



EVALUACIÓN DE CANTIDADES FISICAS EN EQUIPOS DE RAYOS X DIAGNÓSTICOS

Luis R. Benito C. ^{a, c*}, J. Fernando Márquez P. ^{b, c}

^a Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Univ. Nacional del Callao UNAC, Callao - Perú.

^b Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos UNMSM, Lima - Perú.

^c Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas INEN, Servicio de Física Médica. Lima - Perú.

Resumen

Los equipos generadores de radiaciones medicas requieren de una metodología adecuada para evaluar las cantidades físicas: dosis absorbida, capa semirreductora (CS), rendimiento, entre otras para asegurar las condiciones óptimas de uso. Este trabajo tiene como objetivo desarrollar métodos de parametrización para evaluar la dosis absorbida, la capa semirreductora y el rendimiento del equipo. Para medir las cantidades propuestas se utilizó una cámara de ionización PTW Freiburg TW23342 (calibrado para rayos X de baja energía). Los haces de rayos X diagnósticos evaluados son producidos por los equipos Shimadzu modelo Radiotex, y Philips modelo SRO 2550. Las medidas obtenidas de las cantidades propuestas son ajustadas a funciones que contienen tres parámetros de ajuste las cuales dependen de la distancia y del kilovoltaje, y son ajustadas con el programa "ajuste_cs" basado en el modelo de Grid Search Method.

Mediante el método desarrollado se ha encontrado una corrección en la distancia foco - superficie del paciente del 0.6 cm lo cual permite corregir la estimación de la dosis absorbida de entrada en la superficie del paciente. Los resultados muestran que las funciones parametrizadas estiman las cantidades de dosis absorbida, capa semirreductora y del rendimiento con incertidumbres menores al 2%, y reproducen los datos experimentales con errores menores al 8%. Con el método empleado es posible obtener valores de la capa semirreductora con errores menores al 2 % en comparación a los valores obtenidos por la técnica de Montecarlo.

El presente estudio ha permitido obtener cantidades físicas parametrizadas los cuales son empleadas para optimizar la dosis suministrada al paciente en las diferentes prácticas diagnósticas y también verificar el adecuado funcionamiento del equipo de rayos X minimizando así, los riesgos radiológicos inherentes en beneficio de los pacientes, de los profesionales expuestos y de la institución.

Palabras claves: capa semirreductora, dosis, funciones, paramétricas, rayos X.

Abstract

The generating equipment of medicas radiations requires of an suitable methodology to evaluate the físicas amounts: absorbed dose, half-value thickness (CS), yield, among others to assure the optimal conditions of use. This work must like objective develop parametrización methods to evaluate the absorbed dose, the half-value thickness and the yield of the equipment. In order to measure the propose amounts an ionization chamber PTW Freiburg TW23342 was used (calibrated for x-rayses of low energy). The x-rays beams evaluated diagnoses are produced by the Shimadzu equipment model Radiotex, and Philips model SRO 2550. Measures obtained of amounts proposed are fit to functions which they contain three parameters of adjustment which depend on the distance and the kilovoltaje, and are fit with the program "ajuste_cs" based on the model of Grid Search Method.

By means of the developed method has been a correction in the distance center - surface of the patient of the 0,6 cm which allows to correct the estimation of the absorbed dose of entrance in the surface of the patient. The results show that the parametrizadas functions consider the amounts of absorbed dose, half-value thickness and of the yield with smaller uncertainties to 2%, and reproduce the experimental datas with smaller errors to 8%. With the used method it is possible to obtain values of the half-value thickness with smaller errors to 2 % in comparison to the values obtained by the technique of Montecar it.

The present study has allowed to obtain parametrizadas physical amounts which are used to optimize the dose provided to the patient in the different diagnósticas practices and also to verify the suitable operation of the x-rays equipment thus diminishing, inherent the radiological risks in benefit of the patients, the exposed professionals and the institution.

