

Desarrollo de un programa de lectura y análisis de películas radiocrómicas para verificación dosimétrica

Carlos Daniel Contreras Quiroz

Universidad de los Andes

27 de enero de 2021

Contenido

Introducción

Películas radiocrómicas

Objetivos

Metodología

Adquisición de imágenes

Características del programa

Resultados

Calibración

Efectos de otros parámetros

Mapas de dosis

Comparaciones a plan

Conclusiones

Bibliografía

Desarrollo de un programa de lectura y análisis de películas radiocrómicas para verificación dosimétrica

Carlos Daniel Contreras Quiroz

Introducción

Películas radiocrómicas

Objetivos

Metodología

Adquisición de imágenes

Características del programa

Resultados

Calibración

Efectos de otros parámetros

Mapas de dosis

Comparaciones a plan

Conclusiones

Bibliografía

Desarrollo de un
programa de
lectura y análisis
de películas
radiocrómicas para
verificación
dosimétrica

Carlos Daniel
Contreras Quiroz

Introducción

Películas radiocrómicas

Objetivos

Metodología

Adquisición de imágenes

Características del programa

Resultados

Calibración

Efectos de otros parámetros

Mapas de dosis

Comparaciones a plan

Conclusiones

Bibliografía

Motivación

En los procedimientos en radioterapia se requiere asegurar que las distribuciones de dosis planeadas correspondan con las ejecutadas realmente.

Desarrollo de un programa de lectura y análisis de películas radiocrómicas para verificación dosimétrica

Carlos Daniel Contreras Quiroz

Introducción

Películas radiocrómicas

Objetivos

Metodología

Adquisición de imágenes

Características del programa

Resultados

Calibración

Efectos de otros parámetros

Mapas de dosis

Comparaciones a plan

Conclusiones

Bibliografía



Figura: Maquina Varian Trilogy [1]

Motivación

Películas radiocrómicas

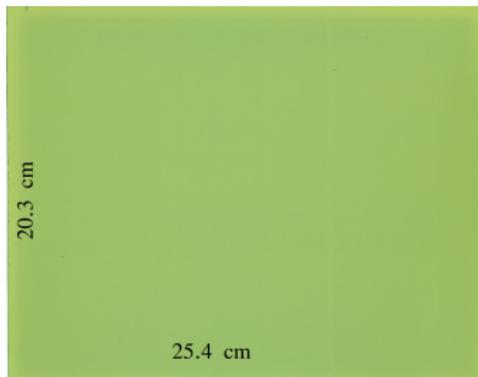


Figura: Película EBT2

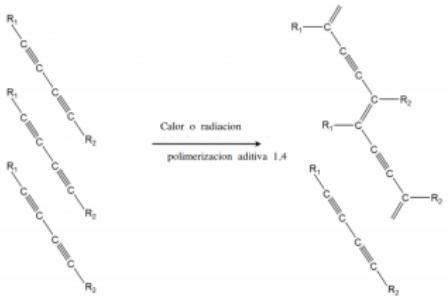


Figura: Reacción de diacetileno[3]

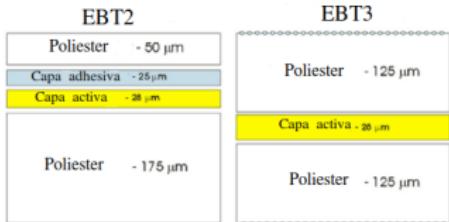


Figura: Estructura de películas EBT[4]

Desarrollo de un programa de lectura y análisis de películas radiocrómicas para verificación dosimétrica

Carlos Daniel Contreras Quiroz

Introducción

Películas radiocrómicas

Objetivos

Metodología

Adquisición de imágenes

Características del programa

Resultados

Calibración

Efectos de otros parámetros

Mapas de dosis

Comparaciones a plan

Conclusiones

Bibliografía

Motivación

Desarrollo de un programa de lectura y análisis de películas radiocrómicas para verificación dosimétrica

Carlos Daniel Contreras Quiroz

El uso de estas presenta varias ventajas

- ▶ Alta sensibilidad a la dosis(0.1 Gy-10Gy)
- ▶ Sin dependencia energética(50keV-10 MeV)
- ▶ Alta resolución espacial
- ▶ Practicas de usar

Introducción

Películas radiocrómicas

Objetivos

Metodología

Adquisición de imágenes

Características del programa

Resultados

Calibración

Efectos de otros parámetros

Mapas de dosis

Comparaciones a plan

Conclusiones

Bibliografía

Uso de películas

Desarrollo de un programa de lectura y análisis de películas radiocrómicas para verificación dosimétrica

Carlos Daniel Contreras Quiroz

Para usarlas es necesario establecer un protocolo que correlacione cambios de color con dosis absorbida a través de una calibración. Este debe tener en cuenta

- ▶ Efectos de diversos parámetros(Temperatura, Orientación ...)
- ▶ Tipo de calibración y su utilidad
- ▶ Cuidados con la película

Introducción

Películas radiocrómicas

Objetivos

Metodología

Adquisición de imágenes

Características del programa

Resultados

Calibración

Efectos de otros parámetros

Mapas de dosis

Comparaciones a plan

Conclusiones

Bibliografía

Objetivos

- ▶ Entender y aplicar el funcionamiento de películas radiocrómicas en verificación dosimétrica
 - ▶ Realizar calibraciones de dosis
 - ▶ Obtener mapas de dosis de un tratamiento a partir de una película
 - ▶ Realizar la comparación con el plan esperado
- ▶ Desarrollar un software que permita su uso bajo diferentes modalidades para su uso en el CCC

Desarrollo de un programa de lectura y análisis de películas radiocrómicas para verificación dosimétrica

Carlos Daniel Contreras Quiroz

Introducción

Películas radiocrómicas

Objetivos

Metodología

Adquisición de imágenes

Características del programa

Resultados

Calibración

Efectos de otros parámetros

Mapas de dosis

Comparaciones a plan

Conclusiones

Bibliografía

Desarrollo de un
programa de
lectura y análisis
de películas
radiocrómicas para
verificación
dosimétrica

