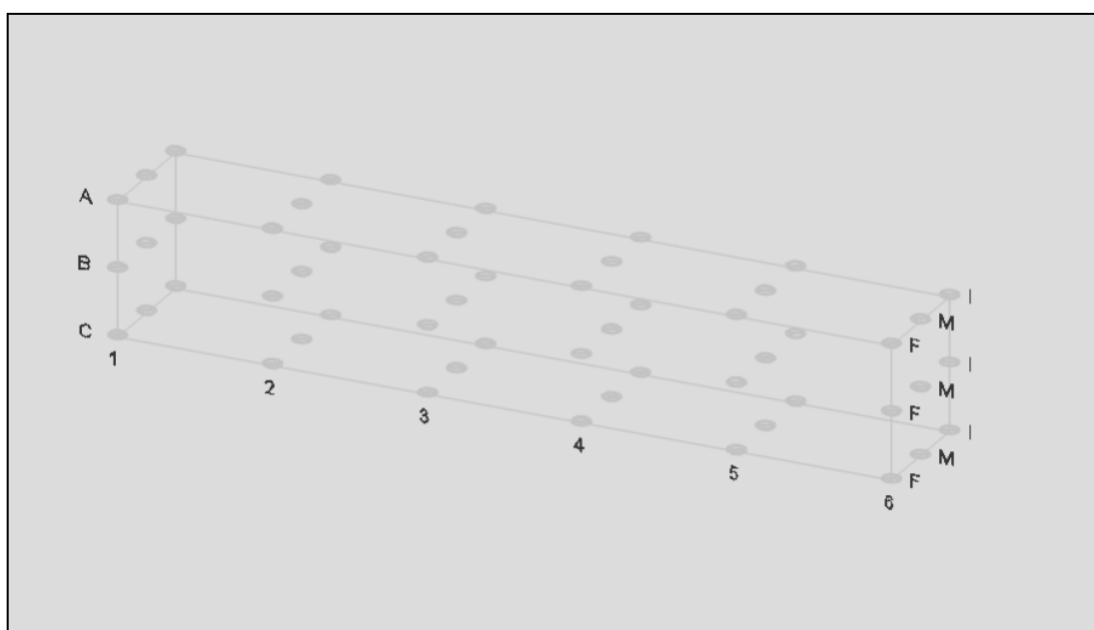


Figura 2.13 Esquema gráfico de la distribución de los dosímetros dentro de las cajas de gypsophila

Las cajas a ser irradiadas fueron rotuladas como Caja 1 y Caja 2. Los dosímetros utilizados fueron colocados en fundas plásticas y etiquetados de acuerdo a su ubicación. Posteriormente fueron asegurados en las cajas, con cinta adhesiva y láminas de poliestireno.

En un primer ensayo, realizado el 23 de febrero de 2018, las cajas C_{6r} con producto fueron irradiadas. Para este caso, se fijaron dos dosímetros por punto (108 en total) en cada caja, como se muestra en la figura 2.14.



Figura 2.14 Dosímetros ubicados dentro de las cajas con producto

La segunda prueba realizada desde el 28 de mayo consistió en realizar un mapeo de dosis en las cajas C_{6r} pero sin producto. Para ello se colocó un dosímetro en cada punto determinado, como se muestra en la figura 2.15.



Figura 2.15 Colocación de dosímetros en las cajas vacías de gypsophila de exportación

Posteriormente, el 11 de julio se realizó una prueba de distribución de dosis en cajas C_{12r} con producto. Previo a ello, para determinar con mayor precisión el tiempo de irradiación, se irradiaron durante 48 horas, tres soportes en los cuales se colocaron dosímetros en 9 puntos correspondientes a la cara posterior de las cajas C_{12r}, como se observa en la figura 2.16. Los dosímetros se colocaron en el interior de cilindros huecos de poliestireno para simular el producto en la caja, y se fijaron en los soportes.

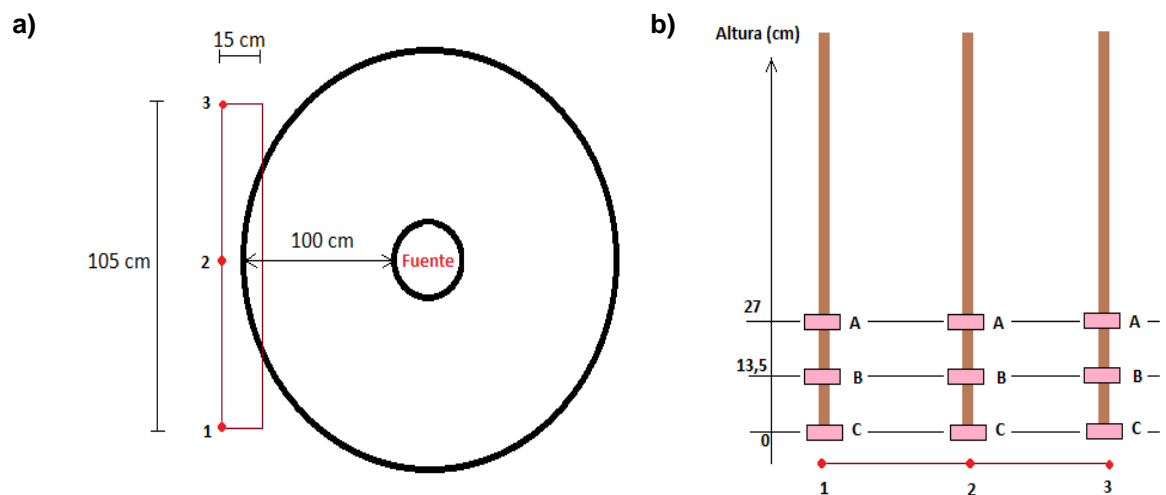


Figura 2.16 Ubicación de los soportes en cámara de irradiación (a), y de dosímetros en los soportes (b).

Con los resultados obtenidos en esta prueba se determinó el tiempo de irradiación para obtener una dosis de 0,40 kGy en las cajas C_{12r} de gypsophila. Para la ubicación de los dosímetros se utilizó el mismo procedimiento utilizado con las cajas C_{6r} .

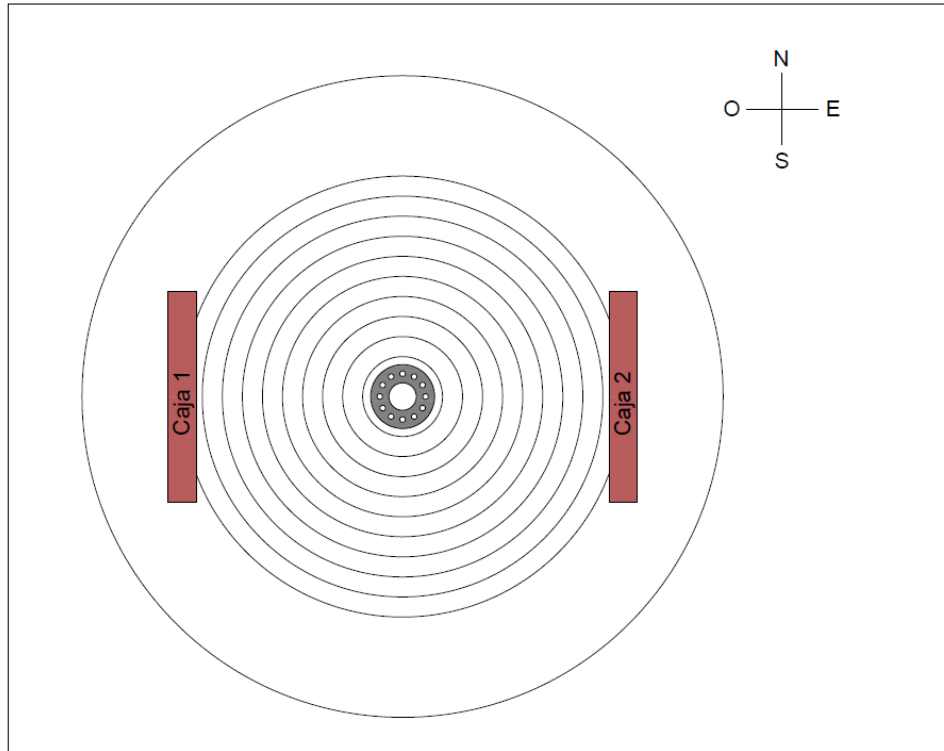


Figura 2. 17.Ubicación de las cajas en la cámara de irradiación

Para cada prueba se irradiaron 2 cajas representadas como C_1 y C_2 en dirección oeste, este respectivamente, que fueron ubicadas en la cámara de irradiación a nivel del suelo a diferentes distancias de la fuente. Para la ubicación de las cajas se tomó como referencia los anillos concéntricos marcados en el piso de la cámara que tienen una distancia de 10 cm entre sí, como se observa en la figura 2.17.

La dosis determinada para las pruebas con las cajas C_{6r} fue de 0,30 kGy. De esta manera y con valores obtenidos previamente de la tasa de dosis de la cámara de irradiación, se determinó el tiempo de irradiación, como se muestra en la tabla 2.5. Para el cálculo del tiempo de irradiación de las cajas C_{12r} se realizó previamente una prueba con los soportes donde se obtuvo una tasa de dosis actual.

Tabla 2.5 Distancia y tiempo de irradiación en pruebas de mapeo de cajas de gypsophila

| Prueba de mapeo | Distancia de la fuente (cm) | Dosis esperada (kGy) | Tiempo de irradiación | Procedimiento |
|-------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|---|
| Cajas C _{6r} con producto | 40 | 0,30 | 5 horas, 25 minutos y 33 segundos. | Dos cajas se irradiaron dividiendo el tiempo de irradiación en dos periodos de 2h, 42min, 54s, cada uno. |
| Cajas C _{6r} sin producto | 100 | 0,30 | 23 horas, 20 minutos y 42 segundos. | Dos cajas se irradiaron continuamente. Luego, se realizó la repetición de la caja 1 dividiendo el tiempo de irradiación en dos periodos de aproximadamente 11h, 40min, 21s, cada uno. |
| Cajas C _{12r} con producto | 100 | 0,40 | 40 horas, 16 minutos y 47 segundos. | Dos cajas se irradiaron dividiendo el tiempo de irradiación en dos periodos de 20h, 8min, 23s, cada uno. |

Luego de irradiar las cajas, se retiraron cuidadosamente los dosímetros de alanina y fueron colocados en el equipo EPR, marca Bruker. Para la medición se utilizó el holder PX-0063 que sirve para el rango de dosis empleado en estas pruebas.

2.5 ENSAYO DE DOSIS VS. TIEMPO DE PERMANENCIA

Se realizó finalmente un ensayo preliminar de linealidad de dosis vs. tiempo de permanencia a 100 cm de distancia y a 20 cm de altura. En la figura 2.18 se puede ver la disposición de los dosímetros.



Figura 2.18.Ubicación de las cajas en la cámara de irradiación

Para esto se irradiaron dosímetros de alanina, Lote T020604, con y sin recubrimiento de polimetilmetacrilato, entre 15 y 22 horas, por duplicado, entre el 31-07-2018 y el 1-08-2018.

Los dosímetros fueron leídos cada hora con el holder PX-0063 en el EPR, marca Bruker, luego fueron tabulados y graficados.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD DE LA FUENTE

Los diferentes experimentos se realizaron en distintas fechas, por lo que la actividad de la fuente también varió. En la tabla 3.1, a manera de ejemplo de cálculo, se presenta una tabla con la actividad para el 1ro. de agosto de 2018.

Tabla 3.1 Actividad calculada de la fuente al 1/08/2018

| No. Lápiz | No. Fuente | Actividad (Ci) [Al 1-12-1990] | Actividad (Ci) [Al 1-08-2018] |
|-----------------------------|------------|-------------------------------|--------------------------------|
| 1 | 552 | 3344 | 87,9 |
| 2 | 553 | 3240 | 85,2 |
| 3 | 554 | 3395 | 89,2 |
| 4 | 555 | 3529 | 92,8 |
| 5 | 556 | 3261 | 85,7 |
| 6 | 557 | 3230 | 84,9 |
| 7 | 558 | 3582 | 94,1 |
| 8 | 559 | 3312 | 87,1 |
| 9 | 560 | 3261 | 85,7 |
| 10 | 561 | 3529 | 92,8 |
| 11 | 562 | 3498 | 91,9 |
| 12 | 563 | 3519 | 92,5 |
| ACTIVIDAD TOTAL (Ci) | | 40700 | 1069,7 |

La actividad para el 1ro.de agosto de 2018 es de aproximadamente 1070 curíes, lo que representa un 2,6 % de la actividad inicial. Si bien esta actividad no es elevada para una instalación industrial de esterilización, permite, en el caso de la EPN, obtener tasas de dosis hasta de 150 Gy/h para estudios de tratamiento fitosanitario entre 400 a 1000 Gy, para el caso de frutas, vegetales y flores.

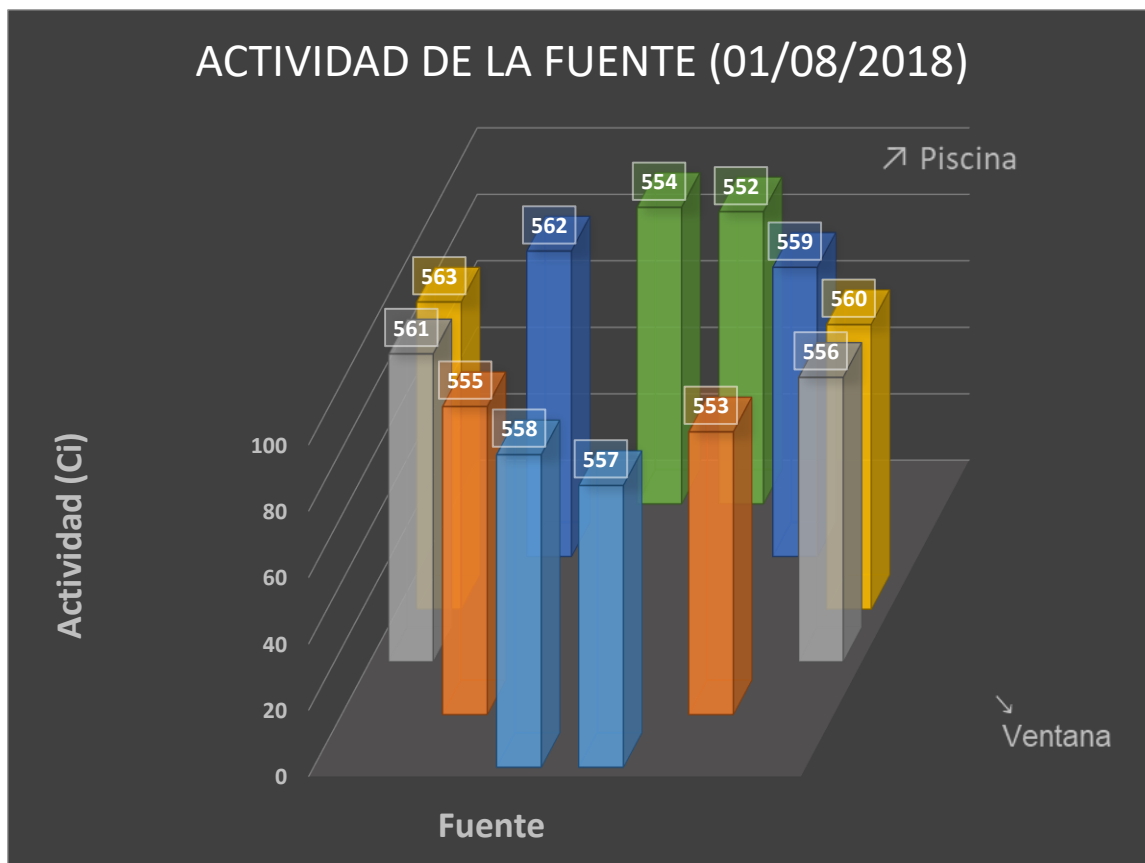


Figura 3.1. Distribución de actividades de los 12 lápices de ^{60}Co

3.2. RESULTADOS DEL MAPEO DE TASA DE DOSIS EN LA CÁMARA

3.2.1 DISTRIBUCIÓN DE DOSIS EN LA CÁMARA DE IRRADIACIÓN

Los resultados obtenidos a las diferentes alturas, posiciones y distancias se encuentran en el ANEXO 1.

A continuación, en las siguientes figuras se muestra la distribución de dosis en función de la distancia a la fuente, para las diferentes alturas a las cuales fueron ubicados los dosímetros:

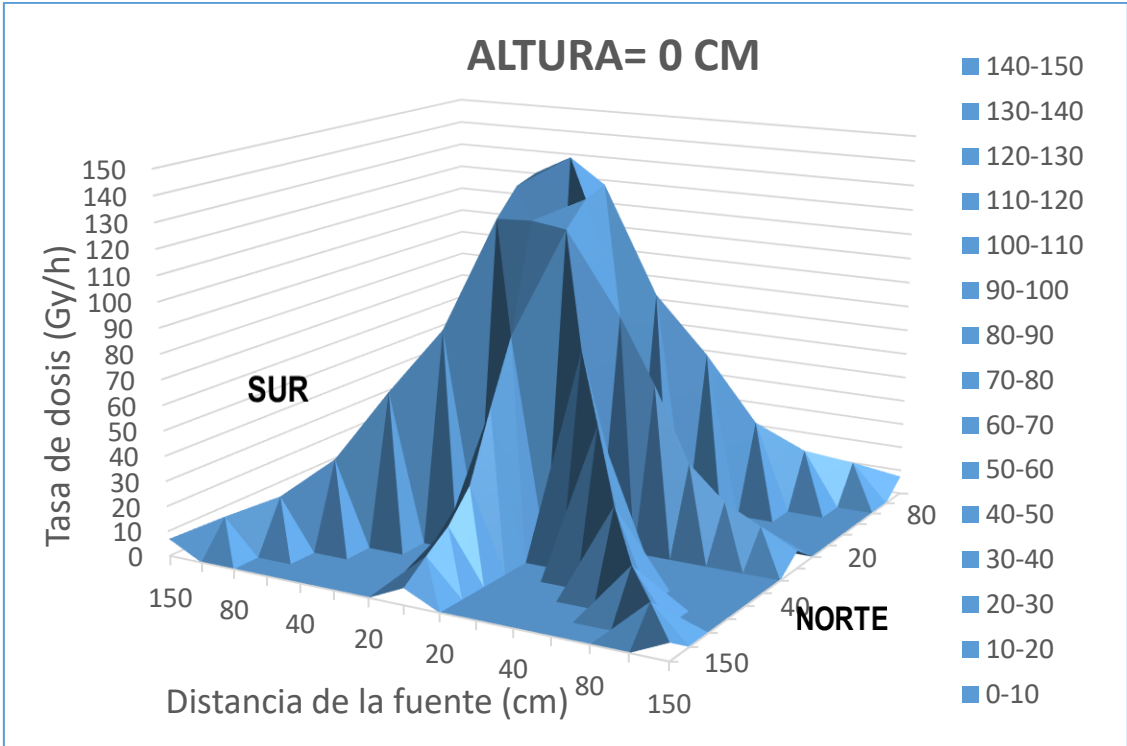


Figura 3.2. Distribución de tasa de dosis en la cámara de irradiación a 0 cm de altura

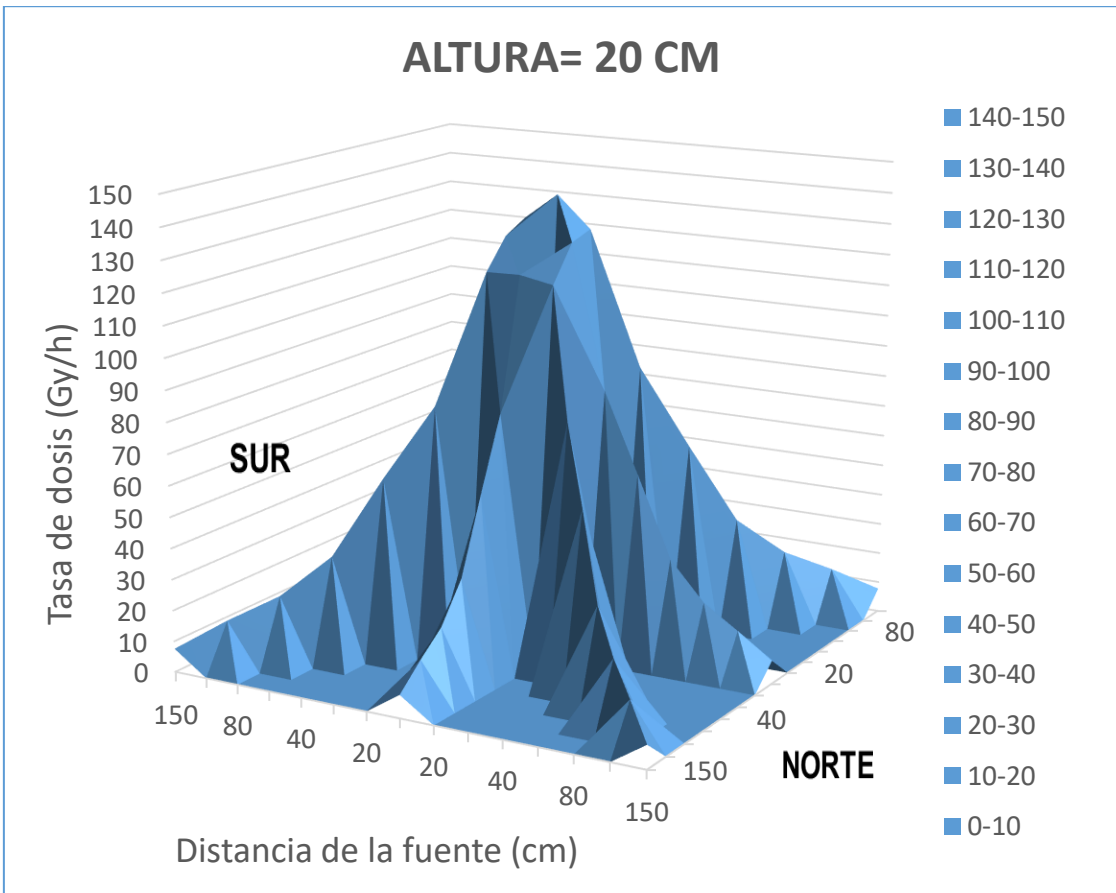


Figura 3.3. Distribución de tasa de dosis en la cámara de irradiación a 20 cm de altura

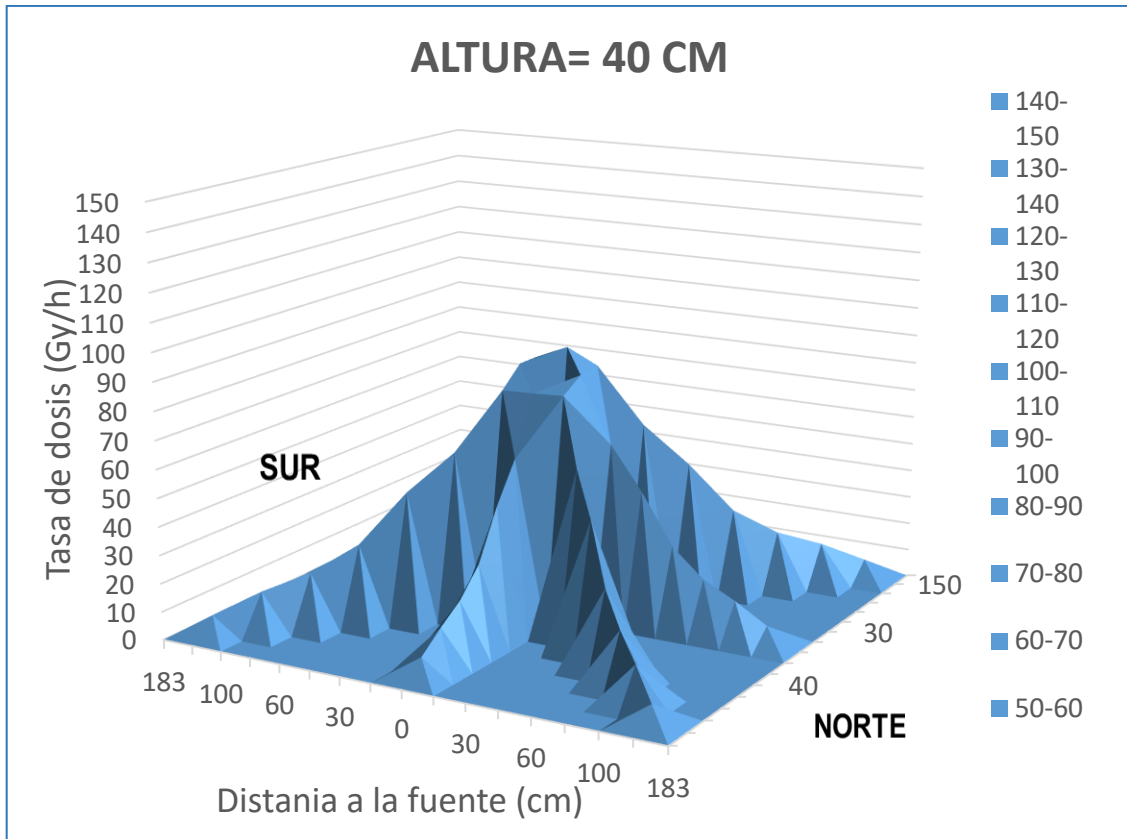


Figura 3.4. Distribución de tasa de dosis en la cámara de irradiación a 40 cm de altura

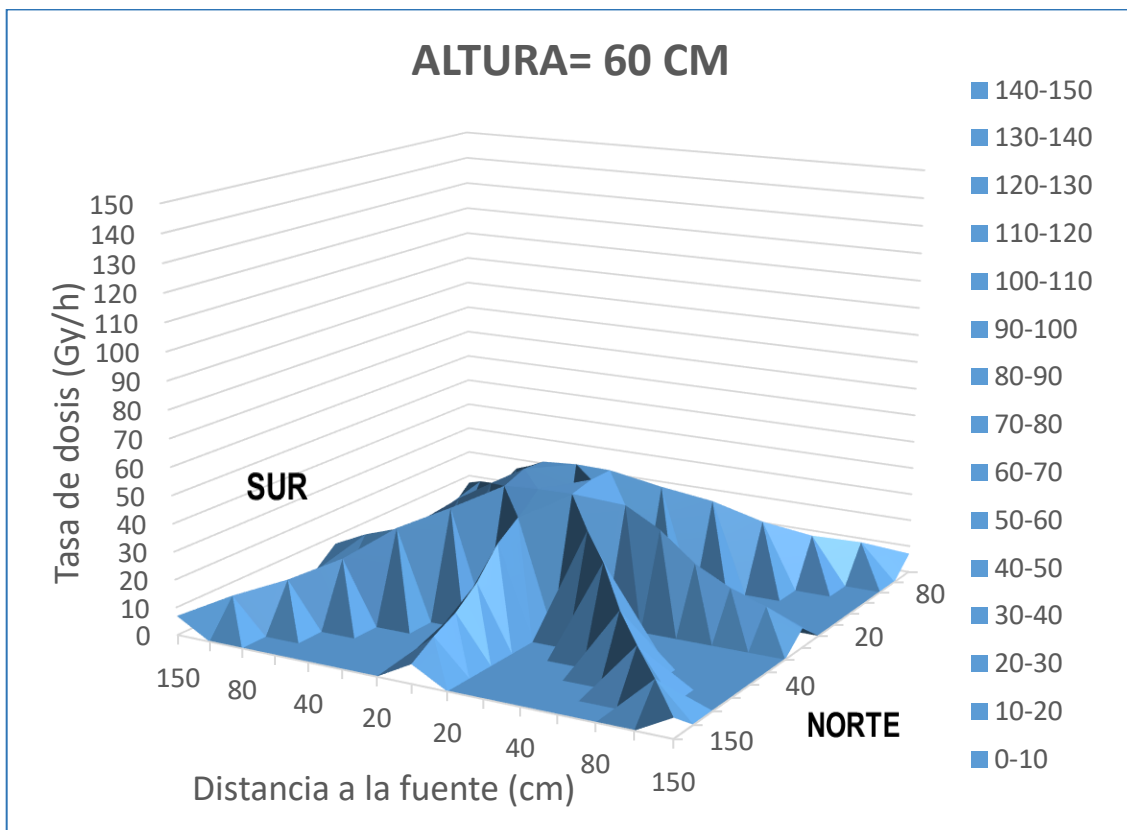


Figura 3.5. Distribución de tasa de dosis en la cámara de irradiación a 60 cm de altura

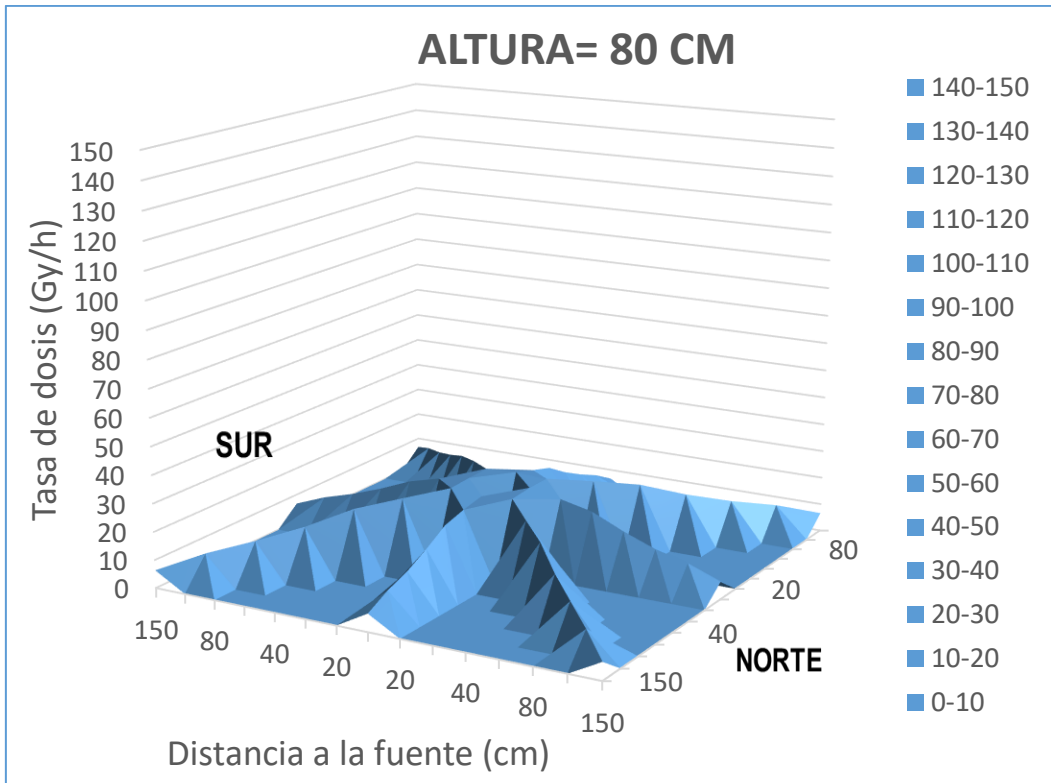


Figura 3.6. Distribución de tasa de dosis en la cámara de irradiación a 80 cm de altura

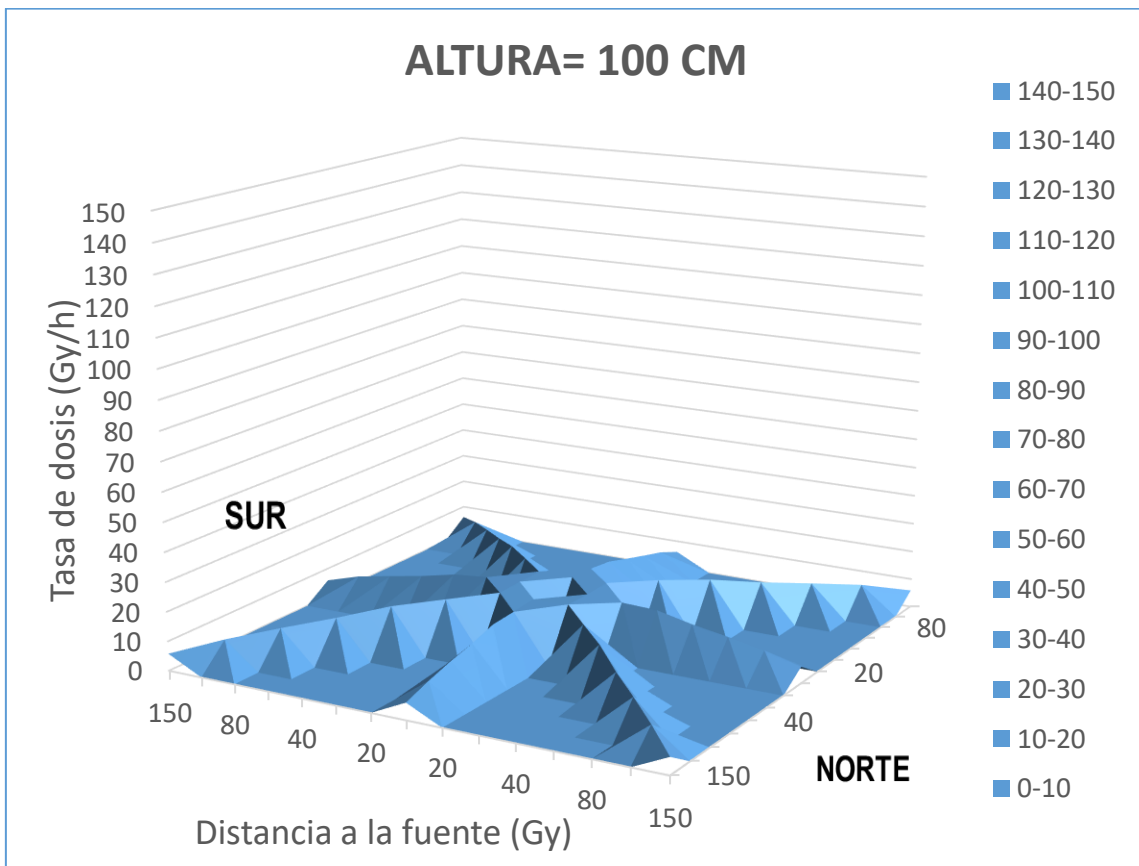


Figura 3.7. Distribución de tasa de dosis en la cámara de irradiación a 100 cm de altura

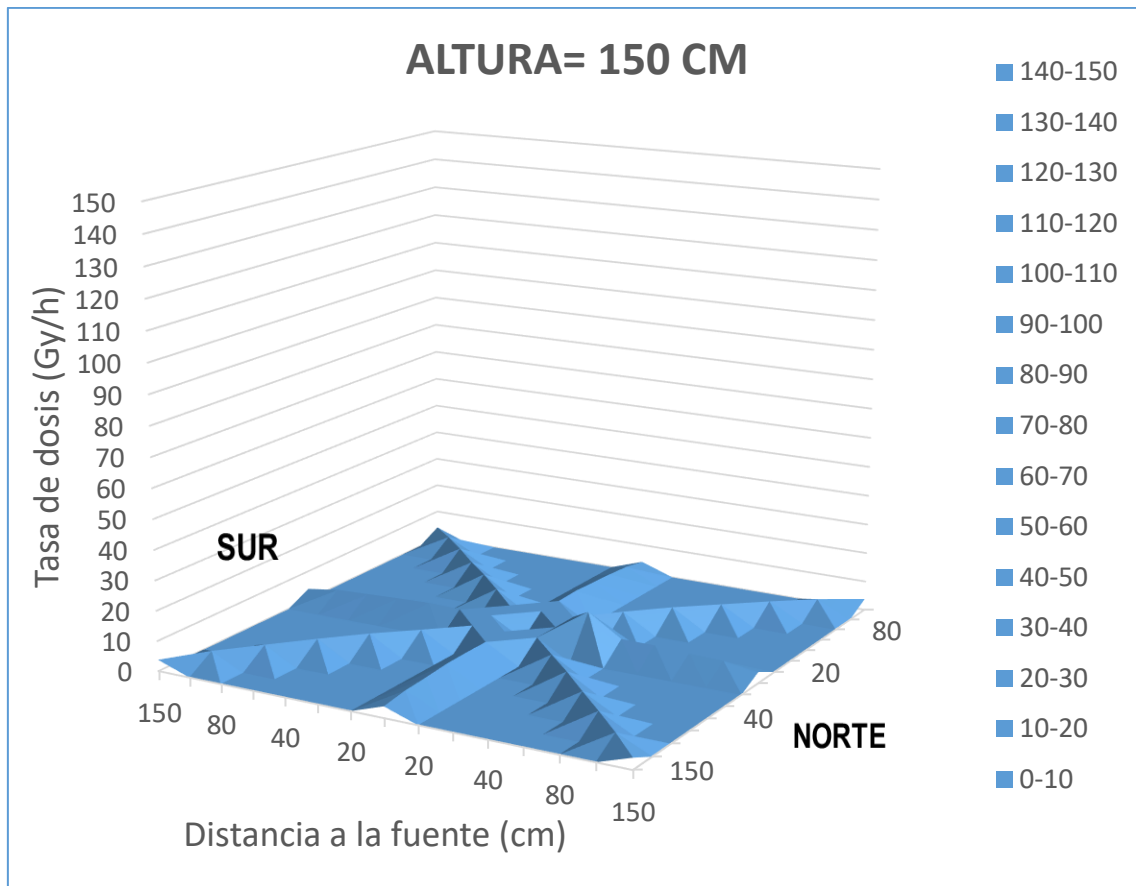


Figura 3.8. Distribución de tasa de dosis en la cámara de irradiación a 150 cm de altura

Se puede observar en todas las figuras que la tasa de dosis disminuye al aumentar la distancia a la fuente ya que el campo de radiación es inversamente proporcional a la distancia, si se asume una fuente puntual isotrópica. Como la fuente está compuesta de 12 lápices de distintas actividades las tasas de dosis varían entre las distintas coordenadas.

Como la altura de los lápices es de 31 cm, se puede apreciar una disminución significativa en la tasa de dosis a partir de la altura 60 cm. Si se observan las gráficas y los valores del ANEXO 1, se puede establecer que la tasa de dosis de la cámara de irradiación entre 20 y 150 cm de distancia, se encuentra en un rango entre 3 y 150 Gy/h

3.2.2 RESULTADOS DE LA DETERMINACIÓN DE INCERTIDUMBRE EN EL MAPEO DE LA CÁMARA DE IRRADIACIÓN

En el ANEXO 5 se encuentran tabulados los cálculos de la incertidumbre combinada para cada uno de los puntos de medición dentro de la cámara de irradiación.

Se obtuvo un valor promedio de la incertidumbre por repetición de $\pm 0,004$ kGy ; un valor de incertidumbre asociada a la calibración de los holders del equipo para el lote T020604 de los pellets de alanina de $\pm 0,011$ kGy y la incertidumbre asociada a la resolución del EPR de $\pm 0,003$ kGy . La incertidumbre combinada promedio entre los distintos puntos de medición fue de $\pm 0,012$ kGy.

Se puede observar que el mayor aporte a la incertidumbre combinada es la relacionado con la calibración de los holders de lectura para el lote de pellets.

