

## 32 Reunión Anual SNE. Tarragona 2006

## 06-02 DOEFLURA: Un programa para el cálculo de dosis a la población por emisión de efluentes radiactivos

Autor: Guillermo Sánchez ( [gsl@fab.enusa.es](mailto:gsl@fab.enusa.es) ), Javier Herrero, Agustín Pérez.  
ENUSA Industrias Avanzadas S.A. Fca. Juzbado. Apdo. 328. 37080 Salamanca

**Resumen.** - En la preparación del manual de cálculo de dosis por emisión de efluentes (MCDE) aplicable a la Fábrica de Juzbado se decidió desarrollar un programa propio que incorporase las ecuaciones desde el principio. Esto ha permitido un control total de los parámetros que intervienen en el cálculo. Se optó por aplicar la metodología descrita en el SRS 19 (IAEA 2001) aunque se han mantenido los factores de paso de la guía reguladora NCR RG 1 109. Se ha extendido, en el caso de efluentes líquidos, para permitir su uso a las instalaciones de Saelices. Otras de las ventajas del programa es que se ha realizado una versión web permitiendo su ejecución desde un navegador (MS Explorer, Gozilla, etc.)

Dado las escasísimas emisiones de instalaciones, como la fábrica de Juzbado donde las dosis anuales son usualmente inferiores a 1 microsievert (indistinguible del fondo), no es posible contrastar los resultados del programa con los resultados de las determinaciones realizadas para el PVRA de la Fábrica de Juzbado. Esto es coherente con lo predicho por el propio programa.

### Introducción

El cálculo anual de dosis a la población se venía realizando en la Fábrica de Juzbado con un programa de cálculo de dosis de carácter general en el se utilizaban los parámetros específicos de la instalación como datos de entrada. Por indicación del CSN se ha procedido a elaborar un Manual de cálculo de dosis a la población por emisión de efluentes radiactivos líquidos y gaseosos (habitualmente conocido por MCDE [1]) específico de la fábrica de Juzbado. Esta circunstancia ha sido aprovechada para desarrollar un programa de cálculo de dosis desde el principio. Se optó por aplicar la metodología descrita en el SRS 19 [2] aunque se han mantenido los factores de paso de la guía reguladora NCR RG 1.109 [3]. Se ha extendido, en el caso de efluentes líquidos, para permitir su uso a las instalaciones de ENUSA en Saelices, en proceso de clausura. El programa resultante puede ejecutarse en EXCEL, y también se ha desarrollado una versión web permitiendo su ejecución desde un navegador (MS Explorer, Firefox, Gozilla, etc.)

### El programa

#### Fundamentos

La dosis se calcula para cada radionucleido,  $j$ , y vía de exposición,  $i$ , aplicando la siguiente expresión:

$$D_j(E \text{ o } H(p)) = \sum_i^m C_{ij} U_{ij} FCD_{ij}$$

(1)

donde:

- |          |   |
|----------|---|
| $i$      | Vía de exposición: (1) = Ingestión de agua, (2) = Consumo de vegetales, (3) = Consumo de leche, (4) = Consumo de carne; (5) = Consumo de pescado; (6) = Deposición en el suelo. |
| $D_j$    | Dosis efectiva, $E$ , o dosis equivalente a la piel, $H(p)$ , durante el periodo considerado (normalmente 1 año natural), en mSv.   |
| $C_{ij}$ | Concentración de radionucleido en la vía de exposición $i$ . Las unidades utilizadas son: Bq/m <sup>2</sup> para la   |

actividad depositada en el suelo, Bq/kg para la ingestión de alimentos sólidos o Bq/L para la ingestión de alimentos líquidos. El cálculo de los factores  $C_{ij}$  requiere el empleo de ecuaciones y parámetros específicos asociados a cada vía de exposición. Se han aplicado las ecuaciones descritas en la SRS 19 (IAEA 2001) y se han utilizado los modelos típicos de la Fábrica de Juzbado y de las Explotaciones mineras de Saelices.

$U_{ij}$ : Factor de consumo o de uso asociado a la vía de exposición. Para la ingestión corresponde a la tasa anual de consumo por individuo, en kg o L, y para la deposición el tiempo de exposición, en h.

$FCD_{ij}$ : Factor de conversión a dosis. Para la ingestión lo denominamos FDI (en mSv/Bq) y para la deposición FDS (en mSv·m<sup>2</sup>/(Bq·h). Se han obtenido de ICRP 2001 [4] y en el caso de la exposición a la actividad depositada en el suelo de FGR 13 [5]

La dosis efectiva total en mSv,  $D_T$  será la suma de las dosis debidas a cada radionucleido y vía de exposición.

$$D_T(E \text{ o } H(p)) = \sum_j^n \sum_i^m C_{ij} U_{ij} FCD_{ij} \quad (2)$$

El procedimiento se aplica para cada isótopo concreto, la dosis total viene dada por la suma de las obtenidas para cada isótopo.