Carlos Daniel
Contreras Quiroz

Introducción

Películas radiocrómicas

Objetivos

Metodología

Adquisición de imágenes

Características del programa

Resultados

Calibración

Efectos de otros parámetros

Mapas de dosis

Comparaciones a plan

Conclusiones

Bibliografía

Montaje de irradiación

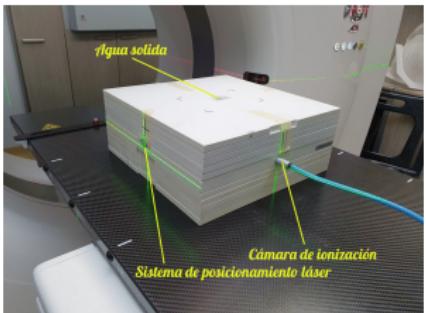


Figura: Agua sólida con cámara de ionización

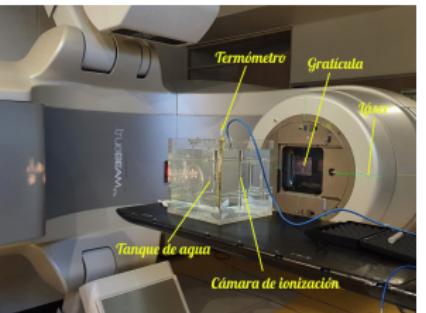


Figura: Montaje de calibración de máquina

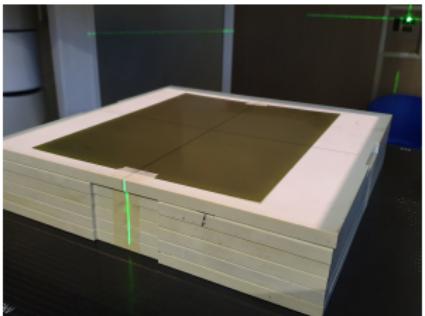


Figura: Película EBT2 en agua sólida

Desarrollo de un programa de lectura y análisis de películas radiocrómicas para verificación dosimétrica

Carlos Daniel Contreras Quiroz

Introducción

Películas radiocrómicas

Objetivos

Metodología

Adquisición de imágenes

Características del programa

Resultados

Calibración

Efectos de otros parámetros

Mapas de dosis

Comparaciones a plan

Conclusiones

Bibliografía

Películas irradiadas

Desarrollo de un programa de lectura y análisis de películas radiocrómicas para verificación dosimétrica

Carlos Daniel
Contreras Quiroz

Introducción

Películas radiocrómicas

Objetivos

Metodología

Adquisición de imágenes

Características del programa

Resultados

Calibración

Efectos de otros parámetros

Mapas de dosis

Comparaciones a plan

Conclusiones

Bibliografía

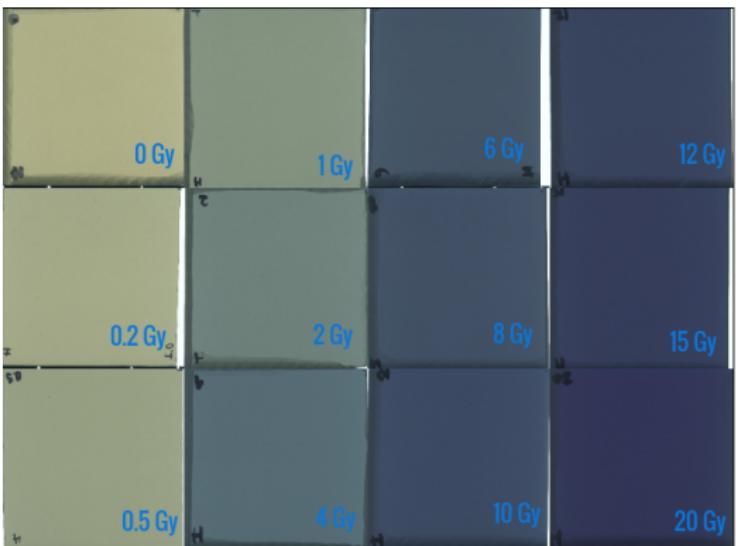


Figura: Películas irradiadas con dosis de 0 a 20 Gy con fotones de 6 MeV

Películas irradiadas

Desarrollo de un programa de lectura y análisis de películas radiocrómicas para verificación dosimétrica