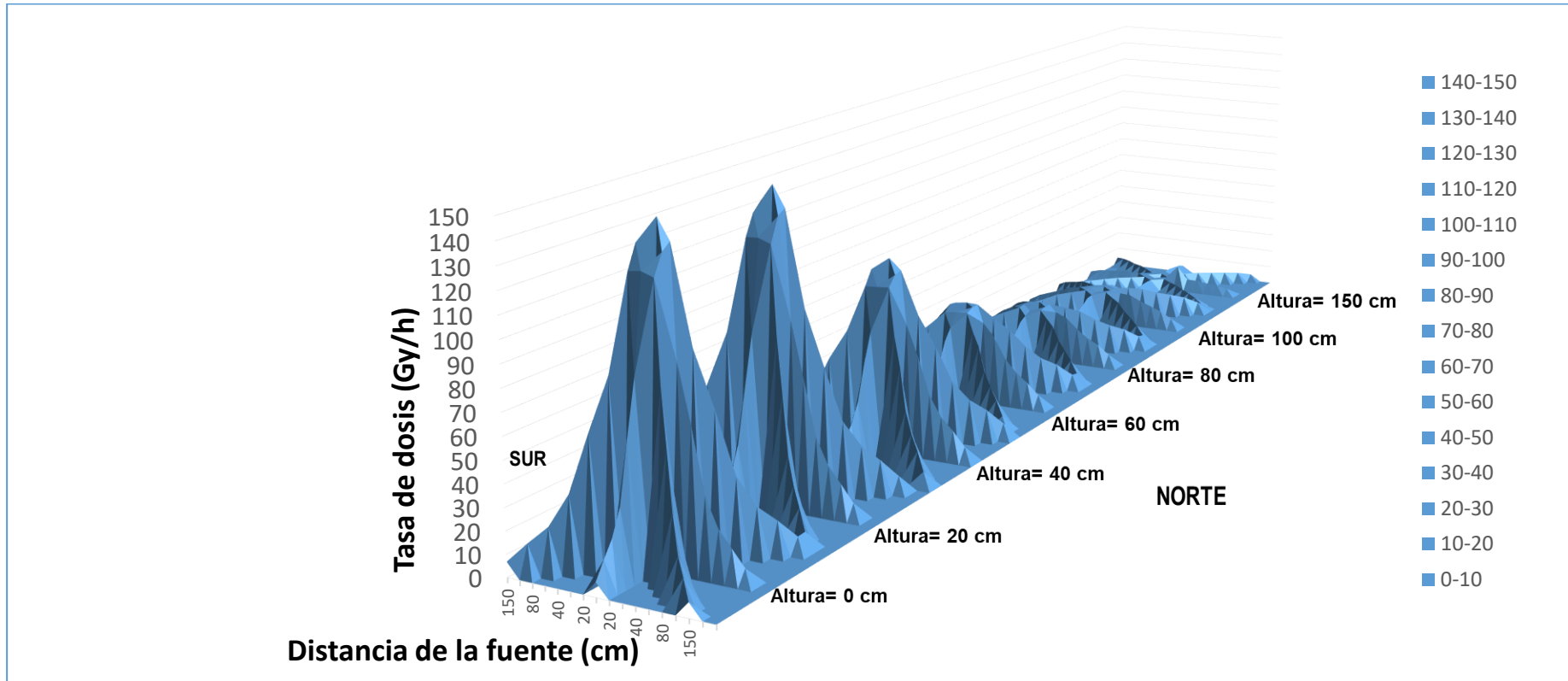


Figura 3.9. Distribución de tasa de dosis en la cámara de irradiación a diferentes alturas

Con respecto al “Ensayo de Aptitud por Comparaciones Interlaboratorio en Irradiación y Medición de Dosímetros”, para la Parte 1 se obtuvieron valores aceptables para cumplir con los valores pre-establecidos de dosis (dosis objetivo) de 1,5,10 y 25 kGy. En la Parte 2 se obtuvieron valores aceptables para las dosis de 5 y 10 kGy, y valores no aceptables para los valores de 1 y 25 kGy.

En la actualidad se está trabajando en otro ejercicio de intercomparación para mejorar los resultados obtenidos, valorando todas las fuentes de incertidumbre, siguiendo las recomendaciones del Ensayo(CNEA, 2017).

3.3. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE REPETIBILIDAD

3.3.1. MAPEO DE TASA DE DOSIS A 100 CM

En la tabla 3.2 se presentan los resultados de las repeticiones a 100 cm de distancia

Tabla 3.2. Resultados de repetibilidad a 100 cm

| Lote | | | Tiempo Irradiación (h) | Promedio Mapeo de datos | | | | | | | | |
|--------------|-----------|-------------|------------------------|-------------------------|---------------|--------------------|---------------|--------------------|---------------|--------------------|---------------|---------------------|
| Distancia | Dirección | Altura (cm) | | Mapeo | | Repetición 1 | | Repetición 2 | | Repetición 3 | | Desviación estándar |
| | | | | Inicio irradiación | 4/7/2017 | Inicio irradiación | 29/5/2018 | Inicio irradiación | 4/6/2018 | Inicio irradiación | 20/6/2018 | |
| | | | | Final irradiación | 7/7/2017 | Final irradiación | 31/5/2018 | Final irradiación | 6/6/2018 | Final irradiación | 22/6/2018 | |
| | | | | Dosis | Tasa de dosis | Dosis | Tasa de dosis | Dosis | Tasa de dosis | Dosis | Tasa de dosis | |
| (Gy) | (Gy/h) | (Gy) | (Gy/h) | (Gy) | (Gy/h) | (Gy) | (Gy/h) | (Gy) | (Gy/h) | | | |
| Dist: 100 cm | Norte (N) | 0 | 48 | 680,00 | 14,17 | 660,00 | 13,75 | 670,00 | 13,96 | 650,00 | 13,54 | 0,21 |
| | | 20 | 48 | 725,00 | 15,10 | 693,33 | 14,44 | 700,00 | 14,58 | 690,00 | 14,38 | 0,11 |
| | | 40 | 48 | 680,00 | 14,17 | 656,67 | 13,68 | 646,67 | 13,47 | 630,00 | 13,13 | 0,28 |
| | | 60 | 48 | 593,33 | 12,36 | 576,67 | 12,01 | 576,67 | 12,01 | 560,00 | 11,67 | 0,20 |
| | | 80 | 48 | 513,33 | 10,69 | 490,00 | 10,21 | 486,67 | 10,14 | 470,00 | 9,79 | 0,22 |
| | | 100 | 48 | 426,67 | 8,89 | 413,33 | 8,61 | 413,33 | 8,61 | 400,00 | 8,33 | 0,16 |
| | | 150 | 48 | 250,00 | 5,21 | 226,67 | 4,72 | 230,00 | 4,79 | 220,00 | 4,58 | 0,11 |
| | Sur (S) | 0 | 48 | 701,67 | 14,62 | 510,00 | 10,63 | 686,67 | 14,31 | 670,00 | 13,96 | 0,25 |
| | | 20 | 48 | 743,33 | 15,49 | 703,33 | 14,65 | 700,00 | 14,58 | 690,00 | 14,38 | 0,14 |
| | | 40 | 48 | 693,33 | 14,44 | 653,33 | 13,61 | 656,67 | 13,68 | 640,00 | 13,33 | 0,18 |
| | | 60 | 48 | 611,67 | 12,74 | 576,67 | 12,01 | 586,67 | 12,22 | 570,00 | 11,88 | 0,17 |
| | | 80 | 48 | 521,67 | 10,87 | 493,33 | 10,28 | 496,67 | 10,35 | 500,00 | 10,42 | 0,07 |
| | | 100 | 48 | 440,00 | 9,17 | 416,67 | 8,68 | 416,67 | 8,68 | 410,00 | 8,54 | 0,08 |
| | | 150 | 48 | 255,00 | 5,31 | 230,00 | 4,79 | 230,00 | 4,79 | 220,00 | 4,58 | 0,12 |
| | Este (E) | 0 | 48 | 675,00 | 14,06 | 663,33 | 13,82 | 660,00 | 13,75 | 650,00 | 13,54 | 0,14 |
| | | 20 | 48 | 711,67 | 14,83 | 670,00 | 13,96 | 686,67 | 14,31 | 660,00 | 13,75 | 0,28 |
| | | 40 | 48 | 668,33 | 13,92 | 636,67 | 13,26 | 636,67 | 13,26 | 640,00 | 13,33 | 0,04 |
| | | 60 | 48 | 586,67 | 12,22 | 573,33 | 11,94 | 570,00 | 11,88 | 550,00 | 11,46 | 0,26 |
| | | 80 | 48 | 505,00 | 10,52 | 486,67 | 10,14 | 483,33 | 10,07 | 480,00 | 10,00 | 0,07 |
| | | 100 | 48 | 420,00 | 8,75 | 413,33 | 8,61 | 406,67 | 8,47 | 410,00 | 8,54 | 0,07 |
| | | 150 | 48 | 240,00 | 5,00 | 220,00 | 4,58 | 230,00 | 4,79 | 220,00 | 4,58 | 0,12 |
| | Oeste (O) | 0 | 48 | 740,00 | 15,42 | 716,67 | 14,93 | 720,00 | 15,00 | 700,00 | 14,58 | 0,22 |
| | | 20 | 48 | 776,67 | 16,18 | 746,67 | 15,56 | 740,00 | 15,42 | 720,00 | 15,00 | 0,29 |
| | | 40 | 48 | 723,33 | 15,07 | 696,67 | 14,51 | 696,67 | 14,51 | 680,00 | 14,17 | 0,20 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------------|--------------------------|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------------------------------------|-------------|------|
| | | 60 | 48 | 631,67 | 13,16 | 606,67 | 12,64 | 603,33 | 12,57 | 580,00 | 12,08 | 0,30 | |
| | | 80 | 48 | 533,33 | 11,11 | 526,67 | 10,97 | 526,67 | 10,97 | 500,00 | 10,42 | 0,32 | |
| | | 100 | 48 | 443,33 | 9,24 | 433,33 | 9,03 | 436,67 | 9,10 | 430,00 | 8,96 | 0,07 | |
| | | 150 | 48 | 250,00 | 5,21 | 230,00 | 4,79 | 240,00 | 5,00 | 230,00 | 4,79 | 0,12 | |
| | Noreste (NE) | 0 | 48 | 656,67 | 13,68 | 660,00 | 13,75 | 643,33 | 13,40 | 650,00 | 13,54 | 0,17 | |
| | | 20 | 48 | 728,33 | 15,17 | 693,33 | 14,44 | 693,33 | 14,44 | 680,00 | 14,17 | 0,16 | |
| | | 40 | 48 | 685,00 | 14,27 | 636,67 | 13,26 | 653,33 | 13,61 | 650,00 | 13,54 | 0,18 | |
| | | 60 | 48 | 608,33 | 12,67 | 560,00 | 11,67 | 583,33 | 12,15 | 560,00 | 11,67 | 0,28 | |
| | | 80 | 48 | 518,33 | 10,80 | 490,00 | 10,21 | 500,00 | 10,42 | 490,00 | 10,21 | 0,12 | |
| | | 100 | 48 | 436,67 | 9,10 | 410,00 | 8,54 | 416,67 | 8,68 | 420,00 | 8,75 | 0,11 | |
| | | 150 | 48 | 250,00 | 5,21 | 230,00 | 4,79 | 230,00 | 4,79 | 230,00 | 4,79 | 0,00 | |
| | | Noroeste (NO) | 0 | 48 | 721,67 | 15,03 | 693,33 | 14,44 | 690,00 | 14,38 | 700,00 | 14,58 | 0,11 |
| | | | 20 | 48 | 760,00 | 15,83 | 713,33 | 14,86 | 726,67 | 15,14 | 720,00 | 15,00 | 0,14 |
| | 40 | | 48 | 715,00 | 14,90 | 673,33 | 14,03 | 686,67 | 14,31 | 680,00 | 14,17 | 0,14 | |
| | 60 | | 48 | 626,67 | 13,06 | 586,67 | 12,22 | 600,00 | 12,50 | 580,00 | 12,08 | 0,21 | |
| | 80 | | 48 | 528,33 | 11,01 | 510,00 | 10,63 | 513,33 | 10,69 | 500,00 | 10,42 | 0,14 | |
| | 100 | | 48 | 451,67 | 9,41 | 416,67 | 8,68 | 430,00 | 8,96 | 430,00 | 8,96 | 0,16 | |
| | 150 | | 48 | 250,00 | 5,21 | 230,00 | 4,79 | 240,00 | 5,00 | 230,00 | 4,79 | 0,12 | |
| | Sureste (SE) | 0 | 48 | 668,33 | 13,92 | 663,33 | 13,82 | 656,67 | 13,68 | 640,00 | 13,33 | 0,25 | |
| | | 20 | 48 | 735,00 | 15,31 | 690,00 | 14,38 | 686,67 | 14,31 | 670,00 | 13,96 | 0,22 | |
| | | 40 | 48 | 686,67 | 14,31 | 636,67 | 13,26 | 650,00 | 13,54 | 640,00 | 13,33 | 0,14 | |
| | | 60 | 48 | 603,33 | 12,57 | 583,33 | 12,15 | 583,33 | 12,15 | 560,00 | 11,67 | 0,28 | |
| | | 80 | 48 | 520,00 | 10,83 | 490,00 | 10,21 | 503,33 | 10,49 | 470,00 | 9,79 | 0,35 | |
| | | 100 | 48 | 433,33 | 9,03 | 413,33 | 8,61 | 416,67 | 8,68 | 400,00 | 8,33 | 0,18 | |
| | | 150 | 48 | 250,00 | 5,21 | 230,00 | 4,79 | 240,00 | 5,00 | 220,00 | 4,58 | 0,21 | |
| | Suroeste (SO) | 0 | 48 | 720,00 | 15,00 | 683,33 | 14,24 | 710,00 | 14,79 | 680,00 | 14,17 | 0,34 | |
| | | 20 | 48 | 760,00 | 15,83 | 720,00 | 15,00 | 723,33 | 15,07 | 710,00 | 14,79 | 0,14 | |
| | | 40 | 48 | 708,33 | 14,76 | 670,00 | 13,96 | 680,00 | 14,17 | 670,00 | 13,96 | 0,12 | |
| | | 60 | 48 | 621,67 | 12,95 | 603,33 | 12,57 | 596,67 | 12,43 | 590,00 | 12,29 | 0,14 | |
| | | 80 | 48 | 523,33 | 10,90 | 516,67 | 10,76 | 513,33 | 10,69 | 500,00 | 10,42 | 0,18 | |
| | | 100 | 48 | 438,33 | 9,13 | 430,00 | 8,96 | 430,00 | 8,96 | 430,00 | 8,96 | 0,00 | |
| | | 150 | 48 | 248,33 | 5,17 | 236,67 | 4,93 | 233,33 | 4,86 | 230,00 | 4,79 | 0,07 | |
| | | | | | | | | | | | Promedio desviación st. | 0,17 | |

Se descartó los valores obtenidos de la repetición 1, Sur, altura= 0 cm, ya que se cuando se realizó la medición el dosímetro se encontraba roto. Se puede observar que la desviación estándar promedio es 0,17 Gy/h. Entre las 3 fechas no existió una diferencia considerable en días por lo que la influencia del decaimiento de la actividad en la tasa de dosis no es apreciable.

A continuación, se presentan las gráficas de tasa de dosis para cada posición y para cada altura de las 3 repetición comparadas con el mapeo inicial:

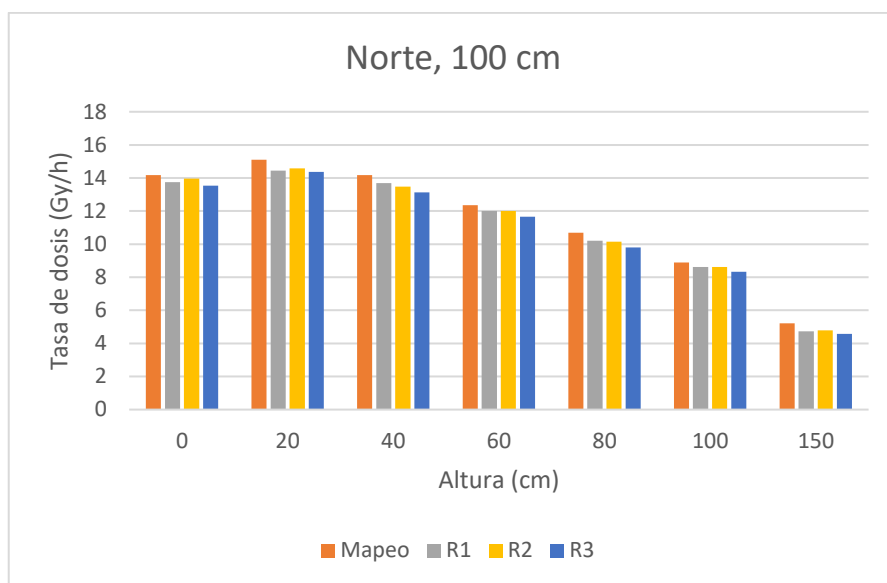


Figura 3.10. Resultados de repetibilidad Norte

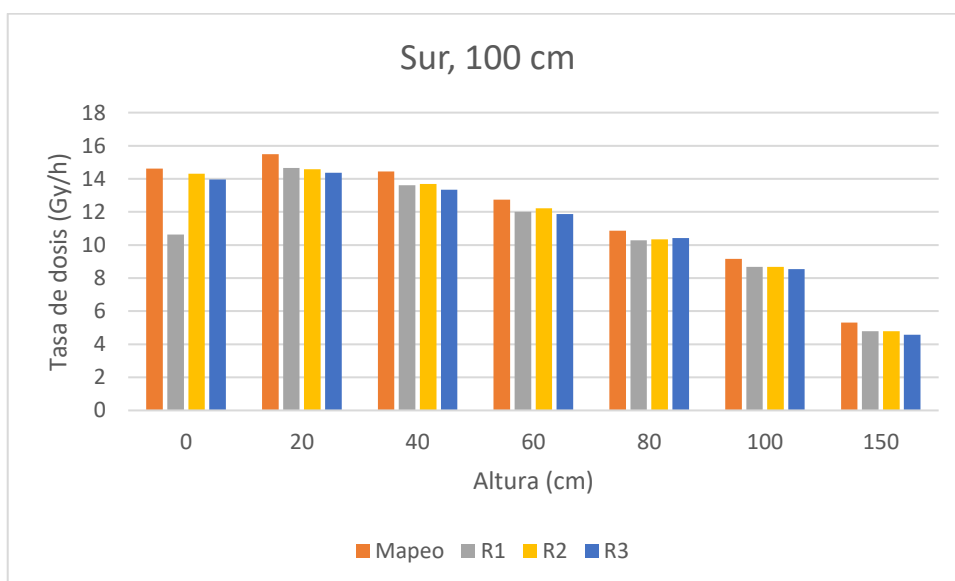


Figura 3.11. Resultados de repetibilidad Sur

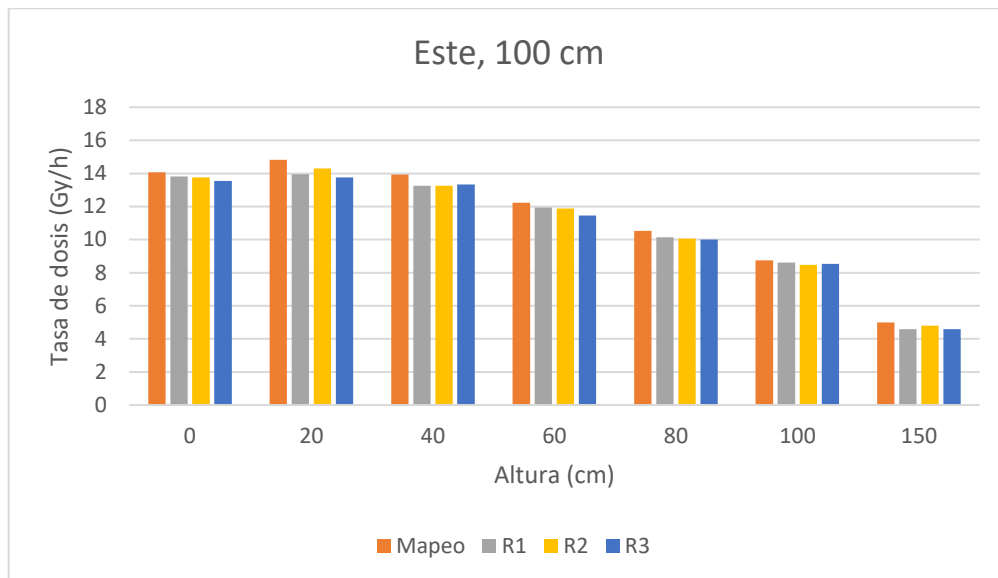


Figura 3.12. Resultados de repetibilidad Este

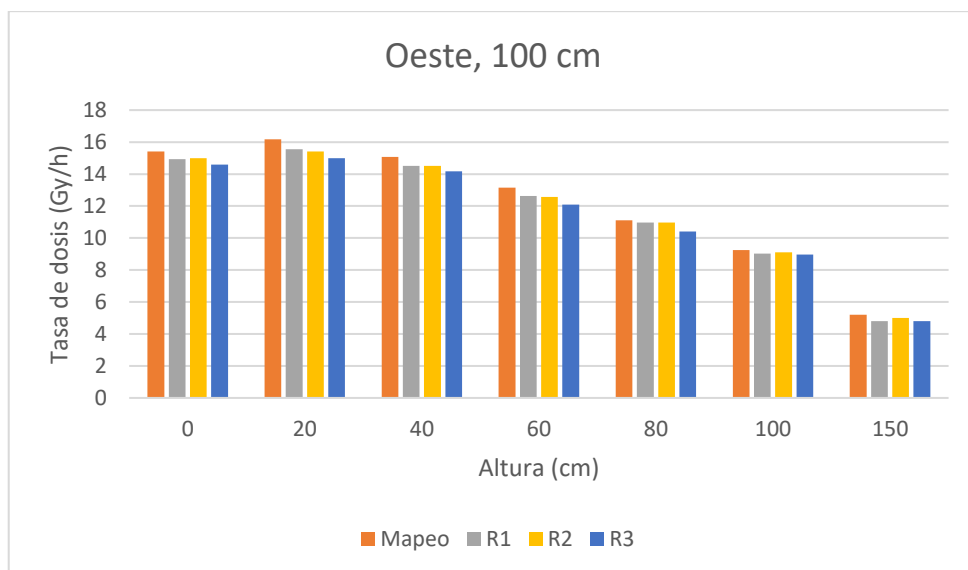


Figura 3.13. Resultados de repetibilidad Oeste

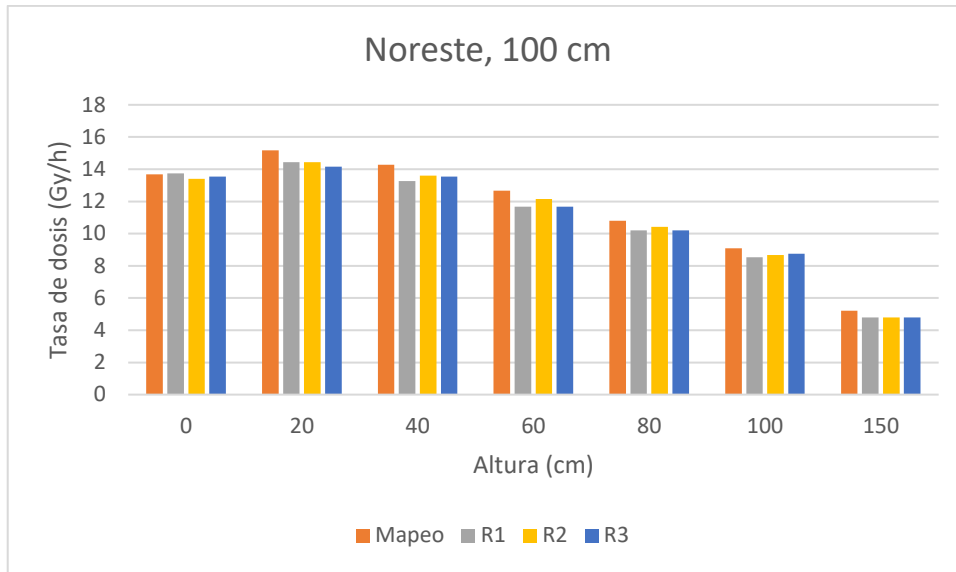


Figura 3.14. Resultados de repetibilidad Noreste

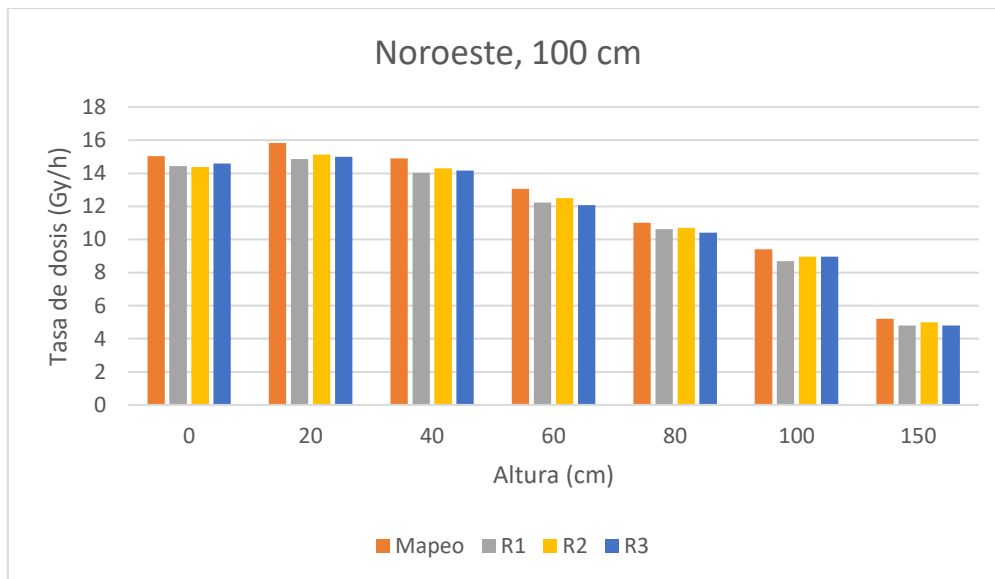


Figura 3.15. Resultados de repetibilidad Noroeste

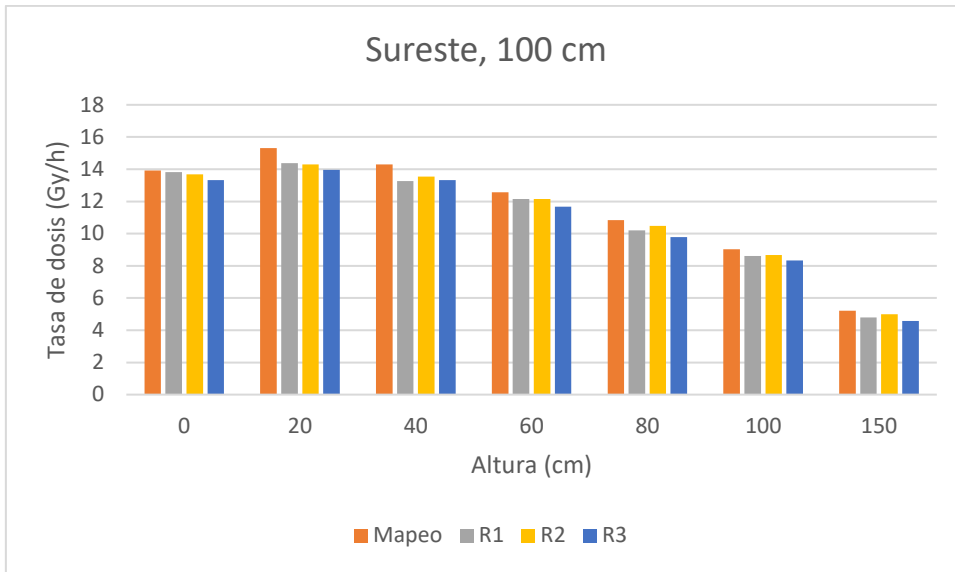


Figura 3.16. Resultados de repetibilidad Sureste

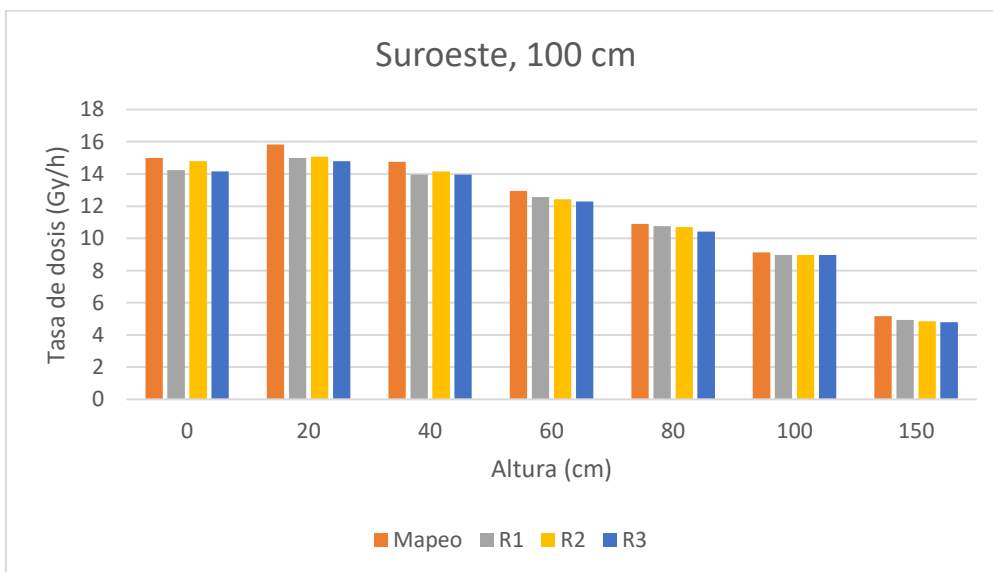


Figura 3.17. Resultados de repetibilidad Sureste

En la figura 3.18 se presenta una comparación de las tasas de dosis obtenidas en el mapeo y en las repeticiones R1, R2 y R3

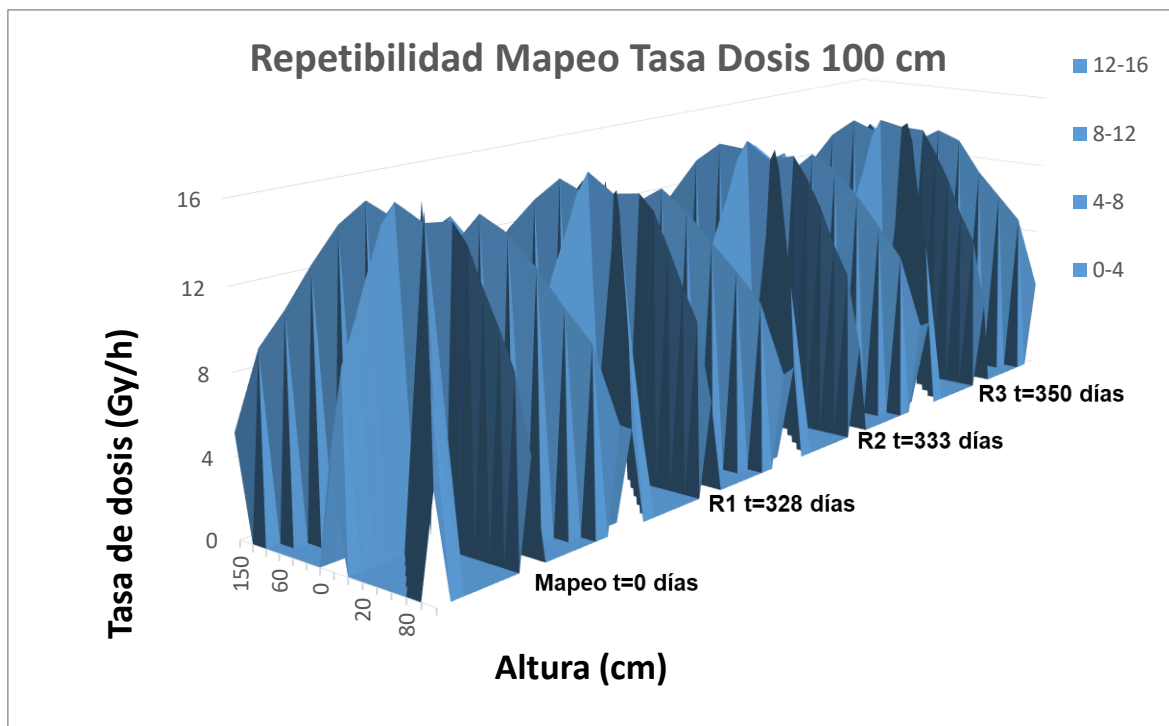


Figura 3.18. Resultados de repetibilidad a 100 cm

Se puede apreciar una pequeña disminución en la tasa de dosis entre 0 (Mapeo) y 328 días (R1) debido al decaimiento de la fuente de cobalto ^{60}Co , mientras que entre 328 días (R1), 333 días (R2) y 350 días (R3) no se aprecia una variación significativa en vista de que la diferencia de días entre las diferentes irradiaciones es despreciable con respecto al periodo de semidesintegración del ^{60}Co .

3.3.2. DETERMINACIÓN DE INCERTIDUMBRE EN LOS ENSAYOS DE REPETIBILIDAD

En el ANEXO 6 se encuentran tabulados los cálculos de la incertidumbre combinada para cada uno de los puntos de medición dentro de la cámara de irradiación para las 3 repeticiones.

Se obtuvo un valor promedio de la incertidumbre para las 3 repeticiones por punto de medición de $\pm 0,003\text{kGy}$; un valor de incertidumbre asociada a la calibración de los holders del equipo para el lote T020604 de los pellets de alanina de $\pm 0,011\text{ kGy}$ y la incertidumbre asociada a la resolución del EPR de $\pm 0,003\text{ kGy}$. La

incertidumbre combinada promedio entre los distintos puntos de medición fue de $\pm 0,012$ kGy, que coincide con el mapeo inicial.

Se puede observar que el mayor aporte también en este caso es la incertidumbre combinada es la relacionado con la calibración de los holders de lectura para el lote de pellets. Se debería incluir en un estudio posterior otras fuentes de incertidumbre para lograr una mayor precisión.

3.4. RESULTADOS DEL MAPEO DE DOSIS EN CAJAS DE FLORES DE EXPORTACIÓN

Se determinaron las dimensiones de las cajas C_{6r} y C_{12r} como se presenta en las figuras 3.19 y 3.20 respectivamente.

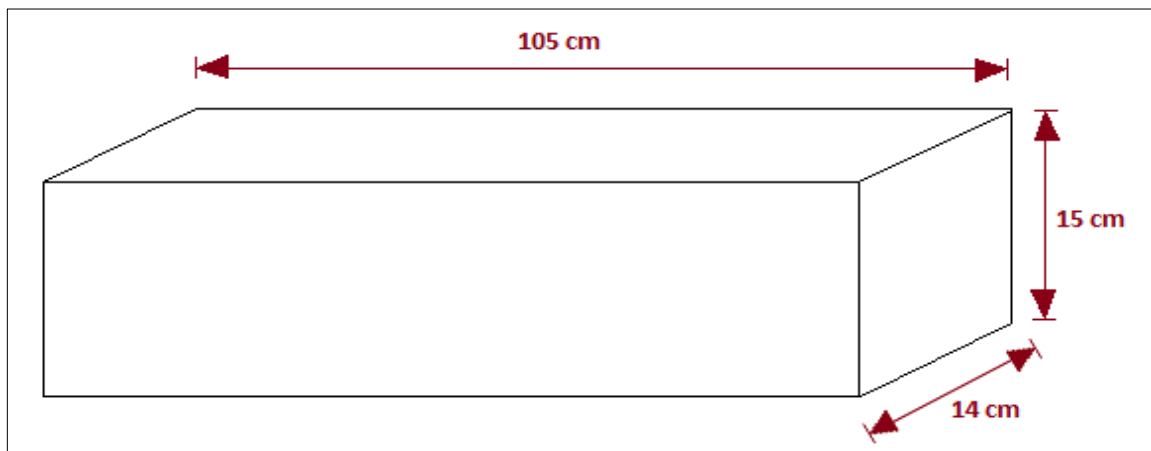


Figura 3.19. Dimensiones de cajas de gypsophila C_{6r}

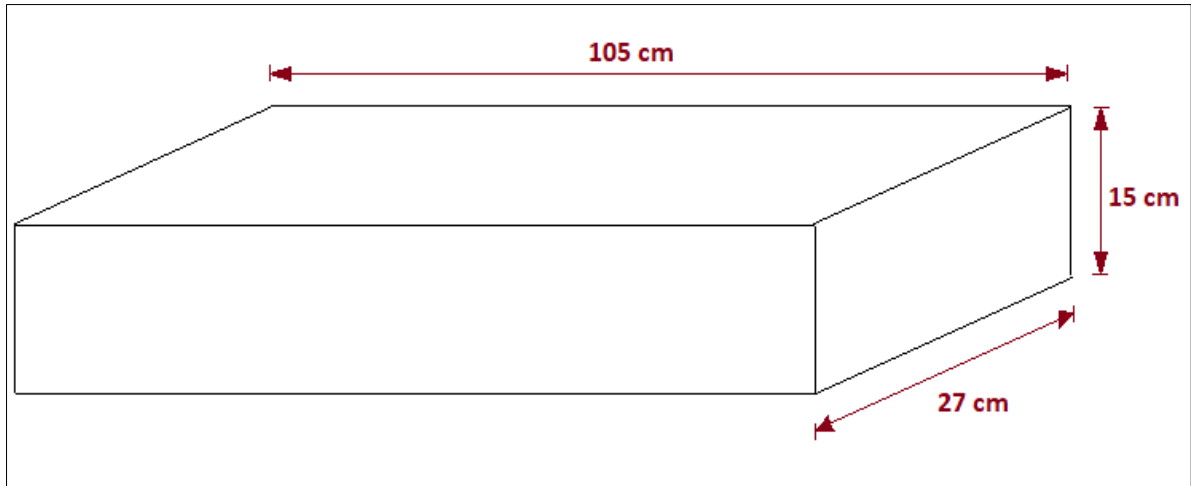


Figura 3.20 Dimensiones de cajas de gypsophila C_{12r}.

De la misma manera se determinó la densidad aparente de las cajas C_{12r} con los datos de la masa y volumen de 4 cajas (tabla 3.2). El promedio de este valor fue de 94,59 kg/m³.

Tabla 3.2. Densidad en cajas C_{12r} de gypsophila de exportación

| N° caja | Masa (kg) | *Densidad (kg/m ³) |
|----------|-----------|--------------------------------|
| 1 | 4,04 | 95,00 |
| 2 | 3,86 | 90,77 |
| 3 | 4,32 | 101,59 |
| 4 | 3,87 | 91,00 |
| Promedio | 4,02 | 94,59 |

*Cálculo con el volumen de cajas 1,05 m x 0,15 m x 0,27 m

3.4.1. DOSIMETRÍA DE CAJAS TIPO “TABACO”

En la primera prueba se irradiaron dos cajas C_{6r}(Tipo tabaco) con producto a una distancia de 40 cm desde la fuente y al nivel del suelo. En este caso se realizó un giro de 180° de las cajas cuando se completó la mitad del tiempo calculado para la irradiación de 0,30 kGy. En la figura 3.21 se observa las cajas en la cámara.



Figura 3.21. Disposición de las cajas tipo tabaco en la cámara de irradiación

Como resultado de esta prueba se obtuvo la distribución de dosis que se presenta en las figuras 3.22 y 3.23 (tablas A4.1 y A4.2, ANEXO 4). Como se observa la dosis mínima de 0,20 kGy (en las dos cajas) se presentó en los extremos, mientras que la dosis máxima de 0,65 y 0,67 kGy se ubicó en la mitad de las cajas. Esto se debe a la configuración circular de la fuente, y a la ubicación de las cajas. Los extremos de la caja se ubican a mayor distancia de los lápices de cobalto, lo que implica una menor tasa de dosis y, por el contrario, la parte central de la caja se encuentra a menor distancia y por lo tanto incide una tasa de dosis mayor.

