



EQUITROL, S.L.

Equipamientos de control

Los modelos de dispersión de contaminantes no son más que un modelo probabilístico, es decir, es la forma que pueden tomar un conjunto de datos obtenidos de muestreos de datos con comportamiento que se supone aleatorio. Este modelo no es más que una expresión matemática que relaciona a la emisión de un determinado compuesto con su concentración en el ambiente (respecto a un lugar por el que pasa primero el viento); su objetivo es estimar la concentración del contaminante en un punto particular del receptor, los cálculos necesarios requieren de información básica de la fuente del contaminante y de condiciones generales.

Asimismo estos modelos, empleados para obtener una aproximación de la concentración de un agente contaminante están basados en un balance de materia, algo parecido a esta ecuación:

$$(Tasa\ de\ acumulación) = (todos\ los\ flujos\ que\ entran) - (todos\ los\ flujos\ que\ salen) + (tasa\ de\ generación) - (tasa\ de\ destrucción).$$

Estos modelos se aplican a un solo contaminante atmosférico, si se requiere aplicar a varios contaminantes se necesitará una fórmula matemática para cada uno, así como otra para unirlos todos. Por ejemplo, si necesitáramos dos contaminantes (NO y O₃) se tendrían que aplicar dos fórmulas, pero al estar relacionados ambos contaminantes, también influirían uno en el otro, es decir, si el O₃ aumenta, el NO disminuye, y viceversa, por lo que necesitamos de un modelo que abarque ambos contaminantes para que este sea lo más preciso. Los usos de la modelización abarcan desde el estudio hasta la predicción. Se usan para conocer el comportamiento (esto es lo más importante de todo, un modelo es casi imposible que te de el dato exacto que te daría un equipo en continuo o una analítica de laboratorio, de lo que se trata, y de hecho así se mide la incertidumbre del modelo, es de que los resultados muestren la tendencia, el comportamiento, de un determinado contaminante) de un determinado contaminante en aquellas zonas donde no llegan las redes de medidas o los equipos. Por otro lado también se utilizan para conocer aquellas zonas en las que pueden existir unas concentraciones elevadas. Además existen unos determinados modelos llamados de “tiempo real” que se utilizan en caso de un accidente nuclear, industrial o en derramamientos químicos ya que con ellos se puede calcular la dirección, la dispersión y el área crítica de concentración de las sustancias tóxicas.

Existen varios tipos de modelos para estimar la concentración de los contaminantes que se diferencian entre sí por su aplicabilidad, los datos que se deben conocer y por las limitaciones, además de por su fundamento matemático. De esta forma nos encontramos los siguientes tipos de modelos según el método de simulación:

- De celda fija: su formulación es sencilla y no se requiere conocer muchos datos, por el contrario las hipótesis de las que parte son ideales



EQUITROL, S.L.

Equipamientos de control

(por ejemplo mezcla homogénea de un contaminante con el aire dependiendo de las capas)

- Modelo de dispersión: formulación matemática de complejidad media pero al igual que el primero las hipótesis son ideales. Probablemente sea el más interesante de todos, es un modelo de distribución probabilística gaussiana.
- Modelo de celdas múltiples, se consideran las reacciones químicas de los contaminantes, pero en su contra está el que se requieren usar una amplia serie de datos, por lo que no es aplicable en muchos casos.

La realidad es que ninguno es mejor que otro, de hecho, los tres modelos se pueden conjugar, ya que los dos primeros no consideran el Ozono, pero el de celdas múltiples (el más válido para el Ozono), es muy poco preciso para el resto de contaminantes, así el más utilizado sin la conjugación de los demás, es el modelo de distribución probabilística gaussiana que es el modelo a aplicar en la mayoría de ocasiones. Para poder elegir el modelo correcto se necesita contar con una pequeña aproximación sobre la presencia de sustancias tóxicas en el aire.

El modelo de distribución probabilística gaussiana es el de más aplicación. Hay que señalar que este modelo de dispersión maneja hipótesis ideales, estas hipótesis son:

- Desarrollo de un modelo para un estado estacionario, es decir no varían con la densidad de probabilidad.
- La difusión de masas es despreciable a lo largo del eje X.
- La velocidad del viento se considera constante ya que la variación de ésta en los tres ejes es muy pequeña y se puede despreciar.
- La fuente puntual se localiza en $x=0$ y a la altura efectiva de la chimenea (altura que alcanzan los gases al salir de la chimenea).

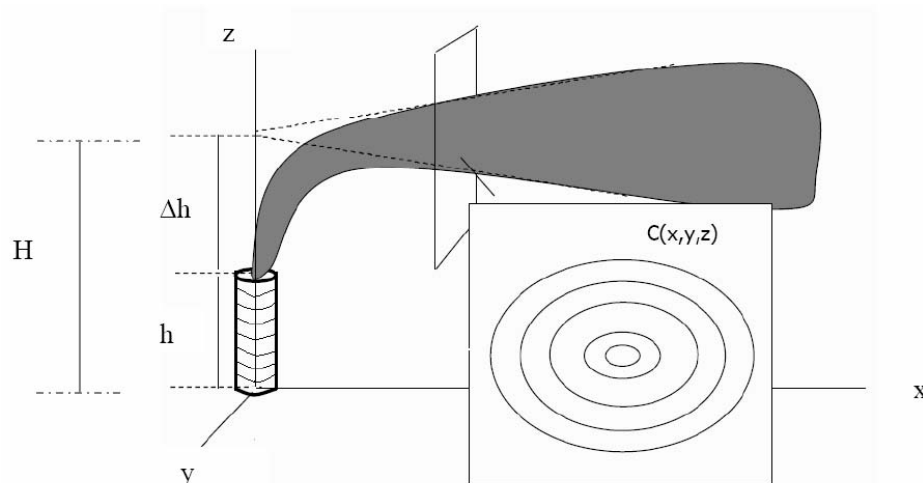


Figura 2. Un modelo de dispersión con la fuente virtual a una altura efectiva, H, de la chimenea



EQUITROL, S.L.