Carlos Daniel
Contreras Quiroz

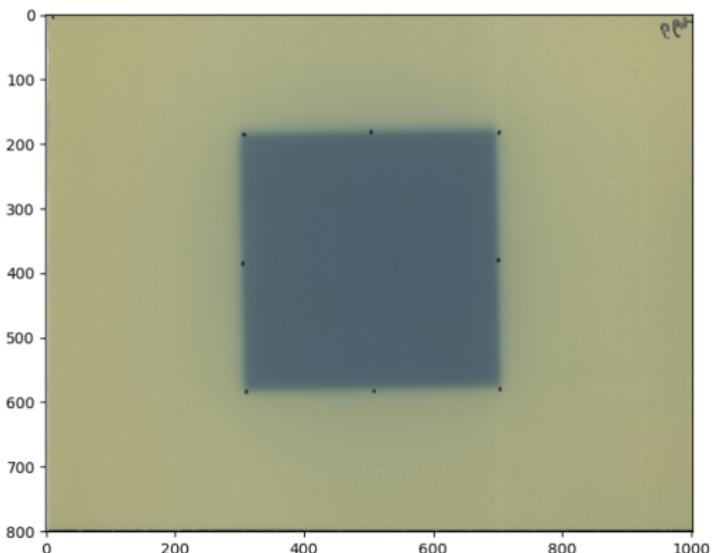


Figura: Cuadrado irradiado con 5Gy

Introducción

Películas radiocrómicas

Objetivos

Metodología

Adquisición de imágenes

Características del programa

Resultados

Calibración

Efectos de otros parámetros

Mapas de dosis

Comparaciones a plan

Conclusiones

Bibliografía

Películas irradiadas

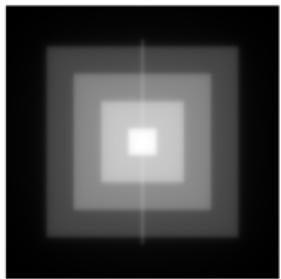


Figura: Mapa piramidal calculado en TPS

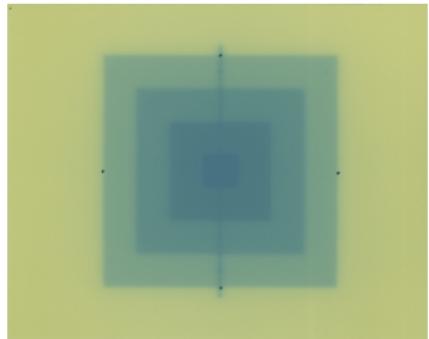


Figura: Película irradiada con tratamiento piramidal

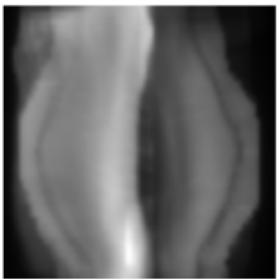


Figura: Mapa de tratamiento de mama calculado en TPS

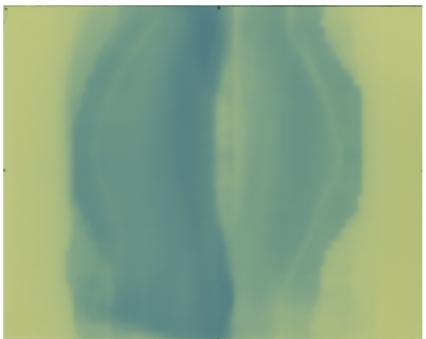


Figura: Película irradiada con tratamiento de mama

Desarrollo de un programa de lectura y análisis de películas radiocrómicas para verificación dosimétrica

Carlos Daniel Contreras Quiroz

Introducción

Películas radiocrómicas

Objetivos

Metodología

Adquisición de imágenes

Características del programa

Resultados

Calibración

Efectos de otros parámetros

Mapas de dosis

Comparaciones a plan

Conclusiones

Bibliografía

Digitalización

Se digitalizaron las imágenes con un escáner ScanMaker1000XL en modo transmisión.

Se usó una resolución de 100 ppi con 16-bits por canal de color.

Se probaron varios filtros sobre las imágenes, entre ellos el filtro de Wiener, el filtro de mediana y el filtro de promediado[14].

Desarrollo de un programa de lectura y análisis de películas radiocrómicas para verificación dosimétrica

Carlos Daniel Contreras Quiroz

Introducción

Películas radiocrómicas

Objetivos

Metodología

Adquisición de imágenes

Características del programa

Resultados

Calibración

Efectos de otros parámetros

Mapas de dosis

Comparaciones a plan

Conclusiones

Bibliografía

Programa

Desarrollo de un programa de lectura y análisis de películas radiocrómicas para verificación dosimétrica

Carlos Daniel Contreras Quiroz

Para realizar el análisis de manera eficiente se desarrolló un programa en Python que comprende la siguientes funcionalidades

- ▶ Generación de curvas.
- ▶ Generación y adecuación de mapas de dosis.
- ▶ Comparación con planes de tratamiento.
- ▶ Herramientas varias.

Introducción

Películas radiocrómicas

Objetivos

Metodología

Adquisición de imágenes

Características del programa

Resultados

Calibración

Efectos de otros parámetros

Mapas de dosis

Comparaciones a plan

Conclusiones

Bibliografía

Desarrollo de un
programa de
lectura y análisis
de películas
radiocrómicas para
verificación
dosimétrica

Carlos Daniel
Contreras Quiroz

Introducción

Películas radiocrómicas

Objetivos

Metodología

Adquisición de imágenes

Características del programa

Resultados

Calibración

Efectos de otros parámetros

Mapas de dosis

Comparaciones a plan

Conclusiones

Bibliografía

Curvas de calibración

Desarrollo de un programa de lectura y análisis de películas radiocrómicas para verificación dosimétrica

Carlos Daniel
Contreras Quiroz

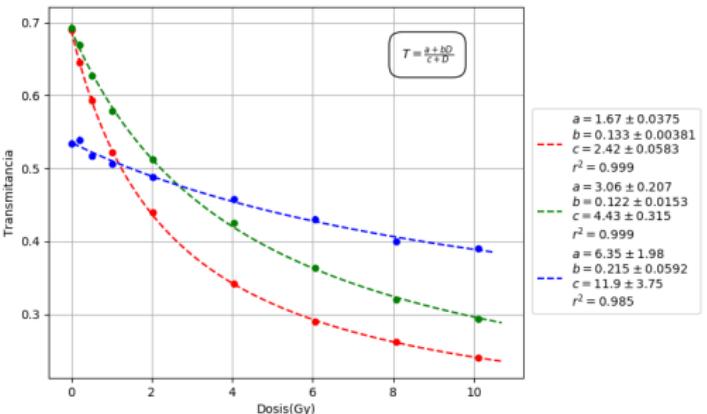


Figura: Curva de calibración de 0 a 10 Gy

Introducción

Películas radiocrómicas

Objetivos

Metodología

Adquisición de imágenes

Características del programa

Resultados

Calibración

Efectos de otros parámetros

Mapas de dosis

Comparaciones a plan

Conclusiones

Bibliografía

Posición de la película

Desarrollo de un programa de lectura y análisis de películas radiocrómicas para verificación dosimétrica