La distribución de dosis absorbida en las cajas con producto, a 40 cm de la fuente, dio como resultado un índice de uniformidad de dosis de 3,44 y 3,23; valores que son muy altos ya que significa un rango de dosis de 0,47 kGy.

Con estos antecedentes se realizó una nueva prueba con las cajas C_{6r} sin producto a nivel del suelo, pero a una mayor distancia de la fuente, de 100 cm. Primero se realizó la irradiación a 0,30 kGy sin dar un giro a las cajas en la mitad del tiempo de irradiación, y se obtuvo la distribución de dosis mostrada en las figuras 3.24 y 3.25 (tablas A4.3 y A4.4 de ANEXO 4). Así como ocurrió en la prueba anterior, la dosis

máxima (0,30 kGy y 0,33 kGy) se concentró en la mitad frontal de la caja, mientras que la dosis mínima (0,19 kGy y 0,20 kGy) se ubicó en los extremos posteriores. Estos datos dieron como resultado un índice de uniformidad de 1,61 y 1,63, valores mucho menores a los obtenidos en la primera prueba, por lo que se determinó que la ubicación era óptima para futuros procesos de irradiación de las cajas.

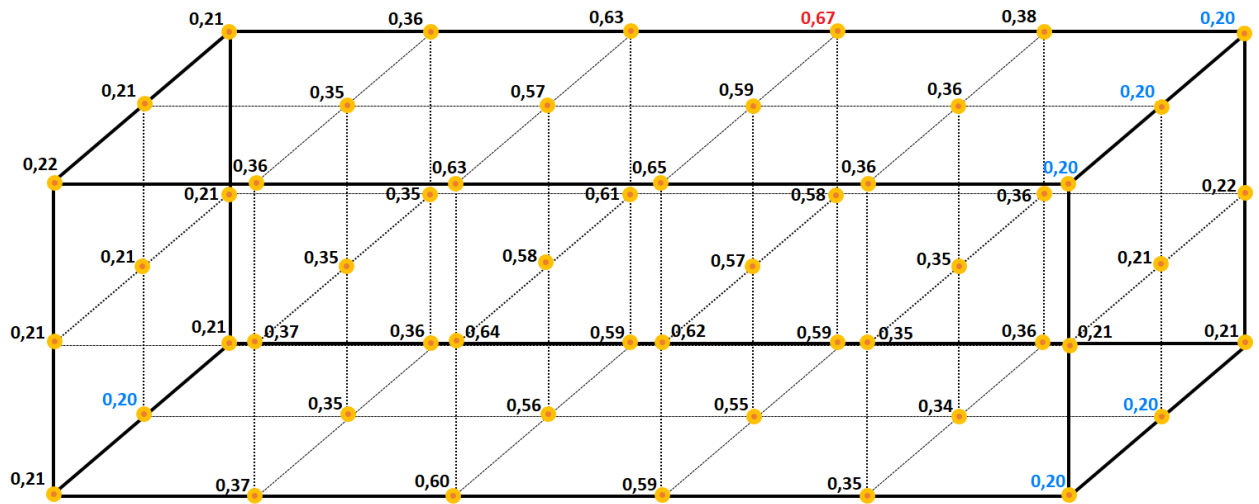


Figura 3.22 Distribución de dosis en la caja 1 C_{6r} con producto. Color rojo=dosis máxima. Color azul=dosis mínima. DUR=3,44

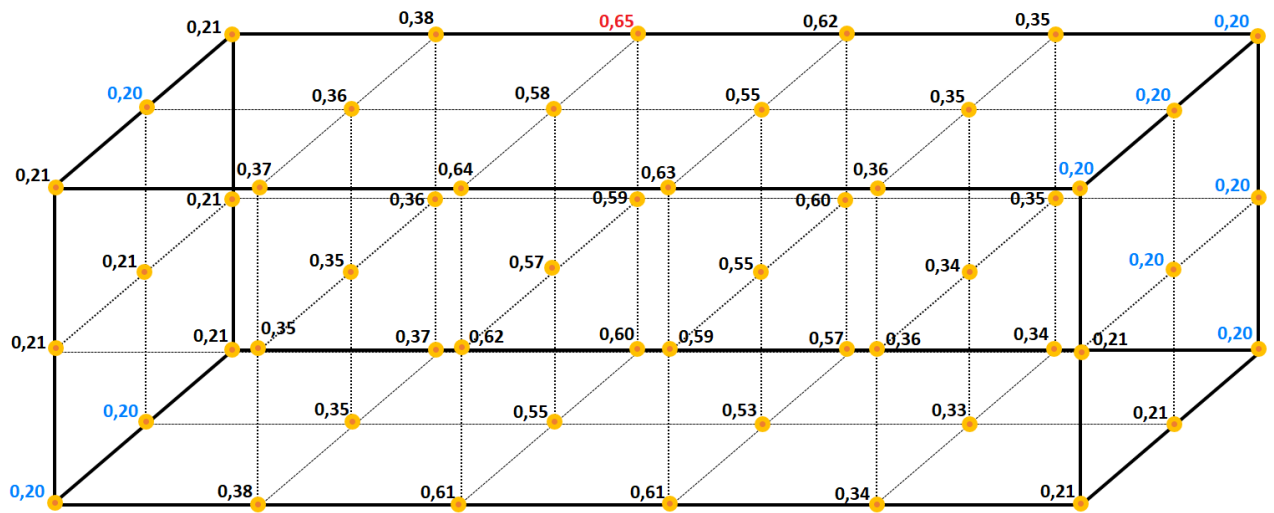


Figura 3.23. Distribución de dosis en la caja 2 C_{6r} con producto. Color rojo=dosis máxima. Color azul=dosis mínima. DUR=3,23

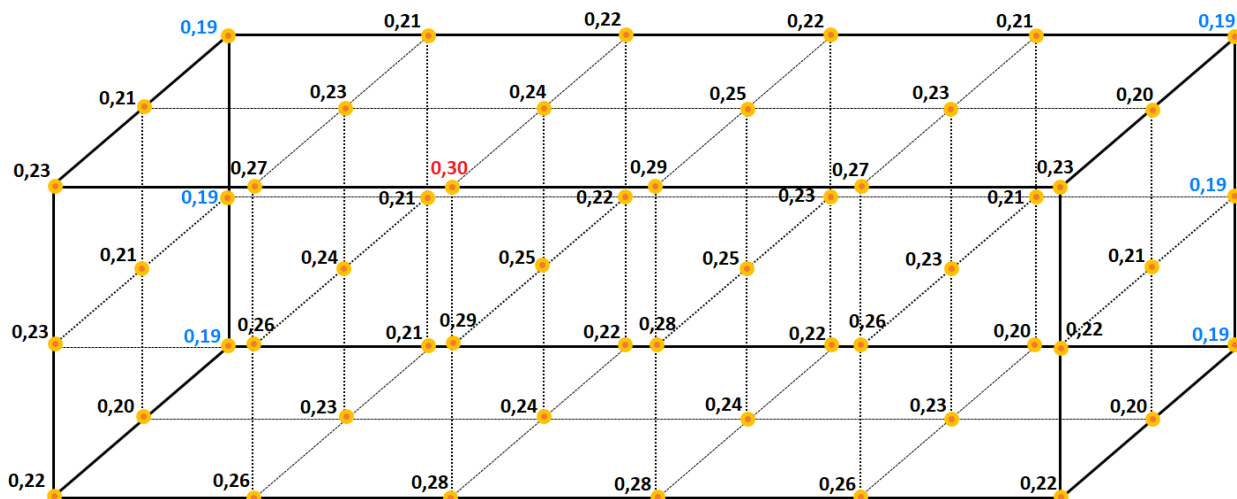


Figura 3.24. Distribución de dosis en la caja 1 C_{6r} vacía. Color rojo=dosis máxima. Color azul=dosis mínima. DUR=1,61

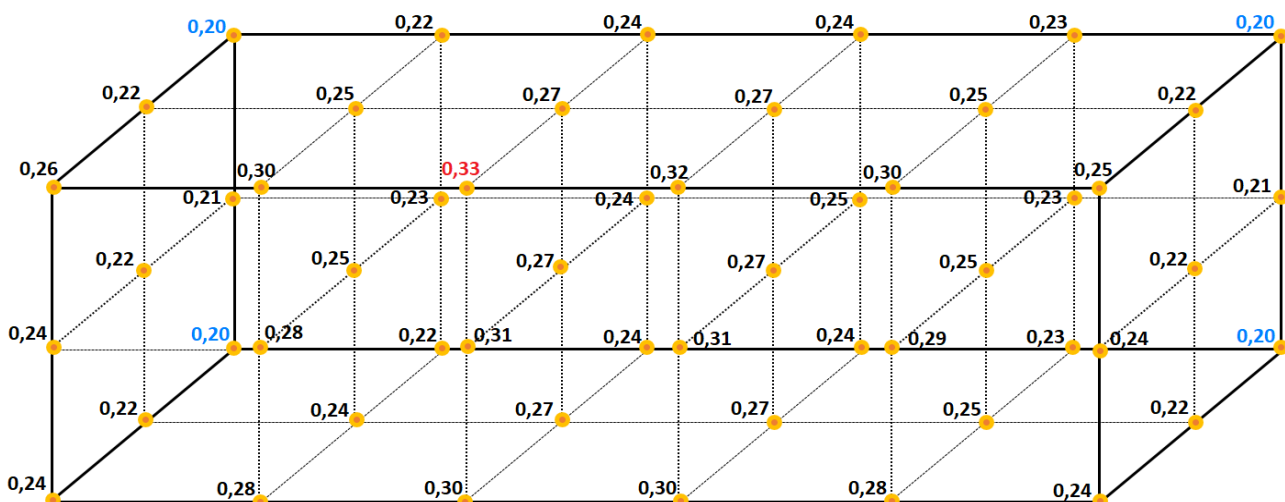


Figura 3.25. Distribución de dosis en la caja 2 C_{6r} vacía. Color rojo=dosis máxima. Color azul=dosis mínima. DUR=1,63

A pesar de que se obtuvo un DUR aceptable a una distancia de 100 cm, se decidió realizar una nueva prueba con una caja en dirección oeste, pero dándole un giro en aproximadamente la mitad del tiempo calculado para la irradiación a una dosis de 0,30 kGy. Esto con el objetivo de reducir el índice de uniformidad de dosis. Como se presenta en la figura 3.26 (tabla A4.5, ANEXO 4), la distribución de dosis fue mejor que en las anteriores pruebas. Esto se evidencia con un DUR de 1,36.

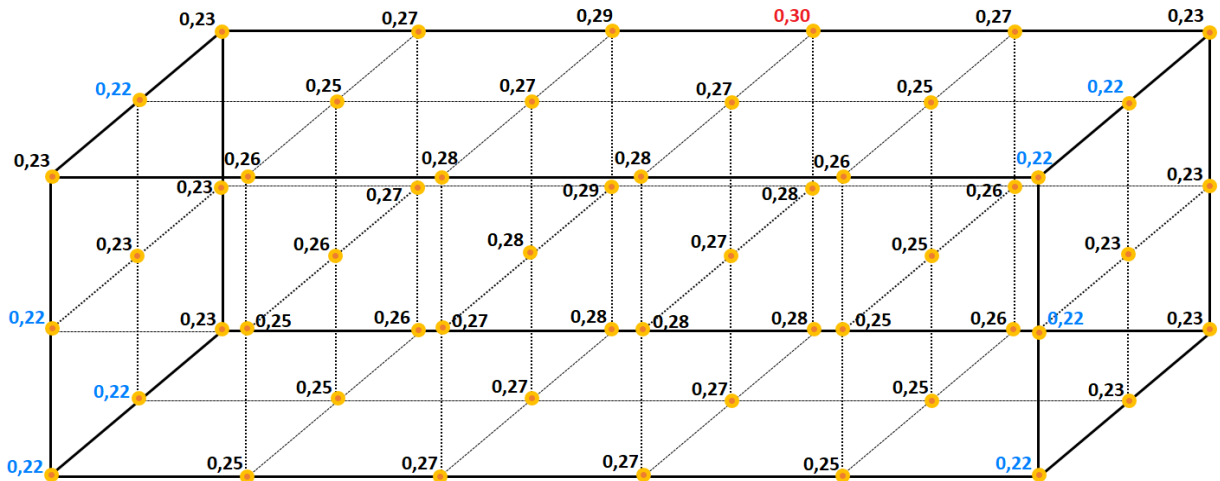


Figura 3.26. Distribución de dosis en la caja C_{6r} vacía. Repetición con un giro de 180° en la mitad del tiempo de irradiación. Color rojo=dosis máxima. Color azul=dosis mínima.
 DUR=1,36

Con los resultados obtenidos con las pruebas realizadas se determinó que para obtener un DUR aceptable, las cajas deben ubicarse a una distancia de la fuente de 100 cm, a nivel del suelo, en dirección este/oeste, y además debe realizarse un giro de 180° en la mitad del tiempo de irradiación.

3.4.2. DOSIMETRÍA DE CAJAS TIPO “CUARTA”

Finalmente, se realizó la prueba de distribución de dosis en las cajas C_{12r} llamada “cuarta”. Para ello se utilizó los parámetros determinados en las pruebas anteriores con respecto a la ubicación; sin embargo, debido a que las dimensiones de esta caja diferían con las dimensiones de las cajas C_{6r} , se realizó una prueba preliminar para determinar la tasa de dosis, y con ello el tiempo de irradiación.

En la tabla 4 se presentan los resultados obtenidos de esta prueba, y como se observa, la tasa de dosis más baja de 9,93 Gy/h se obtuvo en los puntos más lejanos de la fuente que corresponden con los extremos de la caja. Con este valor se determinó un tiempo de irradiación de 1 día 16 horas 16 minutos y 47 segundos, para una dosis de 0,40 kGy.

Con estos valores se irradiaron las cajas C_{12r}, y se obtuvo la distribución de dosis en las cajas 1 y 2 que se presentan en las figuras 3.27 y 3.28 (tablas A3.6 y A3.7 de anexos). La dosis máxima fue de 0,49 kGy y 0,46 kGy; y la dosis mínima de 0,38 kGy y 0,36 kGy para las cajas 1 y 2 respectivamente. Las dosis más altas se presentaron en la caja 1, ubicada en dirección oeste, lo cual indica una diferencia en la actividad de los lápices de cobalto que se localizan en el este y oeste de la fuente. Con la distribución de dosis se calculó el índice de uniformidad que resultó ser aceptable con un valor promedio de 1,28. Sin embargo, la dosis mínima requerida era de 0,40 kGy y la dosis obtenida fue de 0,36 kGy, por lo que es necesario realizar nuevas pruebas tomando en cuenta el DUR, y la dirección en la cual se colocan las cajas, debido a que en el oeste de la cámara la actividad es ligeramente superior que en el este.

Tabla 3.3. Tasa de dosis y tiempo calculado para una dosis de 0,40 kGy en 9 puntos de la cara posterior de la caja C_{12r}

| Distancia | Altura (cm) | | Tasa dosis (Gy/h) | Tiempo calculado para una dosis de 0,40 kGy | | | |
|-----------|-------------|------|-------------------|---|-------|---------|----------|
| | | | | Días | Horas | Minutos | Segundos |
| 1 | A | 0 | 10,21 | 1 | 15,00 | 11 | 1 |
| | B | 13,5 | 10,00 | 1 | 16,00 | 0 | 0 |
| | C | 27 | 9,93 | 1 | 16,00 | 16 | 47 |
| 2 | A | 0 | 12,15 | 1 | 8,00 | 54 | 51 |
| | B | 13,5 | 12,50 | 1 | 8,00 | 0 | 0 |
| | C | 27 | 12,15 | 1 | 8,00 | 54 | 51 |
| 3 | A | 0 | 10,35 | 1 | 14,00 | 39 | 28 |
| | B | 13,5 | 10,42 | 1 | 14,00 | 24 | 0 |
| | C | 27 | 9,93 | 1 | 16,00 | 16 | 47 |

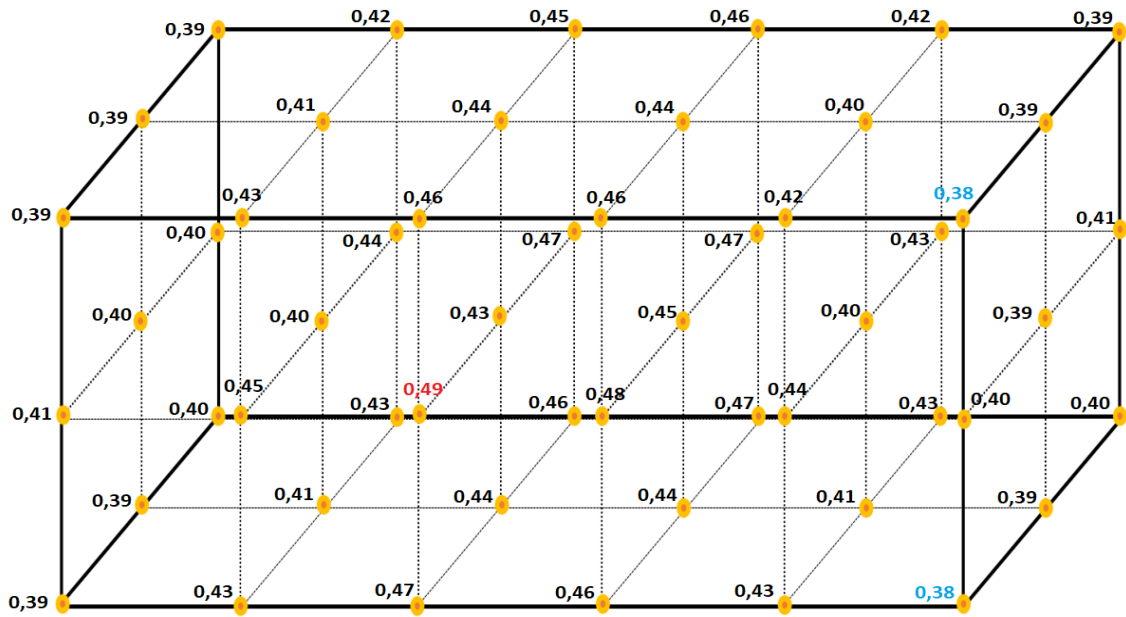


Figura 3.27. Distribución de dosis en la caja C_{12r} con producto. Dirección este.
DUR=1,29. Color rojo=dosis máxima. Color azul=dosis mínima.

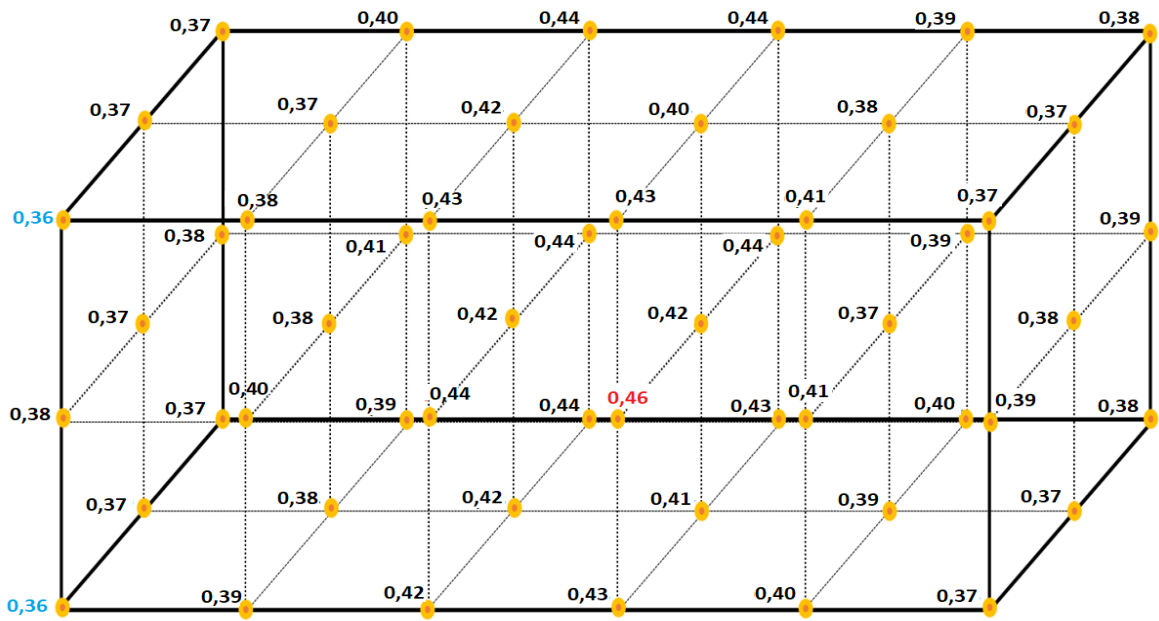


Figura 3.28. Distribución de dosis en la caja C_{12r} con producto. Dirección este.
DUR=1,28. Color rojo=dosis máxima. Color azul=dosis mínima.

El resumen de las dosis máximas, mínimas y el DUR, se presenta en la tabla 3.4.

Tabla 3.4. Dosis máxima, mínima y DUR en cajas de gypsophila

| Caja | | | Dosis máxima, D _{máx} (kGy) | Dosis mínima, D _{mín} (kGy) | Promedio de dosis (kGy) | DUR (D _{máx} /D _{mín}) |
|--|-------------------------|--------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|---|
| *C_{6r} con producto (Distancia=40 cm) | Con giro de caja | Oeste | 0,67 | 0,20 | 0,39 | 3,44 |
| | | Este | 0,65 | 0,20 | 0,38 | 3,23 |
| *C_{6r} sin producto (Distancia = 100 cm) | Sin giro de caja | Oeste | 0,30 | 0,19 | 0,23 | 1,61 |
| | | Este | 0,33 | 0,20 | 0,25 | 1,63 |
| | Con giro de caja | Oeste | 0,30 | 0,22 | 0,25 | 1,36 |
| | | Este | 0,30 | 0,22 | 0,25 | 1,36 |
| **C_{12r} con producto (Distancia = 100 cm) | Con giro de caja | Oeste | 0,49 | 0,38 | 0,42 | 1,29 |
| | | Este | 0,46 | 0,36 | 0,40 | 1,28 |

Cálculo para dosis de *0,30 kGy y **0,40 kGy.

El índice de uniformidad en las cajas C_{6r} con producto resultó ser la más alta, con un promedio de 3,34. Las cajas C_{6r} sin producto irradiadas a 100 cm sin realizar un giro en la mitad del tiempo de irradiación, presentaron un DUR de 1,62. Al realizar una repetición de este tipo de caja a una distancia de 100 cm y con división en el tiempo de irradiación, se obtuvo un valor más bajo de 1,36. Por otro lado, en las cajas C_{12r} que se exportan principalmente a Estados Unidos se presentó un DUR aceptable de 1,28 y una dosis mínima de 0,36 kGy.

Con estos resultados se determinó la ubicación óptima de las cajas, a una distancia de 100 cm desde la fuente, al nivel del suelo, y con un giro de 180 ° al completarse la mitad del tiempo de irradiación. Sin embargo, para el uso de la irradiación en las cajas de gypsophila como tratamiento cuarentenario se debe asegurar que la dosis objetivo sea la mínima recibida por la caja, lo cual no se logró en las pruebas anteriores, debido a que la dosis mínima requerida es de 0,40 kGy y se obtuvo una dosis de 0,36 kGy. Por esta razón, se debe realizar una nueva irradiación, tomando en cuenta los valores de dosis absorbida obtenidos, como se muestra en la tabla 3.5.

Tabla 3.5. Cálculo de tiempo de irradiación para obtener una dosis mínima de 0,4 kGy en las cajas C_{12r} de gypsophila

| Datos obtenidos en mapeo de dosis | | |
|--|-----------------------|----------------------|
| | Caja 1 (Oeste) | Caja 2 (Este) |
| Tiempo de irradiación (h) | 40,28 | 40,28 |
| Dosis mínima (kGy) | 0,38 | 0,36 |
| Dosis máxima (kGy) | 0,49 | 0,46 |
| Datos calculados para obtener dosis de 0,4 kGy* | | |
| Tiempo de irradiación (h) | 42,40 | 44,76 |
| Dosis mínima (kGy) | 0,40 | 0,40 |
| Dosis máxima (kGy) | 0,52 | 0,50 |

* Valores calculados para una fecha de irradiación de 11 de julio de 2018

Cabe resaltar que el tiempo de irradiación calculado corresponde a la fecha de irradiación de las cajas (11 de julio de 2018), por lo que para futuras pruebas se debe tomar en cuenta la actividad de la fuente en la fecha de irradiación, el DUR obtenido, y la posición de las cajas.

3.5. RESULTADOS DEL ENSAYO DE DOSIS VS. TIEMPO DE PERMANENCIA

En la tabla 3.6 se encuentran tabulados los datos de las dosis obtenidas entre 15 y 22 horas de irradiación a 100 cm de distancia del irradiador y a 20 cm de altura.

Tabla 3.6. Datos de estudio de dosis vs. tiempo de permanencia a 100 cm

| Identificación de dosímetro | Tiempo de irradiación (h) | Dosis (kGy) | | | Dosis (Gy) | | Desviación estándar (Gy) |
|-----------------------------|---------------------------|-------------|------------|------------|------------|-----------------|--------------------------|
| | | Medición 1 | Medición 2 | Medición 3 | Promedio | | |
| Con recubrimiento | 15 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 180,0 | 0 |
| | 16 | 0,19 | 0,19 | 0,19 | 0,19 | 190,0 | 0 |
| | 17 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,20 | 200,0 | 0 |
| | 18 | 0,21 | 0,21 | 0,21 | 0,21 | 210,0 | 0 |
| | 19 | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 220,0 | 0 |
| | 20 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 230,0 | 0 |
| | 21 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 250,0 | 0 |
| | 22 | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 260,0 | 0 |
| Sin recubrimiento | 15 | 0,22 | 0,22 | 0,21 | 0,22 | 216,7 | 0,005774 |
| | 16 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 230,0 | 0 |
| | 17 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 240,0 | 0 |
| | 18 | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 260,0 | 0 |
| | 19 | 0,27 | 0,27 | 0,27 | 0,27 | 270,0 | 0 |
| | 20 | 0,28 | 0,29 | 0,28 | 0,28 | 283,3 | 0,005774 |
| | 21 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,30 | 300,0 | 0 |
| | 22 | 0,31 | 0,31 | 0,3 | 0,31 | 306,7 | 0,005774 |
| | | | | | | Promedio | 0,001083 |

Se puede observar una desviación estándar cercana a cero en los diferentes tiempos de medición.

En la figura 3.29. se puede observar una respuesta lineal de la dosis en función del tiempo. Se determinó una pendiente en cada curva de 13,33 Gy/h ($R^2=0,9941$) y 11,43 Gy/h ($R^2=0,9884$), que corresponden a la tasa de dosis media en aire y con recubrimiento de los dosímetros con polimetilmetacrilato.

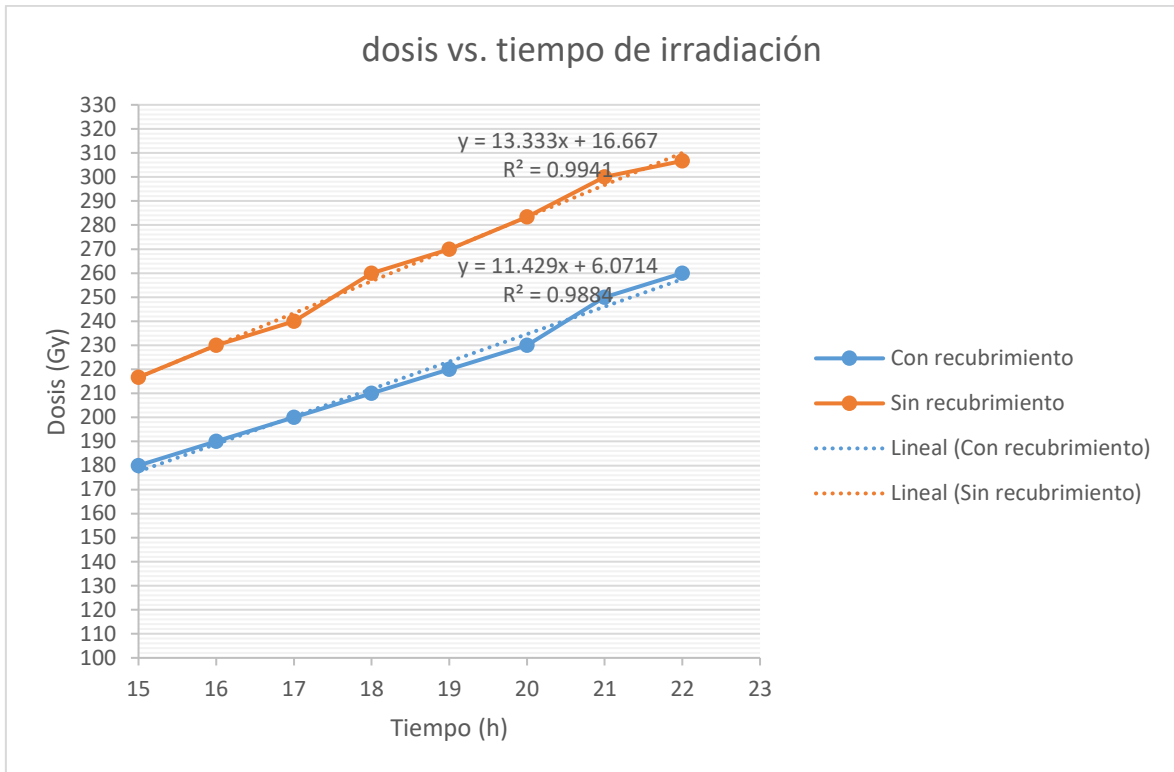


Figura 3.29.Curvas de dosis vs. tiempo de irradiación

Se debería estudiar la relación dosis vs. tiempo de residencia en valores de tiempo mayor a 22 horas y menores a 15 horas para establecer el rango de linealidad de la tasa de dosis en esa posición de la cámara de irradiación.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- La actividad de la fuente de cobalto 60 utilizada fue de alrededor de 1100 Ci, que a pesar de ser alrededor del 2,4% de la carga original, brinda rangos de dosis compatibles para investigaciones relacionadas con tratamientos fitosanitarios, como es el caso de flores de exportación.
- Del mapeo de dosis se obtuvo tasas de dosis entre 3 y 150 Gy/h distribuidos a distintas distancias, con una desviación estándar promedio de 0,29 Gy/h.
- La incertidumbre combinada del mapeo de la cámara de irradiación, que tomó en cuenta las repeticiones, la calibración de los holders y la resolución del EPR, tuvo un valor promedio de $\pm 0,012$ kGy. El aporte mayor correspondió a la incertidumbre asociada a la calibración de los holders para el lote de dosímetros de alanina Bruker T020604.
- La tasa de dosis disminuyó considerablemente a partir de 60 cm de altura, debido a que las fuentes de ^{60}Co tienen 31 cm de alto.
- Del ensayo de repetibilidad entre las 3 fechas: 328, 333 y 350 días después del mapeo, no existió una diferencia considerable entre los datos de tasa de dosis medida, ya que la influencia del decaimiento de la actividad en la tasa de dosis es despreciable. Se obtuvo una incertidumbre combinada promedio de $\pm 0,012$ kGy, en los distintos puntos de medición para las 3 repeticiones.
- Entre los datos obtenidos del mapeo de la cámara y de las 3 repeticiones existe una disminución en la tasa de dosis atribuida del decaimiento radioactivo de la fuente que tiene un período de semidesintegración de 1925,2 días.

- La ubicación de las 2 cajas C_{6r} , tipo “tabaco” de gypsophila a 40 cm de distancia de la fuente obtuvo una DUR de 3,43 y 3,23. Se logró disminuir la DUR a 1,61 y 1,63 aumentando la distancia de irradiación a 100 cm de la fuente. Al girar 180 grados las cajas a la mitad del tiempo de irradiación la DUR subió a 1,36.
- Con las 2 cajas C_{12r} , tipo “cuarta”, ubicadas a 100 cm se logró una DUR de 1,29 y 1,28, con un promedio de dosis de 0,40 kGy. Sin embargo, la dosis mínima fue de 0,36 kGy.
- El procedimiento de irradiación de las cajas C_{12r} debe ser el mismo que se aplicó para las cajas C_{6r} , debido a que de esta manera se obtiene un DUR aceptable de 1,28; sin embargo, se debe realizar más pruebas variando el tiempo de irradiación para lograr una dosis mínima requerida de 0,40 kGy.
- Del ensayo de linealidad se determinó una pendiente en cada curva de 13,33 Gy/h ($R^2=0,9941$) y 11,43 Gy/h ($R^2=0,9884$), que corresponden a la tasa de dosis media en aire y con recubrimiento de los dosímetros con polimetilmetacrilato, para tiempos de irradiación entre 15 y 22 horas.

4.2 RECOMENDACIONES

- Participar en más ensayos de intercomparación a nivel regional, que permitan establecer la capacidad de entregar dosis determinadas de la instalación de la EPN.
- Incluir otras fuentes de incertidumbre tanto aleatorias como sistemáticas para mejorar la precisión en el cálculo de la incertidumbre asociada.
- Probar distintos materiales de recubrimiento para dosímetros y estudiar la influencia del equilibrio electrónico en la incertidumbre de la medición.

- Realizar otros ensayos de dosis vs. tiempo de permanencia, en valores menores a 15 horas y mayores a 22 horas, para cubrir un rango de dosis desde 50 Gy a 1 000 Gy.
- Realizar pruebas de distribución de dosis en cajas C_{12r} variando el tiempo de irradiación. Considerar el DUR obtenido previamente, la dirección en la cámara de irradiación, y la incertidumbre asociada a la medición de la dosis.

BIBLIOGRAFÍA

- Agrocalidad. (2015). Guía fitosanitaria de campo: Ornamentales. Recuperado de: <http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2015/04/guia-de-campo-ORNAMENTALES.pdf> (Julio, 2018)
- CIPF. (2016). *NIMF 18: Directrices para usar la irradiación como medida fitosanitaria*. Roma: FAO.
- Bory, P. (1991). *Compte Rendu de Mission en Equateur*. Quito, Ecuador: Ecole Polytechnique Nationale.
- Botero, M., Parra, H., Olarte, W. (2014). *Validación de la Prueba de Medición de Radiación Ionizante desarrollada por el Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas de la Universidad Tecnológica de Pereira*. Scientia et Technica Año XIX, 19 (3). Universidad Tecnológica de Pereira. ISSN 0122-1701.
- CEM. (2011). *Glosario de términos*. Recuperado de: <https://bit.ly/2zQmKxl> (Julio, 2018)
- CIPF. (2003). *Directrices para utilizar la irradiación como medida fitosanitaria*. NIMF 18. Roma: FAO.
- CNEA (2017), Comisión Nacional de Energía Atómica. *Informe Final N-DO-01. Ensayo de Aptitud por Comparaciones Interlaboratorio en Irradiación y Medición de Dosímetros*. Buenos Aires- Argentina.
- Covenin. (1997). *Covenin 2972-2: Exactitud (Veracidad y Precisión) de métodos de medición y resultados. Parte 2: Método básico para la determinación de repetibilidad y reproducibilidad de un método estándar de medición*. Caracas, Venezuela: Comisión Venezolana de Normas Industriales.
- Espitia, M., Díaz, J., Almanza, O. (2013). Caracterización dosimétrica por resonancia paramagnética electrónica (EPR) de esmalte dental irradiado con rayos X. *Revista Colombiana de Física*, 45 (2), 129-132.
- Henry, Y.A. (1997). Basic EPR Methodology. En *Nitric Oxide Research from Chemistry to Biology*. Boston: Springer
- IAEA (2002a). *Dosimetry for food irradiation: Technical Reports Series N° 409*. Vienna, International Atomic Energy Agency. Recuperado de: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/TRS409_scr.pdf (Junio, 2018)
- IAEA (2002b). Use of electron paramagnetic resonance dosimetry with tooth enamel for retrospective dose assessment: Report of a co-ordinated research Project. Viena, Austria: International Atomic Energy Agency. Recuperado de: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/te_1331_web.pdf (Julio, 2018)

- IAEA (2013). *Guidelines for the Development, Validation and Routine Control of industrial Radiation Processes. Radiation Technology Series N° 4*. Vienna, Austria. Recuperado de: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1581_web.pdf (Julio, 2018)
- IAEA (2017). *Manual de Buenas Prácticas para la Irradiación de Alimentos*. Vienna, Organismo Internacional de Energía Atómica. Colección de Informes técnicos N° 481. Recuperado de: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/D481_S_web.pdf (Junio, 2018)
- ISO/ASTM. (2013). *ISO/ASTM 51607: Practice for use of an alanine-EPR dosimetry system*. (3rd ed.). Switzerland: ISO/ASTM International.
- ISO/IEC. (2008) *Uncertainty of measurement. Part 3. Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM: 1995)*. Switzerland
- JCGM. (2008). *JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections: Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement*. (1st ed.). Recuperado de: https://www.bipm.org/utils/common/documents/jcgm/JCGM_100_2008_E.pdf
- Llamosa, E., Meza, L., Botero, M. (2007). *Estudio de repetibilidad y reproducibilidad utilizando el método de promedios y rangos para el aseguramiento de la calidad de los resultados de calibración de acuerdo con la norma técnica NTC-ISO/IEC 17025*. Scientia et Technica Año XIII, 35 (1).
- Maghraby, A. (2012). Ionizing Radiation Induced Radicals. En *Current Topics in Ionizing Radiation Research*. Gyza, Egypt: Intechopen.
- Negut, C., Cutrubinis, M. (2017). ESR Standard Methods for Detection of Irradiated Food. En *Electron Spin Resonance in Food Science*. Magurele, Romania: Elsevier.
- Schauer, D., Iwasaki, A., Romanyukha, A., Swartz, H., Onori, S. (2007). Electron paramagnetic resonance (EPR) in medical dosimetry. *Radiation Measurement*, 41 (1), S117-S123. doi: 10.1016/j.radmeas.2007.01.006
- USDA. (2016). *Manual Treatment*. Estados Unidos. Recuperado de: https://www.aphis.usda.gov/import_export/plants/manuals/ports/downloads/treatment.pdf (Julio, 2018)

ANEXOS

ANEXO 1. CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DEL LOTE DE DOSÍMETROS T020604 , HOLDER PX



NATIONAL PHYSICAL LABORATORY

Teddington Middlesex UK TW11 0LW Telephone +44 20 8977 3222

Certificate of Calibration



0478

Irr Cert_S_2_1.doc

**FOR IRRADIATION OF
CUSTOMER SUPPLIED DOSIMETERS**

This certificate is issued in accordance with the laboratory accreditation requirements of the United Kingdom Accreditation Service. It provides traceability of measurement to the SI system of units and/or to units of measurement realised at the National Physical Laboratory or other recognised national metrology institutes. This certificate may not be reproduced other than in full, except with the prior written approval of the issuing laboratory.

FOR: Birgit Gruessinger
Bruker Biospin GmbH
Silberstreifen
76287 Rheinstetten
Germany

DESCRIPTION: Irradiation in calibrated cobalt-60 gamma-ray field

IDENTIFICATION: Batch T020604 Alanine Pellets

IRRADIATION DATE: 10th & 12th March 2015

TIME OF END OF IRRADIATION: n/a

Reference: 2015020052/4

Page 1 of 2

Date: 12 March 2015

Signed: *D. C. Crossley*

Checked by: *RA*

Name: D C Crossley on behalf of NPLML

NATIONAL PHYSICAL LABORATORY

Continuation Sheet

MEASUREMENTS

The dosimeters were irradiated surrounded by water equivalent material in a calibrated cobalt-60 gamma-ray field at a dose rate of 8 kGy per hour. The temperature during irradiation was controlled at 25 (± 2)°C throughout the irradiation.