Equipamientos de control

La pluma que sale de la chimenea, antes de empezar a dispersar, sufrirá una elevación como consecuencia de la cantidad de movimiento vertical producido con una velocidad específica, además de contar con que a una determinada temperatura los gases cuentan con la capacidad de flotación.

Los factores a considerar en el cálculo de la elevación del penacho son: las características de esta, condiciones meteorológicas, naturaleza física y química del efluente. Hay tres tipos de correlación principales: la de Carson y Moses, la de Thomas, Carpenter y Colbaugh y la de Briggs.

La localización de árboles y la presencia de edificios son algunos factores que modifican el perfil de velocidad vertical del viento ya que la rugosidad de la superficie ocasiona fricción y afecta el movimiento del aire. Además hay que considerar un ajuste con respecto a la velocidad ya que esta está calculada a 10 metros.

Además dependiendo del tipo de datos que utilizan nos podemos encontrar otra clasificación:

- Determinísticos, son aquellos modelos de difusión atmosférica, que tratan de establecer alguna formulación matemática que describa los procesos atmosféricos que influyen en el transporte de contaminantes, como relación entre la causa (emisiones) y el efecto (niveles de concentración de contaminantes en la atmósfera y en el suelo).
- Estadísticos, basados en relaciones estadísticas entre datos de emisión, meteorología y concentraciones de contaminantes disponibles.

Otra clasificación que nos podemos encontrar es según su alcance espacial, es decir, según su ámbito de aplicación:

- Regionales o nacionales: utilizados para el estudio de transporte y difusión de contaminantes a grandes distancias (de 100 a 1500 km). Utilizando datos meteorológicos históricos
- Locales: evalúan la convección y difusión de los contaminantes emitidos en distancias relativamente pequeñas (de 1 a 100 km). Por su alcance, estos fenómenos se circunscriben casi exclusivamente a la capa límite atmosférica. Dentro de estos se distinguen los de medio alcance (de 15 a 100 Km del foco emisor), que requieren una mayor serie de datos meteorológicos, y de corto alcance (1 a 15 Km del foco emisor), en los que la difusión no es muy acusada.

Además de los modelos Gaussianos nos podemos encontrar otros dos tipos de modelos estadísticos:

- Eulerianos: Utilizan un sistema de referencia absoluto y tratan de calcular la difusión referida a este sistema a partir de diferentes aproximaciones (closure).
- Lagrangianos: Distinguen dos sistemas de coordenadas para el cálculo del desplazamiento de los contaminantes: uno absoluto, referido a las coordenadas del foco emisor, en el que se calcula la traslación media de los elementos de contaminante considerados; otro relativo, referido a un punto representativo de la traslación media del penacho, para tener en cuenta la dispersión del penacho debido a la turbulencia.



EQUITROL, S.L.

Equipamientos de control

Los modelos probabilísticos se llevan aplicando en EEUU desde hace más de 15 años y en Europa, las nuevas directivas que se han realizado han incluido esta herramienta en las directivas de Calidad de Aire recientes. Una de las exigencias de la Directiva Marco es dividir el territorio en porciones con Calidad del Aire semejantes, de manera que cada una de ellas sea representativa de un grado de contaminación.

Hasta la actualidad la evaluación de la calidad del aire se realizaba puntualmente en los lugares de medición, sin que existiera un conocimiento preciso de la representatividad territorial de las mediciones obtenidas. De acuerdo con las nuevas Directivas, la evaluación de la calidad del aire debe abarcar todo el territorio. Dada la imposibilidad de medir en todos los puntos de un ámbito territorial, se hace necesaria la subdivisión del territorio en zonas cuyos puntos interiores presenten una calidad del aire equivalente. Una correcta subdivisión en zonas requiere un exhaustivo conocimiento de los niveles de inmisión en todo el territorio, del cual no se dispone dada la limitación espacial de la mayoría de las redes actuales. Estas tienen la mayoría de puntos de muestreo en zonas de alta contaminación, quedando con escasa cobertura las zonas de baja contaminación.

La realización de la evaluación preliminar para la Directiva 1999/30/CE da como resultado un mapa del Estado dividido en zonas de calidad de aire equivalente y en Aglomeraciones (núcleos principales de población), clasificadas en función de:

- Los objetivos de Calidad del Aire propuestos en la Directiva (Cumplimiento de Valores Límite)
- Las estrategias de evaluación de la Directiva, que definirá qué zonas necesitan de mediciones fijas para la evaluación de la Calidad del Aire, y cuales se podrán evaluar por otro tipo de métodos de control alternativos (modelización, mediciones indicativas, etc)

Dentro de esta normativa se obliga a los Estados miembros de la Unión a aplicar herramientas que faciliten el conocimiento de la calidad del aire en aquellos puntos a los que no llegan las redes de calidad de aire. Las herramientas más eficaces que hoy se conocen son los modelos probabilísticos, así como un exhaustivo tratamiento estadístico de los datos para obtener una buena calidad de datos lo que supondrá una buena base donde “nutrirse” el modelo que mejorará la incertidumbre de los modelos.