

C.N.E.A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº 1	AÑO 1987

Determinación de Dosis Equivalente Efectiva en la Central Nuclear Embalse

E. Thomasz; C. Salas

Introducción

El sistema de limitación de dosis recomendado por el ICRP en su publicación 26 (1), está basado en los valores de dosis equivalente efectiva H_E y dosis equivalente media por órgano H_T , cuyos límites anuales son 50 mSv y 0,5 Sv respectivamente, excepto en el caso de cristalino, cuyo límite anual es 0,15 Sv.

Un requerimiento para un sistema que especifique la irradiación en términos numéricos, deberá definir magnitudes operacionales, cuyas mediciones den una adecuada aproximación de H_E y H_T evitando subestimación y sobreestimación considerable. Es decir, dado que H_E y H_T no son medibles en forma directa, se debe recurrir a la medición de magnitudes operacionales que posibiliten una estimación conservativa de aquellas cantidades.

En campos externos de radiación X y gamma se han utilizado históricamente, con fines de protección radiológica, la exposición y tasa de exposición como magnitudes operacionales. En el año 1971 el ICRU en su publicación N1°(2) definió el índice de dosis equivalente con la idea de transformarlo en una magnitud operacio-

nal, siendo adoptada posteriormente por el ICRP N°26(1) como límite secundario para radiación externa.

Examinando las distribuciones de dosis equivalente en un maniquí antropomorfo y en una esfera de tejido equivalente de 30 cm de diámetro, conocida como esfera ICRU, se observa que para radiación X y gamma penetrante el requerimiento mencionado anteriormente es alcanzado por la dosis equivalente a 1 cm de profundidad en la esfera ICRU. Sobre esta base el ICRU ha definido en su publicación N°39(3) nuevas magnitudes operacionales denominadas dosis equivalente ambiental y dosis equivalente personal. Estas cantidades resultan, para el caso de campos paralelos e isotropos monoenergéticos, estimadores conservativos de H_E y H_T .

Sin embargo, para algunos rangos de energía o ciertas direcciones de incidencia estas cantidades pueden dar una subestimación inaceptable o sobrestimación muy grande de H_E .

Por tanto resulta de interés determinar factores de conversión específicos entre distintas magnitudes operacionales definidas con fines de protección radiológica y las cantidades primarias H_E y H_T . Y verificar si se cumple la hipótesis de que dichas magnitudes operacionales son estimadores conservativos de H_E y H_T .

Como antecedentes de este tipo de trabajos pueden citarse determinaciones efectuadas por Eckerl, H.(4) en el curso de una práctica ginecológica y Walsh, M.(5) en un reactor de potencia Candu.

En este trabajo se han elegido recintos de la Central Nuclear Embalse, representativos de lugares donde se efectúan tareas rutinarias.

Se determinaron: dosis equivalente efectiva, dosis equivalente media por órgano, dosis equivalente perso-

nal, tasa de exposición, exposición y dosis equivalente a 1 cm de profundidad en la esfera de polietileno de 25 cm de diámetro. Esta última magnitud se indicará con H_{10} en el resto del trabajo.

Se calcularon factores de conversión entre las magnitudes definidas en el cuerpo H_E y H_T y las magnitudes operacionales mencionadas.

Parte experimental

Se utilizó un maniquí tejido equivalente Alderson-Rando, compuesto de 35 secciones transversales, conteniendo cada una orificios longitudinales apropiados para colocar dosímetros termoluminiscentes. El maniquí presenta 3 medios diferenciados: un esqueleto real, tejido pulmonar y tejido blando. Su composición elemental está básicamente constituida por C, H, O y N.

Se utilizó además, una esfera de polietileno de 25 cm de diámetro. En esta esfera se efectuó una cavidad cilíndrica cuyo eje coincide con un radio. En dicha cavidad se insertó un cilindro de iguales dimensiones con un orificio central efectuado especialmente para colocar dosímetros termoluminiscentes.

Se utilizaron dosímetros de LiF TLD-700 y CaF TLD-200 de 3x3x1 mm, calibrados en forma individual y tratados térmicamente 1 hora a 400°C y 3 horas a 100°C.