The dose rate at the point of irradiation is expressed in terms of absorbed dose to water and is directly traceable to the NPL primary standard graphite calorimeter. Details of the calibration procedures used are available from NPL on request.

RESULTS

| <u>Dosimeters</u> | <u>Absorbed Dose</u> kGy |
|-------------------|-----------------------------|
| A | 2.01 |
| B | 1.004 |
| C | 0.502 |
| D | 0.399 |
| E | 0.296 |
| F | 0.206 |
| G | 0.1030 |

UNCERTAINTIES

The reported expanded uncertainty is based on a standard uncertainty multiplied by a coverage factor $k=2$, providing a coverage probability of approximately 95%. The uncertainty evaluation has been carried out in accordance with UKAS requirements.

The uncertainties considered were those associated with the realisation of absorbed dose to water by calorimetry and the subsequent transfer of this quantity to the dosimeters. No account has been taken of the variability of response of individual dosimeters to the given radiation dose.

The uncertainty associated with the dose to water measurement at the point of irradiation is estimated to be $\pm 2.2\%$.

NOTES: Applicability of results

The response of many types of dosimeter is influenced by factors such as irradiation temperature, dose rate and time between irradiation and readout. Care must be taken in relating the response of these dosimeters to that of dosimeters irradiated under other conditions.

Reference 2015020052/4

CHECKED



Page 2 of 2



NATIONAL PHYSICAL LABORATORY
Teddington Middlesex UK TW11 0LW Telephone +44 20 8977 3222

Irr_Cert_S_Gy_2_1.doc



Certificate of Calibration

FOR IRRADIATION OF CUSTOMER SUPPLIED DOSIMETERS

This certificate is issued in accordance with the laboratory accreditation requirements of the United Kingdom Accreditation Service. It provides traceability of measurement to the SI system of units and/or to units of measurement realised at the National Physical Laboratory or other recognised national metrology institutes. This certificate may not be reproduced other than in full, except with the prior written approval of the issuing laboratory.

FOR: Birgit Gruessinger
Bruker Biospin GmbH
Silberstreifen
76287 Rheinstetten
Germany

DESCRIPTION: Irradiation in calibrated cobalt-60 gamma-ray field

IDENTIFICATION: Batch T020604 Alanine Pellets

IRRADIATION
DATE: 12th March 2015

TIME OF END OF
IRRADIATION: n/a

Reference: 2015020052/8

Page 1 of 2

Date: 12 March 2015

Signed: *D. C. Crossley*

Checked by: *BA McC*

Name: D C Crossley on behalf of NPLML

NATIONAL PHYSICAL LABORATORY

Continuation Sheet

MEASUREMENTS

The dosimeters were irradiated surrounded by water equivalent material in a calibrated cobalt-60 gamma-ray field at a dose rate of 13 Gy per hour. The temperature during irradiation was controlled at 25 (± 2)°C throughout the irradiation.

The dose rate at the point of irradiation is expressed in terms of absorbed dose to water and is directly traceable to the NPL primary standard graphite calorimeter. Details of the calibration procedures used are available from NPL on request.

RESULTS

| <u>Dosimeters</u> | <u>Absorbed Dose</u> Gy |
|-------------------|----------------------------|
| H | 50.0 |

UNCERTAINTIES

The reported expanded uncertainty is based on a standard uncertainty multiplied by a coverage factor $k=2$, providing a coverage probability of approximately 95%. The uncertainty evaluation has been carried out in accordance with UKAS requirements.

The uncertainties considered were those associated with the realisation of absorbed dose to water by calorimetry and the subsequent transfer of this quantity to the dosimeters. No account has been taken of the variability of response of individual dosimeters to the given radiation dose.

The uncertainty associated with the dose to water measurement at the point of irradiation is estimated to be $\pm 2.0\%$.

NOTES: Applicability of results

The response of many types of dosimeter is influenced by factors such as irradiation temperature, dose rate and time between irradiation and readout. Care must be taken in relating the response of these dosimeters to that of dosimeters irradiated under other conditions.

Reference 2015020052/8

CHECKED



Page 2 of 2

ANEXO 2. Certificado de Calibración Dosímetros Alanina Lote T020604, para holder PL0132



NATIONAL PHYSICAL LABORATORY
Teddington Middlesex UK TW11 0LW Telephone +44 20 8977 3222



Certificate of Calibration

FOR IRRADIATION OF CUSTOMER SUPPLIED DOSIMETERS

This certificate is issued in accordance with the laboratory accreditation requirements of the United Kingdom Accreditation Service. It provides traceability of measurement to the SI system of units and/or to units of measurement realised at the National Physical Laboratory or other recognised national metrology institutes. This certificate may not be reproduced other than in full, except with the prior written approval of the issuing laboratory.

FOR: Burgitt Gruessinger
Bruker Biospin GmbH
Silberstreifen
76287 Rheinstetten
Germany

DESCRIPTION: Irradiation in calibrated cobalt-60 gamma-ray field

IDENTIFICATION: Batch T020604 Alanine Pellets

**IRRADIATION
DATE:** 9th March 2015

**TIME OF END OF
IRRADIATION:** n/a

Reference: 2015020052/5

Page 1 of 2

Date: 10 March 2015

Signed: *D. C. Crossley*

Checked by: *BA*

Name: D C Crossley on behalf of NPLML

NATIONAL PHYSICAL LABORATORY

Continuation Sheet

MEASUREMENTS

The dosimeters were irradiated surrounded by water equivalent material in a calibrated cobalt-60 gamma-ray field at a dose rate of 8 kGy per hour. The temperature during irradiation was controlled at 25 (\pm 2) $^{\circ}$ C throughout the irradiation.

The dose rate at the point of irradiation is expressed in terms of absorbed dose to water and is directly traceable to the NPL primary standard graphite calorimeter. Details of the calibration procedures used are available from NPL on request.

RESULTS

| <u>Dosimeters</u> | <u>Absorbed Dose</u> kGy |
|-------------------|-----------------------------|
| I | 10.00 |
| J | 7.51 |
| K | 5.01 |
| L | 3.01 |
| M | 2.01 |
| N | 1.004 |
| O | 0.502 |
| P | 0.296 |

UNCERTAINTIES

The reported expanded uncertainty is based on a standard uncertainty multiplied by a coverage factor $k=2$, providing a coverage probability of approximately 95%. The uncertainty evaluation has been carried out in accordance with UKAS requirements.

The uncertainties considered were those associated with the realisation of absorbed dose to water by calorimetry and the subsequent transfer of this quantity to the dosimeters. No account has been taken of the variability of response of individual dosimeters to the given radiation dose.

The uncertainty associated with the dose to water measurement at the point of irradiation is estimated to be $\pm 2.2\%$.

NOTES: Applicability of results

The response of many types of dosimeter is influenced by factors such as irradiation temperature, dose rate and time between irradiation and readout. Care must be taken in relating the response of these dosimeters to that of dosimeters irradiated under other conditions.

Reference 2015020052/5

CHECKED



Page 2 of 2

ANEXO 3.DATOS OBTENIDOS DEL MAPEO DE TASA DE DOSIS DE LA CÁMARA DE IRRADIACIÓN

Tabla A3.Tasa de dosis obtenidas en distintas posiciones de la cámara de irradiación

| Lote | | | Dosis obtenida | | | | | | | | | | | | | | | | | Desviación Estándar (Gy/h) |
|---------------------------|-----------|-------------|----------------|---------|----------|---------|---------|----------|---------|----------|---------|---------------|--|---------|---------|---------|----------|---------|--------|----------------------------|
| Distancia | Dirección | Altura (cm) | A | | | B | | | C | | | Promedio (Gy) | Tasa de dosis promedio obtenida (Gy/h) | | | | | | | |
| | | | Medic 1A | | Medic 2A | | Prom A | Medic 1B | | Medic 2B | | | | Prom B | Medic1C | | Medic 2C | | Prom C | |
| | | | (kGy) | (Gy) | (kGy) | (Gy) | (Gy) | (kGy) | (Gy) | (kGy) | (Gy) | | | (Gy) | (kGy) | (Gy) | (kGy) | (Gy) | (Gy) | |
| Dist: 20 cm 28/06/2017 | Norte (N) | 0 | 3,20 | 3200,00 | 3,21 | 3210,00 | 3205,00 | 3,18 | 3180,00 | 3,19 | 3190,00 | 3185,00 | 3,18 | 3180,00 | 3,19 | 3190,00 | 3185,00 | 3191,67 | 132,99 | 0,487 |
| | | 20 | 3,14 | 3140,00 | 3,14 | 3140,00 | 3140,00 | 3,16 | 3160,00 | 3,15 | 3150,00 | 3155,00 | 3,12 | 3120,00 | 3,12 | 3120,00 | 3120,00 | 3138,33 | 130,76 | 0,668 |
| | | 40 | 2,06 | 2060,00 | 2,04 | 2040,00 | 2050,00 | 2,05 | 2050,00 | 2,05 | 2050,00 | 2050,00 | 2,04 | 2040,00 | 2,05 | 2050,00 | 2045,00 | 2048,33 | 85,35 | 0,314 |
| | | 60 | 1,14 | 1140,00 | 1,13 | 1130,00 | 1135,00 | 1,16 | 1160,00 | 1,15 | 1150,00 | 1155,00 | 1,14 | 1140,00 | 1,13 | 1130,00 | 1135,00 | 1141,67 | 47,57 | 0,487 |
| | | 80 | 0,66 | 660,00 | 0,67 | 670,00 | 665,00 | 0,66 | 660,00 | 0,67 | 670,00 | 665,00 | 0,67 | 670,00 | 0,67 | 670,00 | 670,00 | 666,67 | 27,78 | 0,215 |
| | | 100 | 0,41 | 410,00 | 0,41 | 410,00 | 410,00 | 0,41 | 410,00 | 0,41 | 410,00 | 410,00 | 0,42 | 420,00 | 0,43 | 430,00 | 425,00 | 415,00 | 17,29 | 0,349 |
| | 150 | 0,15 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 150,00 | 150,00 | 6,25 | 0,000 | |
| | Sur (S) | 0 | 3,26 | 3260,00 | 3,23 | 3230,00 | 3245,00 | 3,26 | 3260,00 | 3,25 | 3250,00 | 3255,00 | 3,26 | 3260,00 | 3,24 | 3240,00 | 3250,00 | 3250,00 | 135,42 | 0,527 |
| | | 20 | 3,13 | 3130,00 | 3,10 | 3100,00 | 3115,00 | 3,16 | 3160,00 | 3,15 | 3150,00 | 3155,00 | 3,14 | 3140,00 | 3,14 | 3140,00 | 3140,00 | 3136,67 | 130,69 | 0,861 |
| | | 40 | 2,09 | 2090,00 | 2,06 | 2060,00 | 2075,00 | 2,06 | 2060,00 | 2,07 | 2070,00 | 2065,00 | 2,10 | 2100,00 | 2,09 | 2090,00 | 2095,00 | 2078,33 | 86,60 | 0,718 |
| | | 60 | 1,14 | 1140,00 | 1,15 | 1150,00 | 1145,00 | 1,14 | 1140,00 | 1,14 | 1140,00 | 1140,00 | 1,14 | 1140,00 | 1,15 | 1150,00 | 1145,00 | 1143,33 | 47,64 | 0,215 |
| | | 80 | 0,67 | 670,00 | 0,67 | 670,00 | 670,00 | 0,67 | 670,00 | 0,66 | 660,00 | 665,00 | 0,65 | 650,00 | 0,65 | 650,00 | 650,00 | 661,67 | 27,57 | 0,410 |
| | | 100 | 0,43 | 430,00 | 0,43 | 430,00 | 430,00 | 0,43 | 430,00 | 0,42 | 420,00 | 425,00 | 0,42 | 420,00 | 0,40 | 400,00 | 410,00 | 421,67 | 17,57 | 0,487 |
| | 150 | 0,15 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 150,00 | 150,00 | 6,25 | 0,000 | |
| | Este (E) | 0 | 3,03 | 3030,00 | 3,00 | 3000,00 | 3015,00 | 3,03 | 3030,00 | 3,00 | 3000,00 | 3015,00 | 3,02 | 3020,00 | 3,02 | 3020,00 | 3020,00 | 3016,67 | 125,69 | 0,569 |
| | | 20 | 2,96 | 2960,00 | 2,95 | 2950,00 | 2955,00 | 2,87 | 2870,00 | 2,89 | 2890,00 | 2880,00 | 2,90 | 2900,00 | 2,93 | 2930,00 | 2915,00 | 2916,67 | 121,53 | 1,483 |
| | | 40 | 1,93 | 1930,00 | 1,93 | 1930,00 | 1930,00 | 1,91 | 1910,00 | 1,92 | 1920,00 | 1915,00 | 1,91 | 1910,00 | 1,92 | 1920,00 | 1915,00 | 1920,00 | 80,00 | 0,373 |
| | | 60 | 1,08 | 1080,00 | 1,09 | 1090,00 | 1085,00 | 1,10 | 1100,00 | 1,10 | 1100,00 | 1100,00 | 1,09 | 1090,00 | 1,09 | 1090,00 | 1090,00 | 1091,67 | 45,49 | 0,314 |
| | | 80 | 0,64 | 640,00 | 0,64 | 640,00 | 640,00 | 0,61 | 610,00 | 0,62 | 620,00 | 615,00 | 0,62 | 620,00 | 0,62 | 620,00 | 620,00 | 625,00 | 26,04 | 0,510 |
| | | 100 | 0,41 | 410,00 | 0,41 | 410,00 | 410,00 | 0,41 | 410,00 | 0,41 | 410,00 | 410,00 | 0,41 | 410,00 | 0,41 | 410,00 | 410,00 | 410,00 | 410,00 | 17,08 |
| | 150 | 0,15 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 150,00 | 150,00 | 6,25 | 0,000 | |
| | Oeste (O) | 0 | 3,48 | 3480,00 | 3,48 | 3480,00 | 3480,00 | 3,51 | 3510,00 | 3,50 | 3500,00 | 3505,00 | 3,51 | 3510,00 | 3,50 | 3500,00 | 3505,00 | 3496,67 | 145,69 | 0,569 |
| | | 20 | 3,42 | 3420,00 | 3,40 | 3400,00 | 3410,00 | 3,43 | 3430,00 | 3,41 | 3410,00 | 3420,00 | 3,47 | 3470,00 | 3,46 | 3460,00 | 3465,00 | 3431,67 | 142,99 | 1,161 |
| | | 40 | 2,21 | 2210,00 | 2,20 | 2200,00 | 2205,00 | 2,21 | 2210,00 | 2,20 | 2200,00 | 2205,00 | 2,18 | 2180,00 | 2,17 | 2170,00 | 2175,00 | 2195,00 | 91,46 | 0,685 |
| 60 | | 1,12 | 1120,00 | 1,12 | 1120,00 | 1120,00 | 1,15 | 1150,00 | 1,16 | 1160,00 | 1155,00 | 1,18 | 1180,00 | 1,17 | 1170,00 | 1175,00 | 1150,00 | 47,92 | 1,054 | |
| 80 | | 0,68 | 680,00 | 0,68 | 680,00 | 680,00 | 0,68 | 680,00 | 0,67 | 670,00 | 675,00 | 0,69 | 690,00 | 0,69 | 690,00 | 690,00 | 681,67 | 28,40 | 0,314 | |
| 100 | | 0,43 | 430,00 | 0,42 | 420,00 | 425,00 | 0,42 | 420,00 | 0,43 | 430,00 | 425,00 | 0,41 | 410,00 | 0,43 | 430,00 | 420,00 | 423,33 | 17,64 | 0,340 | |
| 150 | 0,15 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 150,00 | 150,00 | 6,25 | 0,000 | | |