Carlos Daniel Contreras Quiroz

Introducción

Películas radiocrómicas

Objetivos

Metodología

Adquisición de imágenes

Características del programa

Resultados

Calibración

Efectos de otros parámetros

Mapas de dosis

Comparaciones a plan

Conclusiones

Bibliografía

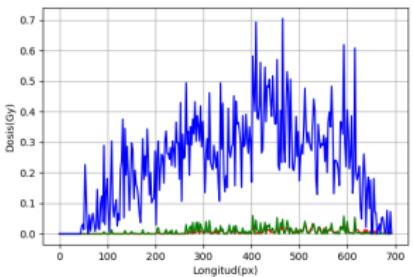
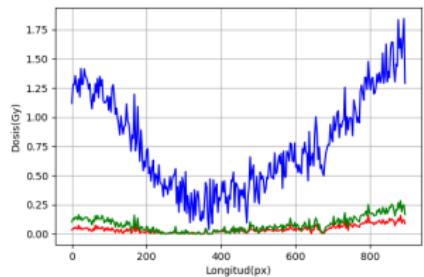
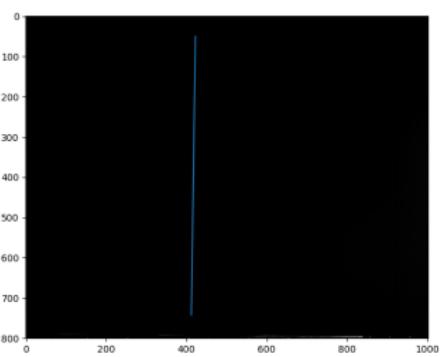
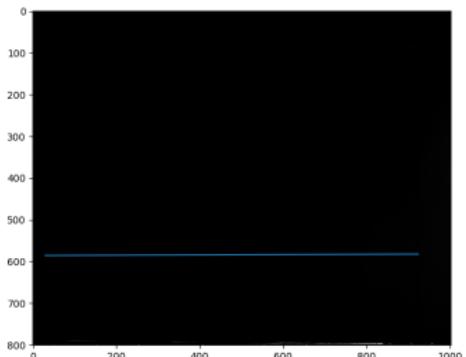


Figura: Perfiles de dosis

Método multicanal

Desarrollo de un programa de lectura y análisis de películas radiocrómicas para verificación dosimétrica

Carlos Daniel
Contreras Quiroz

Introducción

Películas radiocrómicas

Objetivos

Metodología

Adquisición de imágenes

Características del programa

Resultados

Calibración

Efectos de otros parámetros

Mapas de dosis

Comparaciones a plan

Conclusiones

Bibliografía

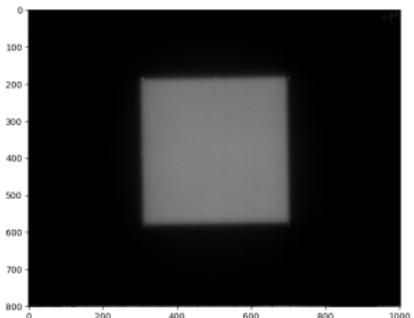


Figura: Mapa cuadrado con separación multicanal

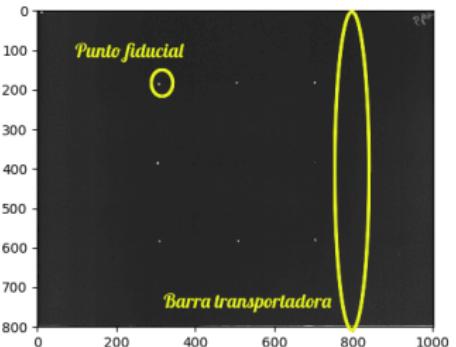


Figura: Parte independiente de dosis

Método multicanal

Desarrollo de un programa de lectura y análisis de películas radiocrómicas para verificación dosimétrica

Carlos Daniel Contreras Quiroz

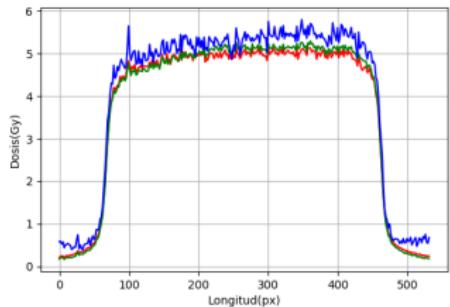
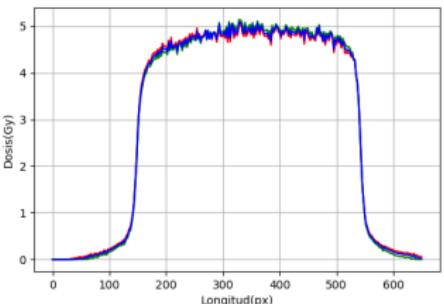


Figura: Perfil central con tres canales individuales Figura: Perfil central con método multicanal



