



# DOSIMETRÍA DE ALAMBRES Y RIBBONS INDIVIDUALES DE IRIDIO-192

**Leopoldo David Mazzucco**

Centro Médico Nuclear S.R.L. San Juan  
Argentina  
Gral. Paz 1552 (5800) Río Cuarto, Córdoba,  
Argentina. tel/fax 54-058 648062 e-mail  
jsar@arnet.com.ar

## Introducción

Es práctica común efectuar implantes o aplicaciones intracavitarias con IR-192 en los cuales se cuenta con un único elemento lineal, ya sea alambre o ribbon de semillas, como el caso de algunos boost de bronquios, esófago o vías biliares; para estos casos como para aquellos en que se usan implantes planos pueden ser de utilidad los resultados de este trabajo.

El objetivo de este trabajo es presentar en forma de tablas la dosimetría de alambres y ribbons individuales de iridio de longitudes de 1 a 12 cm, para cada fuente lineal a lo largo del bisector perpendicular a las fuentes en tejido (agua) computadas para actividad lineal de 1 mCi/cm. en el caso de alambres, y 1 mCi/semilla para los ribbons. Las tablas son de uso directo, adaptables a casos particulares, y se facilitan gráficos logarítmicos de dosis en función de la distancia para interpolación y uso en la planificación de tratamientos.

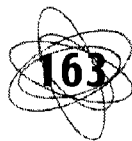
## Método

El cálculo de la tasa de dosis de una fuente Lineal inmersa en un medio m (tejido, agua), ignorando cápsulas, se puede expresar:

$$\dot{D}(r) = \Gamma_k \frac{\rho}{h} \left( \frac{\mu}{\rho} ab \right)_{\text{air}}^m \int_{\theta_1}^{\theta_2} FDR\left(\frac{h}{\cos(\theta)}\right) d\theta$$

Siendo  $\rho$  la actividad lineal de la fuente en mCi/cm;  $h$  la distancia perpendicular a la recta que contiene el eje de la fuente;  $\theta_1$  y  $\theta_2$  son los ángulos de integración entre los extremos de la fuente y el punto de cálculo.

$\Gamma_k$  es la constante de tasa de kerma en aire,  $(\mu/\rho)_{\text{m/air}}$  es el cociente medio de coeficientes de absorción del medio m (agua) al aire; FDR(r) es la Función de Dosis Radial del Iridio, en agua (adimensional).  $h/\cos(\theta)$  es la distancia entre el elemento de integración de la fuente y el punto de cálculo del espacio en cm. La FDR usada es la hallada por Thomason mediante simulación de Montecarlo, expresada como función polinomial por ser los más adecuados para alambres y semillas con capa externa de platino. Se resuelve numéricamente la integral de Sievert en todos los casos de alambres, y para las semillas sólo hasta los 2 cm de distancia de la fuente, considerándose puntuales a mayores distancias.



## Resultados

Se muestra que para dos fuentes de idéntica actividad lineal y longitud total, una de semillas equidistantes a 1 cm (ribbon) , y un alambre la otra, las diferencias en tasa de dosis en posiciones cercanas pueden ser del 15%, corroborando que no se pueden usar tablas de alambres para semillas ni viceversa. Además se elaboraron tablas de uso práctico directo de la tasa de dosis en agua en cGy/hr para alambres y Ribbons de 1 a 12 cm de longitud, y desde 0.5 a 10 cm de distancia en el bisector perpendicular del implante

## Palabras clave

Implantes de iridio-192, tablas, ribbons, alambres.

## Introducción

Es práctica común efectuar implantes o aplicaciones intracavitarias con IR-192 en los cuales se cuenta con un único elemento lineal, ya sea alambre o Ribbon de semillas, como el caso de algunos boost de bronquios, esófago o vías biliares; en esos casos , muchas veces no se posee treatment planning, y el cálculo debe ser manual, el mismo es el caso de los cálculos para implantes según el método de París, cuando no se haga con algún protocolo o método (5,6) para implantes planos o de volúmenes.

