

**REPRESENTACION GRAFICA EN PC's DE MODELOS DE DIFUSION GASEOSA DE EMISIONES DE RADIONUCLEIDOS A LA ATMOSFERA****GRAPHIC DISPLAYS ON PCs OF GASEOUS DIFFUSION MODELS OF RADIONUCLIDE RELEASES TO THE ATMOSPHERE**

E. del Campo Ortega
(EMPRESARIOS AGRUPADOS)

ABSTRACT

The well-known MESOI program has been modified and improved to adapt it to a PC/AT with VGA colour monitor. Far from losing any of its powerful characteristics to calculate the transport, diffusion, deposition and decay of gaseous radioactive effluents discharged to the atmosphere, it has been enhanced to allow graphic viewing of concentrations, wind speed and direction and puff locations in colour, all on a background map of the site.

The background covers a 75 x 75 km square and has a graphic grid density of 421 x 421 pixels. This means that effluent concentration is represented approximately every 170 metres in the "clouded area".

Among the modifications and enhancements made, the following are of particular interest:

- 1. A new subroutine called NUBE has been added, which calculates the distribution of effluent concentration of activity in a grid of 421 x 421 pixels.*
- 2. Several subroutines have been added to obtain graphic displays and printouts of the cloud, wind field and puff locations.*
- 3. Graphic display of the geographic plane of the area surrounding the effluent release point.*
- 4. Off-line preparation of meteorological and topographical data files necessary for program execution.*

INTRODUCCION

Aunque la probabilidad de un accidente severo en una Central Nuclear es muy remota, siempre existe una posibilidad de que ocurran sucesos no previstos que

supongan una liberación incontrolada de productos radiactivos al exterior. El Explotador de la Central Nuclear debe disponer de los medios para informar rápida y correctamente a las autoridades sobre las posibles dosis recibidas y/o que vaya a recibir la población.

La complejidad y laboriosidad de los cálculos exige el empleo de programas de ordenador bastante sofisticados. Existen numerosos programas que dan respuesta a esta necesidad. Sin embargo, casi todos tienen el inconveniente de presentar los resultados en forma de extensas tablas numéricas cuya interpretación no es intuitiva ni rápida.

El MESOI fué escrito en FORTRAN 77 para su empleo en un ordenador VAX 11/780 debido a sus requisitos de memoria y velocidad de cálculo. Sin embargo el espectacular aumento durante la última década de las prestaciones de los ordenadores personales, hace que actualmente un PC/AT standard pueda ejecutar satisfactoriamente este programa.

En la ponencia se describen las modificaciones y mejoras introducidas en el programa MESOI de la USNRC, para adaptarlo a un PC/AT standard aprovechando sus capacidades gráficas para obtener la representación de la concentración de radionúclidos en la atmósfera y la deposición sobre el terreno. Dicha representación se hace en forma de una "nube" de 4 colores, indicando cada color una concentración o deposición diferente.

La "nube" se dibuja superpuesta a un fondo con el plano geográfico del lugar de la emisión y sus alrededores, lo que permite localizar fácil e instantáneamente la posición de la "nube", hacerse cargo de la situación global y tomar decisiones muy rápidamente.

EL PROGRAMA MESOI

DESCRIPCION GENERAL

El Programa MESOI 2.0 está recomendado por la NRC para estimar el transporte y difusión de los efluentes radiactivos emitidos a la atmósfera.

El programa puede tratar las descargas producidas simultáneamente en hasta cuatro puntos diferentes, pudiendo producirse en altura o a nivel del suelo. Utiliza un modelo de descargas puntuales ("puffs"), es decir, descargas instantáneas de actividad a un ritmo predefinido que, si bien puede modificarse fácilmente, es

a costa del tiempo de ejecución del programa. El movimiento de los "puffs" se realiza en un campo de vientos definido en tres dimensiones, y que es ajustado por el propio programa por los efectos de la topografía del terreno.

