

MODELADO de la TASA de DOSIS en el EXTERIOR de una PLANTA de IRRADIACIÓN GAMMA

Mangussi, J.

FACET - UNT. Av. Independencia 1800- (4000) San Miguel de Tucumán
jmangussi@herrera.unt.edu.ar

Resumen

Se presenta un modelo que calcula la tasa de dosis absorbida en el exterior de una planta de irradiación gamma. En estas plantas, una fracción de la radiación emitida hacia arriba llega al exterior. Se modelan las interacciones Compton en las paredes de los conductos de ventilación que atraviesan el techo y las interacciones Compton en el aire. Se calcula la tasa de dosis absorbida, hasta 200 m de altura, producida por la radiación secundaria. Los resultados, que están destinados al diseño de plantas de irradiación y a estudios ambientales, se presentan en forma gráfica.

Palabras clave: planta irradiación – irradiación gamma – tasa de dosis en exterior – modelo computacional

I. Introducción

En una planta de irradiación gamma, el laberinto de entrada y las paredes del recinto de irradiación constituyen blindajes adecuados para garantizar la seguridad radiológica de las personas en el exterior de dicho recinto. El techo del recinto puede tener un espesor menor, ser parcialmente removible y/o tener salidas para su ventilación. Cuando en una planta de irradiación gamma las fuentes radiactivas están expuestas, una cierta cantidad de fotones tienen una probabilidad de llegar al exterior y sufrir una dispersión Compton en el aire. En esta dispersión se generan fotones secundarios con energía menor que la de los fotones originales. Los fotones secundarios contribuyen a la tasa de dosis absorbida en un medio material que está en el exterior. Este proceso se conoce usualmente como “efecto sky” y se muestra en la figura 1.

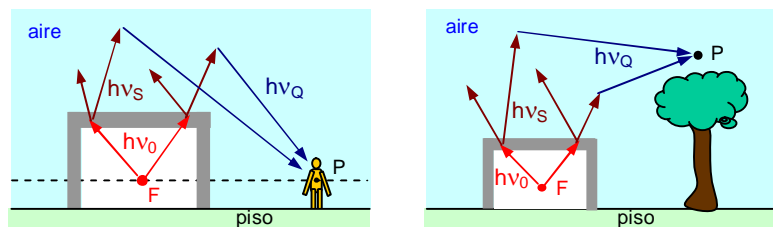


Figura 1. “Efecto sky”. A la izquierda, cerca del piso. A la derecha, más alto que el techo. Fotones emitidos por la fuente: $h\nu_0$; fotones secundarios: $h\nu_s$ y $h\nu_Q$.

Para los cálculos de seguridad en el exterior de una planta de irradiación real es habitual reemplazar el irradiador por una fuente puntual con la misma actividad ubicada en el centro geométrico del mismo; el recinto de irradiación tiene aberturas para evacuación del ozono producido. Los conductos de las aberturas atraviesan el techo y tienen en el exterior un sombrerete de metal; la forma de los conductos impide que la radiación ($h\nu_0$) emitida por la fuente radiactiva F salga directamente al exterior, pero como hay interacciones Compton en las paredes del conducto se genera radiación secundaria ($h\nu_s$

$< hv_0$) que sale al exterior e interactúa a su vez con el aire involucrado produciendo fotones de menor energía ($hv_Q < hv_S$) que contribuyen a la tasa de dosis absorbida en el punto P.

En un trabajo anterior (Mangussi, 2011) se presenta un modelo para el cálculo de la tasa de dosis absorbida cerca del piso, en el plano $Z_P = 0$ m. Las aberturas en el techo se modelan con dos interacciones Compton en dos puntos dentro del conducto de ventilación y se tiene en cuenta la atenuación debida al sombrerete.

Los valores numéricos usados en el cálculo son los siguientes.

- Fuente radiactiva: puntual con actividad = 500.000 Ci ($1,85 \times 10^{16}$ Bq).
- Techo: 1,5 m de hormigón pesado; comienza a 2,9 m de la fuente radiactiva.
- Sombrerete metálico: lámina de hierro de 0,001 m de espesor.
- Diámetro de cada abertura = 0,6 m.
- Centro de las aberturas a 6,4 m de eje vertical que pasa por la fuente puntual F.
- Dimensión característica del volumen asociado a cada punto ficticio de las aberturas = 0,02 m.
- Aire involucrado, altura: desde 5 m a 100 m. Ancho y largo: -200 m a 200 m.
- Dimensión característica de un elemento de aire: 0,25 m

La situación de cálculo se muestra en la figura 2.