PACS: 87.53.Jw; 87.53.Bn; 87.53.Fs; 87.66.Xa

Keywords: half-value thickness, doses, functions, parametric, x-ray

* Corresponding author. e-mail: luilink_222@yahoo.com

1. Introducción

Un modelo computacional basado en el método Grid Search^[1] es desarrollado para determinar los diversos coeficientes de ajustes según se muestran en cada ecuación propuesta. Este modelo es implementado en el programa "ajuste_cf.f90"^[1,2] el cual es desarrollado en el Lenguaje de Programación Científico FORTRAN 90. Para la elección de los valores iniciales del método iterativo se desarrolló un programa llamado "parameter_space.f90" para hallar el espacio de parámetros para cada uno de los casos mencionados.^[1]

La dosis absorbida es evaluada en función de la distancia de acuerdo a la ecuación empírica propuesta

$$D = \frac{a1}{(d + a2)^{a3}} \tag{1}$$

donde a1, a2, y a3 son los coeficientes de ajuste. En el cual a2 representa la corrección en la distancia foco - película o foco - piel, y el valor de a3 será validada con el valor 2 según la ley del inverso al cuadrado de la distancia^[3].

La corrección en la distancia foco - superficie es de gran importancia para estimar el valor exacto de la dosis recibida por los pacientes y así poder optimizar y/o minimizar las dosis absorbida, evitando daños innecesarios.

La Capa semirreductora, CS es analizada en función del alto voltaje aplicado al tubo de rayos X según la función polinomial de segundo orden^[4]

$$CS = b1 + b2(kV) + b3(kV)^2 \tag{2}$$

donde b1, b2 y b3, son los coeficientes de ajuste.

El rendimiento del tubo de rayos X es una función dependiente del alto voltaje aplicado al tubo, según

$$R = c1(kV)^{c2} + c3 \tag{3}$$

donde c1, c2 y c3 son los coeficientes de ajuste.

2. Método

Para verificar el modelo computacional, se han realizada medidas de dosis absorbida en aire y para diferentes distancias, medidas dosis absorbida para diferentes espesores de filtro, y el rendimiento para diferentes voltajes aplicado al tubo de rayos X. Las medidas fueron realizadas en los equipos de rayos diagnósticos (i) Digestivo: marca Philips Modelo SRO 2550, y (ii) Convencional: marca Shimadzu

Modelo Radiotex, empleando el medidor de dosis marca PTW Freiburg T10009 - 90045 PTW UNIDOS E con cámara de ionización calibrada para rayos X de baja energía, el Sistema de control de calidad de equipos de rayos X marca Victoreen, modelo NERO 6000A, y laminas de aluminio de alta pureza. Los valores medidos son mostrados en las tablas 1, 2 y 3.

Tabla 1. Valores de dosis absorbida en aire realizada en el equipo Shimadzu.

Distancia (m)	<D>±σ (mGy)	D _{est} ±σ (mGy)	Error (%)
0.35	23.91 ±0.01	24.09 ±0.01	1
0.40	18.91 ±0.01	18.65 ±0.01	2
0.45	14.78 ±0.01	14.86 ±0.01	1
0.50	12.13 ±0.01	12.15 ±0.01	1
0.55	10.04 ±0.01	10.12 ±0.01	1
0.60	8.53 ±0.01	8.57 ±0.01	1
0.65	7.36 ±0.01	7.35 ±0.01	1
0.70	6.37 ±0.01	6.38 ±0.01	1
0.75	5.62 ±0.01	5.60 ±0.01	1
0.80	4.94 ±0.01	4.95 ±0.01	1
0.85	4.44 ±0.01	4.41 ±0.01	1
0.90	3.98 ±0.01	3.95 ±0.01	1
0.95	3.56 ±0.01	3.57 ±0.01	1
1.00	3.23 ±0.01	3.24 ±0.01	1

Tabla 2. Valores de las capas semirreductoras realizadas en el diagnóstico Philips.