| Noreste (NE) | 0 | 2,95 | 2950,00 | 2,94 | 2940,00 | 2945,00 | 2,98 | 2980,00 | 2,96 | 2960,00 | 2970,00 | 2,99 | 2990,00 | 3,00 | 3000,00 | 2995,00 | 2970,00 | 123,75 | 0,986 | |
|-----------------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------|-------------|-----------------|---------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|---------------|-----------------|-------------------------------|----------------------------|----------------|--------------|-----------------|---------------|-------------|-------------|
| | 20 | 2,90 | 2900,00 | 2,88 | 2880,00 | 2890,00 | 2,86 | 2860,00 | 2,86 | 2860,00 | 2860,00 | 2,86 | 2860,00 | 2,85 | 2850,00 | 2855,00 | 2868,33 | 119,51 | 0,765 | |
| | 40 | 1,95 | 1950,00 | 1,95 | 1950,00 | 1950,00 | 1,93 | 1930,00 | 1,93 | 1930,00 | 1930,00 | 1,92 | 1920,00 | 1,92 | 1920,00 | 1920,00 | 1933,33 | 80,56 | 0,569 | |
| | 60 | 1,09 | 1090,00 | 1,10 | 1100,00 | 1095,00 | 1,09 | 1090,00 | 1,10 | 1100,00 | 1095,00 | 1,11 | 1110,00 | 1,10 | 1100,00 | 1105,00 | 1098,33 | 45,76 | 0,314 | |
| | 80 | 0,65 | 650,00 | 0,65 | 650,00 | 650,00 | 0,64 | 640,00 | 0,65 | 650,00 | 645,00 | 0,66 | 660,00 | 0,65 | 650,00 | 655,00 | 650,00 | 27,08 | 0,264 | |
| | 100 | 0,41 | 410,00 | 0,40 | 400,00 | 405,00 | 0,43 | 430,00 | 0,42 | 420,00 | 425,00 | 0,42 | 420,00 | 0,43 | 430,00 | 425,00 | 418,33 | 17,43 | 0,487 | |
| | 150 | 0,15 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 150,00 | 150,00 | 6,25 | 0,000 | |
| | Noroeste (NO) | 0 | 3,27 | 3270,00 | 3,27 | 3270,00 | 3270,00 | 3,27 | 3270,00 | 3,26 | 3260,00 | 3265,00 | 3,29 | 3290,00 | 3,25 | 3250,00 | 3270,00 | 3268,33 | 136,18 | 0,554 |
| | | 20 | 3,19 | 3190,00 | 3,20 | 3200,00 | 3195,00 | 3,18 | 3180,00 | 3,18 | 3180,00 | 3180,00 | 3,21 | 3210,00 | 3,20 | 3200,00 | 3205,00 | 3193,33 | 133,06 | 0,505 |
| | | 40 | 2,06 | 2060,00 | 2,06 | 2060,00 | 2060,00 | 2,09 | 2090,00 | 2,09 | 2090,00 | 2090,00 | 2,07 | 2070,00 | 2,05 | 2050,00 | 2060,00 | 2070,00 | 86,25 | 0,697 |
| | | 60 | 1,15 | 1150,00 | 1,14 | 1140,00 | 1145,00 | 1,13 | 1130,00 | 1,15 | 1150,00 | 1140,00 | 1,15 | 1150,00 | 1,14 | 1140,00 | 1145,00 | 1143,33 | 47,64 | 0,340 |
| | | 80 | 0,67 | 670,00 | 0,67 | 670,00 | 670,00 | 0,67 | 670,00 | 0,67 | 670,00 | 670,00 | 0,66 | 660,00 | 0,66 | 660,00 | 660,00 | 666,67 | 27,78 | 0,215 |
| | | 100 | 0,42 | 420,00 | 0,42 | 420,00 | 420,00 | 0,42 | 420,00 | 0,42 | 420,00 | 420,00 | 0,43 | 430,00 | 0,43 | 430,00 | 430,00 | 423,33 | 17,64 | 0,215 |
| | Sureste (SE) | 0 | 2,99 | 2990,00 | 3,01 | 3010,00 | 3000,00 | 3,02 | 3020,00 | 3,01 | 3010,00 | 3015,00 | 2,99 | 2990,00 | 2,97 | 2970,00 | 2980,00 | 2998,33 | 124,93 | 0,765 |
| | | 20 | 2,93 | 2930,00 | 2,90 | 2900,00 | 2915,00 | 2,92 | 2920,00 | 2,91 | 2910,00 | 2915,00 | 2,90 | 2900,00 | 2,90 | 2900,00 | 2900,00 | 2910,00 | 121,25 | 0,527 |
| 40 | | 1,92 | 1920,00 | 1,90 | 1900,00 | 1910,00 | 1,92 | 1920,00 | 1,94 | 1940,00 | 1930,00 | 1,89 | 1890,00 | 1,89 | 1890,00 | 1890,00 | 1910,00 | 79,58 | 0,833 | |
| 60 | | 1,08 | 1080,00 | 1,07 | 1070,00 | 1075,00 | 1,06 | 1060,00 | 1,06 | 1060,00 | 1060,00 | 1,08 | 1080,00 | 1,09 | 1090,00 | 1085,00 | 1073,33 | 44,72 | 0,505 | |
| 80 | | 0,65 | 650,00 | 0,66 | 660,00 | 655,00 | 0,64 | 640,00 | 0,66 | 660,00 | 650,00 | 0,65 | 650,00 | 0,65 | 650,00 | 650,00 | 651,67 | 27,15 | 0,314 | |
| 100 | | 0,41 | 410,00 | 0,42 | 420,00 | 415,00 | 0,42 | 420,00 | 0,42 | 420,00 | 420,00 | 0,41 | 410,00 | 0,41 | 410,00 | 410,00 | 415,00 | 17,29 | 0,228 | |
| Suroeste (SO) | 0 | 3,32 | 3320,00 | 3,31 | 3310,00 | 3315,00 | 3,34 | 3340,00 | 3,33 | 3330,00 | 3335,00 | 3,31 | 3310,00 | 3,32 | 3320,00 | 3315,00 | 3321,67 | 138,40 | 0,487 | |
| | 20 | 3,23 | 3230,00 | 3,23 | 3230,00 | 3230,00 | 3,23 | 3230,00 | 3,24 | 3240,00 | 3235,00 | 3,22 | 3220,00 | 3,22 | 3220,00 | 3220,00 | 3228,33 | 134,51 | 0,314 | |
| | 40 | 2,08 | 2080,00 | 2,08 | 2080,00 | 2080,00 | 2,09 | 2090,00 | 2,09 | 2090,00 | 2090,00 | 2,07 | 2070,00 | 2,07 | 2070,00 | 2070,00 | 2080,00 | 86,67 | 0,373 | |
| | 60 | 1,14 | 1140,00 | 1,14 | 1140,00 | 1140,00 | 1,13 | 1130,00 | 1,14 | 1140,00 | 1135,00 | 1,11 | 1110,00 | 1,11 | 1110,00 | 1110,00 | 1128,33 | 47,01 | 0,613 | |
| | 80 | 0,65 | 650,00 | 0,67 | 670,00 | 660,00 | 0,67 | 670,00 | 0,66 | 660,00 | 665,00 | 0,68 | 680,00 | 0,67 | 670,00 | 675,00 | 666,67 | 27,78 | 0,430 | |
| | 100 | 0,42 | 420,00 | 0,43 | 430,00 | 425,00 | 0,42 | 420,00 | 0,41 | 410,00 | 415,00 | 0,43 | 430,00 | 0,43 | 430,00 | 430,00 | 423,33 | 17,64 | 0,340 | |
| 150 | 0,15 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 150,00 | 150,00 | 6,25 | 0,000 | | |
| Lote | | Dosis obtenida | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Distancia | Dirección | Altura (cm) | A | | | B | | | C | | | Promedio | Tasa de dosis obtenida | Desviación Estándar | | | | | | |
| | | | Medic 1A | | Medic 2A | Prom A | Medic 1B | | Medic 2B | | Prom B | | | | Medic1C | | Medic 2C | Prom C | | |
| | | | (kGy) | (Gy) | (kGy) | (Gy) | (Gy) | (kGy) | (Gy) | (kGy) | (Gy) | | | | (Gy) | (kGy) | (Gy) | (kGy) | (Gy) | (Gy) |
| Dist: 30 cm 29/06/2017 | Norte (N) | 0 | 2,13 | 2130,00 | 2,13 | 2130,00 | 2130,00 | 2,12 | 2120,00 | 2,15 | 2150,00 | 2135,00 | 2,12 | 2120,00 | 2,12 | 2120,00 | 2120,00 | 2128,33 | 88,68 | 0,487 |
| | | 20 | 2,06 | 2060,00 | 2,07 | 2070,00 | 2065,00 | 2,04 | 2040,00 | 2,03 | 2030,00 | 2035,00 | 2,03 | 2030,00 | 2,04 | 2040,00 | 2035,00 | 2045,00 | 85,21 | 0,685 |
| | | 40 | 1,50 | 1500,00 | 1,49 | 1490,00 | 1495,00 | 1,51 | 1510,00 | 1,51 | 1510,00 | 1510,00 | 1,49 | 1490,00 | 1,47 | 1470,00 | 1480,00 | 1495,00 | 62,29 | 0,632 |
| | | 60 | 0,97 | 970,00 | 0,97 | 970,00 | 970,00 | 0,97 | 970,00 | 0,97 | 970,00 | 970,00 | 0,95 | 950,00 | 0,96 | 960,00 | 955,00 | 965,00 | 40,21 | 0,349 |
| | | 80 | 0,61 | 610,00 | 0,60 | 600,00 | 605,00 | 0,62 | 620,00 | 0,62 | 620,00 | 620,00 | 0,61 | 610,00 | 0,62 | 620,00 | 615,00 | 613,33 | 25,56 | 0,340 |
| | | 100 | 0,40 | 400,00 | 0,39 | 390,00 | 395,00 | 0,39 | 390,00 | 0,40 | 400,00 | 395,00 | 0,40 | 400,00 | 0,40 | 400,00 | 400,00 | 396,67 | 16,53 | 0,215 |
| | | 150 | 0,16 | 160,00 | 0,15 | 150,00 | 155,00 | 0,15 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 150,00 | 0,16 | 160,00 | 0,17 | 170,00 | 165,00 | 156,67 | 6,53 | 0,340 |
| | 0 | 2,14 | 2140,00 | 2,14 | 2140,00 | 2140,00 | 2,15 | 2150,00 | 2,14 | 2140,00 | 2145,00 | 2,16 | 2160,00 | 2,17 | 2170,00 | 2165,00 | 2150,00 | 2150,00 | 89,58 | 0,527 |
| 20 | 2,02 | 2020,00 | 2,04 | 2040,00 | 2030,00 | 2,04 | 2040,00 | 2,05 | 2050,00 | 2045,00 | 2,05 | 2050,00 | 2,04 | 2040,00 | 2045,00 | 2040,00 | 85,00 | 0,456 | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|---------------------|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|-------|
| | Sur (S) | 40 | 1,52 | 1520,00 | 1,51 | 1510,00 | 1515,00 | 1,52 | 1520,00 | 1,52 | 1520,00 | 1520,00 | 1,51 | 1510,00 | 1,52 | 1520,00 | 1515,00 | 1516,67 | 63,19 | 0,215 | |
| | | 60 | 0,97 | 970,00 | 0,98 | 980,00 | 975,00 | 0,97 | 970,00 | 0,96 | 960,00 | 965,00 | 0,97 | 970,00 | 0,97 | 970,00 | 970,00 | 970,00 | 970,00 | 40,42 | 0,264 |
| | | 80 | 0,61 | 610,00 | 0,60 | 600,00 | 605,00 | 0,61 | 610,00 | 0,61 | 610,00 | 610,00 | 0,63 | 630,00 | 0,61 | 610,00 | 620,00 | 611,67 | 25,49 | 0,410 | |
| | | 100 | 0,41 | 410,00 | 0,40 | 400,00 | 405,00 | 0,40 | 400,00 | 0,42 | 420,00 | 410,00 | 0,41 | 410,00 | 0,42 | 420,00 | 415,00 | 410,00 | 410,00 | 17,08 | 0,373 |
| | | 150 | 0,16 | 160,00 | 0,15 | 150,00 | 155,00 | 0,15 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 150,00 | 151,67 | 6,32 | 0,170 | |
| | Este (E) | 0 | 2,00 | 2000,00 | 2,01 | 2010,00 | 2005,00 | 1,99 | 1990,00 | 2,00 | 2000,00 | 1995,00 | 2,01 | 2010,00 | 2,02 | 2020,00 | 2015,00 | 2005,00 | 2005,00 | 83,54 | 0,437 |
| | | 20 | 1,95 | 1950,00 | 1,92 | 1920,00 | 1935,00 | 1,91 | 1910,00 | 1,91 | 1910,00 | 1910,00 | 1,94 | 1940,00 | 1,93 | 1930,00 | 1935,00 | 1926,67 | 80,28 | 0,680 | |
| | | 40 | 1,42 | 1420,00 | 1,44 | 1440,00 | 1430,00 | 1,45 | 1450,00 | 1,44 | 1440,00 | 1445,00 | 1,43 | 1430,00 | 1,43 | 1430,00 | 1430,00 | 1435,00 | 59,79 | 0,437 | |
| | | 60 | 0,92 | 920,00 | 0,93 | 930,00 | 925,00 | 0,93 | 930,00 | 0,95 | 950,00 | 940,00 | 0,93 | 930,00 | 0,93 | 930,00 | 930,00 | 931,67 | 38,82 | 0,410 | |
| | | 80 | 0,60 | 600,00 | 0,58 | 580,00 | 590,00 | 0,60 | 600,00 | 0,59 | 590,00 | 595,00 | 0,59 | 590,00 | 0,58 | 580,00 | 585,00 | 590,00 | 24,58 | 0,373 | |
| | | 100 | 0,39 | 390,00 | 0,40 | 400,00 | 395,00 | 0,39 | 390,00 | 0,39 | 390,00 | 390,00 | 0,40 | 400,00 | 0,40 | 400,00 | 400,00 | 395,00 | 16,46 | 0,228 | |
| | Oeste (O) | 150 | 0,15 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 150,00 | 150,00 | 150,00 | 6,25 | 0,000 |
| | | 0 | 2,31 | 2310,00 | 2,30 | 2300,00 | 2305,00 | 2,31 | 2310,00 | 2,31 | 2310,00 | 2310,00 | 2,27 | 2270,00 | 2,25 | 2250,00 | 2260,00 | 2291,67 | 95,49 | 1,068 | |
| | | 20 | 2,22 | 2220,00 | 2,22 | 2220,00 | 2220,00 | 2,24 | 2240,00 | 2,23 | 2230,00 | 2235,00 | 2,25 | 2250,00 | 2,28 | 2280,00 | 2265,00 | 2240,00 | 93,33 | 0,950 | |
| | | 40 | 1,62 | 1620,00 | 1,63 | 1630,00 | 1625,00 | 1,60 | 1600,00 | 1,60 | 1600,00 | 1600,00 | 1,60 | 1600,00 | 1,61 | 1610,00 | 1605,00 | 1610,00 | 67,08 | 0,527 | |
| | | 60 | 1,03 | 1030,00 | 1,01 | 1010,00 | 1020,00 | 1,02 | 1020,00 | 1,01 | 1010,00 | 1015,00 | 1,01 | 1010,00 | 1,00 | 1000,00 | 1005,00 | 1013,33 | 42,22 | 0,430 | |
| | | 80 | 0,63 | 630,00 | 0,62 | 620,00 | 625,00 | 0,63 | 630,00 | 0,61 | 610,00 | 620,00 | 0,62 | 620,00 | 0,62 | 620,00 | 620,00 | 621,67 | 25,90 | 0,314 | |
| | Noreste (NE) | 100 | 0,41 | 410,00 | 0,41 | 410,00 | 410,00 | 0,41 | 410,00 | 0,42 | 420,00 | 415,00 | 0,41 | 410,00 | 0,41 | 410,00 | 410,00 | 411,67 | 17,15 | 0,170 | |
| | | 150 | 0,15 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 150,00 | 0,16 | 160,00 | 0,16 | 160,00 | 160,00 | 153,33 | 6,39 | 0,215 | |
| | | 0 | 1,98 | 1980,00 | 1,98 | 1980,00 | 1980,00 | 1,96 | 1960,00 | 1,97 | 1970,00 | 1965,00 | 1,95 | 1950,00 | 1,96 | 1960,00 | 1955,00 | 1966,67 | 81,94 | 0,505 | |
| | | 20 | 1,92 | 1920,00 | 1,93 | 1930,00 | 1925,00 | 1,95 | 1950,00 | 1,94 | 1940,00 | 1945,00 | 1,95 | 1950,00 | 1,93 | 1930,00 | 1940,00 | 1936,67 | 80,69 | 0,505 | |
| 40 | | 1,43 | 1430,00 | 1,41 | 1410,00 | 1420,00 | 1,43 | 1430,00 | 1,43 | 1430,00 | 1430,00 | 1,42 | 1420,00 | 1,44 | 1440,00 | 1430,00 | 1426,67 | 59,44 | 0,430 | | |
| 60 | | 0,91 | 910,00 | 0,92 | 920,00 | 915,00 | 0,92 | 920,00 | 0,92 | 920,00 | 920,00 | 0,93 | 930,00 | 0,92 | 920,00 | 925,00 | 920,00 | 38,33 | 0,264 | | |
| Noroeste (NO) | 80 | 0,59 | 590,00 | 0,60 | 600,00 | 595,00 | 0,59 | 590,00 | 0,60 | 600,00 | 595,00 | 0,58 | 580,00 | 0,60 | 600,00 | 590,00 | 593,33 | 24,72 | 0,340 | | |
| | 100 | 0,41 | 410,00 | 0,40 | 400,00 | 405,00 | 0,40 | 400,00 | 0,38 | 380,00 | 390,00 | 0,39 | 390,00 | 0,40 | 400,00 | 395,00 | 396,67 | 16,53 | 0,430 | | |
| | 150 | 0,15 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 150,00 | 150,00 | 6,25 | 0,000 | | |
| | 0 | 2,17 | 2170,00 | 2,18 | 2180,00 | 2175,00 | 2,20 | 2200,00 | 2,19 | 2190,00 | 2195,00 | 2,20 | 2200,00 | 2,20 | 2200,00 | 2200,00 | 2190,00 | 91,25 | 0,527 | | |
| | 20 | 2,13 | 2130,00 | 2,11 | 2110,00 | 2120,00 | 2,10 | 2100,00 | 2,09 | 2090,00 | 2095,00 | 2,12 | 2120,00 | 2,11 | 2110,00 | 2115,00 | 2110,00 | 87,92 | 0,589 | | |
| | 40 | 1,56 | 1560,00 | 1,55 | 1550,00 | 1555,00 | 1,51 | 1510,00 | 1,53 | 1530,00 | 1520,00 | 1,54 | 1540,00 | 1,52 | 1520,00 | 1530,00 | 1535,00 | 63,96 | 0,780 | | |
| Sureste (SE) | 60 | 0,96 | 960,00 | 0,96 | 960,00 | 960,00 | 0,96 | 960,00 | 0,95 | 950,00 | 955,00 | 0,97 | 970,00 | 0,97 | 970,00 | 970,00 | 961,67 | 40,07 | 0,314 | | |
| | 80 | 0,61 | 610,00 | 0,61 | 610,00 | 610,00 | 0,61 | 610,00 | 0,62 | 620,00 | 615,00 | 0,62 | 620,00 | 0,61 | 610,00 | 615,00 | 613,33 | 25,56 | 0,215 | | |
| | 100 | 0,41 | 410,00 | 0,42 | 420,00 | 415,00 | 0,41 | 410,00 | 0,41 | 410,00 | 410,00 | 0,41 | 410,00 | 0,41 | 410,00 | 410,00 | 411,67 | 17,15 | 0,170 | | |
| | 150 | 0,16 | 160,00 | 0,16 | 160,00 | 160,00 | 0,16 | 160,00 | 0,16 | 160,00 | 160,00 | 0,15 | 150,00 | 0,16 | 160,00 | 155,00 | 158,33 | 6,60 | 0,170 | | |
| | 0 | 1,98 | 1980,00 | 1,98 | 1980,00 | 1980,00 | 1,99 | 1990,00 | 1,98 | 1980,00 | 1985,00 | 1,97 | 1970,00 | 1,96 | 1960,00 | 1965,00 | 1976,67 | 82,36 | 0,430 | | |
| | 20 | 1,91 | 1910,00 | 1,91 | 1910,00 | 1910,00 | 1,93 | 1930,00 | 1,94 | 1940,00 | 1935,00 | 1,89 | 1890,00 | 1,88 | 1880,00 | 1885,00 | 1910,00 | 79,58 | 0,950 | | |
| Suroeste (SO) | 40 | 1,40 | 1400,00 | 1,39 | 1390,00 | 1395,00 | 1,41 | 1410,00 | 1,40 | 1400,00 | 1405,00 | 1,43 | 1430,00 | 1,43 | 1430,00 | 1430,00 | 1410,00 | 58,75 | 0,697 | | |
| | 60 | 0,92 | 920,00 | 0,92 | 920,00 | 920,00 | 0,91 | 910,00 | 0,91 | 910,00 | 910,00 | 0,92 | 920,00 | 0,92 | 920,00 | 920,00 | 916,67 | 38,19 | 0,215 | | |
| | 80 | 0,59 | 590,00 | 0,59 | 590,00 | 590,00 | 0,61 | 610,00 | 0,60 | 600,00 | 605,00 | 0,60 | 600,00 | 0,59 | 590,00 | 595,00 | 596,67 | 24,86 | 0,340 | | |
| | 100 | 0,38 | 380,00 | 0,41 | 410,00 | 395,00 | 0,40 | 400,00 | 0,40 | 400,00 | 400,00 | 0,40 | 400,00 | 0,39 | 390,00 | 395,00 | 396,67 | 16,53 | 0,430 | | |
| | 150 | 0,15 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 0,16 | 160,00 | 155,00 | 151,67 | 6,32 | 0,170 | | |
| | 0 | 2,18 | 2180,00 | 2,17 | 2170,00 | 2175,00 | 2,19 | 2190,00 | 2,19 | 2190,00 | 2190,00 | 2,17 | 2170,00 | 2,16 | 2160,00 | 2165,00 | 2176,67 | 90,69 | 0,505 | | |
| 20 | 2,09 | 2090,00 | 2,09 | 2090,00 | 2090,00 | 2,08 | 2080,00 | 2,07 | 2070,00 | 2075,00 | 2,12 | 2120,00 | 2,11 | 2110,00 | 2115,00 | 2093,33 | 87,22 | 0,776 | | | |
| 40 | 1,50 | 1500,00 | 1,52 | 1520,00 | 1510,00 | 1,55 | 1550,00 | 1,55 | 1550,00 | 1550,00 | 1,53 | 1530,00 | 1,52 | 1520,00 | 1525,00 | 1528,33 | 63,68 | 0,809 | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|---------------------|--------------------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|---------------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|---------------|----------------|-------------|-----------------|-------------|---------------|-----------------|-------------------------------|----------------------------|-------------|
| | | 60 | 0,96 | 960,00 | 0,97 | 970,00 | 965,00 | 0,96 | 960,00 | 0,98 | 980,00 | 970,00 | 0,96 | 960,00 | 0,96 | 960,00 | 960,00 | 965,00 | 40,21 | 0,349 | |
| | | 80 | 0,61 | 610,00 | 0,62 | 620,00 | 615,00 | 0,62 | 620,00 | 0,62 | 620,00 | 620,00 | 0,61 | 610,00 | 0,61 | 610,00 | 610,00 | 615,00 | 25,63 | 0,228 | |
| | | 100 | 0,41 | 410,00 | 0,41 | 410,00 | 410,00 | 0,41 | 410,00 | 0,39 | 390,00 | 400,00 | 0,41 | 410,00 | 0,40 | 400,00 | 405,00 | 405,00 | 16,88 | 0,349 | |
| | | 150 | 0,16 | 160,00 | 0,16 | 160,00 | 160,00 | 0,16 | 160,00 | 0,16 | 160,00 | 160,00 | 0,16 | 160,00 | 0,16 | 160,00 | 160,00 | 160,00 | 6,67 | 0,000 | |
| | Lote | | Dosis obtenida | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Distancia | Dirección | Altura (cm) | A | | | | | B | | | | | C | | | | | Promedio | Tasa de dosis obtenida | Desviación Estándar | |
| | | | Medic 1A | | Medic 2A | | Prom A | Medic 1B | | Medic 2B | | Prom B | Medic1C | | Medic 2C | | Prom C | | | | |
| | | | (kGy) | (Gy) | (kGy) | (Gy) | (Gy) | (kGy) | (Gy) | (kGy) | (Gy) | (Gy) | (kGy) | (Gy) | (kGy) | (Gy) | (Gy) | | | | (Gy) |
| Dist: 40 cm 01/07/2017 | Norte (N) | 0 | 1,51 | 1510,00 | 1,52 | 1520,00 | 1515,00 | 1,53 | 1530,00 | 1,53 | 1530,00 | 1530,00 | 1,53 | 1530,00 | 1,53 | 1530,00 | 1530,00 | 1525,00 | 63,54 | 0,349 | |
| | | 20 | 1,45 | 1450,00 | 1,46 | 1460,00 | 1455,00 | 1,45 | 1450,00 | 1,44 | 1440,00 | 1445,00 | 1,43 | 1430,00 | 1,45 | 1450,00 | 1440,00 | 1446,67 | 60,28 | 0,430 | |
| | | 40 | 1,14 | 1140,00 | 1,13 | 1130,00 | 1135,00 | 1,13 | 1130,00 | 1,13 | 1130,00 | 1130,00 | 1,15 | 1150,00 | 1,15 | 1150,00 | 1150,00 | 1138,33 | 47,43 | 0,410 | |
| | | 60 | 0,80 | 800,00 | 0,80 | 800,00 | 800,00 | 0,81 | 810,00 | 0,81 | 810,00 | 810,00 | 0,80 | 800,00 | 0,79 | 790,00 | 795,00 | 801,67 | 33,40 | 0,314 | |
| | | 80 | 0,55 | 550,00 | 0,55 | 550,00 | 550,00 | 0,55 | 550,00 | 0,55 | 550,00 | 550,00 | 0,56 | 560,00 | 0,56 | 560,00 | 560,00 | 553,33 | 23,06 | 0,215 | |
| | | 100 | 0,39 | 390,00 | 0,39 | 390,00 | 390,00 | 0,38 | 380,00 | 0,38 | 380,00 | 380,00 | 0,39 | 390,00 | 0,38 | 380,00 | 385,00 | 385,00 | 385,00 | 16,04 | 0,228 |
| | | 150 | 0,15 | 150,00 | 0,16 | 160,00 | 155,00 | 0,15 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 150,00 | 151,67 | 6,32 | 0,170 | |
| | | Sur (S) | 0 | 1,54 | 1540,00 | 1,54 | 1540,00 | 1540,00 | 1,53 | 1530,00 | 1,52 | 1520,00 | 1525,00 | 1,53 | 1530,00 | 1,53 | 1530,00 | 1530,00 | 1531,67 | 63,82 | 0,314 |
| | 20 | | 1,45 | 1450,00 | 1,44 | 1440,00 | 1445,00 | 1,47 | 1470,00 | 1,46 | 1460,00 | 1465,00 | 1,47 | 1470,00 | 1,47 | 1470,00 | 1470,00 | 1460,00 | 60,83 | 0,527 | |
| | 40 | | 1,14 | 1140,00 | 1,13 | 1130,00 | 1135,00 | 1,14 | 1140,00 | 1,15 | 1150,00 | 1145,00 | 1,16 | 1160,00 | 1,15 | 1150,00 | 1155,00 | 1145,00 | 47,71 | 0,437 | |
| | 60 | | 0,79 | 790,00 | 0,78 | 780,00 | 785,00 | 0,80 | 800,00 | 0,79 | 790,00 | 795,00 | 0,78 | 780,00 | 0,77 | 770,00 | 775,00 | 785,00 | 32,71 | 0,437 | |
| | 80 | | 0,53 | 530,00 | 0,55 | 550,00 | 540,00 | 0,54 | 540,00 | 0,54 | 540,00 | 540,00 | 0,54 | 540,00 | 0,55 | 550,00 | 545,00 | 541,67 | 22,57 | 0,314 | |
| | 100 | | 0,38 | 380,00 | 0,38 | 380,00 | 380,00 | 0,38 | 380,00 | 0,38 | 380,00 | 380,00 | 0,39 | 390,00 | 0,39 | 390,00 | 390,00 | 383,33 | 15,97 | 0,215 | |
| | | 150 | 0,15 | 150,00 | 0,16 | 160,00 | 155,00 | 0,16 | 160,00 | 0,16 | 160,00 | 160,00 | 0,16 | 160,00 | 0,16 | 160,00 | 160,00 | 158,33 | 6,60 | 0,170 | |
| | | Este (E) | 0 | 1,42 | 1420,00 | 1,42 | 1420,00 | 1420,00 | 1,41 | 1410,00 | 1,41 | 1410,00 | 1410,00 | 1,42 | 1420,00 | 1,44 | 1440,00 | 1430,00 | 1420,00 | 59,17 | 0,456 |
| | 20 | | 1,38 | 1380,00 | 1,37 | 1370,00 | 1375,00 | 1,39 | 1390,00 | 1,39 | 1390,00 | 1390,00 | 1,37 | 1370,00 | 1,37 | 1370,00 | 1370,00 | 1378,33 | 57,43 | 0,410 | |
| | 40 | | 1,10 | 1100,00 | 1,11 | 1110,00 | 1105,00 | 1,10 | 1100,00 | 1,09 | 1090,00 | 1095,00 | 1,12 | 1120,00 | 1,12 | 1120,00 | 1120,00 | 1106,67 | 46,11 | 0,505 | |
| | 60 | | 0,79 | 790,00 | 0,80 | 800,00 | 795,00 | 0,78 | 780,00 | 0,79 | 790,00 | 785,00 | 0,80 | 800,00 | 0,80 | 800,00 | 800,00 | 793,33 | 33,06 | 0,340 | |
| | 80 | | 0,53 | 530,00 | 0,53 | 530,00 | 530,00 | 0,55 | 550,00 | 0,53 | 530,00 | 540,00 | 0,55 | 550,00 | 0,55 | 550,00 | 550,00 | 540,00 | 22,50 | 0,456 | |
| | 100 | | 0,38 | 380,00 | 0,39 | 390,00 | 385,00 | 0,39 | 390,00 | 0,38 | 380,00 | 385,00 | 0,38 | 380,00 | 0,37 | 370,00 | 375,00 | 381,67 | 15,90 | 0,314 | |
| | | 150 | 0,16 | 160,00 | 0,15 | 150,00 | 155,00 | 0,15 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 150,00 | 151,67 | 6,32 | 0,170 | |
| | | Oeste (O) | 0 | 1,58 | 1580,00 | 1,55 | 1550,00 | 1565,00 | 1,57 | 1570,00 | 1,56 | 1560,00 | 1565,00 | 1,60 | 1600,00 | 1,59 | 1590,00 | 1595,00 | 1575,00 | 65,63 | 0,780 |
| | 20 | | 1,55 | 1550,00 | 1,55 | 1550,00 | 1550,00 | 1,57 | 1570,00 | 1,56 | 1560,00 | 1565,00 | 1,53 | 1530,00 | 1,53 | 1530,00 | 1530,00 | 1548,33 | 64,51 | 0,668 | |
| | 40 | | 1,23 | 1230,00 | 1,23 | 1230,00 | 1230,00 | 1,24 | 1240,00 | 1,22 | 1220,00 | 1230,00 | 1,23 | 1230,00 | 1,24 | 1240,00 | 1235,00 | 1231,67 | 51,32 | 0,314 | |
| 60 | 0,87 | | 870,00 | 0,86 | 860,00 | 865,00 | 0,84 | 840,00 | 0,84 | 840,00 | 840,00 | 0,83 | 830,00 | 0,86 | 860,00 | 845,00 | 850,00 | 35,42 | 0,645 | | |
| 80 | 0,56 | | 560,00 | 0,57 | 570,00 | 565,00 | 0,57 | 570,00 | 0,57 | 570,00 | 570,00 | 0,57 | 570,00 | 0,55 | 550,00 | 560,00 | 565,00 | 23,54 | 0,349 | | |
| 100 | 0,39 | | 390,00 | 0,39 | 390,00 | 390,00 | 0,38 | 380,00 | 0,38 | 380,00 | 380,00 | 0,39 | 390,00 | 0,40 | 400,00 | 395,00 | 388,33 | 16,18 | 0,314 | | |
| | 150 | 0,16 | 160,00 | 0,16 | 160,00 | 160,00 | 0,16 | 160,00 | 0,16 | 160,00 | 160,00 | 0,16 | 160,00 | 0,16 | 160,00 | 160,00 | 160,00 | 6,67 | 0,000 | | |
| | Noreste (NE) | 0 | 1,40 | 1400,00 | 1,42 | 1420,00 | 1410,00 | 1,41 | 1410,00 | 1,42 | 1420,00 | 1415,00 | 1,43 | 1430,00 | 1,41 | 1410,00 | 1420,00 | 1415,00 | 58,96 | 0,437 | |
| 20 | | 1,39 | 1390,00 | 1,41 | 1410,00 | 1400,00 | 1,39 | 1390,00 | 1,38 | 1380,00 | 1385,00 | 1,41 | 1410,00 | 1,39 | 1390,00 | 1400,00 | 1395,00 | 58,13 | 0,510 | | |
| 40 | | 1,12 | 1120,00 | 1,12 | 1120,00 | 1120,00 | 1,15 | 1150,00 | 1,13 | 1130,00 | 1140,00 | 1,11 | 1110,00 | 1,10 | 1100,00 | 1105,00 | 1121,67 | 46,74 | 0,718 | | |
| 60 | | 0,79 | 790,00 | 0,78 | 780,00 | 785,00 | 0,79 | 790,00 | 0,79 | 790,00 | 790,00 | 0,80 | 800,00 | 0,80 | 800,00 | 800,00 | 791,67 | 32,99 | 0,314 | | |
| 80 | | 0,53 | 530,00 | 0,55 | 550,00 | 540,00 | 0,55 | 550,00 | 0,55 | 550,00 | 550,00 | 0,55 | 550,00 | 0,53 | 530,00 | 540,00 | 543,33 | 22,64 | 0,430 | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|--------------------|-----------------------|-------------|-----------------|-------------|---------------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|---------------|----------------|-------------|-----------------|-------------|---------------|-----------------|-------------------------------|----------------------------|-------------|
| | | 100 | 0,38 | 380,00 | 0,38 | 380,00 | 380,00 | 0,38 | 380,00 | 0,39 | 390,00 | 385,00 | 0,37 | 370,00 | 0,38 | 380,00 | 375,00 | 380,00 | 15,83 | 0,264 | |
| | | 150 | 0,16 | 160,00 | 0,15 | 150,00 | 155,00 | 0,16 | 160,00 | 0,15 | 150,00 | 155,00 | 0,15 | 150,00 | 0,16 | 160,00 | 155,00 | 155,00 | 6,46 | 0,228 | |
| | Noroeste (NO) | 0 | 1,51 | 1510,00 | 1,49 | 1490,00 | 1500,00 | 1,69 | 1690,00 | 1,67 | 1670,00 | 1680,00 | 1,52 | 1520,00 | 1,53 | 1530,00 | 1525,00 | 1568,33 | 65,35 | 3,655 | |
| | | 20 | 1,48 | 1480,00 | 1,47 | 1470,00 | 1475,00 | 1,46 | 1460,00 | 1,45 | 1450,00 | 1455,00 | 1,47 | 1470,00 | 1,46 | 1460,00 | 1465,00 | 1465,00 | 1465,00 | 61,04 | 0,437 |
| | | 40 | 1,17 | 1170,00 | 1,18 | 1180,00 | 1175,00 | 1,16 | 1160,00 | 1,15 | 1150,00 | 1155,00 | 1,15 | 1150,00 | 1,16 | 1160,00 | 1155,00 | 1161,67 | 48,40 | 0,487 | |
| | | 60 | 0,80 | 800,00 | 0,79 | 790,00 | 795,00 | 0,80 | 800,00 | 0,80 | 800,00 | 800,00 | 0,80 | 800,00 | 0,80 | 800,00 | 800,00 | 798,33 | 33,26 | 0,170 | |
| | | 80 | 0,55 | 550,00 | 0,54 | 540,00 | 545,00 | 0,55 | 550,00 | 0,55 | 550,00 | 550,00 | 0,55 | 550,00 | 0,55 | 550,00 | 550,00 | 548,33 | 22,85 | 0,170 | |
| | | 100 | 0,38 | 380,00 | 0,38 | 380,00 | 380,00 | 0,39 | 390,00 | 0,38 | 380,00 | 385,00 | 0,38 | 380,00 | 0,37 | 370,00 | 375,00 | 380,00 | 15,83 | 0,264 | |
| | | 150 | 0,16 | 160,00 | 0,16 | 160,00 | 160,00 | 0,16 | 160,00 | 0,16 | 160,00 | 160,00 | 0,16 | 160,00 | 0,16 | 160,00 | 160,00 | 160,00 | 6,67 | 0,000 | |
| | Sureste (SE) | 0 | 1,42 | 1420,00 | 1,42 | 1420,00 | 1420,00 | 1,42 | 1420,00 | 1,41 | 1410,00 | 1415,00 | 1,42 | 1420,00 | 1,41 | 1410,00 | 1415,00 | 1416,67 | 59,03 | 0,215 | |
| | | 20 | 1,38 | 1380,00 | 1,37 | 1370,00 | 1375,00 | 1,38 | 1380,00 | 1,38 | 1380,00 | 1380,00 | 1,39 | 1390,00 | 1,38 | 1380,00 | 1385,00 | 1380,00 | 57,50 | 0,264 | |
| | | 40 | 1,10 | 1100,00 | 1,11 | 1110,00 | 1105,00 | 1,09 | 1090,00 | 1,08 | 1080,00 | 1085,00 | 1,10 | 1100,00 | 1,10 | 1100,00 | 1100,00 | 1096,67 | 45,69 | 0,430 | |
| | | 60 | 0,78 | 780,00 | 0,78 | 780,00 | 780,00 | 0,76 | 760,00 | 0,77 | 770,00 | 765,00 | 0,78 | 780,00 | 0,79 | 790,00 | 785,00 | 776,67 | 32,36 | 0,430 | |
| | | 80 | 0,54 | 540,00 | 0,54 | 540,00 | 540,00 | 0,53 | 530,00 | 0,54 | 540,00 | 535,00 | 0,53 | 530,00 | 0,55 | 550,00 | 540,00 | 538,33 | 22,43 | 0,314 | |
| | | 100 | 0,37 | 370,00 | 0,37 | 370,00 | 370,00 | 0,38 | 380,00 | 0,38 | 380,00 | 380,00 | 0,38 | 380,00 | 0,38 | 380,00 | 380,00 | 376,67 | 15,69 | 0,215 | |
| | 150 | 0,15 | 150,00 | 0,16 | 160,00 | 155,00 | 0,15 | 150,00 | 0,16 | 160,00 | 155,00 | 0,16 | 160,00 | 0,16 | 160,00 | 160,00 | 156,67 | 6,53 | 0,215 | | |
| | Suroeste (SO) | 0 | 1,51 | 1510,00 | 1,52 | 1520,00 | 1515,00 | 1,54 | 1540,00 | 1,53 | 1530,00 | 1535,00 | 1,53 | 1530,00 | 1,55 | 1550,00 | 1540,00 | 1530,00 | 63,75 | 0,589 | |
| | | 20 | 1,52 | 1520,00 | 1,49 | 1490,00 | 1505,00 | 1,48 | 1480,00 | 1,48 | 1480,00 | 1480,00 | 1,48 | 1480,00 | 1,48 | 1480,00 | 1480,00 | 1488,33 | 62,01 | 0,668 | |
| | | 40 | 1,17 | 1170,00 | 1,16 | 1160,00 | 1165,00 | 1,17 | 1170,00 | 1,18 | 1180,00 | 1175,00 | 1,18 | 1180,00 | 1,16 | 1160,00 | 1170,00 | 1170,00 | 48,75 | 0,373 | |
| | | 60 | 0,80 | 800,00 | 0,81 | 810,00 | 805,00 | 0,83 | 830,00 | 0,83 | 830,00 | 830,00 | 0,81 | 810,00 | 0,81 | 810,00 | 810,00 | 815,00 | 33,96 | 0,510 | |
| | | 80 | 0,54 | 540,00 | 0,55 | 550,00 | 545,00 | 0,54 | 540,00 | 0,55 | 550,00 | 545,00 | 0,54 | 540,00 | 0,54 | 540,00 | 540,00 | 543,33 | 22,64 | 0,215 | |
| | | 100 | 0,38 | 380,00 | 0,39 | 390,00 | 385,00 | 0,37 | 370,00 | 0,37 | 370,00 | 370,00 | 0,38 | 380,00 | 0,39 | 390,00 | 385,00 | 380,00 | 15,83 | 0,373 | |
| | 150 | 0,16 | 160,00 | 0,16 | 160,00 | 160,00 | 0,16 | 160,00 | 0,16 | 160,00 | 160,00 | 0,16 | 160,00 | 0,16 | 160,00 | 160,00 | 160,00 | 6,67 | 0,000 | | |
| Lote | | | Dosis obtenida | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Distancia | Dirección | Altura (cm) | A | | | | | B | | | | | C | | | | | Promedio | Tasa de dosis obtenida | Desviación Estándar | |
| | | | Medic 1A | | Medic 2A | | Prom A | Medic 1B | | Medic 2B | | Prom B | Medic1C | | Medic 2C | | Prom C | | | | |
| | | | (kGy) | (Gy) | (kGy) | (Gy) | (Gy) | (kGy) | (Gy) | (kGy) | (Gy) | (Gy) | (kGy) | (Gy) | (kGy) | (Gy) | (Gy) | | | | (Gy) |
| Dist: 60 cm 02/07/2017 | Norte (N) | 0 | 0,82 | 820,00 | 0,83 | 830,00 | 825,00 | 0,83 | 830,00 | 0,83 | 830,00 | 830,00 | 0,82 | 820,00 | 0,82 | 820,00 | 820,00 | 825,00 | 34,38 | 0,228 | |
| | | 20 | 0,84 | 840,00 | 0,83 | 830,00 | 835,00 | 0,83 | 830,00 | 0,82 | 820,00 | 825,00 | 0,83 | 830,00 | 0,82 | 820,00 | 825,00 | 828,33 | 34,51 | 0,314 | |
| | | 40 | 0,71 | 710,00 | 0,70 | 700,00 | 705,00 | 0,71 | 710,00 | 0,71 | 710,00 | 710,00 | 0,73 | 730,00 | 0,72 | 720,00 | 725,00 | 713,33 | 29,72 | 0,430 | |
| | | 60 | 0,55 | 550,00 | 0,56 | 560,00 | 555,00 | 0,56 | 560,00 | 0,56 | 560,00 | 560,00 | 0,56 | 560,00 | 0,56 | 560,00 | 560,00 | 558,33 | 23,26 | 0,170 | |
| | | 80 | 0,42 | 420,00 | 0,43 | 430,00 | 425,00 | 0,43 | 430,00 | 0,43 | 430,00 | 430,00 | 0,44 | 440,00 | 0,43 | 430,00 | 435,00 | 430,00 | 430,00 | 17,92 | 0,264 |
| | | 100 | 0,33 | 330,00 | 0,32 | 320,00 | 325,00 | 0,32 | 320,00 | 0,31 | 310,00 | 315,00 | 0,32 | 320,00 | 0,32 | 320,00 | 320,00 | 320,00 | 320,00 | 13,33 | 0,264 |
| | 150 | 0,15 | 150,00 | 0,14 | 140,00 | 145,00 | 0,15 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 150,00 | 148,33 | 6,18 | 0,170 | | |
| | Sur (S) | 0 | 0,82 | 820,00 | 0,83 | 830,00 | 825,00 | 0,82 | 820,00 | 0,82 | 820,00 | 820,00 | 0,84 | 840,00 | 0,83 | 830,00 | 835,00 | 826,67 | 34,44 | 0,340 | |
| | | 20 | 0,84 | 840,00 | 0,83 | 830,00 | 835,00 | 0,83 | 830,00 | 0,83 | 830,00 | 830,00 | 0,84 | 840,00 | 0,84 | 840,00 | 840,00 | 835,00 | 34,79 | 0,228 | |
| | | 40 | 0,72 | 720,00 | 0,72 | 720,00 | 720,00 | 0,72 | 720,00 | 0,72 | 720,00 | 720,00 | 0,73 | 730,00 | 0,72 | 720,00 | 725,00 | 721,67 | 30,07 | 0,170 | |
| | | 60 | 0,57 | 570,00 | 0,57 | 570,00 | 570,00 | 0,57 | 570,00 | 0,56 | 560,00 | 565,00 | 0,57 | 570,00 | 0,57 | 570,00 | 570,00 | 568,33 | 23,68 | 0,170 | |
| 80 | | 0,43 | 430,00 | 0,42 | 420,00 | 425,00 | 0,44 | 440,00 | 0,43 | 430,00 | 435,00 | 0,43 | 430,00 | 0,44 | 440,00 | 435,00 | 431,67 | 17,99 | 0,314 | | |
| 100 | 0,33 | 330,00 | 0,32 | 320,00 | 325,00 | 0,32 | 320,00 | 0,32 | 320,00 | 320,00 | 0,32 | 320,00 | 0,32 | 320,00 | 320,00 | 321,67 | 13,40 | 0,170 | | | |
| 150 | 0,15 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 150,00 | 150,00 | 150,00 | 6,25 | 0,000 | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|----------------------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| | Este (E) | 0 | 0,79 | 790,00 | 0,80 | 800,00 | 795,00 | 0,78 | 780,00 | 0,77 | 770,00 | 775,00 | 0,78 | 780,00 | 0,78 | 780,00 | 780,00 | 783,33 | 32,64 | 0,430 | |
| | | 20 | 0,81 | 810,00 | 0,80 | 800,00 | 805,00 | 0,81 | 810,00 | 0,81 | 810,00 | 810,00 | 0,81 | 810,00 | 0,80 | 800,00 | 805,00 | 806,67 | 33,61 | 0,215 | |
| | | 40 | 0,69 | 690,00 | 0,70 | 700,00 | 695,00 | 0,70 | 700,00 | 0,69 | 690,00 | 695,00 | 0,68 | 680,00 | 0,69 | 690,00 | 685,00 | 691,67 | 28,82 | 0,314 | |
| | | 60 | 0,54 | 540,00 | 0,56 | 560,00 | 550,00 | 0,56 | 560,00 | 0,55 | 550,00 | 555,00 | 0,55 | 550,00 | 0,56 | 560,00 | 555,00 | 553,33 | 23,06 | 0,340 | |
| | | 80 | 0,42 | 420,00 | 0,42 | 420,00 | 420,00 | 0,42 | 420,00 | 0,43 | 430,00 | 425,00 | 0,43 | 430,00 | 0,42 | 420,00 | 425,00 | 423,33 | 17,64 | 0,215 | |
| | | 100 | 0,32 | 320,00 | 0,32 | 320,00 | 320,00 | 0,32 | 320,00 | 0,32 | 320,00 | 320,00 | 0,31 | 310,00 | 0,32 | 320,00 | 315,00 | 318,33 | 13,26 | 0,170 | |
| | Oeste (O) | 150 | 0,15 | 150,00 | 0,14 | 140,00 | 145,00 | 0,15 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 150,00 | 148,33 | 6,18 | 0,170 | |
| | | 0 | 0,87 | 870,00 | 0,89 | 890,00 | 880,00 | 0,88 | 880,00 | 0,88 | 880,00 | 880,00 | 0,88 | 880,00 | 0,88 | 880,00 | 880,00 | 880,00 | 880,00 | 36,67 | 0,264 |
| | | 20 | 0,89 | 890,00 | 0,88 | 880,00 | 885,00 | 0,87 | 870,00 | 0,87 | 870,00 | 870,00 | 0,88 | 880,00 | 0,89 | 890,00 | 885,00 | 880,00 | 36,67 | 0,373 | |
| | | 40 | 0,74 | 740,00 | 0,73 | 730,00 | 735,00 | 0,75 | 750,00 | 0,76 | 760,00 | 755,00 | 0,75 | 750,00 | 0,73 | 730,00 | 740,00 | 743,33 | 30,97 | 0,505 | |
| | | 60 | 0,59 | 590,00 | 0,59 | 590,00 | 590,00 | 0,59 | 590,00 | 0,60 | 600,00 | 595,00 | 0,59 | 590,00 | 0,59 | 590,00 | 590,00 | 591,67 | 24,65 | 0,170 | |
| | | 80 | 0,45 | 450,00 | 0,45 | 450,00 | 450,00 | 0,44 | 440,00 | 0,45 | 450,00 | 445,00 | 0,45 | 450,00 | 0,45 | 450,00 | 450,00 | 448,33 | 18,68 | 0,170 | |
| | Noreste (NE) | 100 | 0,33 | 330,00 | 0,34 | 340,00 | 335,00 | 0,33 | 330,00 | 0,33 | 330,00 | 330,00 | 0,33 | 330,00 | 0,32 | 320,00 | 325,00 | 330,00 | 13,75 | 0,264 | |
| | | 150 | 0,15 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 150,00 | 150,00 | 6,25 | 0,000 | |
| | | 0 | 0,83 | 830,00 | 0,84 | 840,00 | 835,00 | 0,84 | 840,00 | 0,83 | 830,00 | 835,00 | 0,82 | 820,00 | 0,84 | 840,00 | 830,00 | 833,33 | 34,72 | 0,340 | |
| | | 20 | 0,78 | 780,00 | 0,79 | 790,00 | 785,00 | 0,80 | 800,00 | 0,80 | 800,00 | 800,00 | 0,79 | 790,00 | 0,79 | 790,00 | 790,00 | 791,67 | 32,99 | 0,314 | |
| | | 40 | 0,70 | 700,00 | 0,68 | 680,00 | 690,00 | 0,68 | 680,00 | 0,68 | 680,00 | 680,00 | 0,67 | 670,00 | 0,69 | 690,00 | 680,00 | 683,33 | 28,47 | 0,430 | |
| | | 60 | 0,54 | 540,00 | 0,54 | 540,00 | 540,00 | 0,54 | 540,00 | 0,54 | 540,00 | 540,00 | 0,54 | 540,00 | 0,55 | 550,00 | 545,00 | 541,67 | 22,57 | 0,170 | |
| | Noroeste (NO) | 80 | 0,42 | 420,00 | 0,42 | 420,00 | 420,00 | 0,41 | 410,00 | 0,41 | 410,00 | 410,00 | 0,42 | 420,00 | 0,42 | 420,00 | 420,00 | 416,67 | 17,36 | 0,215 | |
| | | 100 | 0,31 | 310,00 | 0,31 | 310,00 | 310,00 | 0,31 | 310,00 | 0,31 | 310,00 | 310,00 | 0,31 | 310,00 | 0,32 | 320,00 | 315,00 | 311,67 | 12,99 | 0,170 | |
| 150 | | 0,14 | 140,00 | 0,14 | 140,00 | 140,00 | 0,14 | 140,00 | 0,14 | 140,00 | 140,00 | 0,15 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 150,00 | 143,33 | 5,97 | 0,215 | | |
| 0 | | 0,85 | 850,00 | 0,84 | 840,00 | 845,00 | 0,86 | 860,00 | 0,86 | 860,00 | 860,00 | 0,85 | 850,00 | 0,85 | 850,00 | 850,00 | 851,67 | 35,49 | 0,314 | | |
| 20 | | 0,83 | 830,00 | 0,84 | 840,00 | 835,00 | 0,84 | 840,00 | 0,84 | 840,00 | 840,00 | 0,85 | 850,00 | 0,86 | 860,00 | 855,00 | 843,33 | 35,14 | 0,430 | | |
| 40 | | 0,72 | 720,00 | 0,71 | 710,00 | 715,00 | 0,73 | 730,00 | 0,73 | 730,00 | 730,00 | 0,72 | 720,00 | 0,73 | 730,00 | 725,00 | 723,33 | 30,14 | 0,340 | | |
| Sureste (SE) | 60 | 0,58 | 580,00 | 0,57 | 570,00 | 575,00 | 0,58 | 580,00 | 0,58 | 580,00 | 580,00 | 0,57 | 570,00 | 0,58 | 580,00 | 575,00 | 576,67 | 24,03 | 0,215 | | |
| | 80 | 0,43 | 430,00 | 0,43 | 430,00 | 430,00 | 0,43 | 430,00 | 0,43 | 430,00 | 430,00 | 0,42 | 420,00 | 0,43 | 430,00 | 425,00 | 428,33 | 17,85 | 0,170 | | |
| | 100 | 0,32 | 320,00 | 0,32 | 320,00 | 320,00 | 0,33 | 330,00 | 0,31 | 310,00 | 320,00 | 0,32 | 320,00 | 0,32 | 320,00 | 320,00 | 320,00 | 13,33 | 0,264 | | |
| | 150 | 0,15 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 150,00 | 150,00 | 6,25 | 0,000 | | |
| | 0 | 0,82 | 820,00 | 0,83 | 830,00 | 825,00 | 0,80 | 800,00 | 0,80 | 800,00 | 800,00 | 0,79 | 790,00 | 0,79 | 790,00 | 790,00 | 805,00 | 33,54 | 0,685 | | |
| | 20 | 0,80 | 800,00 | 0,81 | 810,00 | 805,00 | 0,81 | 810,00 | 0,80 | 800,00 | 805,00 | 0,80 | 800,00 | 0,79 | 790,00 | 795,00 | 801,67 | 33,40 | 0,314 | | |
| Suroeste (SO) | 40 | 0,69 | 690,00 | 0,67 | 670,00 | 680,00 | 0,69 | 690,00 | 0,68 | 680,00 | 685,00 | 0,67 | 670,00 | 0,68 | 680,00 | 675,00 | 680,00 | 28,33 | 0,373 | | |
| | 60 | 0,54 | 540,00 | 0,55 | 550,00 | 545,00 | 0,55 | 550,00 | 0,54 | 540,00 | 545,00 | 0,55 | 550,00 | 0,55 | 550,00 | 550,00 | 546,67 | 22,78 | 0,215 | | |
| | 80 | 0,42 | 420,00 | 0,42 | 420,00 | 420,00 | 0,42 | 420,00 | 0,42 | 420,00 | 420,00 | 0,42 | 420,00 | 0,41 | 410,00 | 415,00 | 418,33 | 17,43 | 0,170 | | |
| | 100 | 0,32 | 320,00 | 0,32 | 320,00 | 320,00 | 0,32 | 320,00 | 0,31 | 310,00 | 315,00 | 0,32 | 320,00 | 0,32 | 320,00 | 320,00 | 318,33 | 13,26 | 0,170 | | |
| | 150 | 0,15 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 150,00 | 150,00 | 6,25 | 0,000 | | |
| | 0 | 0,87 | 870,00 | 0,87 | 870,00 | 870,00 | 0,85 | 850,00 | 0,84 | 840,00 | 845,00 | 0,85 | 850,00 | 0,85 | 850,00 | 850,00 | 855,00 | 35,63 | 0,510 | | |
| | 20 | 0,87 | 870,00 | 0,86 | 860,00 | 865,00 | 0,86 | 860,00 | 0,84 | 840,00 | 850,00 | 0,86 | 860,00 | 0,86 | 860,00 | 860,00 | 858,33 | 35,76 | 0,410 | | |
| | 40 | 0,73 | 730,00 | 0,72 | 720,00 | 725,00 | 0,74 | 740,00 | 0,74 | 740,00 | 740,00 | 0,72 | 720,00 | 0,72 | 720,00 | 720,00 | 728,33 | 30,35 | 0,410 | | |
| | 60 | 0,57 | 570,00 | 0,56 | 560,00 | 565,00 | 0,56 | 560,00 | 0,57 | 570,00 | 565,00 | 0,56 | 560,00 | 0,56 | 560,00 | 560,00 | 563,33 | 23,47 | 0,215 | | |
| | 80 | 0,44 | 440,00 | 0,43 | 430,00 | 435,00 | 0,44 | 440,00 | 0,44 | 440,00 | 440,00 | 0,43 | 430,00 | 0,43 | 430,00 | 430,00 | 435,00 | 18,13 | 0,228 | | |
| | 100 | 0,32 | 320,00 | 0,32 | 320,00 | 320,00 | 0,32 | 320,00 | 0,33 | 330,00 | 325,00 | 0,32 | 320,00 | 0,32 | 320,00 | 320,00 | 321,67 | 13,40 | 0,170 | | |
| | 150 | 0,15 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 150,00 | 0,15 | 150,00 | 0,10 | 100,00 | 125,00 | 141,67 | 5,90 | 0,851 | | |

| Lote | | | Dosis obtenida | | | | | | | | | | | | | | | | | Desviación Estándar |
|------------------------------|-----------------|----------------|----------------|--------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|---------|------------------|--|----------|--------|--------|--------|--------|-------|------------------------|
| Distancia | Dirección | Altura (cm) | A | | | B | | | C | | | Promedio (Gy) | Tasa de dosis obtenida (Gy/h) | | | | | | | |
| | | | Medic 1A | | Medic 2A | Prom A | Medic 1B | | Medic 2B | Prom B | Medic1C | | | Medic 2C | Prom C | | | | | |
| | | | (kGy) | (Gy) | (kGy) | (Gy) | (Gy) | (kGy) | (Gy) | (kGy) | (Gy) | | | (Gy) | (kGy) | (Gy) | (kGy) | (Gy) | (Gy) | |
| Dist: 80 cm 03/07/2017 | Norte (N) | 0 | 0,52 | 520,00 | 0,51 | 510,00 | 515,00 | 0,51 | 510,00 | 0,51 | 510,00 | 510,00 | 0,51 | 510,00 | 0,51 | 510,00 | 510,00 | 511,67 | 21,32 | 0,170 |
| | | 20 | 0,55 | 550,00 | 0,54 | 540,00 | 545,00 | 0,53 | 530,00 | 0,53 | 530,00 | 530,00 | 0,53 | 530,00 | 0,53 | 530,00 | 530,00 | 535,00 | 22,29 | 0,349 |
| | | 40 | 0,48 | 480,00 | 0,49 | 490,00 | 485,00 | 0,47 | 470,00 | 0,48 | 480,00 | 475,00 | 0,48 | 480,00 | 0,46 | 460,00 | 470,00 | 476,67 | 19,86 | 0,430 |
| | | 60 | 0,39 | 390,00 | 0,40 | 400,00 | 395,00 | 0,40 | 400,00 | 0,41 | 410,00 | 405,00 | 0,41 | 410,00 | 0,41 | 410,00 | 410,00 | 403,33 | 16,81 | 0,340 |
| | | 80 | 0,33 | 330,00 | 0,33 | 330,00 | 330,00 | 0,33 | 330,00 | 0,33 | 330,00 | 330,00 | 0,32 | 320,00 | 0,32 | 320,00 | 320,00 | 326,67 | 13,61 | 0,215 |
| | | 100 | 0,27 | 270,00 | 0,27 | 270,00 | 270,00 | 0,27 | 270,00 | 0,27 | 270,00 | 270,00 | 0,27 | 270,00 | 0,27 | 270,00 | 270,00 | 270,00 | 11,25 | 0,000 |
| | Sur (S) | 150 | 0,13 | 130,00 | 0,13 | 130,00 | 130,00 | 0,13 | 130,00 | 0,13 | 130,00 | 130,00 | 0,13 | 130,00 | 0,13 | 130,00 | 130,00 | 130,00 | 5,42 | 0,000 |
| | | 0 | 0,52 | 520,00 | 0,51 | 510,00 | 515,00 | 0,51 | 510,00 | 0,52 | 520,00 | 515,00 | 0,51 | 510,00 | 0,52 | 520,00 | 515,00 | 515,00 | 21,46 | 0,228 |
| | | 20 | 0,54 | 540,00 | 0,54 | 540,00 | 540,00 | 0,52 | 520,00 | 0,53 | 530,00 | 525,00 | 0,52 | 520,00 | 0,52 | 520,00 | 520,00 | 528,33 | 22,01 | 0,410 |
| | | 40 | 0,48 | 480,00 | 0,49 | 490,00 | 485,00 | 0,49 | 490,00 | 0,48 | 480,00 | 485,00 | 0,49 | 490,00 | 0,49 | 490,00 | 490,00 | 486,67 | 20,28 | 0,215 |
| | | 60 | 0,40 | 400,00 | 0,40 | 400,00 | 400,00 | 0,41 | 410,00 | 0,42 | 420,00 | 415,00 | 0,40 | 400,00 | 0,41 | 410,00 | 405,00 | 406,67 | 16,94 | 0,340 |
| | | 80 | 0,34 | 340,00 | 0,34 | 340,00 | 340,00 | 0,33 | 330,00 | 0,34 | 340,00 | 335,00 | 0,33 | 330,00 | 0,35 | 350,00 | 340,00 | 338,33 | 14,10 | 0,314 |
| | Este (E) | 100 | 0,28 | 280,00 | 0,27 | 270,00 | 275,00 | 0,27 | 270,00 | 0,27 | 270,00 | 270,00 | 0,27 | 270,00 | 0,27 | 270,00 | 270,00 | 271,67 | 11,32 | 0,170 |
| | | 150 | 0,14 | 140,00 | 0,14 | 140,00 | 140,00 | 0,14 | 140,00 | 0,13 | 130,00 | 135,00 | 0,14 | 140,00 | 0,14 | 140,00 | 140,00 | 138,33 | 5,76 | 0,170 |
| | | 0 | 0,51 | 510,00 | 0,51 | 510,00 | 510,00 | 0,50 | 500,00 | 0,51 | 510,00 | 505,00 | 0,50 | 500,00 | 0,50 | 500,00 | 500,00 | 505,00 | 21,04 | 0,228 |
| | | 20 | 0,52 | 520,00 | 0,51 | 510,00 | 515,00 | 0,53 | 530,00 | 0,52 | 520,00 | 525,00 | 0,52 | 520,00 | 0,50 | 500,00 | 510,00 | 516,67 | 21,53 | 0,430 |
| | | 40 | 0,47 | 470,00 | 0,47 | 470,00 | 470,00 | 0,48 | 480,00 | 0,48 | 480,00 | 480,00 | 0,47 | 470,00 | 0,47 | 470,00 | 470,00 | 473,33 | 19,72 | 0,215 |
| | | 60 | 0,41 | 410,00 | 0,40 | 400,00 | 405,00 | 0,41 | 410,00 | 0,41 | 410,00 | 410,00 | 0,33 | 330,00 | 0,40 | 400,00 | 365,00 | 393,33 | 16,39 | 1,309 |
| | Oeste (O) | 80 | 0,32 | 320,00 | 0,32 | 320,00 | 320,00 | 0,32 | 320,00 | 0,33 | 330,00 | 325,00 | 0,32 | 320,00 | 0,33 | 330,00 | 325,00 | 323,33 | 13,47 | 0,215 |
| | | 100 | 0,27 | 270,00 | 0,27 | 270,00 | 270,00 | 0,27 | 270,00 | 0,27 | 270,00 | 270,00 | 0,27 | 270,00 | 0,27 | 270,00 | 270,00 | 270,00 | 11,25 | 0,000 |
| | | 150 | 0,13 | 130,00 | 0,13 | 130,00 | 130,00 | 0,13 | 130,00 | 0,14 | 140,00 | 135,00 | 0,13 | 130,00 | 0,13 | 130,00 | 130,00 | 131,67 | 5,49 | 0,170 |
| | | 0 | 0,55 | 550,00 | 0,55 | 550,00 | 550,00 | 0,56 | 560,00 | 0,55 | 550,00 | 555,00 | 0,55 | 550,00 | 0,54 | 540,00 | 545,00 | 550,00 | 22,92 | 0,264 |
| | | 20 | 0,57 | 570,00 | 0,56 | 560,00 | 565,00 | 0,57 | 570,00 | 0,57 | 570,00 | 570,00 | 0,56 | 560,00 | 0,56 | 560,00 | 560,00 | 565,00 | 23,54 | 0,228 |
| | | 40 | 0,52 | 520,00 | 0,51 | 510,00 | 515,00 | 0,51 | 510,00 | 0,52 | 520,00 | 515,00 | 0,51 | 510,00 | 0,51 | 510,00 | 510,00 | 513,33 | 21,39 | 0,215 |
| | Noreste (NE) | 60 | 0,41 | 410,00 | 0,42 | 420,00 | 415,00 | 0,42 | 420,00 | 0,42 | 420,00 | 420,00 | 0,43 | 430,00 | 0,43 | 430,00 | 430,00 | 421,67 | 17,57 | 0,314 |
| | | 80 | 0,35 | 350,00 | 0,35 | 350,00 | 350,00 | 0,35 | 350,00 | 0,35 | 350,00 | 350,00 | 0,36 | 360,00 | 0,35 | 350,00 | 355,00 | 351,67 | 14,65 | 0,170 |
| | | 100 | 0,27 | 270,00 | 0,27 | 270,00 | 270,00 | 0,28 | 280,00 | 0,28 | 280,00 | 280,00 | 0,28 | 280,00 | 0,27 | 270,00 | 275,00 | 275,00 | 11,46 | 0,228 |
| | | 150 | 0,14 | 140,00 | 0,14 | 140,00 | 140,00 | 0,14 | 140,00 | 0,14 | 140,00 | 140,00 | 0,14 | 140,00 | 0,14 | 140,00 | 140,00 | 140,00 | 5,83 | 0,000 |
| | | 0 | 0,47 | 470,00 | 0,47 | 470,00 | 470,00 | 0,47 | 470,00 | 0,46 | 460,00 | 465,00 | 0,47 | 470,00 | 0,47 | 470,00 | 470,00 | 468,33 | 19,51 | 0,170 |
| | | 20 | 0,53 | 530,00 | 0,53 | 530,00 | 530,00 | 0,52 | 520,00 | 0,52 | 520,00 | 520,00 | 0,53 | 530,00 | 0,54 | 540,00 | 535,00 | 528,33 | 22,01 | 0,314 |
| | | 40 | 0,49 | 490,00 | 0,48 | 480,00 | 485,00 | 0,48 | 480,00 | 0,47 | 470,00 | 475,00 | 0,47 | 470,00 | 0,48 | 480,00 | 475,00 | 478,33 | 19,93 | 0,314 |
| | | 60 | 0,40 | 400,00 | 0,41 | 410,00 | 405,00 | 0,40 | 400,00 | 0,41 | 410,00 | 405,00 | 0,41 | 410,00 | 0,41 | 410,00 | 410,00 | 406,67 | 16,94 | 0,215 |
| | | 80 | 0,34 | 340,00 | 0,33 | 330,00 | 335,00 | 0,34 | 340,00 | 0,34 | 340,00 | 340,00 | 0,33 | 330,00 | 0,34 | 340,00 | 335,00 | 336,67 | 14,03 | 0,215 |
| | | 100 | 0,28 | 280,00 | 0,27 | 270,00 | 275,00 | 0,27 | 270,00 | 0,27 | 270,00 | 270,00 | 0,27 | 270,00 | 0,27 | 270,00 | 270,00 | 271,67 | 11,32 | 0,170 |
| | | 150 | 0,13 | 130,00 | 0,14 | 140,00 | 135,00 | 0,14 | 140,00 | 0,14 | 140,00 | 140,00 | 0,14 | 140,00 | 0,14 | 140,00 | 140,00 | 138,33 | 5,76 | 0,170 |
| | | 0 | 0,52 | 520,00 | 0,52 | 520,00 | 520,00 | 0,52 | 520,00 | 0,53 | 530,00 | 525,00 | 0,53 | 530,00 | 0,53 | 530,00 | 530,00 | 525,00 | 21,88 | 0,228 |
| | 20 | 0,55 | 550,00 | 0,56 | 560,00 | 555,00 | 0,55 | 550,00 | 0,55 | 550,00 | 550,00 | 0,55 | 550,00 | 0,55 | 550,00 | 550,00 | 551,67 | 22,99 | 0,170 | |