La concentración de material en los "puffs" viene dada por la ecuación:

$$X(x, y, z) = \frac{Q}{(2\pi)^{3/2} \sigma_x \sigma_y \sigma_z} \exp \left[-\frac{1}{2} \left[\frac{x-x_0}{\sigma_x} \right]^2 - \left[\frac{y-x_0}{\sigma_y} \right]^2 - \left[\frac{z-x_0}{\sigma_z} \right]^2 \right]$$

donde:

- X es la concentración del material en el punto (x,y,z)
- Q es la masa total de material contenida en el "puff"
- x_0, y_0, z_0 son las coordenadas de la posición del centro del "puff"
- $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ son los coeficientes de difusión característicos del "puff" en las direcciones x,y,z.

La distribución de concentraciones en sentido vertical no es puramente gaussiana, estando modificada por la reflexión del material en el suelo y en la parte superior de la **capa de mezcla**, altura que se da como dato de entrada del programa.

El programa considera también:

- a) La deposición, seca o húmeda, del material en la superficie del terreno.
- b) El decaimiento radiactivo y en su caso el crecimiento de los radionúclidos hijos.

La entrada de datos al programa se realiza por un procedimiento mixto, combinando la entrada interactiva de datos por el teclado con la lectura de ficheros de datos previamente preparados.

ENTRADA DE DATOS A TRAVES DE TECLADO

Se introducen interactivamente a través del teclado los datos generales del caso

a estudiar: espaciado de la malla topográfica y de vientos, nombres de los ficheros con datos meteorológicos y topográficos, así como los datos de los términos fuente: situación geográfica y datos del escape, inicio, duración, intensidad, altura, etc.

También se introducen mediante teclado el tipo de deposición del material a utilizar en el cálculo (seca o húmeda) con sus parámetros correspondientes y los periodos de desintegración de los radionúclidos si se quiere tener en cuenta el decaimiento.

ENTRADA DE DATOS MEDIANTE FICHEROS

Durante su ejecución, el MESOI lee una serie de ficheros conteniendo datos necesarios para el cálculo. Hay 6 ficheros de entrada de datos al programa que deben prepararse previamente a la ejecución del MESOI:

- **TERRA.DAT**
Contiene los datos necesarios para ajustar el campo de vientos en la capa superficial (inferior a 10 metros) por efectos del terreno.
- **OBSDAT.DAT**
Contiene los datos meteorológicos observados en cada estación para cada período de cálculo. Es un fichero complejo y difícil de preparar, que se analiza más adelante.
- **FORDAT.DAT**
Contiene los datos meteorológicos previstos en cada estación. Su composición y estructura es análoga al fichero OBSDAT.DAT de datos meteorológicos observados.
- **Fichero ESTACIONES METEOROLOGICAS (SSS.DAT)**
Contiene los datos del nombre y emplazamiento de las estaciones meteorológicas y su estado (si está activa o no) durante la simulación.
- **Fichero TOPOGRAFICO (TOPO.DAT)**
Contiene las elevaciones del terreno en metros, en una malla de 31 x 31 puntos usada por el MESOI para sus cálculos. Su confección es muy laboriosa.
- **Fichero de PUNTOS DE CONTROL (CHECK POINTS) (ARRI.DAT)**
Fichero que contiene las localizaciones de los puntos de control en los que

el programa da una señal de alerta cuando la concentración calculada en dichos puntos exceda de unos niveles prefijados.

INCONVENIENTES DEL PROGRAMA

Aunque el MESOI Versión 2 (1983) es un programa muy completo que permite simular el transporte y deposición del material en función de un gran número de parámetros, su empleo en la práctica presenta importantes inconvenientes y dificultades, fundamentalmente: (1) la entrada de datos del caso a simular y (2) la presentación de resultados tanto numéricos como gráficos.

Entrada de datos

La entrada de datos a través del teclado, y sobre todo la preparación de los ficheros de datos que se leen durante la ejecución del programa, son operaciones complicadas, propensas a cometer errores y, en nuestra opinión, susceptibles de ser simplificadas y mejoradas.

La entrada de los parámetros al programa, aunque interactiva, es bastante confusa y requiere un estudio detallado del NUREG/CR-2344 que no destaca precisamente por su claridad y sencillez.