El cálculo de la tasa de dosis de una fuente puntual inmersa en un medio m ( tejido, agua), ignorando cápsulas, se puede expresar (1,2,3,8,9,10) :

$$\dot{D}(r) = \Gamma_k \frac{A}{r^2} \left( \frac{\mu}{\rho} \right)_{\text{air}}^m FDR(r)$$

Donde:  $\Gamma_k$  Es la constante de tasa de kerma en aire, cuyo valor numérico usado es : 4.11 cGycm<sup>2</sup>/h mCi, (equivale a una Constante de tasa de exposición de 4.69 R

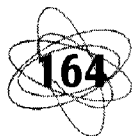
cm<sup>2</sup>/mCi h. (7);  $(\mu/\rho)_{\text{m/air}}$  es el cociente medio de coeficientes de absorción del medio m( agua) al aire, su valor es 1.11; A es la actividad en mCi de la fuente; FDR(r) es la función de dosis radial del iridio, en agua (adimensional); r es la distancia entre la fuente puntual y el punto de cálculo en centímetros.

En el caso de las fuentes lineales, que es el caso de los alambres o de las semillas, cuando el punto de cálculo se encuentra a menos de 2 cm. de distancia aproximadamente, la expresión para el cálculo de la tasa de dosis se transforma , pasando a contener la integral de Sievert (2,7).

$$\dot{D}(r) = \Gamma_k \frac{\rho}{h} \left( \frac{\mu}{\rho} \right)_{\text{air}}^m \int_{\theta_1}^{\theta_2} FDR\left(\frac{h}{\cos(\theta)}\right) d\theta$$

Siendo  $\rho$  la actividad lineal de la fuente en mCi/cm; h es la distancia perpendicular a la recta que contiene el eje de la fuente; y  $\theta_1, \theta_2$  son los ángulos extremos de integración subtendidos por el punto de cálculo y el elemento de integración de la fuente. Se hace notar que para los valores de cómputo de las tablas, los puntos de cálculo se encuentran en el bisector perpendicular a la fuente, con lo que  $\theta_1 = -\theta_2$ .

En este caso se trata de fuentes sin cápsula por el hecho de que la misma se desprecia por su espesor ( 0.1 mm de Pt) y se ha tenido en cuenta al tomar la FDR para fuente puntual similar (3). Para el caso de semillas como las construidas por Best Industries, las mismas llevan acero inoxidable, y los resultados de simulaciones da que la FDR cambia el 1% por arriba del caso de platino, a los 4 cm de distancia, y luego decae nuevamente a mayores distancias(3) .



## Método

La función de dosis radial que se eligió es la de Thomason, por ser la misma hallada por métodos de simulación de Montecarlo para el tipo de fuente descrita, la misma fue contrastada con mediciones experimentales en el mismo trabajo, además su coincidencia con los resultados de las simulaciones para fuentes sin cápsula, (11), en un fantoma de 15 cm de radio, (fantoma más aproximado a la situación clínica) está dentro del 2 % para distancias entre 2 y 6 cm de distancia. A fin de aclarar las diferencias entre los distintos ajustes que existen de la función de dosis radial, y los polinomios que ajustan el build-up y atenuación, (caso polinomios de Meisberger, ajustes de Angelopoulos (10), se hace notar que los mismos deben estar normalizados a 1 cm a fin de poder comparar, haciendo esto, se ha encontrado que el ajuste de los polinomios de Meisberger son 3% más bajos a partir de lo 3 cm de distancia, manteniéndose la diferencia, (es decir que la dosis se subestima al usarlos). Las comparaciones entre ajustes efectuados por simulación de Montecarlo y valores experimentales se referencian en otros trabajos (11).

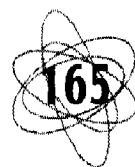
Resolución numérica de la integral de Sievert: se procedió por el método de Simpson.