Introducción

Películas radiocrómicas

Objetivos

Metodología

Adquisición de imágenes

Características del programa

Resultados

Calibración

Efectos de otros parámetros

Mapas de dosis

Comparaciones a plan

Conclusiones

Bibliografía

Mapas de dosis

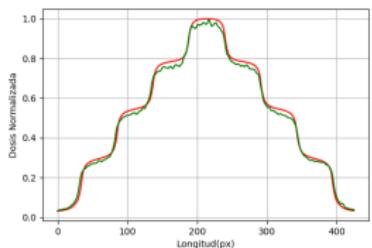


Figura: Perfil central mapa pirámide

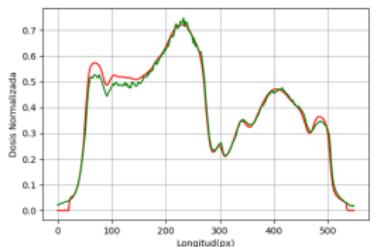


Figura: Perfil mapa de tratamiento de mama

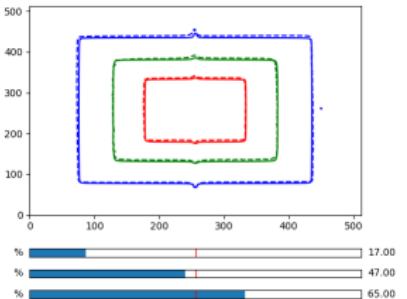


Figura: Curvas isodosis mapa pirámide

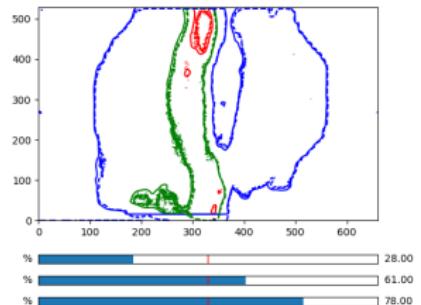


Figura: Curvas de isodosis mapa de tratamiento de mama

Desarrollo de un programa de lectura y análisis de películas radiocrómicas para verificación dosimétrica

Carlos Daniel Contreras Quiroz

Introducción

Películas radiocrómicas

Objetivos

Metodología

Adquisición de imágenes

Características del programa

Resultados

Calibración

Efectos de otros parámetros

Mapas de dosis

Comparaciones a plan

Conclusiones

Bibliografía

Introducción

Películas radiocrómicas

Objetivos

Metodología

Adquisición de imágenes

Características del programa

Resultados

Calibración

Efectos de otros parámetros

Mapas de dosis

Comparaciones a plan

Conclusiones

Bibliografía

Comparaciones a plan

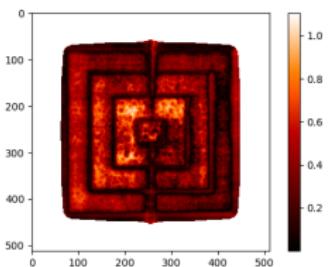


Figura: Matriz Γ mapa piramidal

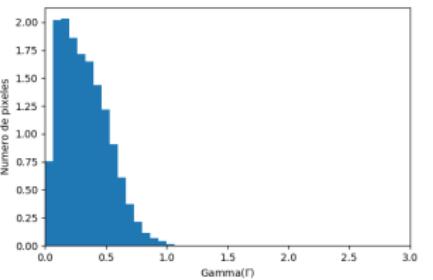


Figura: Histograma Γ mapa piramidal

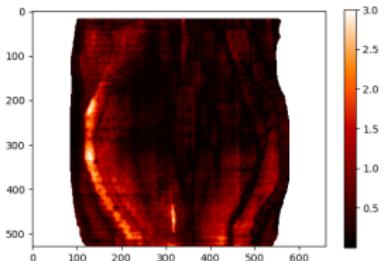


Figura: Matriz Γ mapa tratamiento de mama

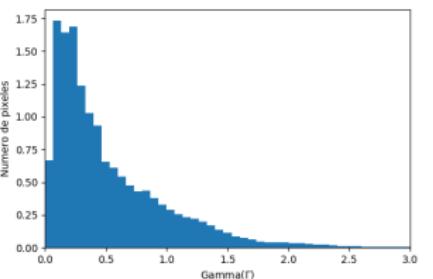


Figura: Histograma Γ tratamiento de mama

Conclusiones

- ▶ Las películas radiocrómicas son útiles para realizar aseguramiento de calidad en procesos de radioterapia.
- ▶ El procedimiento para usarlas es susceptible a varios parámetros que modifican las mediadas y deben ser controlados.
- ▶ Esto se puede realizar mediante el programa diseñado para este propósito.

Desarrollo de un programa de lectura y análisis de películas radiocrómicas para verificación dosimétrica

Carlos Daniel Contreras Quiroz

Introducción

Películas radiocrómicas

Objetivos

Metodología

Adquisición de imágenes

Características del programa

Resultados

Calibración

Efectos de otros parámetros

Mapas de dosis

Comparaciones a plan

Conclusiones

Bibliografía

Agradecimientos

Finalmente, agradezco al Centro de Control de Cáncer por permitir y apoyar este proyecto en su desarrollo.

Desarrollo de un programa de lectura y análisis de películas radiocrómicas para verificación dosimétrica

Carlos Daniel Contreras Quiroz

Introducción

Películas radiocrómicas

Objetivos

Metodología

Adquisición de imágenes

Características del programa

Resultados

Calibración

Efectos de otros parámetros

Mapas de dosis

Comparaciones a plan

Conclusiones

Bibliografía

Referencias |

- [1] F. Khan, *The physics of radiation therapy*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2014.
- [2] S. Yoo, G.-Y. Kim, R. Hammoud, E. Elder, T. Pawlicki, H. Guan, T. Fox, G. Luxton, F.-F. Yin, and P. Munro, "A quality assurance program for the on-board imager(R)," *Medical Physics*, vol. 33, pp. 4431–4447, Oct. 2006.
- [3] M. Williams, P. Metcalfe, A. Rosenfeld, T. K., F. d'Errico, and M. Moscovitch, "Radiochromic film dosimetry and its applications in radiotherapy," AIP, 2011.

Desarrollo de un programa de lectura y análisis de películas radiocrómicas para verificación dosimétrica

Carlos Daniel Contreras Quiroz

Introducción

Películas radiocrómicas

Objetivos

Metodología

Adquisición de imágenes

Características del programa

Resultados

Calibración

Efectos de otros parámetros

Mapas de dosis

Comparaciones a plan

Conclusiones

Bibliografía

Referencias II

Desarrollo de un programa de lectura y análisis de películas radiocrómicas para verificación dosimétrica

Carlos Daniel Contreras Quiroz

Introducción

Películas radiocrómicas

Objetivos

Metodología

Adquisición de imágenes

Características del programa

Resultados

Calibración

Efectos de otros parámetros

Mapas de dosis

Comparaciones a plan

Conclusiones

Bibliografía

- [4] S. Devic, N. Tomic, and D. Lewis, "Reference radiochromic film dosimetry: Review of technical aspects," *Physica Medica*, vol. 32, pp. 541–556, Apr. 2016.
- [5] "IMRT-VMAT," *Radioterapia HM*. Consultado en 19/01/2021 , Disponible en <http://www.radioterapiahm.com/new-page-3>.
- [6] "El magnetrón y el horno microondas," *FayerWayer*. Consultado en 19/01/2021 , Disponible en <https://www.fayerwayer.com/2011/05/el-magnetron-y-el-horno-microondas-viva-el-ingenio/>.