| Noroeste (NO) | 40 | 0,49 | 490,00 | 0,49 | 490,00 | 490,00 | 0,49 | 490,00 | 0,50 | 500,00 | 495,00 | 0,50 | 500,00 | 0,49 | 490,00 | 495,00 | 493,33 | 20,56 | 0,215 | |
|------------------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|---------------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|---------------|----------------|-------------|-----------------|-------------|---------------|-----------------|-------------------------------|----------------------------|
| | 60 | 0,43 | 430,00 | 0,40 | 400,00 | 415,00 | 0,41 | 410,00 | 0,41 | 410,00 | 410,00 | 0,41 | 410,00 | 0,41 | 410,00 | 410,00 | 411,67 | 17,15 | 0,410 | |
| | 80 | 0,33 | 330,00 | 0,34 | 340,00 | 335,00 | 0,33 | 330,00 | 0,33 | 330,00 | 330,00 | 0,34 | 340,00 | 0,34 | 340,00 | 340,00 | 335,00 | 13,96 | 0,228 | |
| | 100 | 0,27 | 270,00 | 0,28 | 280,00 | 275,00 | 0,27 | 270,00 | 0,28 | 280,00 | 275,00 | 0,28 | 280,00 | 0,27 | 270,00 | 275,00 | 275,00 | 11,46 | 0,228 | |
| | 150 | 0,14 | 140,00 | 0,14 | 140,00 | 140,00 | 0,14 | 140,00 | 0,14 | 140,00 | 140,00 | 0,14 | 140,00 | 0,14 | 140,00 | 140,00 | 140,00 | 5,83 | 0,000 | |
| | Sureste (SE) | 0 | 0,49 | 490,00 | 0,50 | 500,00 | 495,00 | 0,48 | 480,00 | 0,48 | 480,00 | 480,00 | 0,49 | 490,00 | 0,48 | 480,00 | 485,00 | 486,67 | 20,28 | 0,340 |
| | | 20 | 0,52 | 520,00 | 0,52 | 520,00 | 520,00 | 0,52 | 520,00 | 0,53 | 530,00 | 525,00 | 0,53 | 530,00 | 0,53 | 530,00 | 530,00 | 525,00 | 21,88 | 0,228 |
| | | 40 | 0,48 | 480,00 | 0,48 | 480,00 | 480,00 | 0,47 | 470,00 | 0,47 | 470,00 | 470,00 | 0,46 | 460,00 | 0,46 | 460,00 | 460,00 | 470,00 | 19,58 | 0,373 |
| | | 60 | 0,41 | 410,00 | 0,41 | 410,00 | 410,00 | 0,40 | 400,00 | 0,39 | 390,00 | 395,00 | 0,40 | 400,00 | 0,40 | 400,00 | 400,00 | 401,67 | 16,74 | 0,314 |
| | | 80 | 0,33 | 330,00 | 0,33 | 330,00 | 330,00 | 0,33 | 330,00 | 0,33 | 330,00 | 330,00 | 0,34 | 340,00 | 0,33 | 330,00 | 335,00 | 331,67 | 13,82 | 0,170 |
| | | 100 | 0,27 | 270,00 | 0,28 | 280,00 | 275,00 | 0,27 | 270,00 | 0,27 | 270,00 | 270,00 | 0,27 | 270,00 | 0,27 | 270,00 | 270,00 | 271,67 | 11,32 | 0,170 |
| | Suroeste (SO) | 0 | 0,51 | 510,00 | 0,52 | 520,00 | 515,00 | 0,53 | 530,00 | 0,53 | 530,00 | 530,00 | 0,52 | 520,00 | 0,52 | 520,00 | 520,00 | 521,67 | 21,74 | 0,314 |
| | | 20 | 0,55 | 550,00 | 0,54 | 540,00 | 545,00 | 0,55 | 550,00 | 0,55 | 550,00 | 550,00 | 0,55 | 550,00 | 0,55 | 550,00 | 550,00 | 548,33 | 22,85 | 0,170 |
| | | 40 | 0,50 | 500,00 | 0,49 | 490,00 | 495,00 | 0,51 | 510,00 | 0,50 | 500,00 | 505,00 | 0,49 | 490,00 | 0,50 | 500,00 | 495,00 | 498,33 | 20,76 | 0,314 |
| | | 60 | 0,43 | 430,00 | 0,43 | 430,00 | 430,00 | 0,42 | 420,00 | 0,42 | 420,00 | 420,00 | 0,41 | 410,00 | 0,43 | 430,00 | 420,00 | 423,33 | 17,64 | 0,340 |
| 80 | | 0,34 | 340,00 | 0,34 | 340,00 | 340,00 | 0,34 | 340,00 | 0,34 | 340,00 | 340,00 | 0,33 | 330,00 | 0,35 | 350,00 | 340,00 | 340,00 | 14,17 | 0,264 | |
| 100 | | 0,27 | 270,00 | 0,28 | 280,00 | 275,00 | 0,27 | 270,00 | 0,27 | 270,00 | 270,00 | 0,27 | 270,00 | 0,28 | 280,00 | 275,00 | 273,33 | 11,39 | 0,215 | |
| 150 | 0,14 | 140,00 | 0,14 | 140,00 | 140,00 | 0,14 | 140,00 | 0,14 | 140,00 | 140,00 | 0,14 | 140,00 | 0,14 | 140,00 | 140,00 | 140,00 | 5,83 | 0,000 | | |
| Lote | | Dosis obtenida | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Distancia | Dirección | Altura (cm) | A | | | | | B | | | | | C | | | | | Promedio | Tasa de dosis obtenida | Desviación Estándar |
| | | | Medic 1A | | Medic 2A | | Prom A | Medic 1B | | Medic 2B | | Prom B | Medic1C | | Medic 2C | | Prom C | | | |
| | | | (kGy) | (Gy) | (kGy) | (Gy) | (Gy) | (kGy) | (Gy) | (kGy) | (Gy) | (Gy) | (kGy) | (Gy) | (kGy) | (Gy) | (Gy) | | | |
| Dist: 100 cm 04/07/2017 | Norte (N) | 0 | 0,67 | 670,00 | 0,67 | 670,00 | 670,00 | 0,68 | 680,00 | 0,69 | 690,00 | 685,00 | 0,69 | 690,00 | 0,68 | 680,00 | 685,00 | 680,00 | 14,17 | 0,186 |
| | | 20 | 0,72 | 720,00 | 0,73 | 730,00 | 725,00 | 0,73 | 730,00 | 0,72 | 720,00 | 725,00 | 0,72 | 720,00 | 0,73 | 730,00 | 725,00 | 725,00 | 15,10 | 0,114 |
| | | 40 | 0,68 | 680,00 | 0,68 | 680,00 | 680,00 | 0,68 | 680,00 | 0,67 | 670,00 | 675,00 | 0,69 | 690,00 | 0,68 | 680,00 | 685,00 | 680,00 | 14,17 | 0,132 |
| | | 60 | 0,59 | 590,00 | 0,60 | 600,00 | 595,00 | 0,61 | 610,00 | 0,59 | 590,00 | 600,00 | 0,58 | 580,00 | 0,59 | 590,00 | 585,00 | 593,33 | 12,36 | 0,215 |
| | | 80 | 0,51 | 510,00 | 0,53 | 530,00 | 520,00 | 0,51 | 510,00 | 0,51 | 510,00 | 510,00 | 0,51 | 510,00 | 0,51 | 510,00 | 510,00 | 513,33 | 10,69 | 0,170 |
| | | 100 | 0,42 | 420,00 | 0,43 | 430,00 | 425,00 | 0,43 | 430,00 | 0,42 | 420,00 | 425,00 | 0,43 | 430,00 | 0,43 | 430,00 | 430,00 | 426,67 | 8,89 | 0,108 |
| | Sur (S) | 150 | 0,25 | 250,00 | 0,25 | 250,00 | 250,00 | 0,25 | 250,00 | 0,25 | 250,00 | 250,00 | 0,25 | 250,00 | 0,25 | 250,00 | 250,00 | 250,00 | 5,21 | 0,000 |
| | | 0 | 0,71 | 710,00 | 0,70 | 700,00 | 705,00 | 0,70 | 700,00 | 0,71 | 710,00 | 705,00 | 0,70 | 700,00 | 0,69 | 690,00 | 695,00 | 701,67 | 14,62 | 0,157 |
| | | 20 | 0,74 | 740,00 | 0,75 | 750,00 | 745,00 | 0,74 | 740,00 | 0,74 | 740,00 | 740,00 | 0,75 | 750,00 | 0,74 | 740,00 | 745,00 | 743,33 | 15,49 | 0,108 |
| | | 40 | 0,69 | 690,00 | 0,70 | 700,00 | 695,00 | 0,70 | 700,00 | 0,69 | 690,00 | 695,00 | 0,69 | 690,00 | 0,69 | 690,00 | 690,00 | 693,33 | 14,44 | 0,108 |
| | | 60 | 0,62 | 620,00 | 0,61 | 610,00 | 615,00 | 0,61 | 610,00 | 0,61 | 610,00 | 610,00 | 0,61 | 610,00 | 0,61 | 610,00 | 610,00 | 611,67 | 12,74 | 0,085 |
| | | 80 | 0,52 | 520,00 | 0,52 | 520,00 | 520,00 | 0,53 | 530,00 | 0,52 | 520,00 | 525,00 | 0,52 | 520,00 | 0,52 | 520,00 | 520,00 | 521,67 | 10,87 | 0,085 |
| | Este (E) | 100 | 0,44 | 440,00 | 0,45 | 450,00 | 445,00 | 0,44 | 440,00 | 0,44 | 440,00 | 440,00 | 0,44 | 440,00 | 0,43 | 430,00 | 435,00 | 440,00 | 9,17 | 0,132 |
| | | 150 | 0,26 | 260,00 | 0,26 | 260,00 | 260,00 | 0,25 | 250,00 | 0,25 | 250,00 | 250,00 | 0,25 | 250,00 | 0,26 | 260,00 | 255,00 | 255,00 | 5,31 | 0,114 |
| | | 0 | 0,66 | 660,00 | 0,67 | 670,00 | 665,00 | 0,69 | 690,00 | 0,67 | 670,00 | 680,00 | 0,68 | 680,00 | 0,68 | 680,00 | 680,00 | 675,00 | 14,06 | 0,219 |
| 20 | | 0,71 | 710,00 | 0,71 | 710,00 | 710,00 | 0,71 | 710,00 | 0,71 | 710,00 | 710,00 | 0,72 | 720,00 | 0,71 | 710,00 | 715,00 | 711,67 | 14,83 | 0,085 | |
| 40 | | 0,65 | 650,00 | 0,67 | 670,00 | 660,00 | 0,67 | 670,00 | 0,68 | 680,00 | 675,00 | 0,67 | 670,00 | 0,67 | 670,00 | 670,00 | 668,33 | 13,92 | 0,205 | |
| 60 | | 0,59 | 590,00 | 0,59 | 590,00 | 590,00 | 0,59 | 590,00 | 0,59 | 590,00 | 590,00 | 0,59 | 590,00 | 0,57 | 570,00 | 580,00 | 586,67 | 12,22 | 0,170 | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|----------------------|---------------------|-----------------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|---------------|----------------|-----------------|---------------|-----------------|-------------------------------|----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| | | 80 | 0,50 | 500,00 | 0,49 | 490,00 | 495,00 | 0,52 | 520,00 | 0,51 | 510,00 | 515,00 | 0,50 | 500,00 | 0,51 | 510,00 | 505,00 | 505,00 | 10,52 | 0,219 |
| | | 100 | 0,42 | 420,00 | 0,42 | 420,00 | 420,00 | 0,42 | 420,00 | 0,41 | 410,00 | 415,00 | 0,42 | 420,00 | 0,43 | 430,00 | 425,00 | 420,00 | 8,75 | 0,132 |
| | | 150 | 0,24 | 240,00 | 0,24 | 240,00 | 240,00 | 0,24 | 240,00 | 0,24 | 240,00 | 240,00 | 0,24 | 240,00 | 0,24 | 240,00 | 240,00 | 240,00 | 5,00 | 0,000 |
| | Oeste (O) | 0 | 0,72 | 720,00 | 0,74 | 740,00 | 730,00 | 0,76 | 760,00 | 0,74 | 740,00 | 750,00 | 0,74 | 740,00 | 0,74 | 740,00 | 740,00 | 740,00 | 15,42 | 0,264 |
| | | 20 | 0,79 | 790,00 | 0,77 | 770,00 | 780,00 | 0,77 | 770,00 | 0,79 | 790,00 | 780,00 | 0,77 | 770,00 | 0,77 | 770,00 | 770,00 | 776,67 | 16,18 | 0,215 |
| | | 40 | 0,73 | 730,00 | 0,72 | 720,00 | 725,00 | 0,72 | 720,00 | 0,73 | 730,00 | 725,00 | 0,72 | 720,00 | 0,72 | 720,00 | 720,00 | 723,33 | 15,07 | 0,108 |
| | | 60 | 0,63 | 630,00 | 0,63 | 630,00 | 630,00 | 0,63 | 630,00 | 0,63 | 630,00 | 630,00 | 0,64 | 640,00 | 0,63 | 630,00 | 635,00 | 631,67 | 13,16 | 0,085 |
| | | 80 | 0,53 | 530,00 | 0,54 | 540,00 | 535,00 | 0,53 | 530,00 | 0,53 | 530,00 | 530,00 | 0,54 | 540,00 | 0,53 | 530,00 | 535,00 | 533,33 | 11,11 | 0,108 |
| | | 100 | 0,44 | 440,00 | 0,45 | 450,00 | 445,00 | 0,44 | 440,00 | 0,45 | 450,00 | 445,00 | 0,44 | 440,00 | 0,44 | 440,00 | 440,00 | 443,33 | 9,24 | 0,108 |
| | | 150 | 0,25 | 250,00 | 0,25 | 250,00 | 250,00 | 0,25 | 250,00 | 0,25 | 250,00 | 250,00 | 0,25 | 250,00 | 0,25 | 250,00 | 250,00 | 250,00 | 5,21 | 0,000 |
| | | Noreste (NE) | 0 | 0,65 | 650,00 | 0,66 | 660,00 | 655,00 | 0,66 | 660,00 | 0,65 | 650,00 | 655,00 | 0,67 | 670,00 | 0,65 | 650,00 | 660,00 | 656,67 | 13,68 |
| | 20 | | 0,73 | 730,00 | 0,73 | 730,00 | 730,00 | 0,72 | 720,00 | 0,73 | 730,00 | 725,00 | 0,73 | 730,00 | 0,73 | 730,00 | 730,00 | 728,33 | 15,17 | 0,085 |
| | 40 | | 0,69 | 690,00 | 0,69 | 690,00 | 690,00 | 0,69 | 690,00 | 0,67 | 670,00 | 680,00 | 0,69 | 690,00 | 0,68 | 680,00 | 685,00 | 685,00 | 14,27 | 0,174 |
| | 60 | | 0,61 | 610,00 | 0,62 | 620,00 | 615,00 | 0,60 | 600,00 | 0,59 | 590,00 | 595,00 | 0,62 | 620,00 | 0,61 | 610,00 | 615,00 | 608,33 | 12,67 | 0,244 |
| | 80 | | 0,54 | 540,00 | 0,51 | 510,00 | 525,00 | 0,52 | 520,00 | 0,51 | 510,00 | 515,00 | 0,52 | 520,00 | 0,51 | 510,00 | 515,00 | 518,33 | 10,80 | 0,244 |
| | 100 | | 0,44 | 440,00 | 0,43 | 430,00 | 435,00 | 0,44 | 440,00 | 0,45 | 450,00 | 445,00 | 0,43 | 430,00 | 0,43 | 430,00 | 430,00 | 436,67 | 9,10 | 0,170 |
| | Noroeste (NO) | 150 | 0,25 | 250,00 | 0,25 | 250,00 | 250,00 | 0,25 | 250,00 | 0,25 | 250,00 | 250,00 | 0,25 | 250,00 | 0,25 | 250,00 | 250,00 | 250,00 | 5,21 | 0,000 |
| | | 0 | 0,72 | 720,00 | 0,72 | 720,00 | 720,00 | 0,72 | 720,00 | 0,72 | 720,00 | 720,00 | 0,73 | 730,00 | 0,72 | 720,00 | 725,00 | 721,67 | 15,03 | 0,085 |
| | | 20 | 0,77 | 770,00 | 0,76 | 760,00 | 765,00 | 0,75 | 750,00 | 0,76 | 760,00 | 755,00 | 0,77 | 770,00 | 0,75 | 750,00 | 760,00 | 760,00 | 15,83 | 0,186 |
| | | 40 | 0,72 | 720,00 | 0,71 | 710,00 | 715,00 | 0,73 | 730,00 | 0,71 | 710,00 | 720,00 | 0,71 | 710,00 | 0,71 | 710,00 | 710,00 | 715,00 | 14,90 | 0,174 |
| | | 60 | 0,64 | 640,00 | 0,63 | 630,00 | 635,00 | 0,62 | 620,00 | 0,61 | 610,00 | 615,00 | 0,63 | 630,00 | 0,63 | 630,00 | 630,00 | 626,67 | 13,06 | 0,215 |
| | | 80 | 0,53 | 530,00 | 0,53 | 530,00 | 530,00 | 0,53 | 530,00 | 0,53 | 530,00 | 530,00 | 0,52 | 520,00 | 0,53 | 530,00 | 525,00 | 528,33 | 11,01 | 0,085 |
| | Sureste (SE) | 100 | 0,45 | 450,00 | 0,45 | 450,00 | 450,00 | 0,45 | 450,00 | 0,45 | 450,00 | 450,00 | 0,45 | 450,00 | 0,46 | 460,00 | 455,00 | 451,67 | 9,41 | 0,085 |
| | | 150 | 0,25 | 250,00 | 0,25 | 250,00 | 250,00 | 0,25 | 250,00 | 0,25 | 250,00 | 250,00 | 0,25 | 250,00 | 0,25 | 250,00 | 250,00 | 250,00 | 5,21 | 0,000 |
| | | 0 | 0,66 | 660,00 | 0,67 | 670,00 | 665,00 | 0,66 | 660,00 | 0,67 | 670,00 | 665,00 | 0,67 | 670,00 | 0,68 | 680,00 | 675,00 | 668,33 | 13,92 | 0,157 |
| | | 20 | 0,74 | 740,00 | 0,74 | 740,00 | 740,00 | 0,73 | 730,00 | 0,73 | 730,00 | 730,00 | 0,73 | 730,00 | 0,74 | 740,00 | 735,00 | 735,00 | 15,31 | 0,114 |
| | | 40 | 0,69 | 690,00 | 0,68 | 680,00 | 685,00 | 0,69 | 690,00 | 0,69 | 690,00 | 690,00 | 0,69 | 690,00 | 0,68 | 680,00 | 685,00 | 686,67 | 14,31 | 0,108 |
| | | 60 | 0,59 | 590,00 | 0,60 | 600,00 | 595,00 | 0,61 | 610,00 | 0,60 | 600,00 | 605,00 | 0,61 | 610,00 | 0,61 | 610,00 | 610,00 | 603,33 | 12,57 | 0,170 |
| | Suroeste (SO) | 80 | 0,51 | 510,00 | 0,52 | 520,00 | 515,00 | 0,52 | 520,00 | 0,53 | 530,00 | 525,00 | 0,52 | 520,00 | 0,52 | 520,00 | 520,00 | 520,00 | 10,83 | 0,132 |
| | | 100 | 0,42 | 420,00 | 0,45 | 450,00 | 435,00 | 0,43 | 430,00 | 0,44 | 440,00 | 435,00 | 0,44 | 440,00 | 0,42 | 420,00 | 430,00 | 433,33 | 9,03 | 0,252 |
| | | 150 | 0,25 | 250,00 | 0,25 | 250,00 | 250,00 | 0,25 | 250,00 | 0,25 | 250,00 | 250,00 | 0,25 | 250,00 | 0,25 | 250,00 | 250,00 | 250,00 | 5,21 | 0,000 |
| | | 0 | 0,71 | 710,00 | 0,73 | 730,00 | 720,00 | 0,73 | 730,00 | 0,72 | 720,00 | 725,00 | 0,71 | 710,00 | 0,72 | 720,00 | 715,00 | 720,00 | 15,00 | 0,186 |
| | | 20 | 0,76 | 760,00 | 0,75 | 750,00 | 755,00 | 0,76 | 760,00 | 0,76 | 760,00 | 760,00 | 0,76 | 760,00 | 0,77 | 770,00 | 765,00 | 760,00 | 15,83 | 0,132 |
| | | 40 | 0,70 | 700,00 | 0,70 | 700,00 | 700,00 | 0,71 | 710,00 | 0,72 | 720,00 | 715,00 | 0,71 | 710,00 | 0,71 | 710,00 | 710,00 | 708,33 | 14,76 | 0,157 |
| | Lote | 60 | 0,62 | 620,00 | 0,62 | 620,00 | 620,00 | 0,62 | 620,00 | 0,61 | 610,00 | 615,00 | 0,63 | 630,00 | 0,63 | 630,00 | 630,00 | 621,67 | 12,95 | 0,157 |
| | | 80 | 0,52 | 520,00 | 0,52 | 520,00 | 520,00 | 0,53 | 530,00 | 0,52 | 520,00 | 525,00 | 0,52 | 520,00 | 0,53 | 530,00 | 525,00 | 523,33 | 10,90 | 0,108 |
| | | 100 | 0,45 | 450,00 | 0,44 | 440,00 | 445,00 | 0,44 | 440,00 | 0,44 | 440,00 | 440,00 | 0,43 | 430,00 | 0,43 | 430,00 | 430,00 | 438,33 | 9,13 | 0,157 |
| | | 150 | 0,25 | 250,00 | 0,25 | 250,00 | 250,00 | 0,25 | 250,00 | 0,25 | 250,00 | 250,00 | 0,24 | 240,00 | 0,25 | 250,00 | 245,00 | 248,33 | 5,17 | 0,085 |
| | | Lote | Dosis obtenida | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Distancia | Dirección | Altura (cm) | A | | | B | | | C | | | Promedio | Tasa de dosis obtenida | Desviación Estándar | | | | | | |
| | | | Medic 1A | Medic 2A | Prom A | Medic 1B | Medic 2B | Prom B | Medic1C | Medic 2C | Prom C | | | | | | | | | |

| | | | (kGy) | (Gy) | (kGy) | (Gy) | (Gy) | (kGy) | (Gy) | (kGy) | (Gy) | (Gy) | (kGy) | (Gy) | (kGy) | (Gy) | (Gy) | (Gy) | (Gy/h) | (Gy/h) | |
|--|----------------------|--------------------------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Dist: 150 cm 10/07/2017 | Norte (N) | 0 | 0,34 | 340,00 | 0,34 | 340,00 | 340,00 | 0,34 | 340,00 | 0,33 | 330,00 | 335,00 | 0,32 | 320,00 | 0,33 | 330,00 | 325,00 | 333,33 | 6,94 | 0,170 | |
| | | 20 | 0,36 | 360,00 | 0,37 | 370,00 | 365,00 | 0,36 | 360,00 | 0,36 | 360,00 | 360,00 | 0,36 | 360,00 | 0,35 | 350,00 | 355,00 | 360,00 | 360,00 | 7,50 | 0,132 |
| | | 40 | 0,36 | 360,00 | 0,35 | 350,00 | 355,00 | 0,35 | 350,00 | 0,36 | 360,00 | 355,00 | 0,34 | 340,00 | 0,36 | 360,00 | 350,00 | 353,33 | 350,00 | 7,36 | 0,170 |
| | | 60 | 0,33 | 330,00 | 0,32 | 320,00 | 325,00 | 0,33 | 330,00 | 0,33 | 330,00 | 330,00 | 0,34 | 340,00 | 0,34 | 340,00 | 340,00 | 331,67 | 340,00 | 6,91 | 0,157 |
| | | 80 | 0,30 | 300,00 | 0,31 | 310,00 | 305,00 | 0,29 | 290,00 | 0,29 | 290,00 | 290,00 | 0,30 | 300,00 | 0,30 | 300,00 | 300,00 | 298,33 | 300,00 | 6,22 | 0,157 |
| | | 100 | 0,27 | 270,00 | 0,27 | 270,00 | 270,00 | 0,27 | 270,00 | 0,27 | 270,00 | 270,00 | 0,27 | 270,00 | 0,27 | 270,00 | 0,28 | 280,00 | 275,00 | 271,67 | 5,66 |
| | | 150 | 0,18 | 180,00 | 0,18 | 180,00 | 180,00 | 0,18 | 180,00 | 0,18 | 180,00 | 180,00 | 0,17 | 170,00 | 0,18 | 180,00 | 175,00 | 178,33 | 170,00 | 3,72 | 0,085 |
| | | Sur (S) | 0 | 0,33 | 330,00 | 0,34 | 340,00 | 335,00 | 0,33 | 330,00 | 0,34 | 340,00 | 335,00 | 0,32 | 320,00 | 0,34 | 340,00 | 330,00 | 333,33 | 6,94 | 0,170 |
| | 20 | | 0,37 | 370,00 | 0,36 | 360,00 | 365,00 | 0,37 | 370,00 | 0,36 | 360,00 | 365,00 | 0,36 | 360,00 | 0,37 | 370,00 | 365,00 | 365,00 | 365,00 | 7,60 | 0,114 |
| | 40 | | 0,36 | 360,00 | 0,36 | 360,00 | 360,00 | 0,36 | 360,00 | 0,36 | 360,00 | 360,00 | 0,34 | 340,00 | 0,36 | 360,00 | 350,00 | 356,67 | 350,00 | 7,43 | 0,170 |
| | 60 | | 0,33 | 330,00 | 0,34 | 340,00 | 335,00 | 0,33 | 330,00 | 0,33 | 330,00 | 330,00 | 0,33 | 330,00 | 0,34 | 340,00 | 335,00 | 333,33 | 330,00 | 6,94 | 0,108 |
| | 80 | | 0,32 | 320,00 | 0,31 | 310,00 | 315,00 | 0,31 | 310,00 | 0,32 | 320,00 | 315,00 | 0,32 | 320,00 | 0,32 | 320,00 | 320,00 | 316,67 | 320,00 | 6,60 | 0,108 |
| | 100 | | 0,27 | 270,00 | 0,27 | 270,00 | 270,00 | 0,28 | 280,00 | 0,27 | 270,00 | 275,00 | 0,27 | 270,00 | 0,27 | 270,00 | 0,28 | 280,00 | 275,00 | 273,33 | 5,69 |
| | | 150 | 0,18 | 180,00 | 0,18 | 180,00 | 180,00 | 0,18 | 180,00 | 0,18 | 180,00 | 180,00 | 0,18 | 180,00 | 0,18 | 180,00 | 180,00 | 180,00 | 180,00 | 3,75 | 0,000 |
| | | Este (E) | 0 | 0,32 | 320,00 | 0,31 | 310,00 | 315,00 | 0,31 | 310,00 | 0,32 | 320,00 | 315,00 | 0,31 | 310,00 | 0,31 | 310,00 | 310,00 | 313,33 | 6,53 | 0,108 |
| | 20 | | 0,35 | 350,00 | 0,36 | 360,00 | 355,00 | 0,35 | 350,00 | 0,35 | 350,00 | 350,00 | 0,36 | 360,00 | 0,35 | 350,00 | 355,00 | 353,33 | 350,00 | 7,36 | 0,108 |
| | 40 | | 0,35 | 350,00 | 0,35 | 350,00 | 350,00 | 0,35 | 350,00 | 0,36 | 360,00 | 355,00 | 0,36 | 360,00 | 0,36 | 360,00 | 360,00 | 355,00 | 360,00 | 7,40 | 0,114 |
| | 60 | | 0,32 | 320,00 | 0,32 | 320,00 | 320,00 | 0,33 | 330,00 | 0,33 | 330,00 | 330,00 | 0,33 | 330,00 | 0,34 | 340,00 | 335,00 | 328,33 | 320,00 | 6,84 | 0,157 |
| | 80 | | 0,30 | 300,00 | 0,30 | 300,00 | 300,00 | 0,31 | 310,00 | 0,31 | 310,00 | 310,00 | 0,30 | 300,00 | 0,31 | 310,00 | 305,00 | 305,00 | 305,00 | 6,35 | 0,114 |
| | 100 | | 0,28 | 280,00 | 0,27 | 270,00 | 275,00 | 0,28 | 280,00 | 0,28 | 280,00 | 280,00 | 0,28 | 280,00 | 0,28 | 280,00 | 0,27 | 270,00 | 275,00 | 276,67 | 5,76 |
| | | 150 | 0,18 | 180,00 | 0,18 | 180,00 | 180,00 | 0,18 | 180,00 | 0,18 | 180,00 | 180,00 | 0,18 | 180,00 | 0,18 | 180,00 | 180,00 | 180,00 | 180,00 | 3,75 | 0,000 |
| | | Oeste (O) | 0 | 0,35 | 350,00 | 0,35 | 350,00 | 350,00 | 0,34 | 340,00 | 0,35 | 350,00 | 345,00 | 0,35 | 350,00 | 0,35 | 350,00 | 350,00 | 348,33 | 7,26 | 0,085 |
| | 20 | | 0,38 | 380,00 | 0,38 | 380,00 | 380,00 | 0,38 | 380,00 | 0,37 | 370,00 | 375,00 | 0,37 | 370,00 | 0,37 | 370,00 | 370,00 | 375,00 | 370,00 | 7,81 | 0,114 |
| | 40 | | 0,38 | 380,00 | 0,36 | 360,00 | 370,00 | 0,36 | 360,00 | 0,37 | 370,00 | 365,00 | 0,36 | 360,00 | 0,36 | 360,00 | 360,00 | 365,00 | 360,00 | 7,60 | 0,174 |
| | 60 | | 0,35 | 350,00 | 0,36 | 360,00 | 355,00 | 0,35 | 350,00 | 0,35 | 350,00 | 350,00 | 0,35 | 350,00 | 0,36 | 360,00 | 355,00 | 353,33 | 350,00 | 7,36 | 0,108 |
| | 80 | | 0,33 | 330,00 | 0,32 | 320,00 | 325,00 | 0,30 | 300,00 | 0,31 | 310,00 | 305,00 | 0,32 | 320,00 | 0,31 | 310,00 | 315,00 | 315,00 | 315,00 | 6,56 | 0,219 |
| | 100 | | 0,29 | 290,00 | 0,29 | 290,00 | 290,00 | 0,28 | 280,00 | 0,28 | 280,00 | 280,00 | 0,29 | 290,00 | 0,29 | 290,00 | 290,00 | 286,67 | 290,00 | 5,97 | 0,108 |
| | | 150 | 0,18 | 180,00 | 0,18 | 180,00 | 180,00 | 0,18 | 180,00 | 0,19 | 190,00 | 185,00 | 0,18 | 180,00 | 0,18 | 180,00 | 180,00 | 181,67 | 180,00 | 3,78 | 0,085 |
| | | Noreste (NE) | 0 | 0,32 | 320,00 | 0,32 | 320,00 | 320,00 | 0,33 | 330,00 | 0,32 | 320,00 | 325,00 | 0,33 | 330,00 | 0,33 | 330,00 | 330,00 | 325,00 | 6,77 | 0,114 |
| | 20 | | 0,36 | 360,00 | 0,36 | 360,00 | 360,00 | 0,36 | 360,00 | 0,36 | 360,00 | 360,00 | 0,36 | 360,00 | 0,36 | 360,00 | 360,00 | 360,00 | 360,00 | 7,50 | 0,000 |
| | 40 | | 0,35 | 350,00 | 0,35 | 350,00 | 350,00 | 0,35 | 350,00 | 0,35 | 350,00 | 350,00 | 0,35 | 350,00 | 0,35 | 350,00 | 350,00 | 350,00 | 350,00 | 7,29 | 0,000 |
| | 60 | | 0,34 | 340,00 | 0,33 | 330,00 | 335,00 | 0,34 | 340,00 | 0,33 | 330,00 | 335,00 | 0,34 | 340,00 | 0,33 | 330,00 | 335,00 | 335,00 | 335,00 | 6,98 | 0,114 |
| | 80 | | 0,30 | 300,00 | 0,30 | 300,00 | 300,00 | 0,30 | 300,00 | 0,30 | 300,00 | 300,00 | 0,30 | 300,00 | 0,30 | 300,00 | 300,00 | 300,00 | 300,00 | 6,25 | 0,000 |
| | 100 | | 0,28 | 280,00 | 0,27 | 270,00 | 275,00 | 0,28 | 280,00 | 0,28 | 280,00 | 280,00 | 0,27 | 270,00 | 0,28 | 280,00 | 275,00 | 276,67 | 280,00 | 5,76 | 0,108 |
| | | 150 | 0,18 | 180,00 | 0,18 | 180,00 | 180,00 | 0,18 | 180,00 | 0,18 | 180,00 | 180,00 | 0,18 | 180,00 | 0,18 | 180,00 | 180,00 | 180,00 | 180,00 | 3,75 | 0,000 |
| | | Noroeste (NO) | 0 | 0,34 | 340,00 | 0,35 | 350,00 | 345,00 | 0,35 | 350,00 | 0,36 | 360,00 | 355,00 | 0,34 | 340,00 | 0,35 | 350,00 | 345,00 | 348,33 | 7,26 | 0,157 |
| | 20 | | 0,37 | 370,00 | 0,38 | 380,00 | 375,00 | 0,37 | 370,00 | 0,36 | 360,00 | 365,00 | 0,36 | 360,00 | 0,38 | 380,00 | 370,00 | 370,00 | 370,00 | 7,71 | 0,186 |
| | 40 | | 0,36 | 360,00 | 0,36 | 360,00 | 360,00 | 0,36 | 360,00 | 0,37 | 370,00 | 365,00 | 0,36 | 360,00 | 0,36 | 360,00 | 360,00 | 361,67 | 360,00 | 7,53 | 0,085 |
| | 60 | | 0,33 | 330,00 | 0,34 | 340,00 | 335,00 | 0,34 | 340,00 | 0,33 | 330,00 | 335,00 | 0,35 | 350,00 | 0,35 | 350,00 | 350,00 | 340,00 | 350,00 | 7,08 | 0,186 |
| | 80 | | 0,31 | 310,00 | 0,32 | 320,00 | 315,00 | 0,32 | 320,00 | 0,31 | 310,00 | 315,00 | 0,32 | 320,00 | 0,31 | 310,00 | 315,00 | 315,00 | 315,00 | 6,56 | 0,114 |
| | 100 | | 0,27 | 270,00 | 0,28 | 280,00 | 275,00 | 0,28 | 280,00 | 0,29 | 290,00 | 285,00 | 0,29 | 290,00 | 0,28 | 280,00 | 285,00 | 281,67 | 280,00 | 5,87 | 0,157 |
| | | 150 | 0,18 | 180,00 | 0,18 | 180,00 | 180,00 | 0,19 | 190,00 | 0,18 | 180,00 | 185,00 | 0,18 | 180,00 | 0,18 | 180,00 | 180,00 | 181,67 | 180,00 | 3,78 | 0,085 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---|--------------|
| | Sureste (SE) | 0 | 0,34 | 340,00 | 0,32 | 320,00 | 330,00 | 0,33 | 330,00 | 0,33 | 330,00 | 330,00 | 0,31 | 310,00 | 0,33 | 330,00 | 320,00 | 326,67 | 6,81 | 0,215 |
| | | 20 | 0,37 | 370,00 | 0,36 | 360,00 | 365,00 | 0,36 | 360,00 | 0,36 | 360,00 | 360,00 | 0,36 | 360,00 | 0,36 | 360,00 | 360,00 | 361,67 | 7,53 | 0,085 |
| | | 40 | 0,36 | 360,00 | 0,36 | 360,00 | 360,00 | 0,34 | 340,00 | 0,36 | 360,00 | 350,00 | 0,36 | 360,00 | 0,34 | 340,00 | 350,00 | 353,33 | 7,36 | 0,215 |
| | | 60 | 0,33 | 330,00 | 0,34 | 340,00 | 335,00 | 0,33 | 330,00 | 0,32 | 320,00 | 325,00 | 0,33 | 330,00 | 0,33 | 330,00 | 330,00 | 330,00 | 6,88 | 0,132 |
| | | 80 | 0,31 | 310,00 | 0,30 | 300,00 | 305,00 | 0,30 | 300,00 | 0,30 | 300,00 | 300,00 | 0,30 | 300,00 | 0,31 | 310,00 | 305,00 | 303,33 | 6,32 | 0,108 |
| | | 100 | 0,27 | 270,00 | 0,29 | 290,00 | 280,00 | 0,28 | 280,00 | 0,28 | 280,00 | 280,00 | 0,27 | 270,00 | 0,28 | 280,00 | 275,00 | 278,33 | 5,80 | 0,157 |
| | 150 | 0,18 | 180,00 | 0,18 | 180,00 | 180,00 | 0,18 | 180,00 | 0,18 | 180,00 | 180,00 | 0,18 | 180,00 | 0,18 | 180,00 | 180,00 | 180,00 | 3,75 | 0,000 | |
| | Suroeste (SO) | 0 | 0,35 | 350,00 | 0,35 | 350,00 | 350,00 | 0,34 | 340,00 | 0,34 | 340,00 | 340,00 | 0,34 | 340,00 | 0,35 | 350,00 | 345,00 | 345,00 | 7,19 | 0,114 |
| | | 20 | 0,38 | 380,00 | 0,38 | 380,00 | 380,00 | 0,37 | 370,00 | 0,37 | 370,00 | 370,00 | 0,38 | 380,00 | 0,36 | 360,00 | 370,00 | 373,33 | 7,78 | 0,170 |
| | | 40 | 0,38 | 380,00 | 0,37 | 370,00 | 375,00 | 0,38 | 380,00 | 0,36 | 360,00 | 370,00 | 0,36 | 360,00 | 0,36 | 360,00 | 360,00 | 368,33 | 7,67 | 0,205 |
| | | 60 | 0,33 | 330,00 | 0,34 | 340,00 | 335,00 | 0,34 | 340,00 | 0,34 | 340,00 | 340,00 | 0,35 | 350,00 | 0,34 | 340,00 | 345,00 | 340,00 | 7,08 | 0,132 |
| | | 80 | 0,31 | 310,00 | 0,32 | 320,00 | 315,00 | 0,32 | 320,00 | 0,31 | 310,00 | 315,00 | 0,31 | 310,00 | 0,32 | 320,00 | 315,00 | 315,00 | 6,56 | 0,114 |
| | | 100 | 0,28 | 280,00 | 0,28 | 280,00 | 280,00 | 0,29 | 290,00 | 0,29 | 290,00 | 290,00 | 0,29 | 290,00 | 0,28 | 280,00 | 285,00 | 285,00 | 5,94 | 0,114 |
| | 150 | 0,19 | 190,00 | 0,19 | 190,00 | 190,00 | 0,18 | 180,00 | 0,19 | 190,00 | 185,00 | 0,19 | 190,00 | 0,19 | 190,00 | 190,00 | 188,33 | 3,92 | 0,085 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | promedio desviación estándar | 0,291 |