Dado que se trata de dos emplazamientos concretos con parámetros que no se tienen por que modificarse en el tiempo, estos se dejan fijos. Así el usuario accede a un sencillo menú que contiene los únicos parámetros que puedan variar de un año (o periodo de 12 meses) a otro. Como modelo de entrada, (versión web) se muestra en la Fig. 1 y como modelo de salida (versión Excel) la Tabla 1 y 2.

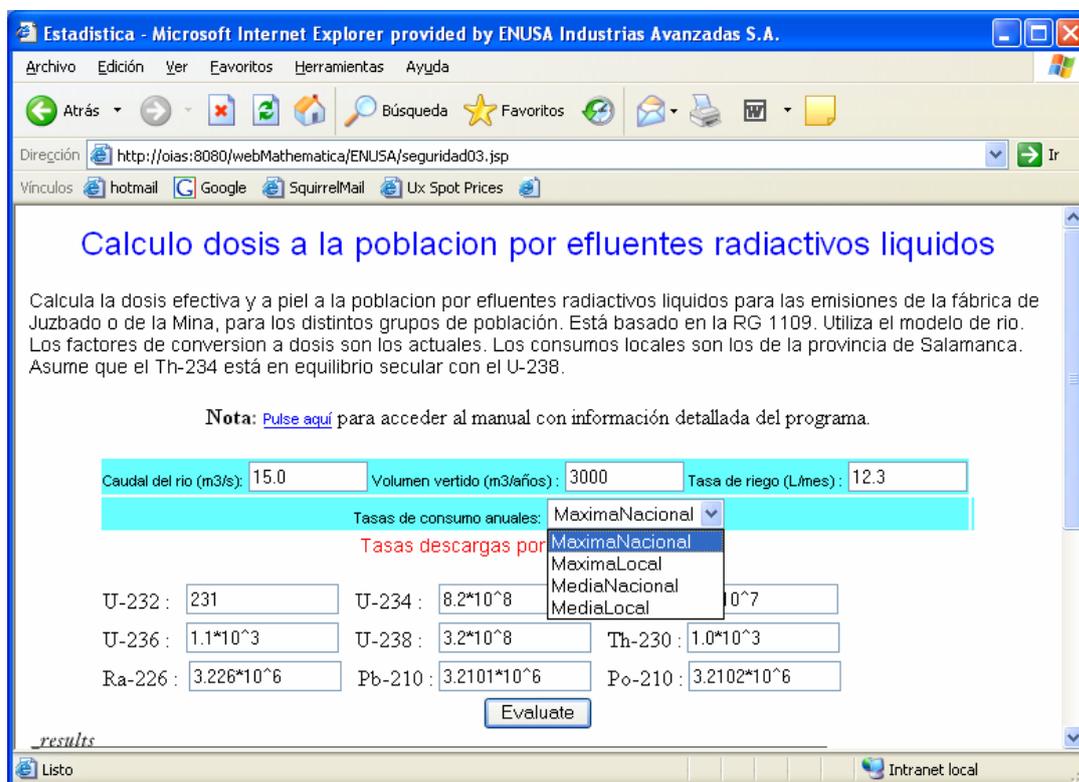


Figura 1.- Pantalla de entrada usada para el calculo de dosis por efluentes líquidos (aplica a la fabrica de Juzbado y a las instalaciones mineras de Saelices)

Tabla 1.- Dosis al individuo más expuesto fuera de la zona bajo control del explotador, por emisión de los efluentes radiactivos líquidos de la Fábrica de Juzbado			
Actividad alfa emitida	28.84	MBq	
Enriquecimiento medio en el periodo considerado	4.07	% U-235	
Actividad isotópica emitida:			
• U-234	24.39	MBq	
• U-235	0.95	MBq	
• U-238	3.49	MBq	
• Otros (Th-234; Pa-234)	3.49	MBq	
Volumen emitido	2407	m <sup>3</sup>	
Caudal medio del río	7.97	m <sup>3</sup> /s	
Dosis (mSv/año)	Adultos > 17 años	Niños 7-12 años	Infantes 1-2 años
Dosis efectiva	6.26E-06	8.67E-06	1.29E-05
Dosis equivalente a piel	5.20E-06	5.83E-06	7.48E-06

## Aplicación a la Fábrica de Juzbado

Las dosis de la tabla 1 y 2 muestran los valores típicos de las dosis para un año normal.