Introducción

Películas radiocrómicas

Objetivos

Metodología

Adquisición de imágenes

Características del programa

Resultados

Calibración

Efectos de otros parámetros

Mapas de dosis

Comparaciones a plan

Conclusiones

Bibliografía

Referencias III

- [7] “Qué es la radioterapia,” *Cancer.net*.

Consultado en 19/01/2021 , Disponible en
<https://www.cancer.net/es/desplazarse-por-atenci%C3%B3n-del-c%C3%A1ncer/c%C3%B3mo-se-trata-el-c%C3%A1ncer/radioterapia/qu%C3%A9-es-la-radioterapia>.

- [8] “Qué es la radioterapia,” *Cancer.net*.

Consultado en 19/01/2021 , Disponible en <https://comofunciona.co.com/el-magnetron/>.

Referencias IV

Desarrollo de un programa de lectura y análisis de películas radiocrómicas para verificación dosimétrica

Carlos Daniel Contreras Quiroz

- [9] *Absorbed Dose Determination in External Beam Radiotherapy.*

No. 398 in Technical Reports Series, Vienna:
INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY,
2001.

- [10] F. Cappucci and N. Gobron, "Benchmarking of essential climate variables: Gamma index theory and results for surface albedo and aerosol optical depth," *Remote Sensing of Environment*, vol. 203, 06 2017.

Introducción

Películas radiocrómicas

Objetivos

Metodología

Adquisición de imágenes

Características del programa

Resultados

Calibración

Efectos de otros parámetros

Mapas de dosis

Comparaciones a plan

Conclusiones

Bibliografía

Referencias V

- [11] E. E. Klein, J. Hanley, J. Bayouth, F. Yin, W. Simon, S. Dresser, C. Serago, F. Aguirre, L. Ma, B. Arjomandy, C. Liu, C. Sandin, and T. Holmes, "Task group 142 report: Quality assurance of medical acceleratorsa)," *Medical Physics*, vol. 36, pp. 4197–4212, Aug. 2009.
- [12] P. Symonds, *Radiation physics, therapy and oncology*. Amsterdam: Elsevier, 2019.

Desarrollo de un programa de lectura y análisis de películas radiocrómicas para verificación dosimétrica

Carlos Daniel Contreras Quiroz

Introducción

Películas radiocrómicas

Objetivos

Metodología

Adquisición de imágenes

Características del programa

Resultados

Calibración

Efectos de otros parámetros

Mapas de dosis

Comparaciones a plan

Conclusiones

Bibliografía

Referencias VI

- [13] E. M. Quan, X. Li, Y. Li, X. Wang, R. J. Kudchadker, J. L. Johnson, D. A. Kuban, A. K. Lee, and X. Zhang, "A comprehensive comparison of IMRT and VMAT plan quality for prostate cancer treatment," *International Journal of Radiation Oncology, Biology and Physics*, vol. 83, pp. 1169–1178, July 2012.
- [14] J. Benesty, Y. Huang, and J. Chen, "Wiener and adaptive filters," in *Springer Handbook of Speech Processing*, pp. 103–120, Springer Berlin Heidelberg, 2008.
- [15] S. Weinberg, *The Quantum Theory of Fields*. Cambridge University Press, June 1995.

Desarrollo de un programa de lectura y análisis de películas radiocrómicas para verificación dosimétrica
Carlos Daniel Contreras Quiroz

Introducción

Películas radiocrómicas

Objetivos

Metodología

Adquisición de imágenes

Características del programa

Resultados

Calibración

Efectos de otros parámetros

Mapas de dosis

Comparaciones a plan

Conclusiones

Bibliografía

Referencias VII

- [16] C. Burman, M. A. Hunt, C. Chui, T. J. Losasso, G. S. Mageras, M. J. Zelefsky, Z. Fuks, S. A. Leibel, and C. C. Ling, “Three-dimensional and conformal treatment planning,” in *Oncologic Imaging*, pp. 81–91, Elsevier, 2002.
- [17] C. J. Karzmark, *Medical electron accelerators*. New York: McGraw-Hill, Inc., Health Professions Division, 1993.
- [18] *Hadronterapia*, Grupo de Física Nuclear, Dpto. Física Atómica, Molecular y Nuclear, UCM, July 2008.

Desarrollo de un programa de lectura y análisis de películas radiocrómicas para verificación dosimétrica

Carlos Daniel Contreras Quiroz

Introducción

Películas radiocrómicas

Objetivos

Metodología

Adquisición de imágenes

Características del programa

Resultados

Calibración

Efectos de otros parámetros

Mapas de dosis

Comparaciones a plan

Conclusiones

Bibliografía

Referencias VIII

- [19] W. Crijns, F. Maes, U. A. van der Heide, and F. V. den Heuvel, "Calibrating page sized gafchromic EBT3 films," *Medical Physics*, vol. 40, p. 012102, Jan. 2013.
- [20] Y. Li, L. Chen, J. Zhu, and X. Liu, "The combination of the error correction methods of GAFCHROMIC EBT3 film," *PLOS ONE*, vol. 12, p. e0181958, July 2017.
- [21] S. Devic, J. Seuntjens, E. Sham, E. B. Podgorsak, C. R. Schmidlein, A. S. Kirov, and C. G. Soares, "Precise radiochromic film dosimetry using a flat-bed document scanner," *Medical Physics*, vol. 32, pp. 2245–2253, June 2005.