II – Tasa de dosis en alturas cercanas al piso

El cálculo de la tasa de dosis absorbida en puntos P ubicados en planos $Z_P > Z_{Techo}$, es conceptualmente el mismo que el correspondiente al plano $Z_P = 0$ m con las variaciones de geometría correspondientes como se muestra en la figura 2.

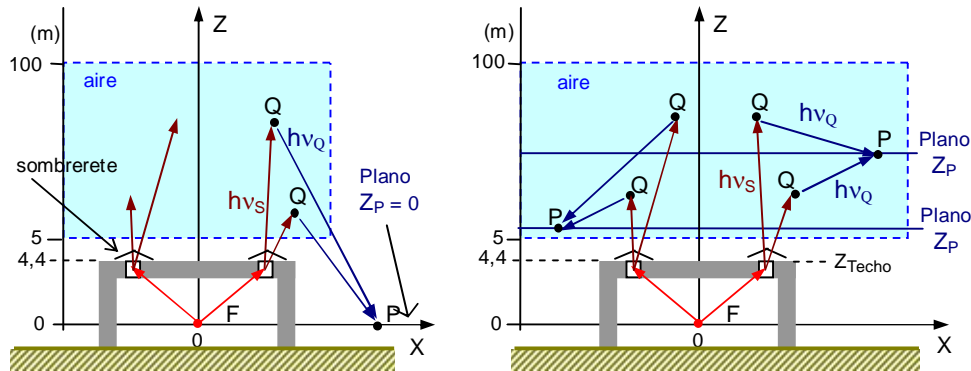


Figura 2. Situación para el cálculo de la tasa de dosis absorbida en planos $Z_P =$ constante. A la izquierda, para el plano $Z_P = 0$ m. A la derecha, para planos $Z_P > Z_{Techo}$.

En la figura se observa que en el caso $Z_P = 0$ la dirección de todos los fotones hv_Q forma un ángulo mayor que $\pi/2$ con la dirección de los fotones hv_S , mientras que en el caso $Z_P > Z_{Techo}$ ($= 4,4$ m) este ángulo puede ser menor que $\pi/2$. Como la energía y la cantidad de fotones secundarios (hv_Q) emitidos dependen del ángulo que forma su dirección con la del fotón (hv_S); la energía de (hv_Q) es mayor cuanto menor es el ángulo. Cabe esperar que en planos $Z_P > Z_{Techo}$ se obtenga una tasa de dosis absorbida mayor que la obtenida para el plano $Z_P = 0$.

Se entiende que en el exterior del edificio, especialmente arriba del techo, existe una zona a la que tiene acceso sólo el personal autorizado; por esta razón no se calcula la tasa de dosis sobre la proyección del techo en los planos horizontales $Z_P > Z_{Techo}$ cuyas

alturas se consideran cercanas a la planta de irradiación. Un plano horizontal $Z_P > Z_{Techo}$ con su proyección del techo y dos planos Z_P se muestran en la figura 3.

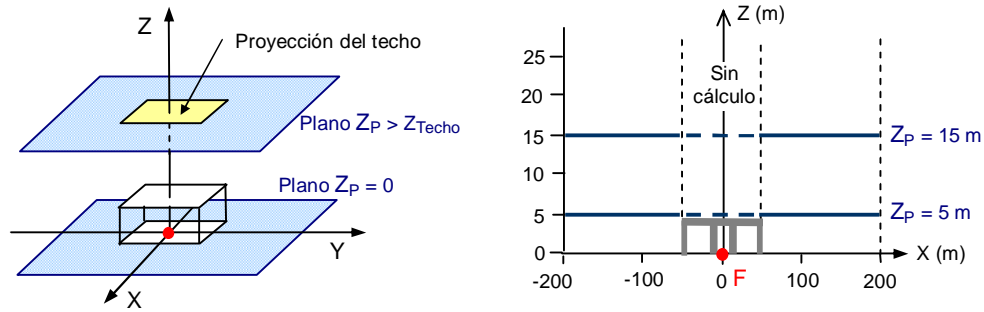


Figura 3. A la izquierda, plano horizontal más alto que el techo ($Z_P > Z_{Techo}$) y la proyección del techo. A la derecha, dos planos Z_P donde se calcula la tasa de dosis absorbida.

El modelo de cálculo de las tasas de dosis absorbidas usa los mismos datos y parámetros que los usados para el plano $Z_P = 0$ m. No se incluye la contribución directa de los fotones con energía $h\nu_S$. Se calculan las tasas de dosis absorbidas en los planos $Z_P = 5$ m y $Z_P = 15$ m. Se observa que la tasa de dosis absorbida en la misma ubicación (X_P , Y_P) aumenta con Z_P .