kVp	CS _{exp} (mm Al)	CS _{XCOMP5R} (mmAl)	CS _{est} ±σ (mmAl)	Error (%) E ₁ ^a E ₂ ^b	
42	0.98	0.97	0.990 ±0.008	1	2
50	1.15	1.16	1.150 ±0.009	0	1
60	1.35	1.36	1.36 ±0.01	1	0
70	1.61	1.58	1.59 ±0.01	1	1
80	1.83	1.82	1.83 ±0.01	0	1
90	2.13	2.08	2.09 ±0.01	2	1
100	2.36	2.38	2.37 ±0.02	1	1
110	2.64	2.69	2.66 ±0.02	1	1

^(a) E₁ es el error del valor estimado (CS_{est}) respecto al valor experimental (CS_{exp})

^(b) E₂ es el error del valor estimado (CS_{est}) respecto al valor obtenido por el XCOMP5R (CS_{XCOMP5R})

Tabla 3. Valores del rendimiento del tubo de rayos X del equipo Philips.

kVp	mAs	<D>±σ (mGy)	R _{exp} ±σ (μGy/mAs)	R _{est} ±σ (μGy/mAs)	Error (%)
42	40	1.75 ±0.02	43.7 ±0.5	42.3 ±0.8	3
50	40	2.61 ±0.02	65.2 ±0.5	59.9 ±0.8	8
60	40	3.59 ±0.02	89.7 ±0.5	84.4 ±0.9	6
70	40	4.79 ±0.02	119.7 ±0.5	111.5 ±0.1	7
80	40	5.99 ±0.02	149.7 ±0.5	141.0 ±0.1	6
90	40	7.17 ±0.02	179.2 ±0.5	172.8 ±0.1	4
100	40	8.48 ±0.02	212.0 ±0.5	206.8 ±0.2	2
110	40	9.82 ±0.02	245.5 ±0.5	242.9 ±0.2	1

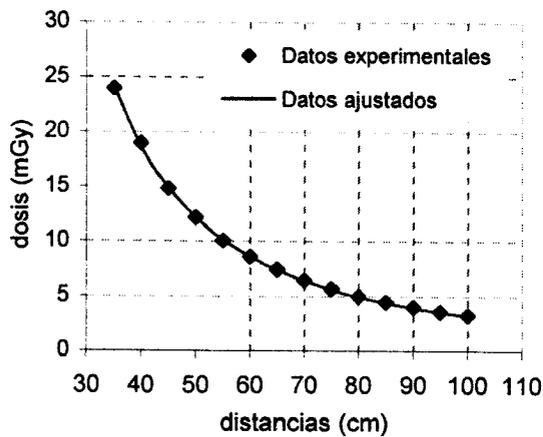


Fig. 1. Comparación entre datos experimentales y estimados de dosis en función de la distancia.

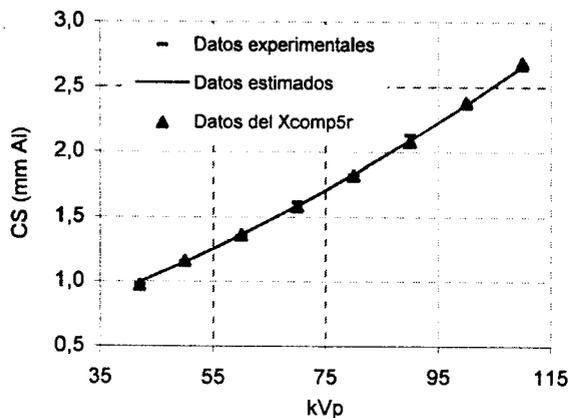


Fig. 2. Comparación entre datos experimentales y estimados de la capa semirreductora en función del alto voltaje (kVp)

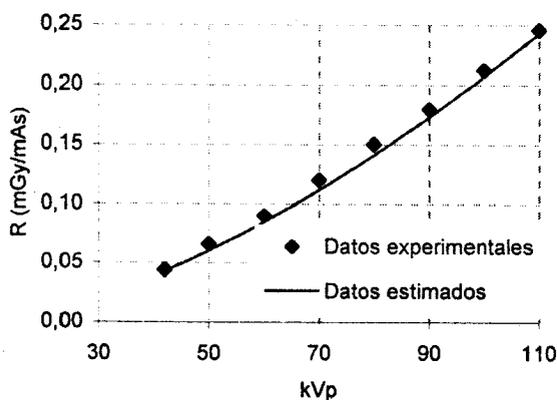


Fig. 3. Comparación entre datos experimentales y estimados del rendimiento del tubo de rayos X en función del alto voltaje (kVp).