Desarrollo de un programa de lectura y análisis de películas radiocrómicas para verificación dosimétrica
Carlos Daniel Contreras Quiroz

Introducción

Películas radiocrómicas

Objetivos

Metodología

Adquisición de imágenes

Características del programa

Resultados

Calibración

Efectos de otros parámetros

Mapas de dosis

Comparaciones a plan

Conclusiones

Bibliografía

Referencias IX

- [22] A. Micke, D. F. Lewis, and X. Yu, “Multichannel film dosimetry with nonuniformity correction,” *Medical Physics*, vol. 38, pp. 2523–2534, May 2011.
- [23] M. E. Howard, M. G. Herman, and M. P. Grams, “Methodology for radiochromic film analysis using FilmQA pro and ImageJ,” *PLOS ONE*, vol. 15, p. e0233562, May 2020.
- [24] W. L. McLaughlin and L. Chalkley, “Measurement of radiation dose distributions with photochromic materials,” *Radiology*, vol. 84, pp. 124–125, Jan. 1965.

Desarrollo de un programa de lectura y análisis de películas radiocrómicas para verificación dosimétrica
Carlos Daniel Contreras Quiroz

Introducción

Películas radiocrómicas

Objetivos

Metodología

Adquisición de imágenes

Características del programa

Resultados

Calibración

Efectos de otros parámetros

Mapas de dosis

Comparaciones a plan

Conclusiones

Bibliografía

Referencias X

- [25] M. S. Beni, D. Krstic, D. Nikezic, and K. Yu, "Modeling coloration of a radiochromic film with molecular dynamics-coupled finite element method," *Applied Sciences*, vol. 7, p. 1031, Oct. 2017.
- [26] Y. Shimohigashi, F. Araki, M. Maruyama, Y. Nakaguchi, S. Kuwahara, N. Nagasue, and Y. Kai, "Evaluation of a single-scan protocol for radiochromic film dosimetry," *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, vol. 16, pp. 412–424, Mar. 2015.

Desarrollo de un programa de lectura y análisis de películas radiocrómicas para verificación dosimétrica

Carlos Daniel Contreras Quiroz

Introducción

Películas radiocrómicas

Objetivos

Metodología

Adquisición de imágenes

Características del programa

Resultados

Calibración

Efectos de otros parámetros

Mapas de dosis

Comparaciones a plan

Conclusiones

Bibliografía

Referencias XI

- [27] A. Niroomand-Rad, C. R. Blackwell, B. M. Coursey, K. P. Gall, J. M. Galvin, W. L. McLaughlin, A. S. Meigooni, R. Nath, J. E. Rodgers, and C. G. Soares, "Radiochromic film dosimetry: Recommendations of AAPM radiation therapy committee task group 55," *Medical Physics*, vol. 25, pp. 2093–2115, Oct. 1998.
- [28] K. Chełmiński, W. Bulski, D. Georg, D. Bodzak, Z. Maniakowski, D. Oborska, J. Rostkowska, and M. Kania, "Energy dependence of radiochromic dosimetry films for use in radiotherapy verification," *Reports of Practical Oncology and Radiotherapy*, vol. 15, pp. 40–46, Mar. 2010.

Desarrollo de un programa de lectura y análisis de películas radiocrómicas para verificación dosimétrica
Carlos Daniel Contreras Quiroz

Introducción

Películas radiocrómicas

Objetivos

Metodología

Adquisición de imágenes

Características del programa

Resultados

Calibración

Efectos de otros parámetros

Mapas de dosis

Comparaciones a plan

Conclusiones

Bibliografía

Referencias XII

- [29] E. Y. León-Marroquín, J. M. Lárraga-Gutiérrez, J. A. Herrera-González, M. A. Camacho-López, J. E. V. Barajas, and O. A. García-Garduño, "Investigation of EBT3 radiochromic film's response to humidity," *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, vol. 19, pp. 283–290, Apr. 2018.
- [30] A. Rink, D. F. Lewis, S. Varma, I. A. Vitkin, and D. A. Jaffray, "Temperature and hydration effects on absorbance spectra and radiation sensitivity of a radiochromic medium," *Medical Physics*, vol. 35, pp. 4545–4555, Sept. 2008.

Desarrollo de un programa de lectura y análisis de películas radiocrómicas para verificación dosimétrica

Carlos Daniel Contreras Quiroz

Introducción

Películas radiocrómicas

Objetivos

Metodología

Adquisición de imágenes

Características del programa

Resultados

Calibración

Efectos de otros parámetros

Mapas de dosis

Comparaciones a plan

Conclusiones

Bibliografía

Referencias XIII

- [31] P. Yu, M. Butson, and T. Cheung, "Does mechanical pressure on radiochromic film affect optical absorption and dosimetry?," *Australasian Physics & Engineering Sciences in Medicine*, vol. 29, pp. 285–287, Sept. 2006.
- [32] S. Mayers, "Characterisation of gafchromic EBT2 film for use in radiation therapy dosimetry," Tesis de maestría, University of Wollongong, 2011.
- [33] L. Maya, "Caracterización de películas gafchromic EBT2 para uso en dosimetría del cyberknife," Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia, 2014.

Desarrollo de un programa de lectura y análisis de películas radiocrómicas para verificación dosimétrica
Carlos Daniel Contreras Quiroz

Introducción

Películas radiocrómicas

Objetivos

Metodología

Adquisición de imágenes

Características del programa

Resultados

Calibración

Efectos de otros parámetros

Mapas de dosis

Comparaciones a plan

Conclusiones

Bibliografía

Referencias XIV

Desarrollo de un programa de lectura y análisis de películas radiocrómicas para verificación dosimétrica

Carlos Daniel Contreras Quiroz

Introducción

Películas radiocrómicas

Objetivos

Metodología

Adquisición de imágenes

Características del programa

Resultados

Calibración

Efectos de otros parámetros

Mapas de dosis

Comparaciones a plan

Conclusiones

Bibliografía

- [34] F. H. Attix, *Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry*. Wiley, Nov. 1986.
- [35] P. Casolaro, L. Campajola, and F. D. Capua, "The physics of radiochromic process: one calibration equation for all film types," *Journal of Instrumentation*, vol. 14, pp. P08006–P08006, Aug. 2019.
- [36] F. Girard, H. Bouchard, and F. Lacroix, "Reference dosimetry using radiochromic film," *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, vol. 13, pp. 339–353, Nov. 2012.