Los mapas de isolíneas de tasa de dosis absorbida para $Z_P = 5$ m y $Z_P = 15$ m se muestran en la figura 4; en los mapas se señala la zona “sin cálculo” que corresponde a la proyección del techo: $(-50 \text{ m} < X_P > 50 \text{ m})$ y $(-50 \text{ m} < Y_P > 50 \text{ m})$.

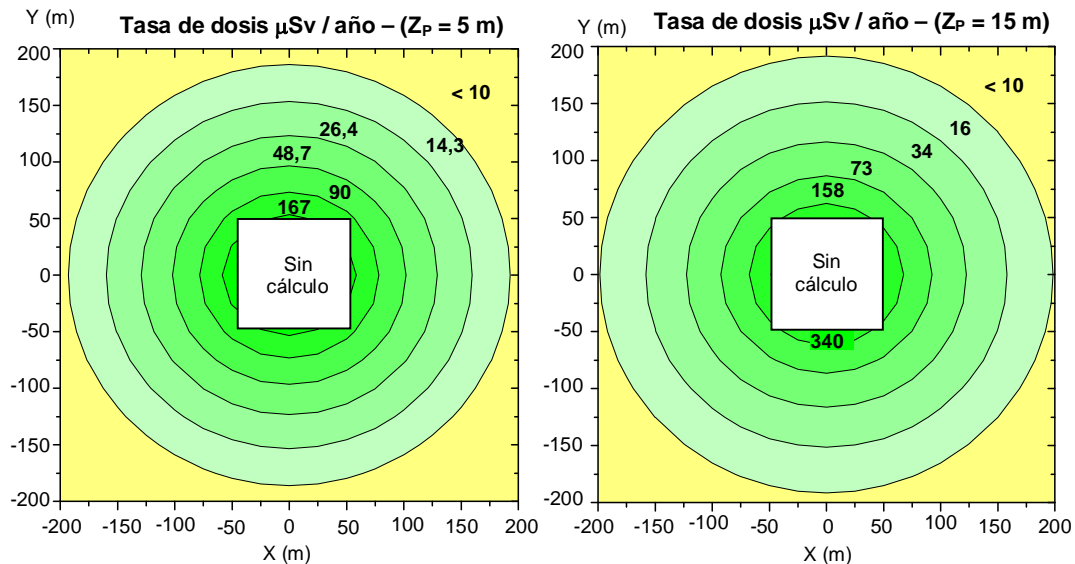


Figura 4. Mapa de líneas de igual tasa de dosis absorbida en $\mu\text{Sv/año}$. A la izquierda, para $Z_P = 5$ m. A la derecha, para $Z_P = 15$ m. No se calcula sobre la proyección del techo.

Para analizar el aumento de la tasa de dosis absorbida con la altura Z_P , se calcula la tasa de dosis absorbida en un plano vertical cerca del edificio y cerca del piso: $(50 \text{ m} < X_P \leq$

80 m) y $(0 \text{ m} \leq Z_P \leq 25 \text{ m})$. La zona de cálculo y el mapa vertical de tasa de dosis absorbida se muestra en la figura 5.

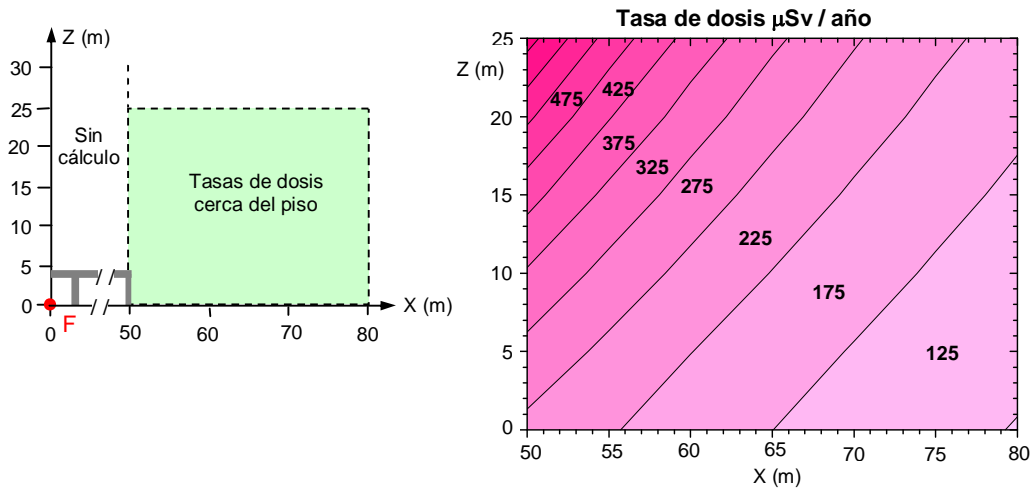


Figura 5. A la izquierda, el plano vertical de la zona de cálculo. A la derecha, el mapa de la tasa de dosis absorbida en $\mu\text{Sv/año}$.