**Tabla 2.- Desglose de la dosis anual, en mSv, al individuo más expuesto fuera de la ZBCE, por emisión de los efluentes radiactivos líquidos de la Fábrica de Juzbado**

	Adultos > 17 años	
Ing. Agua	4.10E-06	65.4%
Ing. Veg. Hoja Ancha	3.95E-07	6.3%
Ing. FLG	1.53E-06	24.5%
Ing. Leche	9.96E-08	1.6%
Ing. Carne	3.11E-08	0.5%
Ing. Pescado	7.52E-08	1.2%
Deposición	3.01E-08	0.5%
<b>Dosis TOTAL (mSv/a)</b>	<b>6.26E-06</b>	

Se observa que se trata de cantidades insignificantes, completamente indistinguibles del fondo radiológico ambiental. Esta situación completamente deseable plantea una serie de cuestiones:

- La Radiation Protection 129 [6] hace mención a la conveniencia de validar los modelos indicando que lo ideal sería

contrastar con las muestras tomadas localmente. En nuestro caso las bajas emisiones de la instalación imposibilitan un contraste entre lo predicho por el programa y los resultados del Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental. Por este motivo no es posible una auténtica validación del programa en el sentido de contrastar lo predicho con valores experimentales. Lo único que puede asegurarse es que del cálculo se deriva que las concentraciones en el medio son indistinguibles del fondo radiológico ambiental y los datos experimentales así lo atestiguan.

Dado la imposibilidad de validar el programa con datos locales como alternativa se ha tratado de conseguir datos experimentales en los programas de validación de modelos de la OIEA (VAMP; BIOMASS y EMRAS). Cuando se accede al sitio web de la OIEA donde se detallan el contenido de estos programas de validación se encuentran que salvo para casos muy concretos (por ejemplo: El programa VAMP encaminado a contrastar los datos predichos con los datos experimentales obtenidos de Chernobil que no son aplicables a Juzbado) se encuentra con que se enumeran declaraciones de intención de grupos de trabajo y ningún dato que pueda servir

- como fuente de validación o verificación de un programa de cálculo.
- La forma de contrastar el programa ha consistido en comparar los resultados con los proporcionados por otros (LADTAP) y con métodos alternativos de cálculo comprobándose que no existen discrepancias apreciables.

Otro tema que se suscita es si para dosis tan pequeñas está justificado invertir recursos en conseguir parámetros más realistas en el cálculo. Por ejemplo la guía RP 129 [6] recomienda disponer de una buena información de las condiciones locales en las inmediaciones de la instalación en la que se hace la evaluación realista de la dosis. El número de parámetros a evaluar puede ser tan detallado como se desee, el propio documento reconoce que eso puede ser una tarea larga y costosa y sólo debería realizarse cuando esté justificada: "... si la dosis calculada para el grupo de referencia es 200  $\mu\text{Sv/año}$  ... sería conveniente establecer la tasas de consumo locales, ..., si la dosis es del orden de unos  $\mu\text{Sv/año}$  no estaría justificado un estudio detallado de las tasas de consumo locales". En nuestro caso los valores de la tabla 2 para todas las vías son inferiores a 1  $\mu\text{Sv/año}$  parece razonable que para dosis tan baja no debería requerirse ninguna acción adicional.

## **CONCLUSIONES Y DESARROLLOS ADICIONALES**

Hemos visto que el estricto control que sobre las emisiones radiactivas se tiene en instalaciones nucleares como la de Juzbado tiene como consecuencia que las dosis estimadas a la población dé valores insignificantes. Como contrapartida, según la guía SRS19, en estos casos podría no estar justificado gastar recursos en la determinación de parámetros locales.

Un beneficio añadido que se ha obtenido en el desarrollo íntegro del programa es que nos ha permitido un conocimiento en profundidad de los métodos de cálculo utilizado. Como se ha indicado nos hemos basado en la guía SRS

19. Hemos comprobado que es la que mejor se adecua a nuestras instalaciones debido a lo bien sistematizada que está. Hemos encontrado que posee ciertas limitaciones, en particular las siguientes:

a) Para el cálculo de la dispersión de los radionúclidos a través de la cadena alimentaria aplica factores de paso y bioacumulación en condiciones de equilibrio. En ciertos casos esta metodología puede sobreestimar las concentraciones, y por consiguiente la dosis.

b) Para tratar a los descendientes se aplica una simplificación habitual consistente en suponer que los isótopos de vida más corta se suponen en equilibrio secular en toda cadena trófica una concentración al isótopo hijo idéntica al isótopo padre.

Ambos temas son objeto de una ponencia específica [7].

## **REFERENCIAS**

1. MCDE. Manual de Cálculo de Dosis al Exterior de la Fábrica de Juzbado. Mayo 2006.
2. Safety Reports Series No.19 "Generic models for use in assessing the impact of discharges of radioactive substances to the environment", IAEA, Vienna, 2001.
3. Regulatory Guide 1.109 "Calculation of Annual Doses to Man from Routine Releases of Reactor Effluents for the purpose of Evaluating Compliance with 10 CFR 50, Appendix I".
4. The ICRP Database of Dose Coefficients: workers and members of the public Versión 2.01. (2001). Distribuido por Elsevier Science Ltd. 2001(en CD-ROM).
5. Federal Guidance Report 13. EPA 402-C-99-001 (2000), y suplemento actualizado en CD-ROM (2002).
6. Radiation Protection 129 "Guidance on the realistic assessment of radiation doses to members of the public due to the operation of nuclear installations under normal conditions"; 2002.
7. Cálculo de dosis realistas: Un método para evaluar el efecto de los descendientes. SNE 32 reunión anual. Tarragona 2006.