La preparación de los ficheros de datos de entrada, fundamentalmente datos meteorológicos y topográficos, no está incluida en el programa y es muy propensa a errores ya que hay que hacerla directamente en ficheros ASCII, con la ayuda de un procesador de textos. Como el formato que el MESOI usa para la lectura de estos ficheros es muy rígido, cualquier pequeña variación del formato de los datos en el fichero puede originar importantes errores en el cálculo e incluso producir la cancelación del programa.

Presentación de resultados

La salida de los resultados numéricos del MESOI se realiza a un fichero del disco para su examen y/o impresión posterior. La salida de datos generada es muy abundante, quizás demasiado, pero su presentación es muy pobre y difícil de interpretar y estudiar.

El programa genera una serie de ficheros con diversos tipos de concentraciones y deposiciones calculadas en los nudos de una malla de 31 x 31 puntos para cada

Por otra parte las representaciones verdaderamente gráficas del programa original se limitan a la situación de los "puffs" y la dirección del campo de vientos. Sin embargo estas representaciones requieren el software CALCOMP que no es adecuado para los monitores e impresoras habituales de los PCs, por lo cual se puede afirmar que la versión del MESOI 2.0 para PCs carece de representaciones gráficas.

REPRESENTACIONES GRAFICAS PROPORCIONADAS POR EL NUEVO PROGRAMA

CONSIDERACIONES PREVIAS

Para solucionar los inconvenientes enumerados en el apartado anterior, se pensó en la adición al MESOI de una serie de subrutinas para representar gráficamente en el monitor de un PC los resultados numéricos que proporciona el programa. Ello se consigue mediante la utilización del software **HALO 88, Graphics Kernel System de Media Cybernetics.**

Se han preparado una serie de subrutinas gráficas que se han combinado adecuadamente con los programas fuente del MESOI 2.0, respetando la estructura del programa original.

Se modeliza el emplazamiento como un cuadrado de 70 x 70 km., representándolo en el monitor mediante una malla de 421 x 421 puntos, lo que equivale a representar los valores de las variables (concentraciones y deposiciones) cada 170 metros aproximadamente.

REPRESENTACION DE CONCENTRACIONES Y DEPOSICIONES

El MESOI proporciona los valores de concentraciones y deposiciones en matrices de 31 x 31 puntos. Mediante una nueva subrutina preparada al efecto se realiza una interpolación logarítmica y se obtienen los valores en cada punto de la malla de 421 x 421 puntos, valores que se utilizan para la representación gráfica.

El punto que presenta el máximo y todos los que tienen valores comprendidos en su década, se activa con el color rojo. Los correspondientes a la década inmediatamente inferior se activan con otro color y así sucesivamente hasta cuatro décadas. No se activan los puntos con concentraciones cuatro o más

décadas inferiores al máximo. Se dibuja así en el monitor una nube de 4 colores sobre el plano del emplazamiento.

Esta representación gráfica de la "nube de difusión" atmosférica del material se realiza para los 5 casos siguientes:

1. Concentración total acumulada a nivel del suelo sin considerar la deposición.
2. Concentración acumulada del radionúclido padre a nivel del suelo considerando la deposición.
3. Concentración acumulada del radionúclido hijo a nivel del suelo considerando la deposición.
4. Deposición en el terreno del radionúclido progenitor (padre).
5. Deposición en el terreno del radionúclido descendiente (hijo).

En todos los casos esta representación gráfica se refiere al período de cálculo elegido. Una vez visionada por el usuario, se indica al ordenador que presente otro gráfico o que pase al período de cálculo siguiente.

La representación gráfica no ocupa toda la pantalla del monitor, quedando libre una franja que contiene los siguientes letreros identificativos:

1. Leyenda descriptiva del caso ejecutado.
2. Tipo de variable representada, por ejemplo, CONCENTRACION TOTAL ACUMULADA SIN DEPOSICION.
3. Unidades en las que se expresa la variable, p.e., Bq*hora/m³
4. Código de colores que representa cada década de concentraciones.
5. Número de orden del período de simulación.
6. Fecha: Día/Mes/Año
7. Hora del día
8. Numero de "puffs" activos que se han empleado en el cálculo de la actividad durante el período de simulación.