Se observa que la tasa de dosis absorbida es mayor cerca del edificio y aumenta con la distancia al piso, por lo menos hasta los 25 m de altura. La tasa dosis cerca del piso y a bajas alturas involucra a las personas, a los objetos y las maquinarias y al ambiente que no es demasiado natural porque está modificado por las actividades humanas. La variación de la tasa de dosis para alturas mayores se presenta en el apartado siguiente.

III – Tasa de dosis a mayores alturas

Para analizar la dependencia de la tasa de dosis absorbida con la altura (Z) se la calcula para 4 valores de X_P : 0 m, 50 m, 100 m y 150 m. La ubicación de los puntos de cálculo y las tasas de dosis absorbidas en función de la altura se muestra en la figura 6.

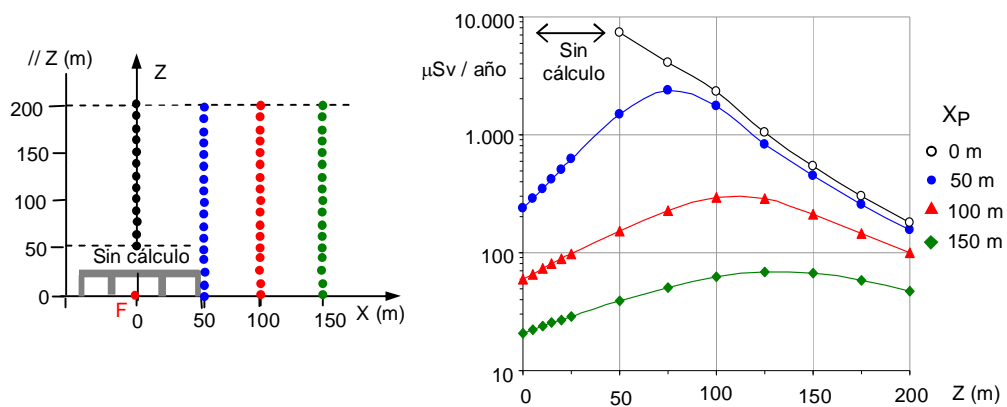


Figura 6. Tasa de dosis absorbida ($\mu\text{Sv/año}$) según la altura Z para 4 valores de X_P . A la izquierda, puntos de cálculo. A la derecha, tasa de dosis absorbida en función de la altura.

Se observan los máximos en la tasa de dosis absorbida a distintas alturas Z según la distancia X_P . Para $X_P = 150$ m y $X_P = 100$ m la tasa de dosis absorbida máxima es menor que el límite de seguridad de 1 mSv/año. Para $X_P = 50$ m y $X_P = 0$ m, hay alturas Z en las cuales la tasa de dosis es mayor que el límite de 1 mSv/año. (ARN 2003). Para analizar la dependencia se calculan las tasas de dosis en un plano vertical hasta la altura $Z = 200$ m y hasta distancias $X = 200$ m de la fuente radiactiva puntual. La zona representada por el mapa se muestra en la figura 7.

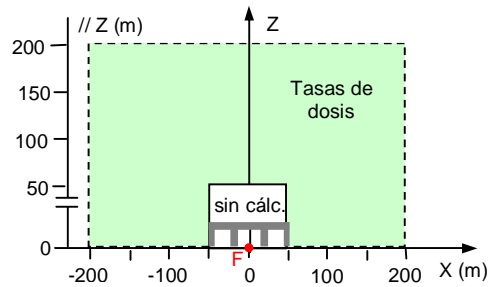


Figura 7. El plano vertical de la zona de cálculo.

En la figura 8 se muestra el mapa vertical correspondiente a las tasas de dosis absorbidas.