3. Resultados y Discusión

Los valores para cada una de las cantidades medidas y estimadas en este estudio son indicados en las tablas 1, 2,3 y figuras 1, 2, y 3 los cuales muestran una gran concordancia.

Los valores de la dosis absorbida en aire, de las capas semirreductoras y del rendimiento del tubo de rayos X son estimados con incertidumbres menores al 1 %, 1 %, y 2 %, respectivamente.

Los valores de la dosis absorbida en aire, de las capas semirreductoras y del rendimiento del tubo de rayos X estimados reproducen los valores experimentales con diferencias menores al 2 %, 2 %, y 8 %, respectivamente.

4. Conclusiones

Mediante el estudio realizado es posible estimar las cantidades físicas: dosis absorbida, capa semirreductora y el rendimiento del tubo de rayos X con incertidumbres menores al 2 %.

Con el método empleado los valores experimentales de dosis absorbida, capa semirreductora y el rendimiento del tubo de rayos X son reproducidos con errores menores al 8 % y errores menores al 2 % en comparación a los valores obtenidos por la técnica de Montecarlo^[5].

Esto contribuirá a estimar la dosis absorbida en las diferentes prácticas con radiaciones ionizantes lo cual minimizará los riesgos inherentes a los cuales están expuestos los pacientes.

Los resultados muestran que mediante las funciones parametrizadas de cada una de las cantidades físicas: de dosis absorbida, capa semirreductora y del rendimiento del tubo de rayos X es posible estimar sus valores lo cual nos sirve para optimizar la dosis suministrada al paciente en las diferentes prácticas radiodiagnósticas y también verificar el adecuado funcionamiento del equipo de rayos X minimizando así, los riesgos radiológicos inherentes en beneficio de los pacientes, de los profesionales expuestos y de la institución.

Referencias

- [1]. Philip R. Bevington, *Data reduction and error analysis for the physical sciences, Second Edition*, McGraw – Hill, Inc, 1992.
- [2]. Franz J. Vesely, *Computational Physics An Introduction*, Plenum Press – New York and London, 1994.
- [3]. Johns Harold Elford, *The physics of radiology, Fourth Edition*, Charles C Thomas – Publisher, Springfield – USA, 1983.

- [4]. K J Robson, A parametric method for determining mammographic X-ray tube output and half value layer, *The British Journal of Radiology*, 74 (2001), 335-340.
- [5]. R. Nowotny, XCOMP5R: Calculation of Diagnostic X – Ray Spectra, *Inst. Biomed. Technik & Physik*, University of Vienna, Austria, 1996.

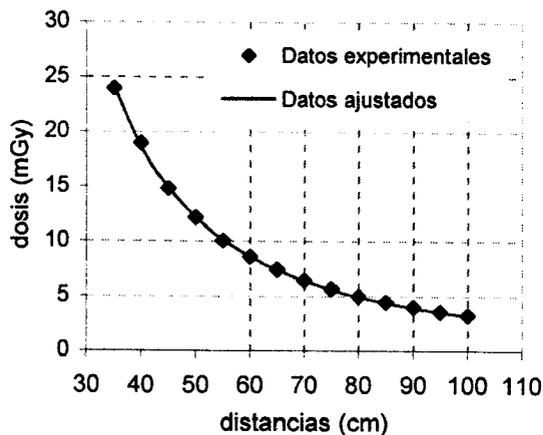


Fig. 1. Comparación entre datos experimentales y estimados de dosis en función de la distancia.