ANEXO 4. DATOS OBTENIDOS DEL MAPEO DE CAJAS DE FLORES

Tabla A4.1 Resultados de la distribución de dosis en la caja C_{6r} con producto ubicada en dirección oeste (caja 1)

| Identificación | Dosis obtenida (Gy) | | | |
|----------------|---------------------|------|------|----------|
| | | A | B | Promedio |
| 27/02/2018 | C1-A-1-F | 0,21 | 0,22 | 0,22 |
| 27/02/2018 | C1-A-1-M | 0,21 | 0,21 | 0,21 |
| 27/02/2018 | C1-A-1-I | 0,21 | 0,21 | 0,21 |
| 27/02/2018 | C1-A-2-F | 0,37 | 0,38 | 0,38 |
| 27/02/2018 | C1-A-2-M | 0,35 | 0,36 | 0,35 |
| 27/02/2018 | C1-A-2-I | 0,36 | 0,35 | 0,36 |
| 27/02/2018 | C1-A-3-F | 0,63 | 0,63 | 0,63 |
| 27/02/2018 | C1-A-3-M | 0,57 | 0,56 | 0,57 |
| 28/02/2018 | C1-A-3-I | 0,63 | 0,62 | 0,63 |
| 28/02/2018 | C1-A-4-F | 0,66 | 0,64 | 0,65 |
| 28/02/2018 | C1-A-4-M | 0,59 | 0,59 | 0,59 |
| 28/02/2018 | C1-A-4-I | 0,68 | 0,66 | 0,67 |
| 28/02/2018 | C1-A-5-F | 0,36 | 0,36 | 0,36 |
| 28/02/2018 | C1-A-5-M | 0,35 | 0,36 | 0,36 |
| 28/02/2018 | C1-A-5-I | 0,38 | 0,38 | 0,38 |
| 28/02/2018 | C1-A-6-F | 0,20 | 0,20 | 0,20 |
| 28/02/2018 | C1-A-6-M | 0,20 | 0,20 | 0,20 |
| 28/02/2018 | C1-A-6-I | 0,20 | 0,20 | 0,20 |
| 28/02/2018 | C1-B-1-F | 0,21 | 0,22 | 0,21 |
| 28/02/2018 | C1-B-1-M | 0,21 | 0,21 | 0,21 |
| 28/02/2018 | C1-B-1-I | 0,21 | 0,21 | 0,21 |
| 28/02/2018 | C1-B-2-F | 0,36 | 0,37 | 0,37 |
| 28/02/2018 | C1-B-2-M | 0,35 | 0,35 | 0,35 |
| 28/02/2018 | C1-B-2-I | 0,36 | 0,35 | 0,35 |
| 28/02/2018 | C1-B-3-F | 0,64 | 0,64 | 0,64 |
| 28/02/2018 | C1-B-3-M | 0,58 | 0,58 | 0,58 |
| 01/03/2018 | C1-B-3-I | 0,61 | 0,61 | 0,61 |
| 01/03/2018 | C1-B-4-F | 0,61 | 0,62 | 0,62 |
| 01/03/2018 | C1-B-4-M | 0,56 | 0,57 | 0,57 |
| 01/03/2018 | C1-B-4-I | 0,58 | 0,58 | 0,58 |
| 01/03/2018 | C1-B-5-F | 0,35 | 0,35 | 0,35 |
| 01/03/2018 | C1-B-5-M | 0,35 | 0,34 | 0,35 |
| 01/03/2018 | C1-B-5-I | 0,36 | 0,37 | 0,36 |
| 01/03/2018 | C1-B-6-F | 0,21 | 0,21 | 0,21 |
| 01/03/2018 | C1-B-6-M | 0,21 | 0,21 | 0,21 |
| 01/03/2018 | C1-B-6-I | 0,22 | 0,22 | 0,22 |
| 02/03/2018 | C1-C-1-F | 0,21 | 0,21 | 0,21 |
| 02/03/2018 | C1-C-1-M | 0,21 | 0,20 | 0,20 |
| 02/03/2018 | C1-C-1-I | 0,21 | 0,21 | 0,21 |
| 02/03/2018 | C1-C-2-F | 0,37 | 0,37 | 0,37 |
| 02/03/2018 | C1-C-2-M | 0,35 | 0,35 | 0,35 |

| | | | | |
|------------|----------|------|------|------|
| 02/03/2018 | C1-C-2-I | 0,36 | 0,36 | 0,36 |
| 02/03/2018 | C1-C-3-F | 0,60 | 0,59 | 0,60 |
| 02/03/2018 | C1-C-3-M | 0,55 | 0,56 | 0,56 |
| 02/03/2018 | C1-C-3-I | 0,58 | 0,59 | 0,59 |
| 02/03/2018 | C1-C-4-F | 0,59 | 0,60 | 0,59 |
| 02/03/2018 | C1-C-4-M | 0,55 | 0,54 | 0,55 |
| 02/03/2018 | C1-C-4-I | 0,59 | 0,59 | 0,59 |
| 02/03/2018 | C1-C-5-F | 0,34 | 0,35 | 0,35 |
| 02/03/2018 | C1-C-5-M | 0,33 | 0,34 | 0,34 |
| 02/03/2018 | C1-C-5-I | 0,36 | 0,35 | 0,36 |
| 02/03/2018 | C1-C-6-F | 0,20 | 0,21 | 0,20 |
| 02/03/2018 | C1-C-6-M | 0,20 | 0,20 | 0,20 |
| 02/03/2018 | C1-C-6-I | 0,20 | 0,21 | 0,21 |

Tabla A4.2. Resultados de la distribución de dosis en la caja C_{6r} con producto ubicada en dirección este (caja 2)

| Identificación | Dosis obtenida (kGy) | | | |
|-------------------|----------------------|------|------|----------|
| Fecha de Medición | Dosímetro | A | B | Promedio |
| 02/03/2018 | C2-A-1-F | 0,20 | 0,21 | 0,21 |
| 02/03/2018 | C2-A-1-M | 0,21 | 0,20 | 0,20 |
| 02/03/2018 | C2-A-1-I | 0,21 | 0,21 | 0,21 |
| 02/03/2018 | C2-A-2-F | 0,37 | 0,36 | 0,37 |
| 02/03/2018 | C2-A-2-M | 0,35 | 0,36 | 0,36 |
| 02/03/2018 | C2-A-2-I | 0,38 | 0,37 | 0,38 |
| 02/03/2018 | C2-A-3-F | 0,63 | 0,64 | 0,64 |
| 02/03/2018 | C2-A-3-M | 0,55 | 0,56 | 0,56 |
| 02/03/2018 | C2-A-3-I | 0,65 | 0,64 | 0,65 |
| 02/03/2018 | C2-A-4-F | 0,63 | 0,63 | 0,63 |
| 02/03/2018 | C2-A-4-M | 0,54 | 0,55 | 0,55 |
| 02/03/2018 | C2-A-4-I | 0,61 | 0,62 | 0,62 |
| 02/03/2018 | C2-A-5-F | 0,36 | 0,35 | 0,36 |
| 02/03/2018 | C2-A-5-M | 0,34 | 0,35 | 0,35 |
| 02/03/2018 | C2-A-5-I | 0,34 | 0,35 | 0,35 |
| 02/03/2018 | C2-A-6-F | 0,20 | 0,20 | 0,20 |
| 02/03/2018 | C2-A-6-M | 0,20 | 0,20 | 0,20 |
| 02/03/2018 | C2-A-6-I | 0,20 | 0,20 | 0,20 |
| 02/03/2018 | C2-B-1-F | 0,21 | 0,21 | 0,21 |
| 02/03/2018 | C2-B-1-M | 0,21 | 0,21 | 0,21 |
| 02/03/2018 | C2-B-1-I | 0,21 | 0,21 | 0,21 |
| 02/03/2018 | C2-B-2-F | 0,35 | 0,34 | 0,35 |
| 02/03/2018 | C2-B-2-M | 0,35 | 0,35 | 0,35 |
| 02/03/2018 | C2-B-2-I | 0,37 | 0,36 | 0,36 |
| 02/03/2018 | C2-B-3-F | 0,62 | 0,62 | 0,62 |
| 02/03/2018 | C2-B-3-M | 0,57 | 0,56 | 0,57 |
| 02/03/2018 | C2-B-3-I | 0,59 | 0,59 | 0,59 |

| | | | | |
|------------|----------|------|------|------|
| 02/03/2018 | C2-B-4-F | 0,58 | 0,59 | 0,59 |
| 02/03/2018 | C2-B-4-M | 0,55 | 0,56 | 0,55 |
| 02/03/2018 | C2-B-4-I | 0,60 | 0,59 | 0,60 |
| 02/03/2018 | C2-B-5-F | 0,36 | 0,35 | 0,36 |
| 02/03/2018 | C2-B-5-M | 0,34 | 0,34 | 0,34 |
| 02/03/2018 | C2-B-5-I | 0,35 | 0,34 | 0,35 |
| 02/03/2018 | C2-B-6-F | 0,21 | 0,21 | 0,21 |
| 02/03/2018 | C2-B-6-M | 0,20 | 0,21 | 0,20 |
| 02/03/2018 | C2-B-6-I | 0,21 | 0,20 | 0,20 |
| 02/03/2018 | C2-C-1-F | 0,20 | 0,21 | 0,20 |
| 02/03/2018 | C2-C-1-M | 0,20 | 0,20 | 0,20 |
| 02/03/2018 | C2-C-1-I | 0,21 | 0,21 | 0,21 |
| 02/03/2018 | C2-C-2-F | 0,35 | 0,36 | 0,36 |
| 02/03/2018 | C2-C-2-M | 0,35 | 0,34 | 0,35 |
| 02/03/2018 | C2-C-2-I | 0,37 | 0,36 | 0,37 |
| 02/03/2018 | C2-C-3-F | 0,61 | 0,60 | 0,61 |
| 02/03/2018 | C2-C-3-M | 0,55 | 0,54 | 0,55 |
| 02/03/2018 | C2-C-3-I | 0,60 | 0,60 | 0,60 |
| 02/03/2018 | C2-C-4-F | 0,61 | 0,61 | 0,61 |
| 02/03/2018 | C2-C-4-M | 0,53 | 0,53 | 0,53 |
| 02/03/2018 | C2-C-4-I | 0,57 | 0,57 | 0,57 |
| 02/03/2018 | C2-C-5-F | 0,34 | 0,34 | 0,34 |
| 02/03/2018 | C2-C-5-M | 0,33 | 0,33 | 0,33 |
| 02/03/2018 | C2-C-5-I | 0,34 | 0,33 | 0,34 |
| 02/03/2018 | C2-C-6-F | 0,21 | 0,21 | 0,21 |
| 02/03/2018 | C2-C-6-M | 0,21 | 0,21 | 0,21 |
| 02/03/2018 | C2-C-6-I | 0,20 | 0,20 | 0,20 |

Tabla A4.3. Resultados de la distribución de dosis en la caja C_{6r} sin producto ubicada en dirección oeste (caja 1)

| Identificación | | Dosis obtenida (kGy) | | | |
|-------------------|--------------|----------------------|------|------|----------|
| Fecha de Medición | Dosímetro n° | Mediciones | | | Promedio |
| | | 1 | 2 | 3 | |
| 29/5/2018 | C1-A-1-F | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 |
| 29/5/2018 | C1-A-1-M | 0,21 | 0,21 | 0,21 | 0,21 |
| 29/5/2018 | C1-A-1-I | 0,18 | 0,19 | 0,19 | 0,19 |
| 29/5/2018 | C1-A-2-F | 0,27 | 0,27 | 0,27 | 0,27 |
| 29/5/2018 | C1-A-2-M | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 |
| 29/5/2018 | C1-A-2-I | 0,21 | 0,21 | 0,21 | 0,21 |
| 29/5/2018 | C1-A-3-F | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 |
| 29/5/2018 | C1-A-3-M | 0,25 | 0,24 | 0,24 | 0,24 |
| 29/5/2018 | C1-A-3-I | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,22 |
| 29/5/2018 | C1-A-4-F | 0,30 | 0,29 | 0,29 | 0,29 |
| 29/5/2018 | C1-A-4-M | 0,24 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| 29/5/2018 | C1-A-4-I | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,22 |
| 29/5/2018 | C1-A-5-F | 0,27 | 0,27 | 0,27 | 0,27 |
| 29/5/2018 | C1-A-5-M | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 |

| | | | | | |
|-----------|----------|------|------|------|------|
| 29/5/2018 | C1-A-5-I | 0,21 | 0,21 | 0,20 | 0,21 |
| 29/5/2018 | C1-A-6-F | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 |
| 29/5/2018 | C1-A-6-M | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 |
| 29/5/2018 | C1-A-6-I | 0,19 | 0,19 | 0,19 | 0,19 |
| 29/5/2018 | C1-B-1-F | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 |
| 29/5/2018 | C1-B-1-M | 0,21 | 0,21 | 0,21 | 0,21 |
| 29/5/2018 | C1-B-1-I | 0,20 | 0,19 | 0,19 | 0,19 |
| 29/5/2018 | C1-B-2-F | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,26 |
| 29/5/2018 | C1-B-2-M | 0,24 | 0,23 | 0,24 | 0,24 |
| 29/5/2018 | C1-B-2-I | 0,21 | 0,21 | 0,21 | 0,21 |
| 29/5/2018 | C1-B-3-F | 0,29 | 0,29 | 0,29 | 0,29 |
| 29/5/2018 | C1-B-3-M | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| 29/5/2018 | C1-B-3-I | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,22 |
| 29/5/2018 | C1-B-4-F | 0,28 | 0,28 | 0,28 | 0,28 |
| 29/5/2018 | C1-B-4-M | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| 29/5/2018 | C1-B-4-I | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 |
| 29/5/2018 | C1-B-5-F | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,26 |
| 29/5/2018 | C1-B-5-M | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 |
| 29/5/2018 | C1-B-5-I | 0,21 | 0,21 | 0,21 | 0,21 |
| 29/5/2018 | C1-B-6-F | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,22 |
| 29/5/2018 | C1-B-6-M | 0,21 | 0,21 | 0,21 | 0,21 |
| 29/5/2018 | C1-B-6-I | 0,19 | 0,19 | 0,19 | 0,19 |
| 29/5/2018 | C1-C-1-F | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,22 |
| 29/5/2018 | C1-C-1-M | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 |
| 29/5/2018 | C1-C-1-I | 0,18 | 0,19 | 0,19 | 0,19 |
| 29/5/2018 | C1-C-2-F | 0,26 | 0,26 | 0,25 | 0,26 |
| 29/5/2018 | C1-C-2-M | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 |
| 29/5/2018 | C1-C-2-I | 0,21 | 0,20 | 0,21 | 0,21 |
| 29/5/2018 | C1-C-3-F | 0,28 | 0,28 | 0,28 | 0,28 |
| 29/5/2018 | C1-C-3-M | 0,25 | 0,24 | 0,24 | 0,24 |
| 29/5/2018 | C1-C-3-I | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,22 |
| 29/5/2018 | C1-C-4-F | 0,28 | 0,28 | 0,28 | 0,28 |
| 29/5/2018 | C1-C-4-M | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 |
| 29/5/2018 | C1-C-4-I | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,22 |
| 29/5/2018 | C1-C-5-F | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,26 |
| 29/5/2018 | C1-C-5-M | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 |
| 29/5/2018 | C1-C-5-I | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 |
| 29/5/2018 | C1-C-6-F | 0,23 | 0,22 | 0,22 | 0,22 |
| 29/5/2018 | C1-C-6-M | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 |
| 29/5/2018 | C1-C-6-I | 0,19 | 0,19 | 0,19 | 0,19 |

Tabla A4.4. Resultados de la distribución de dosis en la caja C_{6r} sin producto ubicada en dirección este (caja 2)

| Identificación | | Dosis obtenida (kGy) | | | |
|-------------------|--------------|----------------------|---|---|----------|
| Fecha de Medición | Dosímetro n° | Mediciones | | | Promedio |
| | | 1 | 2 | 3 | |
| | | | | | |

| | | | | | |
|-----------|----------|------|------|------|------|
| 30/5/2018 | C2-A-1-F | 0,26 | 0,25 | 0,26 | 0,26 |
| 30/5/2018 | C2-A-1-M | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,22 |
| 30/5/2018 | C2-A-1-I | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 |
| 30/5/2018 | C2-A-2-F | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 |
| 30/5/2018 | C2-A-2-M | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| 30/5/2018 | C2-A-2-I | 0,23 | 0,22 | 0,22 | 0,22 |
| 30/5/2018 | C2-A-3-F | 0,33 | 0,33 | 0,32 | 0,33 |
| 30/5/2018 | C2-A-3-M | 0,27 | 0,27 | 0,27 | 0,27 |
| 30/5/2018 | C2-A-3-I | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 |
| 30/5/2018 | C2-A-4-F | 0,32 | 0,32 | 0,32 | 0,32 |
| 30/5/2018 | C2-A-4-M | 0,27 | 0,27 | 0,27 | 0,27 |
| 30/5/2018 | C2-A-4-I | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 |
| 30/5/2018 | C2-A-5-F | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 |
| 30/5/2018 | C2-A-5-M | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| 30/5/2018 | C2-A-5-I | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 |
| 30/5/2018 | C2-A-6-F | 0,26 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| 30/5/2018 | C2-A-6-M | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,22 |
| 30/5/2018 | C2-A-6-I | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 |
| 30/5/2018 | C2-B-1-F | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 |
| 30/5/2018 | C2-B-1-M | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,22 |
| 30/5/2018 | C2-B-1-I | 0,21 | 0,21 | 0,21 | 0,21 |
| 30/5/2018 | C2-B-2-F | 0,28 | 0,28 | 0,28 | 0,28 |
| 30/5/2018 | C2-B-2-M | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| 30/5/2018 | C2-B-2-I | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 |
| 30/5/2018 | C2-B-3-F | 0,31 | 0,31 | 0,31 | 0,31 |
| 30/5/2018 | C2-B-3-M | 0,27 | 0,27 | 0,27 | 0,27 |
| 30/5/2018 | C2-B-3-I | 0,25 | 0,24 | 0,24 | 0,24 |
| 30/5/2018 | C2-B-4-F | 0,31 | 0,31 | 0,31 | 0,31 |

| | | | | | |
|-----------|----------|------|------|------|------|
| 30/5/2018 | C2-B-4-M | 0,27 | 0,27 | 0,27 | 0,27 |
| 30/5/2018 | C2-B-4-I | 0,25 | 0,24 | 0,25 | 0,25 |
| 30/5/2018 | C2-B-5-F | 0,29 | 0,29 | 0,29 | 0,29 |
| 30/5/2018 | C2-B-5-M | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| 30/5/2018 | C2-B-5-I | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 |
| 30/5/2018 | C2-B-6-F | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 |
| 30/5/2018 | C2-B-6-M | 0,22 | 0,22 | 0,23 | 0,22 |
| 30/5/2018 | C2-B-6-I | 0,21 | 0,21 | 0,21 | 0,21 |
| 30/5/2018 | C2-C-1-F | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 |
| 30/5/2018 | C2-C-1-M | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,22 |
| 30/5/2018 | C2-C-1-I | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 |
| 30/5/2018 | C2-C-2-F | 0,28 | 0,28 | 0,28 | 0,28 |
| 30/5/2018 | C2-C-2-M | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 |
| 30/5/2018 | C2-C-2-I | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,22 |
| 30/5/2018 | C2-C-3-F | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 |
| 30/5/2018 | C2-C-3-M | 0,27 | 0,26 | 0,27 | 0,27 |
| 30/5/2018 | C2-C-3-I | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 |
| 30/5/2018 | C2-C-4-F | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 |
| 30/5/2018 | C2-C-4-M | 0,27 | 0,26 | 0,27 | 0,27 |
| 30/5/2018 | C2-C-4-I | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 |
| 30/5/2018 | C2-C-5-F | 0,28 | 0,28 | 0,28 | 0,28 |
| 30/5/2018 | C2-C-5-M | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| 30/5/2018 | C2-C-5-I | 0,22 | 0,23 | 0,23 | 0,23 |
| 30/5/2018 | C2-C-6-F | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 |
| 30/5/2018 | C2-C-6-M | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,22 |
| 30/5/2018 | C2-C-6-I | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 |

Tabla A4.5. Resultados de la distribución de dosis en la caja C_{6r} sin producto ubicada en dirección oeste (caja 1). Repetición con giro de caja en la mitad del tiempo de irradiación.

| Identificación | | Dosis obtenida (kGy) | | | |
|-------------------|--------------|----------------------|------|------|----------|
| Fecha de Medición | Dosímetro n° | Mediciones | | | Promedio |
| | | 1 | 2 | 3 | |
| 1/6/2018 | C1-A-1-F | 0,23 | 0,22 | 0,23 | 0,23 |
| 1/6/2018 | C1-A-1-M | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,22 |
| 1/6/2018 | C1-A-1-I | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 |
| 1/6/2018 | C1-A-2-F | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,26 |
| 1/6/2018 | C1-A-2-M | 0,26 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| 1/6/2018 | C1-A-2-I | 0,27 | 0,27 | 0,27 | 0,27 |
| 1/6/2018 | C1-A-3-F | 0,28 | 0,28 | 0,28 | 0,28 |
| 1/6/2018 | C1-A-3-M | 0,27 | 0,28 | 0,27 | 0,27 |
| 1/6/2018 | C1-A-3-I | 0,29 | 0,29 | 0,29 | 0,29 |
| 1/6/2018 | C1-A-4-F | 0,28 | 0,28 | 0,28 | 0,28 |
| 1/6/2018 | C1-A-4-M | 0,27 | 0,27 | 0,27 | 0,27 |
| 1/6/2018 | C1-A-4-I | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 |
| 1/6/2018 | C1-A-5-F | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,26 |
| 1/6/2018 | C1-A-5-M | 0,25 | 0,25 | 0,26 | 0,25 |
| 1/6/2018 | C1-A-5-I | 0,27 | 0,27 | 0,27 | 0,27 |
| 1/6/2018 | C1-A-6-F | 0,23 | 0,22 | 0,22 | 0,22 |
| 1/6/2018 | C1-A-6-M | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,22 |
| 1/6/2018 | C1-A-6-I | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 |
| 1/6/2018 | C1-B-1-F | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,22 |
| 1/6/2018 | C1-B-1-M | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 |
| 1/6/2018 | C1-B-1-I | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 |
| 1/6/2018 | C1-B-2-F | 0,25 | 0,25 | 0,26 | 0,25 |
| 1/6/2018 | C1-B-2-M | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,26 |
| 1/6/2018 | C1-B-2-I | 0,27 | 0,27 | 0,27 | 0,27 |
| 1/6/2018 | C1-B-3-F | 0,28 | 0,27 | 0,27 | 0,27 |
| 1/6/2018 | C1-B-3-M | 0,28 | 0,27 | 0,28 | 0,28 |
| 1/6/2018 | C1-B-3-I | 0,29 | 0,28 | 0,29 | 0,29 |
| 1/6/2018 | C1-B-4-F | 0,27 | 0,28 | 0,28 | 0,28 |
| 1/6/2018 | C1-B-4-M | 0,27 | 0,27 | 0,27 | 0,27 |
| 1/6/2018 | C1-B-4-I | 0,28 | 0,28 | 0,29 | 0,28 |
| 1/6/2018 | C1-B-5-F | 0,25 | 0,25 | 0,26 | 0,25 |
| 1/6/2018 | C1-B-5-M | 0,25 | 0,25 | 0,26 | 0,25 |
| 1/6/2018 | C1-B-5-I | 0,27 | 0,26 | 0,26 | 0,26 |
| 1/6/2018 | C1-B-6-F | 0,23 | 0,22 | 0,22 | 0,22 |
| 1/6/2018 | C1-B-6-M | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 |

| | | | | | |
|----------|----------|------|------|------|------|
| 1/6/2018 | C1-B-6-I | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 |
| 1/6/2018 | C1-C-1-F | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,22 |
| 1/6/2018 | C1-C-1-M | 0,22 | 0,22 | 0,23 | 0,22 |
| 1/6/2018 | C1-C-1-I | 0,23 | 0,22 | 0,23 | 0,23 |
| 1/6/2018 | C1-C-2-F | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| 1/6/2018 | C1-C-2-M | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| 1/6/2018 | C1-C-2-I | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,26 |
| 1/6/2018 | C1-C-3-F | 0,27 | 0,27 | 0,27 | 0,27 |
| 1/6/2018 | C1-C-3-M | 0,27 | 0,27 | 0,27 | 0,27 |
| 1/6/2018 | C1-C-3-I | 0,28 | 0,28 | 0,28 | 0,28 |
| 1/6/2018 | C1-C-4-F | 0,27 | 0,27 | 0,27 | 0,27 |
| 1/6/2018 | C1-C-4-M | 0,27 | 0,27 | 0,27 | 0,27 |
| 1/6/2018 | C1-C-4-I | 0,28 | 0,28 | 0,28 | 0,28 |
| 1/6/2018 | C1-C-5-F | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| 1/6/2018 | C1-C-5-M | 0,25 | 0,26 | 0,25 | 0,25 |
| 1/6/2018 | C1-C-5-I | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,26 |
| 1/6/2018 | C1-C-6-F | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,22 |
| 1/6/2018 | C1-C-6-M | 0,23 | 0,22 | 0,23 | 0,23 |
| 1/6/2018 | C1-C-6-I | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 |

Tabla A4.6. Resultados de la distribución de dosis en la caja C_{12r} con producto ubicada en dirección oeste (caja 1)

| Identificación | | Dosis obtenida (kGy) | | | |
|--------------------------|-------------------------|-----------------------------|----------|----------|-----------------|
| Fecha de Medición | Dosímetro n° | Mediciones | | | Promedio |
| | | 1 | 2 | 3 | |
| 13/7/2018 | C1-A-1-F | 0,39 | 0,39 | 0,39 | 0,39 |
| 13/7/2018 | C1-A-1-M | 0,41 | 0,41 | 0,41 | 0,41 |
| 13/7/2018 | C1-A-1-I | 0,39 | 0,39 | 0,39 | 0,39 |
| 13/7/2018 | C1-A-2-F | 0,43 | 0,43 | 0,43 | 0,43 |
| 13/7/2018 | C1-A-2-M | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,45 |
| 13/7/2018 | C1-A-2-I | 0,43 | 0,43 | 0,43 | 0,43 |
| 13/7/2018 | C1-A-3-F | 0,47 | 0,47 | 0,47 | 0,47 |
| 13/7/2018 | C1-A-3-M | 0,49 | 0,49 | 0,49 | 0,49 |
| 13/7/2018 | C1-A-3-I | 0,46 | 0,46 | 0,46 | 0,46 |
| 13/7/2018 | C1-A-4-F | 0,46 | 0,46 | 0,46 | 0,46 |
| 13/7/2018 | C1-A-4-M | 0,48 | 0,48 | 0,48 | 0,48 |
| 13/7/2018 | C1-A-4-I | 0,46 | 0,46 | 0,46 | 0,46 |
| 13/7/2018 | C1-A-5-F | 0,43 | 0,43 | 0,43 | 0,43 |
| 13/7/2018 | C1-A-5-M | 0,44 | 0,44 | 0,44 | 0,44 |
| 13/7/2018 | C1-A-5-I | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 0,42 |
| 13/7/2018 | C1-A-6-F | 0,38 | 0,38 | 0,38 | 0,38 |
| 16/7/2018 | C1-A-6-M | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,40 |
| 16/7/2018 | C1-A-6-I | 0,38 | 0,38 | 0,38 | 0,38 |
| 16/7/2018 | C1-B-1-F | 0,39 | 0,39 | 0,39 | 0,39 |
| 16/7/2018 | C1-B-1-M | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,40 |
| 16/7/2018 | C1-B-1-I | 0,39 | 0,39 | 0,39 | 0,39 |
| 16/7/2018 | C1-B-2-F | 0,41 | 0,41 | 0,41 | 0,41 |
| 16/7/2018 | C1-B-2-M | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,40 |

| | | | | | |
|-----------|----------|------|------|------|------|
| 16/7/2018 | C1-B-2-I | 0,41 | 0,41 | 0,4 | 0,41 |
| 16/7/2018 | C1-B-3-F | 0,44 | 0,44 | 0,44 | 0,44 |
| 16/7/2018 | C1-B-3-M | 0,43 | 0,43 | 0,43 | 0,43 |
| 16/7/2018 | C1-B-3-I | 0,44 | 0,43 | 0,44 | 0,44 |
| 16/7/2018 | C1-B-4-F | 0,44 | 0,44 | 0,44 | 0,44 |
| 16/7/2018 | C1-B-4-M | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,45 |
| 16/7/2018 | C1-B-4-I | 0,44 | 0,44 | 0,44 | 0,44 |
| 16/7/2018 | C1-B-5-F | 0,41 | 0,41 | 0,41 | 0,41 |
| 16/7/2018 | C1-B-5-M | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,40 |
| 16/7/2018 | C1-B-5-I | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,40 |
| 16/7/2018 | C1-B-6-F | 0,39 | 0,39 | 0,39 | 0,39 |
| 16/7/2018 | C1-B-6-M | 0,39 | 0,39 | 0,39 | 0,39 |
| 16/7/2018 | C1-B-6-I | 0,39 | 0,39 | 0,39 | 0,39 |
| 16/7/2018 | C1-C-1-F | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,40 |
| 16/7/2018 | C1-C-1-M | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,40 |
| 16/7/2018 | C1-C-1-I | 0,39 | 0,39 | 0,39 | 0,39 |
| 16/7/2018 | C1-C-2-F | 0,43 | 0,43 | 0,43 | 0,43 |
| 16/7/2018 | C1-C-2-M | 0,44 | 0,44 | 0,44 | 0,44 |
| 16/7/2018 | C1-C-2-I | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 0,42 |
| 16/7/2018 | C1-C-3-F | 0,46 | 0,46 | 0,46 | 0,46 |
| 16/7/2018 | C1-C-3-M | 0,47 | 0,47 | 0,47 | 0,47 |
| 16/7/2018 | C1-C-3-I | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,45 |
| 16/7/2018 | C1-C-4-F | 0,47 | 0,47 | 0,47 | 0,47 |
| 16/7/2018 | C1-C-4-M | 0,47 | 0,47 | 0,47 | 0,47 |
| 16/7/2018 | C1-C-4-I | 0,46 | 0,46 | 0,46 | 0,46 |
| 16/7/2018 | C1-C-5-F | 0,43 | 0,43 | 0,43 | 0,43 |
| 16/7/2018 | C1-C-5-M | 0,43 | 0,43 | 0,43 | 0,43 |
| 16/7/2018 | C1-C-5-I | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 0,42 |
| 16/7/2018 | C1-C-6-F | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,40 |
| 16/7/2018 | C1-C-6-M | 0,41 | 0,4 | 0,41 | 0,41 |
| 16/7/2018 | C1-C-6-I | 0,39 | 0,39 | 0,39 | 0,39 |

Tabla A4.7. Resultados de la distribución de dosis en la caja C_{12r} con producto ubicada en dirección este (caja 2)

| <i>Identificación</i> | | Dosis obtenida (kGy) | | | |
|--------------------------|--------------|-----------------------------|----------|----------|-----------------|
| <i>Fecha de Medición</i> | Dosímetro n° | Mediciones | | | Promedio |
| | | 1 | 2 | 3 | |
| 17/7/2018 | C2-A-1-F | 0,35 | 0,36 | 0,36 | 0,36 |
| 17/7/2018 | C2-A-1-M | 0,38 | 0,38 | 0,38 | 0,38 |
| 17/7/2018 | C2-A-1-I | 0,36 | 0,36 | 0,36 | 0,36 |
| 17/7/2018 | C2-A-2-F | 0,39 | 0,39 | 0,39 | 0,39 |
| 17/7/2018 | C2-A-2-M | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,40 |
| 17/7/2018 | C2-A-2-I | 0,38 | 0,38 | 0,38 | 0,38 |
| 17/7/2018 | C2-A-3-F | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 0,42 |
| 17/7/2018 | C2-A-3-M | 0,44 | 0,44 | 0,44 | 0,44 |
| 17/7/2018 | C2-A-3-I | 0,43 | 0,43 | 0,43 | 0,43 |

| | | | | | |
|-----------|----------|------|------|------|------|
| 17/7/2018 | C2-A-4-F | 0,43 | 0,43 | 0,43 | 0,43 |
| 17/7/2018 | C2-A-4-M | 0,46 | 0,45 | 0,46 | 0,46 |
| 17/7/2018 | C2-A-4-I | 0,44 | 0,43 | 0,43 | 0,43 |
| 17/7/2018 | C2-A-5-F | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,40 |
| 17/7/2018 | C2-A-5-M | 0,41 | 0,41 | 0,41 | 0,41 |
| 17/7/2018 | C2-A-5-I | 0,41 | 0,41 | 0,41 | 0,41 |
| 17/7/2018 | C2-A-6-F | 0,37 | 0,37 | 0,37 | 0,37 |
| 17/7/2018 | C2-A-6-M | 0,39 | 0,39 | 0,39 | 0,39 |
| 17/7/2018 | C2-A-6-I | 0,37 | 0,38 | 0,37 | 0,37 |
| 17/7/2018 | C2-B-1-F | 0,37 | 0,37 | 0,37 | 0,37 |
| 17/7/2018 | C2-B-1-M | 0,37 | 0,37 | 0,37 | 0,37 |
| 17/7/2018 | C2-B-1-I | 0,37 | 0,37 | 0,37 | 0,37 |
| 17/7/2018 | C2-B-2-F | 0,38 | 0,38 | 0,38 | 0,38 |
| 17/7/2018 | C2-B-2-M | 0,38 | 0,37 | 0,38 | 0,38 |
| 17/7/2018 | C2-B-2-I | 0,37 | 0,37 | 0,37 | 0,37 |
| 17/7/2018 | C2-B-3-F | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 0,42 |
| 17/7/2018 | C2-B-3-M | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 0,42 |
| 17/7/2018 | C2-B-3-I | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 0,42 |
| 17/7/2018 | C2-B-4-F | 0,42 | 0,41 | 0,41 | 0,41 |
| 18/7/2018 | C2-B-4-M | 0,43 | 0,42 | 0,42 | 0,42 |
| 18/7/2018 | C2-B-4-I | 0,4 | 0,4 | 0,41 | 0,40 |
| 18/7/2018 | C2-B-5-F | 0,39 | 0,38 | 0,39 | 0,39 |
| 18/7/2018 | C2-B-5-M | 0,37 | 0,37 | 0,37 | 0,37 |
| 18/7/2018 | C2-B-5-I | 0,38 | 0,38 | 0,38 | 0,38 |
| 18/7/2018 | C2-B-6-F | 0,37 | 0,37 | 0,37 | 0,37 |
| 18/7/2018 | C2-B-6-M | 0,38 | 0,37 | 0,38 | 0,38 |
| 18/7/2018 | C2-B-6-I | 0,37 | 0,37 | 0,37 | 0,37 |
| 18/7/2018 | C2-C-1-F | 0,37 | 0,37 | 0,37 | 0,37 |
| 18/7/2018 | C2-C-1-M | 0,37 | 0,38 | 0,38 | 0,38 |
| 18/7/2018 | C2-C-1-I | 0,37 | 0,37 | 0,37 | 0,37 |
| 18/7/2018 | C2-C-2-F | 0,39 | 0,39 | 0,39 | 0,39 |
| 18/7/2018 | C2-C-2-M | 0,41 | 0,41 | 0,41 | 0,41 |
| 18/7/2018 | C2-C-2-I | 0,4 | 0,39 | 0,4 | 0,40 |
| 18/7/2018 | C2-C-3-F | 0,44 | 0,44 | 0,44 | 0,44 |
| 18/7/2018 | C2-C-3-M | 0,44 | 0,44 | 0,44 | 0,44 |
| 18/7/2018 | C2-C-3-I | 0,44 | 0,44 | 0,44 | 0,44 |
| 18/7/2018 | C2-C-4-F | 0,44 | 0,43 | 0,43 | 0,43 |
| 18/7/2018 | C2-C-4-M | 0,44 | 0,44 | 0,44 | 0,44 |
| 18/7/2018 | C2-C-4-I | 0,44 | 0,44 | 0,43 | 0,44 |
| 18/7/2018 | C2-C-5-F | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,40 |
| 18/7/2018 | C2-C-5-M | 0,39 | 0,4 | 0,39 | 0,39 |
| 18/7/2018 | C2-C-5-I | 0,39 | 0,39 | 0,4 | 0,39 |
| 18/7/2018 | C2-C-6-F | 0,38 | 0,38 | 0,38 | 0,38 |
| 18/7/2018 | C2-C-6-M | 0,38 | 0,39 | 0,39 | 0,39 |
| 18/7/2018 | C2-C-6-I | 0,38 | 0,38 | 0,38 | 0,38 |