## Resultados

La forma más útil de efectuar cálculos manuales rápidos es a partir de la tasa de dosis a lo largo del bisector perpendicular al eje de la fuente, en la mitad de su longitud. A continuación se muestran las tablas con la tasa de dosis en tejido, en cGy/hr, para las distintas longitudes de alambres de 1 a 12 cm, desde 0.5 a 10 cm de distancia.

Las tablas 1 y 2 no pueden compararse por el hecho de que no corresponden a la misma actividad lineal, para ello se ha elaborado la tabla 3 en la cual se colocan a modo de ejemplo 3 fuentes lineales: de 4,8 y 10 cm de largo, correspondientes a las filas 4, 8 y 10 de las tablas 1 y 2, para actividad lineal de 1 mCi por cm, para lo cual los valores de la tabla 2 se han dividido por la actividad lineal correspondiente (valor de la 1ra. columna).

En ella (tabla 3) se puede observar que las diferencias a corta distancia son del orden del 15% para fuentes de 4 cm a 1 cm de distancia, esa diferencia cae a medida que se alarga la fuente; y a la distancia de 2 cm las diferencias son del orden del 8 %; para grandes distancias obviamente las diferencias tienden a cero por el hecho de que ambas se aproximan a fuentes puntuales.



## Bibliografía

1. Dureix A. , "Quality assurance in Brachytherapy" Workshop on Q.A. in *Brachytherapy*, nov 1988, Bariloche.
2. Mazzucco L. *Estudio de distribuciones dosimétricas para fuentes de braquiterapia* Trab. de Licenciatura, FAMAF, 1991, Un. Nac. de Cba.
3. Thomason, Makie, Lindstrom, Higgins. "The Dose distribution surrounding 192-Ir and 137-Cs seeds sources". *Phys. Med. Biol.* 199, vo 136, no. 4, .
4. (no se incluye).
5. Casebow, "Dosimetry Tables for standar Ir-192 wire planar implants", *The British Jour. of Radiol*, 57, 515, 518, 1984.
6. Zviker, Schmidt, Ullrich, Schiller. "Planning of Ir-192 seed implants for boost irradiation to the breast". *Int. J. Rad. Oncol. B. Phys.* Vol, 11, no. 12, pp 2163, 2170, 1985.
7. Perez- Brady *Principles and Practice of Radiation Oncology* 2 ed. , Lippincott Company
8. Dale, R.G. Br. *J. Radiol.* 55, 748, 1982.
9. Thomason C. "Rad. Dose distr. from 192 Ir seeds at dist. far from the source" *Med. Phys.* 19, Jan, 1992.
10. Angelopoulos , Peris, Sakellarios, Sake... *et al.* "Accurate M.C. Calculation of combined att. and build-up factor ...." *Phys. Med. Biol.* 1991, vol. 36, no. 6, 763-778.
11. Mazzucco, Brunetto, Rubio "Radial Dose factor RDF for implants near the tissue -air interface", World Congress on *Med. Phys. and. Biom. E.* Aug. 1994, Rio, Brazil.