Entre los diferentes recintos de la Central Nuclear Embalse donde se cumplen habitualmente tareas rutinarias se seleccionaron cinco con mayor tasa de exposición. Estos fueron:

Recinto de carga de combustible nuevo (R110)
Zona de compresores de gas de cobertura (R402)

Hall de ingreso al edificio del reactor (R201)
Zona de válvulas del sistema desgasificador del primario (R405)
Pasillo sobre cañería del sistema de control zonal líquido (R501)

En cada recinto se eligió una localización coincidente con la posición de trabajo de una persona y en la misma se efectuaron las mediciones y ubicación de maniqués descritos a continuación:

- a) Medición de la tasa de exposición con un exposímetro Eberline en la posición del maniquí Alderson a nivel de gónadas, pecho, abdomen y ojos.
- b) Distribución en aire libre de dosímetros personales termoluminiscentes Harshaw y dosímetros personales tipo lapicera de uso rutinario en la Central Nuclear Embalse.
- c) Ubicación del maniquí Alderson en posición vertical con 150 dosímetros de LiF TLD-700 y CaF TLD-200 de 3x3x1 mm distribuidos interior y superficialmente. El maniquí se posicionó con su parte anterior enfrentando la componente principal del campo de radiación, cubierto con una bolsa de polietileno con el objeto de evitar su contaminación.
- d) Ubicación de la esfera de polietileno de 25 cm de diámetro en forma lateral con respecto al maniquí y a nivel de tórax. Se distribuyeron 20 dosímetros de LiF TLD-700 según un radio coincidente con la componente principal del campo de radiación, a partir de la superficie externa de la esfera.

El maniquí Alderson, la esfera de polietileno y los dosímetros personales permanecieron diferente número de horas en cada recinto de medición, según puede observarse en la tabla 1.

La medición de los dosímetros de LiF y CaF se efectuó con un equipo lector Harshaw modelo 2000, y los dosímetros personales con un lector Harshaw automatizado. Los dosímetros personales tipo lapicera se midieron con un lector automático.

Metodología de calculo de H_E y H_T

La dosis equivalente en un punto A del maniquí se calculó mediante la siguiente expresión:

$$H(A) = L(A) \times S(r) \times S \times R(E) \times f(E) \quad (1)$$

donde:

$L(A)$: lectura del dosímetro

$S(r)$: sensibilidad individual relativa del dosímetro

S : factor de calibración medio del sistema

$R(E)$: factor de corrección por espectro interno

$f(E)$: expresión obtenida a partir de la teoría de cavidades de Burlin.

El factor de corrección por espectro interno se obtiene mediante la dupla CaF-LiF que permite determinar la energía media en un punto del maniquí a partir de las relaciones de lecturas individuales.

La dosis equivalente media en un órgano se obtiene a partir de la distribución de dosis equivalente mediante la siguiente expresión:

$$H_T = \sum_i m_i / M_T \sum_j f_{ji} h_{ji} \quad (2)$$

donde:

M_T : masa del órgano T

m_i : masa del órgano T en la sección i del maniquí

f_{ji} : fracción másica correspondiente a la partición j del órgano T en la sección i del maniquí

h_{ji} : dosis equivalente media en dicha partición

La dosis equivalente efectiva se calculó a partir de las dosis equivalente media por órgano de acuerdo a la expresión:

$$H_E = \sum_t w_t H_T \quad (3)$$

donde:

H_T : dosis equivalente media en el órgano T

w_T : fracción de riesgo relativo del órgano T

Resultados

Aplicando la expresión (1) se calculó la distribución de dosis equivalente en los distintos medios del maniquí Alderson, y la distribución de dosis equivalente en profundidad en la esfera de polietileno. El error en la determinación de la dosis equivalente es del 5%.

Aplicando la expresión (2), se calculó la dosis equivalente media por órgano en los distintos recintos de medición. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 2. El error en la determinación de H_T depende del tamaño del órgano, siendo como máximo del 20%. En todos

los cálculos se supuso que la energía media del campo de radiación es de 0,6 Mev.

La dosis equivalente efectiva, calculada de acuerdo a la expresión (3), se normalizó en respecto a las siguientes magnitudes operacionales medidas: exposición en aire a nivel de testículos, dosis equivalente personal y dosis equivalente a 10 mm en la esfera de polietileno. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 3.

CONCLUSIONES

Las mediciones efectuadas en aire libre, permiten concluir que las geometrías de irradiación en los recintos donde se posicionó el fantoma, corresponden a irradiaciones inhomogéneas de cuerpo entero.

Se observa, conforme a la tabla 3, que en todos los recintos analizados, H_{10} sobreestima a H_E . Sin embargo, la sobreestimación en los recintos R405 y R501 próxima al 100% es muy grande.

La situación es ligeramente distinta para la dosis equivalente personal que resulta un estimador conservativo de H_E en los recintos R110, R402, R201 y R405, siendo las diferencias menores del 30%. En el caso del recinto R501, H_E resulta mayor que la dosis equivalente personal en un factor 1.1, debido a que la componente predominante, es radiación proveniente del piso.