REPRESENTACION DEL CAMPO DE VIENTOS

La representación del campo de vientos se realiza igualmente en la escala y malla de puntos ya citada (70 Km x 70 Km, 421 x 421 puntos). En la gráfica se representa mediante una flecha la dirección y velocidad del viento en cada uno de los puntos de una malla de 16 x 16 puntos. El sentido de la flecha indica la dirección del viento y su tamaño es directamente proporcional a la intensidad del mismo. Dichos parámetros se calculan por interpolación de los datos meteorológicos de las tres estaciones más cercanas a cada nudo e incluyen las correcciones producidas por las características del terreno si hubiera lugar a ello.

También aparece en la gráfica una tabla con la dirección del viento (en grados) y su velocidad (en millas por hora), la altura de la capa de mezcla y la clase de estabilidad atmosférica de Pasquill en cada estación meteorológica.

Igualmente aparecen los letreros identificativos del caso ejecutado, y del n° del período de simulación representado junto el día, mes, año y hora de simulación.

REPRESENTACION DE LOS DATOS METEOROLOGICOS EN CADA ESTACION

La representación gráfica de los datos de las estaciones meteorológicas se realiza mediante una serie de flechas que representan la dirección y velocidad del viento en cada una de ellas. El origen de cada flecha está localizado en la gráfica en la posición geográfica (coordenadas x, y) de cada estación y su longitud es directamente proporcional a la velocidad del viento.

En la gráfica aparecen letreros análogos a los descritos para las representaciones gráficas de los campos de vientos: datos de las estaciones meteorológicas y de identificación del caso y del período de simulación citados en el apartado anterior.

REPRESENTACION GRAFICA DE LOS "PUFFS"

También se puede obtener opcionalmente una representación gráfica de la posición y tamaño de los "puffs" activos durante el período de simulación. Cada puff se representa mediante un círculo, cuyo centro representa la posición del mismo y cuyo radio es directamente proporcional a su tamaño.

En la gráfica de representación de los "puffs" los letreros se limitan a la identificación del caso tratado, el n° del período de simulación, la fecha (día, mes

y año), la hora y el número de "puffs" activos durante el período.

REPRESENTACION DEL PLANO DEL EMPLAZAMIENTO

Para que todas las representaciones gráficas antes citadas sean útiles en la práctica, es necesario que estén referenciadas geográficamente sobre el plano de la región considerada, de tal forma que sea inmediato posicionar la "nube", la posición de los "puffs", etc.

Ello se ha conseguido mediante una subrutina que contiene todos los datos y parámetros necesarios para representar el plano geográfico alrededor del punto de emisión de efluentes radiactivos (Central Nuclear). Se trata de un cuadrado que representa un plano de 70 km x 70 km en el que están dibujados los datos geográficos más importantes y representativos de la región: ríos, carreteras, ferrocarriles, poblaciones importantes, etc., junto con letreros identificativos de los mismos. En nuestro caso se ha dibujado como ejemplo el plano de los alrededores de la Central Nuclear de Almaraz, si bien puede fácilmente sustituirse por los datos de cualquier otra región.

REPRESENTACIONES GRAFICAS POR IMPRESORA

El software HALO 88 suministra una serie de funciones que permiten construir las subrutinas necesarias para trasladar la representación obtenida en el monitor a una copia en papel mediante una impresora gráfica.

Tanto si se dispone de una impresora en color como en blanco y negro, es necesario seleccionar en el software del HALO 88, los ficheros de conversión de caracteres más adecuados a la impresora disponible y ajustar los parámetros de la misma. En el caso de impresoras en blanco y negro es también necesario convertir los colores de la representación en la pantalla a las tonalidades y entramados de grises disponibles en la impresora, de forma que resalten lo más claramente posible las diferencias entre dos tonalidades contiguas. En nuestro caso hemos utilizado dos impresoras, una NEC PINWRITER 6plus de 24 agujas, y una impresora láser HP Laserjet II. En ambos casos, por tratarse de impresoras en blanco y negro se han seleccionado para el dibujo gráfico una gamma de grises de diferente entramado para que se puedan distinguir fácilmente entre sí fundamentalmente las diversas concentraciones de la "nube", así como los diferentes detalles del plano de fondo: ríos, carreteras, poblaciones, letreros, etc.