Tabla 1. Alambres - 192 Ir

h	0.5	1	1.5	2	2.5	3	4	5	6	7	8	9	10
L													
1	14.19	4.23	1.98	1.14	0.74	0.52	0.29	0.19	0.13	0.09	0.07	0.05	0.04
2	20.04	7.18	3.62	2.15	1.42	1.00	0.57	0.37	0.25	0.19	0.14	0.11	0.09
3	22.65	9.01	4.84	2.99	2.02	1.45	0.84	0.55	0.38	0.28	0.21	0.16	0.13
4	24.07	10.16	5.72	3.65	2.53	1.84	1.09	0.71	0.50	0.36	0.27	0.21	0.17
5	24.95	10.93	6.36	4.17	2.94	2.17	1.31	0.87	0.61	0.45	0.34	0.26	0.21
6	25.56	11.48	6.84	4.58	3.28	2.45	1.51	1.01	0.71	0.53	0.40	0.31	0.25
7	25.99	11.89	7.20	4.90	3.56	2.69	1.68	1.14	0.81	0.60	0.46	0.36	0.29
8	26.32	12.20	7.50	5.16	3.79	2.90	1.84	1.26	0.90	0.67	0.52	0.41	0.33
9	26.58	12.45	7.73	5.38	3.98	3.07	1.98	1.36	0.99	0.74	0.57	0.45	0.36
10	26.78	12.65	7.92	5.55	4.14	3.22	2.10	1.46	1.06	0.80	0.62	0.49	0.40
11	26.95	12.81	8.07	5.70	4.28	3.34	2.20	1.55	1.14	0.86	0.67	0.53	0.43
12	27.09	12.95	8.20	5.82	4.40	3.45	2.29	1.62	1.20	0.91	0.71	0.57	0.46

Valores de tasa de dosis en agua en cGy/hr

Actividad lineal = 1 mCi/cm

L = longitud del alambre [cm] ;

h = distancia perpendic. a la fuente a la mitad de la misma [cm].

Tabla 2. Ribbons de semillas - 192 Ir

Act lineal	nro. Sem	h \ L	0.5	1	1.5	2	2.5	3	4	5	6	7	8	9	10
2	2	1	21.30	7.29	3.68	2.18	1.43	1.01	0.57	0.37	0.26	0.19	0.14	0.11	0.09
1.5	3	2	24.50	9.10	4.90	3.01	2.03	1.46	0.84	0.55	0.38	0.28	0.21	0.16	0.13
1.33	4	3	25.60	10.16	5.75	3.67	2.53	1.84	1.10	0.71	0.50	0.36	0.28	0.21	0.17
1.25	5	4	26.68	10.98	6.38	4.19	2.95	2.18	1.31	0.87	0.61	0.45	0.34	0.26	0.21
1.2	6	5	27.20	11.48	6.85	4.59	3.29	2.46	1.51	1.00	0.71	0.53	0.40	0.31	0.25
1.17	7	6	27.70	11.92	7.22	4.91	3.56	2.70	1.69	1.14	0.81	0.60	0.46	0.36	0.29
1.14	8	7	27.97	12.20	7.50	5.16	3.79	2.90	1.84	1.26	0.90	0.67	0.52	0.41	0.33
1.13	9	8	28.27	12.46	7.73	5.38	3.99	3.07	1.98	1.36	0.99	0.74	0.57	0.45	0.36
1.11	10	9	28.47	12.65	7.91	5.56	4.14	3.22	2.10	1.46	1.07	0.80	0.62	0.49	0.40
1.10	11	10	28.65	12.83	8.08	5.70	4.28	3.34	2.20	1.55	1.14	0.86	0.67	0.53	0.43
1.09	12	11	28.77	12.95	8.21	5.83	4.40	3.46	2.30	1.63	1.20	0.92	0.71	0.57	0.46
1.08	13	12	28.90	13.07	8.32	5.93	4.50	3.55	2.38	1.70	1.26	0.96	0.76	0.60	0.49

Valores de tasa de dosis en agua en cGy/hr;

Actividad por semilla = 1 mCi, ( Act. lineal en mCi/cm)

L = longitud total del Ribbon [cm] ;

h = distancia perpendic. al Ribb. a la mitad del mismo [cm].

Tabla 3: Comparación entre Alambres y Ribbons de semillas

Longitud	h =	1	1.5	2	5
4	Alambre	10.16	5.72	3.65	0.71
	Semilla	-8.78	5.10	3.35	0.70
8	Alambre	12.20	7.50	5.16	1.26
	Semilla	11.08	6.87	4.78	1.21
10	Alambre	12.65	7.92	5.55	1.46
	Semilla	11.66	7.34	5.18	1.41

Actividad lineal = 1 mCi por cm.