Los resultados obtenidos en este trabajo son semejantes a los publicados por Walsh, M. (5) para el mismo tipo de reactor.

El ICRU en su publicación N°39(3), afirma que la dosis equivalente ambiental y la dosis equivalente personal penetrante, son estimadores conservativos de la do-

sis equivalente efectiva en campos de radiación monoenergéticos paralelos e isotropos. Esta afirmación es verificada en el presente trabajo por H_{10} en campos de radiación poliennergéticos y con geometría de irradiación arbitraria, con la condición que el maniquí enfrente la componente principal del campo de radiación.

Por lo tanto se sugiere utilizar factores de conversión medios 0,73 para la relación H_E/H_p , y 0,6 para H_E/H_{10} , en recintos de la Central Nuclear Embalse con geometrías de irradiación A/P. O bien, cuando la componente A/P del campo de radiación sea predominante.

Bibliografía

- (1) International Commission on Radiological Protection, ICRP publicación N°26. Pergamon Press, Oxford 1977.
- (2) International Commission on radiation Units and Measurements, ICRU publicación N°19, Washington D.C. 1971.
- (3) International Commission on radiation Units and Measurements, ICRU publicación N°39, Washington D.C. 1987.
- (4) Eckerl, H.; Thomasz, E.; Drexler, G.; Ermittlung der effektiven Äquivalentdosis bei der gynakologischen Radiumtherapie. Strahlentherapie 158 (1982) 422-426(Nr 7)
- (5) Walsh, M.L.; Johns, H.E. Measurement of the effective dose equivalent in a nuclear reactor environment with a personal thermoluminescent dosimeter. Health Physics Vol. 46 N° 1 pp. 55 - 64, 1984.

TABLA N° 1
TIEMPO DE EXPOSICION

<u>RECINTO</u>	<u>TIEMPO (Horas)</u>
R-110	39,8
R-402	22,0
R-201	67,5
R-405	16,6
R-501	1,0

TABLA N° 2
DOSIS EQUIVALENTE MEDIA POR ORGANO

	<u>DOSIS EQUIVALENTE MEDIA [10⁻² mSv]</u>				
<u>ORGANO</u>	<u>R-110</u>	<u>R-402</u>	<u>R-201</u>	<u>R-405</u>	<u>R-501</u>
TESTICULOS	63,1	96,2	122,4	95,0	559,0
OVARIOS	84,1	81,3	118,8	100,0	312,0
TIROIDES	119,2	161,7	166,0	133,0	92,0
MAMAS	164,1	173,7	162,4	193,0	239,0
PULMONES	112,3	95,9	165,0	129,0	119,0

(Cont.TABLA N° 2)

MED. OSEA ROJA

COLUM.VERT.	76,5	98,1	137,3	75,3	139,0
ESTERNON	166,4	138,9	159,1	186,0	141,0
CLAVICULA	172,6	128,0	153,6	160,0	102,0
OMOPLATO	131,0	137,6	178,6	121,0	96,0
PELVIS	63,0	123,6	128,0	72,0	235,0
COSTILLAS	125,1	124,1	154,3	140,0	182,0
CRANEO	155,7	189,4	122,7	181,0	73,0
BRAZO	141,6	157,9	165,7	129,0	171,0
PIERNA	104,4	121,0	135,5	123,0	608,5
MED.OSEA ROJA	95,7	127,0	136,7	103,0	193,0
CEREBRO	139,6	174,3	124,6	166,0	71,0
HIGADO	100,1	95,8	147,8	129,0	150,0
ESTOMAGO	102,7	122,9	147,0	137,0	179,0
RINONES	75,1	106,5	122,5	83,0	171,0
GLANDULAS.SUP	82,7	93,2	131,4	90,0	141,0
BAZO	78,3	130,5	141,0	97,0	153,0
PANCREAS	81,1	109,0	140,9	113,0	165,0
VEJIGA	65,5	82,8	117,1	88,0	424,0
TIMO	146,8	118,3	180,4	142,0	98,0
INT.DELG.	90,9	99,4	123,3	129,0	249,0
INT.GRUES.	106,7	103,1	120,8	125,0	266,0

TABLA N° 3
FACTORES DE CONVERSION

RECINTO	H_E / X [10^{-2} Sv/R]	H_E / H_{10} [Sv / Sv]	H_E / H_p [Sv / Sv]
R - 110	0,55	0,64	0,67
R - 402	0,58	0,64	0,70
R - 201	0,97	-	0,89
R - 405	0,49	0,54	0,67
R - 501	0,45	0,56	1,12

* * * * *