Referencias XV

- [37] J. Desroches, H. Bouchard, and F. Lacroix, "Technical note: Potential errors in optical density measurements due to scanning side in EBT and EBT2 gafchromic film dosimetry," *Medical Physics*, vol. 37, pp. 1565–1570, Mar. 2010.
- [38] Gafchromic, "Gafchromic dosimetry media, type EBT3," Manual de usuario, consultado en http://www.gafchromic.com/documents/EBT3_Specifications.pdf.

Desarrollo de un programa de lectura y análisis de películas radiocrómicas para verificación dosimétrica

Carlos Daniel Contreras Quiroz

Introducción

Películas radiocrómicas

Objetivos

Metodología

Adquisición de imágenes

Características del programa

Resultados

Calibración

Efectos de otros parámetros

Mapas de dosis

Comparaciones a plan

Conclusiones

Bibliografía

Referencias XVI

Desarrollo de un programa de lectura y análisis de películas radiocrómicas para verificación dosimétrica

Carlos Daniel Contreras Quiroz

Introducción

Películas radiocrómicas

Objetivos

Metodología

Adquisición de imágenes

Características del programa

Resultados

Calibración

Efectos de otros parámetros

Mapas de dosis

Comparaciones a plan

Conclusiones

Bibliografía

- [39] Gafchromic, "Gafchromic dosimetry media, type EBT2,"

Manual de usuario, consultado en

http://www.gafchromic.com/documents/EBT2_Specifications.pdf.

- [40] D. Lewis and M. F. Chan, "Correcting lateral response artifacts from flatbed scanners for radiochromic film dosimetry," *Medical Physics*, vol. 42, pp. 416–429, Dec. 2014.

Referencias XVII

- [41] D. Poppinga, A. A. Schoenfeld, K. J. Doerner, O. Blanck, D. Harder, and B. Poppe, "A new correction method serving to eliminate the parabola effect of flatbed scanners used in radiochromic film dosimetry," *Medical Physics*, vol. 41, p. 021707, Jan. 2014.
- [42] M. Bucciolini, F. B. Buonamici, and M. Casati, "Verification of IMRT fields by film dosimetry," *Medical Physics*, vol. 31, pp. 161–168, Dec. 2003.
- [43] J. Winiecki, T. Morgaś, K. Majewska, and B. Drzewiecka, "The gamma evaluation method as a routine QA procedure of IMRT," *Reports of Practical Oncology and Radiotherapy*, vol. 14, no. 5, pp. 162–168, 2009.

Desarrollo de un programa de lectura y análisis de películas radiocrómicas para verificación dosimétrica

Carlos Daniel Contreras Quiroz

Introducción

Películas radiocrómicas

Objetivos

Metodología

Adquisición de imágenes

Características del programa

Resultados

Calibración

Efectos de otros parámetros

Mapas de dosis

Comparaciones a plan

Conclusiones

Bibliografía

Referencias XVIII

Desarrollo de un programa de lectura y análisis de películas radiocrómicas para verificación dosimétrica

Carlos Daniel Contreras Quiroz

[44] H. Li, L. Dong, L. Zhang, J. N. Yang, M. T. Gillin, and X. R. Zhu, "Toward a better understanding of the gamma index: Investigation of parameters with a surface-based distance method," *Medical Physics*, vol. 38, no. 12, pp. 6730–6741, 2011.

[45] E. B. Podgorsak, *Radiation physics for medical physicists*.
Heidelberg New York: Springer, 2010.

Introducción

Películas radiocrómicas

Objetivos

Metodología

Adquisición de imágenes

Características del programa

Resultados

Calibración

Efectos de otros parámetros

Mapas de dosis

Comparaciones a plan

Conclusiones

Bibliografía

Análisis Γ

Desarrollo de un programa de lectura y análisis de películas radiocrómicas para verificación dosimétrica

Carlos Daniel Contreras Quiroz

$$\Gamma(\vec{r}_c, \vec{r}_m) = \sqrt{\frac{|\vec{r}_c - \vec{r}_m|^2}{DTA^2} + \frac{|D(\vec{r}_c) - D(\vec{r}_m)|^2}{DD^2 \cdot D(\vec{r}_c)^2}},$$

Donde \vec{r}_c, \vec{r}_m son las posiciones de los pixeles en los mapas, y $D(\vec{r}_c), D(\vec{r}_m)$ sus dosis correspondientes.

DTA es la distancia a la que se busca la concordancia y DD es la diferencia de dosis permitida.

Introducción

Películas radiocrómicas

Objetivos

Metodología

Adquisición de imágenes

Características del programa

Resultados

Calibración

Efectos de otros parámetros

Mapas de dosis

Comparaciones a plan

Conclusiones

Bibliografía

Filtro de Wiener

Desarrollo de un programa de lectura y análisis de películas radiocrómicas para verificación dosimétrica

Carlos Daniel Contreras Quiroz

Convolución de la imagen con un kernel de la forma

$$G(u, v) = \frac{P_s(u, v)}{P_s(u, v) + \sigma_n^2},$$

donde $P_s(u, v)$ es la transformada de Fourier de la función de autocorrelación

Introducción

Películas radiocrómicas

Objetivos

Metodología

Adquisición de imágenes

Características del programa

Resultados

Calibración

Efectos de otros parámetros

Mapas de dosis

Comparaciones a plan

Conclusiones

Bibliografía