En las figuras 1 a 6 se puede observar una salida por impresora de la nube de

concentraciones integradas para sucesivos periodos de simulación. Las figuras 7, 8 y 9 representan el campo de vientos, los datos meteorológicos de las estaciones y la posición de los puffs respectivamente.

AYUDAS A LA PREPARACION DE FICHEROS DE DATOS

Como se indicó anteriormente, el programa MESOI 2.0 lee durante su ejecución una serie de 6 ficheros de datos con los parámetros del problema. Estos ficheros están en formato ASCII y pueden escribirse con ayuda de un procesador de textos. Sin embargo su preparación es difícil y propensa a errores, ya que:

- a) El formato de los datos en el fichero es muy rígido ocupando cada dato una posición fija determinada.
- b) El manual del MESOI no es muy claro en cuanto a la estructura de estos ficheros y los datos a escribir en cada campo no están claramente definidos.
- c) Algunos de los datos han de escribirse en una forma muy especial (por ejemplo: decenas de metros, claves de precipitación, etc.)
- d) En algunos casos el número de datos de cada registro es muy numeroso, lo que se presta a confusión.

Por ejemplo el fichero OBSDAT.DAT de datos meteorológicos, que es la base del cálculo de la difusión atmosférica, contiene para cada período de simulación de 1 hora de duración **unos 70 datos distintos**, distribuidos en tres registros consecutivos de 72 caracteres cada uno. La lectura del fichero por el programa se realiza con un formato muy rígido, por lo que un ligero error en la confección del fichero puede provocar errores importantes. Un desplazamiento de la posición del dato en el campo puede dar lugar a un error de lectura con la consiguiente interrupción del programa o podría conducir a resultados erróneos no detectables.

Adicionalmente, hay que escribir algunos datos en forma no usual: fechas en días julianos, altura de la capa de mezcla en decenas de metros, dirección del viento en decenas de grados, etc.

Para solucionar estos inconvenientes y facilitar la preparación de ficheros se han confeccionado una serie de programas que permiten la preparación y edición de los mismos de forma rápida y riesgo de error. Estos programas se han realizado con un sistema de paneles desplegados en pantalla que indican claramente los

datos a introducir en cada caso y su unidad respectiva. El usuario se limita a introducir el dato solicitado y el programa introduce automáticamente el dato en la posición correcta del fichero ASCII correspondiente.

Se han preparado programas de este tipo para escribir los ficheros de:

- a) Datos meteorológicos
- b) Características de las estaciones meteorológicas
- c) Datos topográficos del terreno

CONCLUSIONES

Se ha modificado y mejorado el conocido programa MESOI, para adaptarlo a un PC/AT convencional con monitor VGA color, de modo que sin perder ninguna de sus poderosas características de cálculo del transporte, difusión, deposición y decaimiento de los efluentes radiactivos gaseosos descargados a la atmósfera, permita la representación gráfica en pantalla e impresora de los resultados de la simulación. Las mejoras introducidas al programa permiten obtener la representación gráfica de la "nube" de concentración de efluentes radiactivos en los períodos horarios posteriores a la descarga (a nivel del suelo y/o depositado en el mismo). También permite obtener la representación gráfica de los campos de viento en toda la malla y en las estaciones meteorológicas activas, así como la situación y concentración de material de los "puffs" activos en cada período de simulación.

Es importante hacer notar que las representaciones gráficas se obtienen en tiempo "real del cálculo", no siendo necesario esperar a la terminación del programa. Esto supone una evidente ventaja sobre la mayoría de las aplicaciones existentes, que necesitan finalizar la ejecución para posteriormente representar las distintas curvas de "isoconcentraciones" o "isoactividades" con programas comerciales de topografía, tales como el SURFER o GRAPHIC, representando las curvas de nivel a partir de los datos del fichero calculado previamente.

Esta característica permite un manejo más fácil del programa, una mayor rapidez y la posibilidad de superponer los gráficos de la "nube" o de los campos de vientos sobre el mapa de la región estudiada, lo que posibilita una visión global de la situación mucho más rápida e intuitiva facilitando la toma de decisiones más rápidamente.