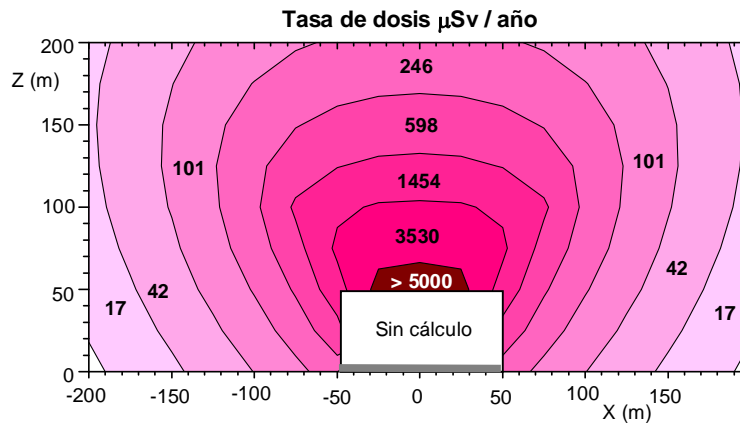


Figura 8. Mapa de la tasa de dosis absorbida en $\mu\text{Sv/año}$.

La zona arriba del techo hasta una altura determinada debe considerarse vinculada a la planta de irradiación, razón por la cual sus límites de seguridad son distintos a los correspondientes al público en general; en los cálculos anteriores se ha asignado a esa altura el valor de 50 m.

IV. Discusión y conclusiones

La tasa de dosis absorbida en un punto P , D_P , está originada por los fotones que llegan al volumen asociado al punto P . Estos fotones pueden provenir directamente de la abertura ($h\nu_S$) y originar una contribución directa, D_U , a la tasa de dosis, o pueden ser fotones secundarios ($h\nu_Q$) y originar una contribución de “build up”, D_B . En el plano $Z_P = 0$ m, no hay contribución directa ($D_U = 0$) y sólo existe la contribución de “build up”, por lo tanto: $D_P = D_B$. El modelo para el plano $Z_P = 0$ m calcula $D_P = D_B$. En este trabajo se aplica este modelo para los planos $Z_P > 0$ y la tasa de dosis calculada es D_B .

En los casos de los planos $Z_P > Z_{\text{Techo}}$ hay una contribución directa no nula y la tasa de dosis absorbida es: $D_P = D_U + D_B$.

Para obtener valores más confiables de la tasa de dosis producida por la radiación directa, D_U , y de la contribución de “build up” a la tasa de dosis absorbida, D_B , para alturas cercanas al techo, se necesita un modelo con los suficientes detalles geométricos y de materiales de las aberturas y sus conductos. Si se dispone de esa información puede plantearse un modelo parecido a los que se desarrollan para el cálculo de la tasa de dosis absorbida en la entrada del laberinto de una planta de irradiación. (Mangussi, 2008).

Estos cálculos de la tasa de dosis absorbida en el exterior de una planta de irradiación están orientados al diseño preliminar de una planta de irradiación. Los modelos usados han sido validados y pueden aplicarse también a estudios ambientales.

Soporte Institucional

Este trabajo fue realizado dentro del Acuerdo Específico N° 0899 004: "Modelización y Cálculo de Dosis de Radiaciones Ionizantes en una Distribución de Fuentes Radiactivas de Uso Industrial", firmado entre la Comisión Nacional de Energía Atómica y la Universidad Nacional de Tucumán. (N° 0899 004).

Este trabajo fue parcialmente financiado por el proyecto de investigación 26/E475 “Modelos macroscópicos y microscópicos de la tasa de dosis para una planta de irradiación gamma. Ajuste a casos particulares”, aprobado por el Consejo de Investigaciones de la Universidad Nacional de Tucumán. (2011 – 2012).

Referencias.

- ARN 2003. “Norma básica de seguridad radiológica. AR 10.1.1. Revisión 3”.
Aprobada: Boletín Oficial N° 20/11/01.
- Mangussi, J. 2008. “Modelado de cálculo para la tasa de dosis en la entrada del laberinto de una planta de irradiación semi industrial”. XXXV Reunión Anual de la AATN. Bs. As.
- Mangussi, J. 2011. “Tasa de dosis generada por una planta de irradiación gamma en el ambiente circundante”. XXXVIII Reunión Anual de la AATN. Bs. As.

DOSE RATE MODELELED FOR THE OTUDOORS OF A GAMMA IRRADIATION PLANT

Mangussi, J.

FACET - UNT. Av. Independencia 1800- (4000) San Miguel de Tucumán
jmangussi@herrera.unt.edu.ar

A model for the absorbed dose rate calculation on the surroundings of a gamma irradiation plant is developed. In such plants, a part of the radiation emitted upwards reaches the outdoors. The Compton scatterings on the wall of the exhausting pipes through de plant roof and on the outdoors air are modelled. The absorbed dose rate generated by the scattered radiation as far as 200 m is calculated. The results of the models, to be used for the irradiation plant design and for the environmental studies, are showed on graphics.