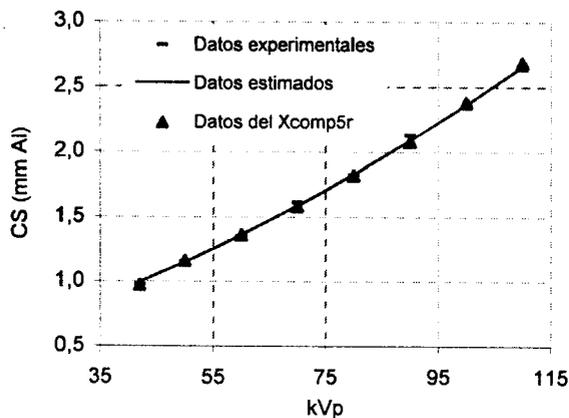


Fig. 2. Comparación entre datos experimentales y estimados de la capa semirreductora en función del alto voltaje (kVp)

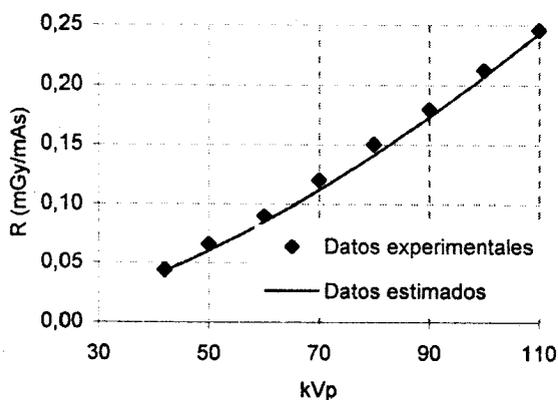


Fig. 3. Comparación entre datos experimentales y estimados del rendimiento del tubo de rayos X en función del alto voltaje (kVp).

3. Resultados y Discusión

Los valores para cada una de las cantidades medidas y estimadas en este estudio son indicados en las tablas 1, 2,3 y figuras 1, 2, y 3 los cuales muestran una gran concordancia.

Los valores de la dosis absorbida en aire, de las capas semirreductoras y del rendimiento del tubo de rayos X son estimados con incertidumbres menores al 1 %, 1 %, y 2 %, respectivamente.

Los valores de la dosis absorbida en aire, de las capas semirreductoras y del rendimiento del tubo de rayos X estimados reproducen los valores experimentales con diferencias menores al 2 %, 2 %, y 8 %, respectivamente.

4. Conclusiones

Mediante el estudio realizado es posible estimar las cantidades físicas: dosis absorbida, capa semirreductora y el rendimiento del tubo de rayos X con incertidumbres menores al 2 %.

Con el método empleado los valores experimentales de dosis absorbida, capa semirreductora y el rendimiento del tubo de rayos X son reproducidos con errores menores al 8 % y errores menores al 2 % en comparación a los valores obtenidos por la técnica de Montecarlo^[5].

Esto contribuirá a estimar la dosis absorbida en las diferentes prácticas con radiaciones ionizantes lo cual minimizará los riesgos inherentes a los cuales están expuestos los pacientes.

Los resultados muestran que mediante las funciones parametrizadas de cada una de las cantidades físicas: de dosis absorbida, capa semirreductora y del rendimiento del tubo de rayos X es posible estimar sus valores lo cual nos sirve para optimizar la dosis suministrada al paciente en las diferentes prácticas radiodiagnósticas y también verificar el adecuado funcionamiento del equipo de rayos X minimizando así, los riesgos radiológicos inherentes en beneficio de los pacientes, de los profesionales expuestos y de la institución.

Referencias

- [1]. Philip R. Bevington, *Data reduction and error analysis for the physical sciences, Second Edition*, McGraw – Hill, Inc, 1992.
- [2]. Franz J. Vesely, *Computational Physics An Introduction*, Plenum Press – New York and London, 1994.
- [3]. Johns Harold Elford, *The physics of radiology, Fourth Edition*, Charles C Thomas – Publisher, Springfield – USA, 1983.