ANEXO 5. INCERTIDUMBRE COMBINADA DEL MAPEO DE DOSIS

Tabla A5.Determinación de la incertidumbre combinada en los distintos puntos de mapeo

| Lote | | | EPR | n= 6 | | U _A | Inc. Cal | k | U _{cal} | Resolución equipo EPR | Divisor | U _{res} | U _{Comb} |
|---------------------------|-----------|-------------|------------------|----------|---------------------|----------------|----------|-------|------------------|-----------------------|---------|------------------|-------------------|
| Distancia | Dirección | Altura (cm) | Holder utilizado | Promedio | Desviación estándar | | | | | | | | |
| | | | | (kGy) | (kGy) | | | | | | | | |
| Dist: 20 cm 28/06/2017 | Norte (N) | 0 | PL0132 | 3,19 | 0,012 | 0,005 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 20 | PL0132 | 3,14 | 0,016 | 0,007 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,013 |
| | | 40 | PL0132 | 2,05 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 60 | PL0132 | 1,14 | 0,012 | 0,005 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 80 | PL0132 | 0,67 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 100 | PL0132 | 0,42 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | 150 | PX0063 | 0,15 | 0,000 | 0,000 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 | |
| | Sur (S) | 0 | PL0132 | 3,25 | 0,013 | 0,005 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 20 | PL0132 | 3,14 | 0,021 | 0,008 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,014 |
| | | 40 | PL0132 | 2,08 | 0,017 | 0,007 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,013 |
| | | 60 | PL0132 | 1,14 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 80 | PL0132 | 0,66 | 0,010 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 100 | PL0132 | 0,42 | 0,012 | 0,005 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | 150 | PX0063 | 0,15 | 0,000 | 0,000 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 | |
| | Este (E) | 0 | PL0132 | 3,02 | 0,014 | 0,006 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,013 |
| | | 20 | PL0132 | 2,92 | 0,036 | 0,015 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,018 |
| | | 40 | PL0132 | 1,92 | 0,009 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 60 | PL0132 | 1,09 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 80 | PL0132 | 0,63 | 0,012 | 0,005 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 100 | PL0132 | 0,41 | 0,000 | 0,000 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 |
| | 150 | PX0063 | 0,15 | 0,000 | 0,000 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 | |
| | | 0 | PL0132 | 3,50 | 0,014 | 0,006 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,013 |
| | | 20 | PL0132 | 3,43 | 0,028 | 0,011 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,016 |

| | Oeste (O) | 40 | PL0132 | 2,20 | 0,016 | 0,007 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,013 |
|----------------------|----------------------|-------------|------------------|----------|---------------------|----------------|---------------------------|-------|-------|-----------------------|---------|-------|-------------------|
| | | 60 | PL0132 | 1,15 | 0,025 | 0,010 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,015 |
| | | 80 | PL0132 | 0,68 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 100 | PL0132 | 0,42 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 150 | PX0063 | 0,15 | 0,000 | 0,000 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 |
| | Noreste (NE) | 0 | PL0132 | 2,97 | 0,024 | 0,010 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,015 |
| | | 20 | PL0132 | 2,87 | 0,018 | 0,007 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,014 |
| | | 40 | PL0132 | 1,93 | 0,014 | 0,006 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,013 |
| | | 60 | PL0132 | 1,10 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 80 | PL0132 | 0,65 | 0,006 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 100 | PL0132 | 0,42 | 0,012 | 0,005 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | Noroeste (NO) | 150 | PX0063 | 0,15 | 0,000 | 0,000 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 |
| | | 0 | PL0132 | 3,27 | 0,013 | 0,005 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,013 |
| | | 20 | PL0132 | 3,19 | 0,012 | 0,005 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 40 | PL0132 | 2,07 | 0,017 | 0,007 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,013 |
| | | 60 | PL0132 | 1,14 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 80 | PL0132 | 0,67 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | Sureste (SE) | 100 | PL0132 | 0,42 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 150 | PX0063 | 0,15 | 0,000 | 0,000 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 |
| | | 0 | PL0132 | 3,00 | 0,018 | 0,007 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,014 |
| 20 | | PL0132 | 2,91 | 0,013 | 0,005 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| 40 | | PL0132 | 1,91 | 0,020 | 0,008 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,014 | |
| 60 | | PL0132 | 1,07 | 0,012 | 0,005 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| Suroeste (SO) | 80 | PL0132 | 0,65 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | 100 | PL0132 | 0,42 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | 150 | PX0063 | 0,15 | 0,000 | 0,000 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 | |
| | 0 | PL0132 | 3,32 | 0,012 | 0,005 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | 20 | PL0132 | 3,23 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | 40 | PL0132 | 2,08 | 0,009 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| Lote | | | EPR | | | | | | | | | | |
| Distancia | Dirección | Altura (cm) | Holder utilizado | Promedio | Desviación estándar | U _A | Incertidumbre Calibración | k | Ucal | Resolución equipo EPR | Divisor | Ures | U _{Comb} |
| | | | | (kGy) | (kGy) | (kGy) | (kGy) | [1] | (kGy) | (kGy) | [1] | (kGy) | (kGy) |
| | Norte (N) | 0 | PL0132 | 2,13 | 0,012 | 0,005 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 20 | PL0132 | 2,05 | 0,016 | 0,007 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,013 |
| | | 40 | PL0132 | 1,50 | 0,015 | 0,006 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,013 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|--------------------------|-----|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Dist: 30 cm 29/06/2017 | | 60 | PL0132 | 0,97 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 80 | PL0132 | 0,61 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 100 | PL0132 | 0,40 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 150 | PX0063 | 0,32 | 0,415 | 0,169 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,170 | |
| | Sur (S) | 0 | PL0132 | 2,15 | 0,013 | 0,005 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 20 | PL0132 | 2,04 | 0,011 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 40 | PL0132 | 1,52 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 60 | PL0132 | 0,97 | 0,006 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 80 | PL0132 | 0,61 | 0,010 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 100 | PL0132 | 0,41 | 0,009 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 150 | PX0063 | 0,15 | 0,004 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 | |
| | | 0 | PL0132 | 2,01 | 0,010 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | Este (E) | 20 | PL0132 | 1,93 | 0,016 | 0,007 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,013 | |
| | | 40 | PL0132 | 1,44 | 0,010 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 60 | PL0132 | 0,93 | 0,010 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 80 | PL0132 | 0,59 | 0,009 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 100 | PL0132 | 0,40 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 150 | PX0063 | 0,15 | 0,000 | 0,000 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 | |
| | | 0 | PL0132 | 2,29 | 0,026 | 0,010 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,015 | |
| | Oeste (O) | 20 | PL0132 | 2,24 | 0,023 | 0,009 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,015 | |
| | | 40 | PL0132 | 1,61 | 0,013 | 0,005 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 60 | PL0132 | 1,01 | 0,010 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 80 | PL0132 | 0,62 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 100 | PL0132 | 0,41 | 0,004 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 | |
| | | 150 | PX0063 | 0,15 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | Noreste (NE) | 0 | PL0132 | 1,97 | 0,012 | 0,005 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 20 | PL0132 | 1,94 | 0,012 | 0,005 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 40 | PL0132 | 1,43 | 0,010 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 60 | PL0132 | 0,92 | 0,006 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 80 | PL0132 | 0,59 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 100 | PL0132 | 0,40 | 0,010 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 150 | PX0063 | 0,15 | 0,000 | 0,000 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 | |
| | Noroeste (NO) | 0 | PL0132 | 2,19 | 0,013 | 0,005 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 20 | PL0132 | 2,11 | 0,014 | 0,006 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,013 | |
| | | 40 | PL0132 | 1,54 | 0,019 | 0,008 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,014 | |
| | | 60 | PL0132 | 0,96 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 80 | PL0132 | 0,61 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 100 | PL0132 | 0,41 | 0,004 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 | |
| | Sureste (SE) | 150 | PX0063 | 0,16 | 0,004 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 | |
| | | 0 | PL0132 | 1,98 | 0,010 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 20 | PL0132 | 1,91 | 0,023 | 0,009 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,015 | |
| | | 40 | PL0132 | 1,41 | 0,017 | 0,007 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,013 | |
| | | | 60 | PL0132 | 0,92 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |

| | | 80 | PL0132 | 0,60 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
|-----------------------------------|----------------------|-------------|------------------|----------|---------------------|----------------|---------------------------|-------|------------------|-----------------------|---------|------------------|-------------------|
| | | 100 | PL0132 | 0,40 | 0,010 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 150 | PX0063 | 0,15 | 0,004 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 |
| | Suroeste (SO) | 0 | PL0132 | 2,18 | 0,012 | 0,005 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 20 | PL0132 | 2,09 | 0,019 | 0,008 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,014 |
| | | 40 | PL0132 | 1,53 | 0,019 | 0,008 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,014 |
| | | 60 | PL0132 | 0,97 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 80 | PL0132 | 0,62 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 100 | PL0132 | 0,41 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| 150 | PX0063 | 0,16 | 0,000 | 0,000 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 | | |
| Lote | | | EPR | | | | | | | | | | |
| Distancia | Dirección | Altura (cm) | Holder utilizado | Promedio | Desviación estándar | U _A | Incertidumbre Calibración | k | U _{cal} | Resolución equipo EPR | Divisor | U _{res} | U _{Comb} |
| | | | | (kGy) | (kGy) | (kGy) | (kGy) | [1] | (kGy) | (kGy) | [1] | (kGy) | (kGy) |
| Dist: 40 cm 01/07/2017 | Norte (N) | 0 | PL0132 | 1,53 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 20 | PL0132 | 1,45 | 0,010 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 40 | PL0132 | 1,14 | 0,010 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 60 | PL0132 | 0,80 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 80 | PL0132 | 0,55 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 100 | PL0132 | 0,39 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 150 | PX0063 | 0,15 | 0,004 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 |
| | Sur (S) | 0 | PL0132 | 1,53 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 20 | PL0132 | 1,46 | 0,013 | 0,005 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 40 | PL0132 | 1,15 | 0,010 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 60 | PL0132 | 0,79 | 0,010 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 80 | PL0132 | 0,54 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 100 | PL0132 | 0,38 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | Este (E) | 150 | PX0063 | 0,16 | 0,004 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 |
| | | 0 | PL0132 | 1,42 | 0,011 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 20 | PL0132 | 1,38 | 0,010 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 40 | PL0132 | 1,11 | 0,012 | 0,005 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 60 | PL0132 | 0,79 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 80 | PL0132 | 0,54 | 0,011 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | Oeste (O) | 100 | PL0132 | 0,38 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 150 | PX0063 | 0,15 | 0,004 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 |
| | | 0 | PL0132 | 1,58 | 0,019 | 0,008 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,014 |
| | | 20 | PL0132 | 1,55 | 0,016 | 0,007 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,013 |
| | | 40 | PL0132 | 1,23 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| 60 | | PL0132 | 0,85 | 0,015 | 0,006 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,013 | |
| 80 | PL0132 | 0,57 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | | |

| | | 100 | PL0132 | 0,39 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
|------------------------------|------------------|----------------|---------------------|----------|------------------------|----------------|------------------------------|-----|-------|-----------------------------|---------|-------|-------------------|
| | | 150 | PX0063 | 0,16 | 0,000 | 0,000 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 |
| | Noreste (NE) | 0 | PL0132 | 1,42 | 0,010 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 20 | PL0132 | 1,40 | 0,012 | 0,005 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 40 | PL0132 | 1,12 | 0,017 | 0,007 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,013 |
| | | 60 | PL0132 | 0,79 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 80 | PL0132 | 0,54 | 0,010 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 100 | PL0132 | 0,38 | 0,006 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 150 | PX0063 | 0,16 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | Noroeste (NO) | 0 | PL0132 | 1,57 | 0,088 | 0,036 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,038 |
| | | 20 | PL0132 | 1,47 | 0,010 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 40 | PL0132 | 1,16 | 0,012 | 0,005 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 60 | PL0132 | 0,80 | 0,004 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 |
| | | 80 | PL0132 | 0,55 | 0,004 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 |
| | | 100 | PL0132 | 0,38 | 0,006 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 150 | PX0063 | 0,16 | 0,000 | 0,000 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 |
| | Sureste (SE) | 0 | PL0132 | 1,42 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 20 | PL0132 | 1,38 | 0,006 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 40 | PL0132 | 1,10 | 0,010 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 60 | PL0132 | 0,78 | 0,010 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 80 | PL0132 | 0,54 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 100 | PL0132 | 0,38 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 150 | PX0063 | 0,16 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | Suroeste (SO) | 0 | PL0132 | 1,53 | 0,014 | 0,006 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,013 |
| | | 20 | PL0132 | 1,49 | 0,016 | 0,007 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,013 |
| | | 40 | PL0132 | 1,17 | 0,009 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 60 | PL0132 | 0,82 | 0,012 | 0,005 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 80 | PL0132 | 0,54 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 100 | PL0132 | 0,38 | 0,009 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 150 | PX0063 | 0,16 | 0,000 | 0,000 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 |
| Lote | | | EPR | | | | | | | | | | |
| Distancia | Dirección | Altura (cm) | Holder utilizado | Promedio | Desviación estándar | U _A | Incertidumbre Calibración | k | Ucal | Resolución equipo EPR | Divisor | Ures | U _{Comb} |
| | | | | (kGy) | (kGy) | (kGy) | (kGy) | [1] | (kGy) | (kGy) | [1] | (kGy) | (kGy) |
| Dist: 60 cm 02/07/2017 | Norte (N) | 0 | PL0132 | 0,83 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 20 | PL0132 | 0,83 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 40 | PL0132 | 0,71 | 0,010 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 60 | PL0132 | 0,56 | 0,004 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 |
| | | 80 | PL0132 | 0,43 | 0,006 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 100 | PL0132 | 0,32 | 0,006 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|-----|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | Sur (S) | 150 | PX0063 | 0,15 | 0,004 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 | |
| | | 0 | PL0132 | 0,83 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 20 | PL0132 | 0,84 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 40 | PL0132 | 0,72 | 0,004 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 | |
| | | 60 | PL0132 | 0,57 | 0,004 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 | |
| | | 80 | PL0132 | 0,43 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | Este (E) | 100 | PL0132 | 0,32 | 0,004 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 | |
| | | 150 | PX0063 | 0,15 | 0,000 | 0,000 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 | |
| | | 0 | PL0132 | 0,78 | 0,010 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 20 | PL0132 | 0,81 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 40 | PL0132 | 0,69 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 60 | PL0132 | 0,55 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | Oeste (O) | 80 | PL0132 | 0,42 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 100 | PL0132 | 0,32 | 0,004 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 | |
| | | 150 | PX0063 | 0,15 | 0,004 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 | |
| | | 0 | PL0132 | 0,88 | 0,006 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 20 | PL0132 | 0,88 | 0,009 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 40 | PL0132 | 0,74 | 0,012 | 0,005 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | Noreste (NE) | 60 | PL0132 | 0,59 | 0,004 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 | |
| | | 80 | PL0132 | 0,45 | 0,004 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 | |
| | | 100 | PL0132 | 0,33 | 0,006 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 150 | PX0063 | 0,15 | 0,000 | 0,000 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 | |
| | | 0 | PL0132 | 0,83 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 20 | PL0132 | 0,79 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | Noroeste (NO) | 40 | PL0132 | 0,68 | 0,010 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 60 | PL0132 | 0,54 | 0,004 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 | |
| | | 80 | PL0132 | 0,42 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 100 | PL0132 | 0,31 | 0,004 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 | |
| | | 150 | PX0063 | 0,14 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 0 | PL0132 | 0,85 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | Sureste (SE) | 20 | PL0132 | 0,84 | 0,010 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 40 | PL0132 | 0,72 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 60 | PL0132 | 0,58 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 80 | PL0132 | 0,43 | 0,004 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 | |
| | | 100 | PL0132 | 0,32 | 0,006 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 150 | PX0063 | 0,15 | 0,000 | 0,000 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 | |
| | | | 0 | PL0132 | 0,81 | 0,016 | 0,007 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,013 |
| | | | 20 | PL0132 | 0,80 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | | 40 | PL0132 | 0,68 | 0,009 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | | 60 | PL0132 | 0,55 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | | 80 | PL0132 | 0,42 | 0,004 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 |
| | | | 100 | PL0132 | 0,32 | 0,004 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 |
| | | 150 | PX0063 | 0,15 | 0,000 | 0,000 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 | |

| | Suroeste (SO) | 0 | PL0132 | 0,86 | 0,012 | 0,005 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
|-----------------------------------|----------------------|--------------------|-------------------------|-----------------|----------------------------|----------------------|----------------------------------|------------|------------------------|------------------------------|----------------|------------------------|-------------------------|-------|
| | | 20 | PL0132 | 0,86 | 0,010 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 40 | PL0132 | 0,73 | 0,010 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 60 | PL0132 | 0,56 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 80 | PL0132 | 0,44 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 100 | PL0132 | 0,32 | 0,004 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 | |
| | | 150 | PX0063 | 0,14 | 0,020 | 0,008 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,014 | |
| Lote | | | EPR | | | | | | | | | | | |
| Distancia | Dirección | Altura (cm) | Holder utilizado | Promedio | Desviación estándar | U_A | Incertidumbre Calibración | k | U_{cal} | Resolución equipo EPR | Divisor | U_{res} | U_{Comb} | |
| | | | | (kGy) | (kGy) | (kGy) | (kGy) | [1] | (kGy) | (kGy) | [1] | (kGy) | (kGy) | |
| Dist: 80 cm 03/07/2017 | Norte (N) | 0 | PL0132 | 0,51 | 0,004 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 | |
| | | 20 | PL0132 | 0,54 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 40 | PL0132 | 0,48 | 0,010 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 60 | PL0132 | 0,40 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 80 | PL0132 | 0,33 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 100 | PL0132 | 0,27 | 0,000 | 0,000 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 | |
| | | | 150 | PX0063 | 0,13 | 0,000 | 0,000 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 |
| | Sur (S) | 0 | PL0132 | 0,52 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 20 | PL0132 | 0,53 | 0,010 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 40 | PL0132 | 0,49 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 60 | PL0132 | 0,41 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 80 | PL0132 | 0,34 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 100 | PL0132 | 0,27 | 0,004 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 | |
| | | | 150 | PX0063 | 0,14 | 0,004 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 |
| | Este (E) | 0 | PL0132 | 0,51 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 20 | PL0132 | 0,52 | 0,010 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 40 | PL0132 | 0,47 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 60 | PL0132 | 0,39 | 0,031 | 0,013 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,017 | |
| | | 80 | PL0132 | 0,32 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 100 | PL0132 | 0,27 | 0,000 | 0,000 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 | |
| | | | 150 | PX0063 | 0,13 | 0,004 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 |
| | Oeste (O) | 0 | PL0132 | 0,55 | 0,006 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 20 | PL0132 | 0,57 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | | 40 | PL0132 | 0,51 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| 60 | | PL0132 | 0,42 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | | |
| 80 | | PL0132 | 0,35 | 0,004 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 | | |
| 100 | | PL0132 | 0,28 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | | |
| | | 150 | PX0063 | 0,14 | 0,000 | 0,000 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 | |
| | | 0 | PL0132 | 0,47 | 0,004 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|----------------------|--------------------|-------------------------|-----------------|----------------------------|----------------------|----------------------------------|----------|-------------|------------------------------|----------------|-------------|-------------------------|
| | Noreste (NE) | 20 | PL0132 | 0,53 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 40 | PL0132 | 0,48 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 60 | PL0132 | 0,41 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 80 | PL0132 | 0,34 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 100 | PL0132 | 0,27 | 0,004 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 |
| | 150 | PX0063 | 0,14 | 0,004 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 | |
| | Noroeste (NO) | 0 | PL0132 | 0,53 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 20 | PL0132 | 0,55 | 0,004 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 |
| | | 40 | PL0132 | 0,49 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 60 | PL0132 | 0,41 | 0,010 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 80 | PL0132 | 0,34 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | 100 | PL0132 | 0,28 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | 150 | PX0063 | 0,14 | 0,000 | 0,000 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 | |
| | Sureste (SE) | 0 | PL0132 | 0,49 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 20 | PL0132 | 0,53 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 40 | PL0132 | 0,47 | 0,009 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 60 | PL0132 | 0,40 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 80 | PL0132 | 0,33 | 0,004 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 |
| | 100 | PL0132 | 0,27 | 0,004 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 | |
| | 150 | PX0063 | 0,14 | 0,004 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 | |
| | Suroeste (SO) | 0 | PL0132 | 0,52 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| 20 | | PL0132 | 0,55 | 0,004 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 | |
| 40 | | PL0132 | 0,50 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| 60 | | PL0132 | 0,42 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| 80 | | PL0132 | 0,34 | 0,006 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| 100 | PL0132 | 0,27 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | | |
| 150 | PX0063 | 0,14 | 0,000 | 0,000 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 | | |
| Lote | | EPR | | | | | | | | | | | |
| Distancia | Dirección | Altura (cm) | Holder utilizado | Promedio | Desviación estándar | U_A | Incertidumbre Calibración | k | Ucal | Resolución equipo EPR | Divisor | Ures | U_{Comb} |
| | | | | (kGy) | (kGy) | (kGy) | (kGy) | [1] | (kGy) | (kGy) | [1] | (kGy) | (kGy) |
| Dist: 100 cm 04/07/2017 | Norte (N) | 0 | PL0132 | | | | | | | | | | |
| | | 20 | PL0132 | 0,73 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 40 | PL0132 | 0,68 | 0,006 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 60 | PL0132 | 0,59 | 0,010 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 80 | PL0132 | 0,51 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 100 | PL0132 | 0,43 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | 150 | PX0063 | 0,25 | 0,000 | 0,000 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 | |
| | | 0 | PL0132 | 0,70 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| 20 | | PL0132 | 0,74 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|-----|--------|------|-------|-------|-------|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| | Sur (S) | 40 | PL0132 | 0,69 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 60 | PL0132 | 0,61 | 0,004 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 |
| | | 80 | PL0132 | 0,52 | 0,004 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 |
| | | 100 | PL0132 | 0,44 | 0,006 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 150 | PX0063 | 0,26 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | Este (E) | 0 | PL0132 | 0,68 | 0,010 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 20 | PL0132 | 0,71 | 0,004 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 |
| | | 40 | PL0132 | 0,67 | 0,010 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 60 | PL0132 | 0,59 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 80 | PL0132 | 0,51 | 0,010 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 100 | PL0132 | 0,42 | 0,006 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 150 | PX0063 | 0,24 | 0,000 | 0,000 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 |
| | Oeste (O) | 0 | PL0132 | 0,74 | 0,013 | 0,005 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 20 | PL0132 | 0,78 | 0,010 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 40 | PL0132 | 0,72 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 60 | PL0132 | 0,63 | 0,004 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 |
| | | 80 | PL0132 | 0,53 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 100 | PL0132 | 0,44 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 150 | PX0063 | 0,25 | 0,000 | 0,000 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 |
| | Noreste (NE) | 0 | PL0132 | 0,66 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 20 | PL0132 | 0,73 | 0,004 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 |
| | | 40 | PL0132 | 0,69 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 60 | PL0132 | 0,61 | 0,012 | 0,005 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 80 | PL0132 | 0,52 | 0,012 | 0,005 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 100 | PL0132 | 0,44 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 150 | PX0063 | 0,25 | 0,000 | 0,000 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 |
| | Noroeste (NO) | 0 | PL0132 | 0,72 | 0,004 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 |
| | | 20 | PL0132 | 0,76 | 0,009 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 40 | PL0132 | 0,72 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 60 | PL0132 | 0,63 | 0,010 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 80 | PL0132 | 0,53 | 0,004 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 |
| | | 100 | PL0132 | 0,45 | 0,004 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 |
| | Sureste (SE) | 0 | PL0132 | 0,67 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 20 | PL0132 | 0,74 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 40 | PL0132 | 0,69 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 60 | PL0132 | 0,60 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 80 | PL0132 | 0,52 | 0,006 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 100 | PL0132 | 0,43 | 0,012 | 0,005 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | Suroeste (SO) | 0 | PL0132 | 0,72 | 0,009 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 20 | PL0132 | 0,76 | 0,006 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 40 | PL0132 | 0,71 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | | | | | | | | | | | | |

| | | 60 | PL0132 | 0,62 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
|-------------------------------|-----------|-------------|------------------|----------|---------------------|----------------|---------------------------|-------|------------------|-----------------------|---------|------------------|-------------------|
| | | 80 | PL0132 | 0,52 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 100 | PL0132 | 0,44 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 150 | PX0063 | 0,25 | 0,004 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 |
| | Lote | | EPR | | | | | | | | | | |
| Distancia | Dirección | Altura (cm) | Holder utilizado | Promedio | Desviación estándar | U _A | Incertidumbre Calibración | k | U _{cal} | Resolución equipo EPR | Divisor | U _{res} | U _{Comb} |
| | | | | (kGy) | (kGy) | (kGy) | (kGy) | [1] | (kGy) | (kGy) | [1] | (kGy) | (kGy) |
| Dist: 150 cm 10/07/2017 | Norte (N) | 0 | PL0132 | 0,33 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 20 | PL0132 | 0,36 | 0,006 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 40 | PL0132 | 0,35 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 60 | PL0132 | 0,33 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 80 | PL0132 | 0,30 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 100 | PL0132 | 0,27 | 0,004 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 |
| | | 150 | PX0063 | 0,18 | 0,004 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 |
| | Sur (S) | 0 | PL0132 | 0,33 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 20 | PL0132 | 0,37 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 40 | PL0132 | 0,36 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 60 | PL0132 | 0,33 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 80 | PL0132 | 0,32 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 100 | PL0132 | 0,27 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 150 | PX0063 | 0,18 | 0,000 | 0,000 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 |
| | Este (E) | 0 | PL0132 | 0,31 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 20 | PL0132 | 0,35 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 40 | PL0132 | 0,36 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 60 | PL0132 | 0,33 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 80 | PL0132 | 0,31 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 100 | PL0132 | 0,28 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 150 | PX0063 | 0,18 | 0,000 | 0,000 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 |
| | Oeste (O) | 0 | PL0132 | 0,35 | 0,004 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 |
| | | 20 | PL0132 | 0,38 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 40 | PL0132 | 0,37 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 60 | PL0132 | 0,35 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 80 | PL0132 | 0,32 | 0,010 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 100 | PL0132 | 0,29 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 150 | PX0063 | 0,18 | 0,004 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 |
| Noreste (NE) | 0 | PL0132 | 0,33 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| | 20 | PL0132 | 0,36 | 0,000 | 0,000 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 | |
| | 40 | PL0132 | 0,35 | 0,000 | 0,000 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 | |
| | 60 | PL0132 | 0,34 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|------------------|--------|--------|-------------|----------|--------------|-------|-------|--------------|-------|-------|--------------|--------------|
| | | 80 | PL0132 | 0,30 | 0,000 | 0,000 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 |
| | | 100 | PL0132 | 0,28 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 150 | PX0063 | 0,18 | 0,000 | 0,000 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 |
| | Noroeste (NO) | 0 | PL0132 | 0,35 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 20 | PL0132 | 0,37 | 0,009 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 40 | PL0132 | 0,36 | 0,004 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 |
| | | 60 | PL0132 | 0,34 | 0,009 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 80 | PL0132 | 0,32 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 100 | PL0132 | 0,28 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 150 | PX0063 | 0,18 | 0,004 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 |
| | Sureste (SE) | 0 | PL0132 | 0,33 | 0,010 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 20 | PL0132 | 0,36 | 0,004 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 |
| | | 40 | PL0132 | 0,35 | 0,010 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 60 | PL0132 | 0,33 | 0,006 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 80 | PL0132 | 0,30 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 100 | PL0132 | 0,28 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 150 | PX0063 | 0,18 | 0,000 | 0,000 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 |
| | Suroeste (SO) | 0 | PL0132 | 0,35 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 20 | PL0132 | 0,37 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 40 | PL0132 | 0,37 | 0,010 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | | 60 | PL0132 | 0,34 | 0,006 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| 80 | | PL0132 | 0,32 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| 100 | | PL0132 | 0,29 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 | |
| 150 | | PX0063 | 0,19 | 0,004 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 | |
| | | | | 0,76 | promedio | 0,004 | | | 0,011 | | | 0,003 | 0,012 |

ANEXO 6. INCERTIDUMBRE COMBINADA EN ENSAYOS DE REPETIBILIDAD

Tabla A6. Determinación de la incertidumbre combinada para distintas repeticiones a 100 cm de distancia

| Dir. | Altura (cm) | Repetición 1 | | | Repetición 2 | | | Repetición 3 | | | t=48 h ; distancia=100 cm | | | | | | | | | |
|------------------|-------------|--------------|-----------|------|--------------|----------|------|--------------|-----------|------|---------------------------|------------|----------------|----------|-------|------------------|---------|---------|------------------|-------------------|
| | | Inicio | 29/5/2018 | | Inicio | 4/6/2018 | | Inicio | 20/6/2018 | | n= 9 | | U _A | Inc. Cal | k | U _{cal} | Res.EPR | Divisor | U _{res} | U _{comb} |
| | | Final | 31/5/2018 | | Final | 6/6/2018 | | Final | 22/6/2018 | | Promedio | Desv. Est. | | | | | | | | |
| | | A | B | C | A | B | C | A | B | C | | | (kGy) | (kGy) | (kGy) | (kGy) | (kGy) | (kGy) | (kGy) | (kGy) |
| Norte (N) | 0 | 0,65 | 0,66 | 0,67 | 0,67 | 0,67 | 0,67 | 0,66 | 0,65 | 0,65 | 0,66 | 0,009 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | 20 | 0,69 | 0,69 | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 0,69 | 0,68 | 0,69 | 0,69 | 0,007 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | 40 | 0,65 | 0,66 | 0,65 | 0,64 | 0,65 | 0,65 | 0,65 | 0,64 | 0,63 | 0,65 | 0,009 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | 60 | 0,57 | 0,58 | 0,57 | 0,58 | 0,58 | 0,57 | 0,57 | 0,57 | 0,56 | 0,57 | 0,007 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | 80 | 0,49 | 0,49 | 0,48 | 0,49 | 0,49 | 0,48 | 0,47 | 0,48 | 0,47 | 0,48 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | 100 | 0,42 | 0,41 | 0,42 | 0,41 | 0,41 | 0,42 | 0,41 | 0,41 | 0,40 | 0,41 | 0,007 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | 150 | 0,23 | 0,22 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,23 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| Sur (S) | 0 | 0,52 | 0,50 | 0,68 | 0,70 | 0,68 | 0,68 | 0,67 | 0,66 | 0,67 | 0,68 | 0,014 | 0,006 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,013 |
| | 20 | 0,71 | 0,69 | 0,70 | 0,69 | 0,71 | 0,70 | 0,70 | 0,69 | 0,69 | 0,70 | 0,008 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | 40 | 0,65 | 0,65 | 0,66 | 0,65 | 0,66 | 0,66 | 0,64 | 0,64 | 0,64 | 0,65 | 0,009 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | 60 | 0,58 | 0,58 | 0,59 | 0,58 | 0,59 | 0,59 | 0,58 | 0,59 | 0,57 | 0,58 | 0,007 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | 80 | 0,49 | 0,50 | 0,49 | 0,50 | 0,50 | 0,49 | 0,49 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | 100 | 0,42 | 0,41 | 0,42 | 0,42 | 0,41 | 0,42 | 0,41 | 0,42 | 0,41 | 0,42 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 150 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,23 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 |
| Este (E) | 0 | 0,66 | 0,66 | 0,66 | 0,66 | 0,66 | 0,66 | 0,64 | 0,65 | 0,65 | 0,66 | 0,007 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | 20 | 0,67 | 0,67 | 0,68 | 0,69 | 0,69 | 0,68 | 0,68 | 0,67 | 0,66 | 0,68 | 0,010 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | 40 | 0,63 | 0,65 | 0,64 | 0,63 | 0,64 | 0,64 | 0,62 | 0,62 | 0,64 | 0,63 | 0,010 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | 60 | 0,58 | 0,57 | 0,58 | 0,57 | 0,56 | 0,58 | 0,56 | 0,56 | 0,55 | 0,57 | 0,011 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | 80 | 0,49 | 0,48 | 0,48 | 0,49 | 0,48 | 0,48 | 0,48 | 0,48 | 0,48 | 0,48 | 0,004 | 0,001 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 |
| | 100 | 0,41 | 0,41 | 0,41 | 0,40 | 0,41 | 0,41 | 0,40 | 0,40 | 0,41 | 0,41 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 |
| | 150 | 0,22 | 0,22 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| Oeste (O) | 0 | 0,72 | 0,72 | 0,73 | 0,71 | 0,72 | 0,73 | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 0,71 | 0,012 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | 20 | 0,75 | 0,75 | 0,73 | 0,75 | 0,74 | 0,73 | 0,72 | 0,71 | 0,72 | 0,73 | 0,015 | 0,005 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | 40 | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 0,69 | 0,70 | 0,70 | 0,68 | 0,67 | 0,68 | 0,69 | 0,012 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | 60 | 0,60 | 0,61 | 0,59 | 0,60 | 0,62 | 0,59 | 0,59 | 0,59 | 0,58 | 0,60 | 0,012 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | 80 | 0,54 | 0,52 | 0,53 | 0,53 | 0,52 | 0,53 | 0,49 | 0,49 | 0,50 | 0,52 | 0,019 | 0,006 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,013 |
| | 100 | 0,44 | 0,43 | 0,44 | 0,43 | 0,44 | 0,44 | 0,44 | 0,43 | 0,43 | 0,44 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | 150 | 0,23 | 0,23 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| Noreste (NE) | 0 | 0,66 | 0,66 | 0,66 | 0,64 | 0,63 | 0,66 | 0,64 | 0,63 | 0,65 | 0,65 | 0,013 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | 20 | 0,69 | 0,69 | 0,69 | 0,69 | 0,70 | 0,69 | 0,68 | 0,68 | 0,68 | 0,69 | 0,007 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | 40 | 0,65 | 0,63 | 0,66 | 0,65 | 0,65 | 0,66 | 0,64 | 0,63 | 0,65 | 0,65 | 0,011 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | 60 | 0,56 | 0,57 | 0,58 | 0,59 | 0,58 | 0,58 | 0,57 | 0,56 | 0,56 | 0,57 | 0,011 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | 80 | 0,49 | 0,48 | 0,51 | 0,49 | 0,50 | 0,51 | 0,48 | 0,48 | 0,49 | 0,49 | 0,012 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | 100 | 0,40 | 0,41 | 0,42 | 0,41 | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 0,41 | 0,42 | 0,41 | 0,007 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | 150 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,22 | 0,22 | 0,23 | 0,23 | 0,004 | 0,001 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 |
| Noroeste (NO) | 0 | 0,70 | 0,68 | 0,68 | 0,70 | 0,69 | 0,68 | 0,69 | 0,69 | 0,70 | 0,69 | 0,009 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | 20 | 0,71 | 0,71 | 0,73 | 0,73 | 0,72 | 0,73 | 0,71 | 0,71 | 0,72 | 0,72 | 0,009 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | 40 | 0,67 | 0,68 | 0,69 | 0,68 | 0,69 | 0,69 | 0,68 | 0,66 | 0,68 | 0,68 | 0,010 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | 60 | 0,59 | 0,58 | 0,61 | 0,60 | 0,59 | 0,61 | 0,59 | 0,58 | 0,58 | 0,59 | 0,012 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | 80 | 0,51 | 0,51 | 0,51 | 0,51 | 0,52 | 0,51 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,51 | 0,007 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | 100 | 0,41 | 0,42 | 0,44 | 0,42 | 0,43 | 0,44 | 0,42 | 0,42 | 0,43 | 0,43 | 0,010 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | 150 | 0,23 | 0,23 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| Sureste (SE) | 0 | 0,67 | 0,66 | 0,66 | 0,65 | 0,66 | 0,66 | 0,65 | 0,65 | 0,64 | 0,66 | 0,009 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | 20 | 0,69 | 0,69 | 0,68 | 0,69 | 0,69 | 0,68 | 0,66 | 0,66 | 0,67 | 0,68 | 0,013 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | 40 | 0,64 | 0,63 | 0,65 | 0,66 | 0,64 | 0,65 | 0,63 | 0,62 | 0,64 | 0,64 | 0,012 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | 60 | 0,58 | 0,59 | 0,58 | 0,59 | 0,58 | 0,58 | 0,58 | 0,57 | 0,56 | 0,58 | 0,009 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------|--------------|-------|-------|--------------|-------|-------|--------------|--------------|-------|
| | 80 | 0,50 | 0,48 | 0,51 | 0,50 | 0,50 | 0,51 | 0,47 | 0,47 | 0,47 | 0,49 | 0,017 | 0,006 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,013 |
| | 100 | 0,42 | 0,40 | 0,41 | 0,43 | 0,41 | 0,41 | 0,41 | 0,41 | 0,40 | 0,41 | 0,009 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | 150 | 0,23 | 0,23 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,23 | 0,009 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| Suroeste (SO) | 0 | 0,69 | 0,68 | 0,71 | 0,71 | 0,71 | 0,71 | 0,68 | 0,70 | 0,68 | 0,70 | 0,014 | 0,005 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | 20 | 0,72 | 0,72 | 0,72 | 0,73 | 0,72 | 0,72 | 0,71 | 0,72 | 0,71 | 0,72 | 0,006 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | 40 | 0,66 | 0,68 | 0,68 | 0,67 | 0,69 | 0,68 | 0,67 | 0,66 | 0,67 | 0,67 | 0,010 | 0,003 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | 60 | 0,58 | 0,61 | 0,59 | 0,60 | 0,60 | 0,59 | 0,58 | 0,58 | 0,59 | 0,59 | 0,011 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | 80 | 0,52 | 0,51 | 0,52 | 0,51 | 0,51 | 0,52 | 0,49 | 0,49 | 0,50 | 0,51 | 0,012 | 0,004 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,012 |
| | 100 | 0,43 | 0,42 | 0,43 | 0,43 | 0,43 | 0,43 | 0,42 | 0,42 | 0,43 | 0,43 | 0,005 | 0,002 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 |
| | 150 | 0,24 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,24 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,004 | 0,001 | 0,022 | 2 | 0,011 | 0,010 | 3,464 | 0,003 | 0,011 |
| promedio | | | | | | | | | | | 0,009 | 0,003 | | | 0,011 | | | 0,003 | 0,012 | |