

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 Conclusiones

En el proyecto de tesis “Realización de software educativo para simular la dispersión de contaminantes atmosféricos” se desarrolló un programa computacional en lenguaje Visual Basic 6.0 y usando los datos generados con él se graficaron varias superficies de isoconcentraciones. Al finalizar el trabajo se establecen las conclusiones que se explicarán a continuación.

En primer lugar se concluye que el fin del simulador desarrollado en este proyecto no es comercial ni para ser empleado por el sector industrial ya que antes se requeriría validarlo utilizando datos experimentales, sin embargo, la infraestructura con que cuentan algunas instituciones públicas, organizaciones gubernamentales y en específico la Universidad de las América Puebla no incluyen equipo de monitoreo para realizar pruebas experimentales.

De igual modo, el presente trabajo de tesis no tiene como fin establecer que correlaciones para cálculo de elevación de pluma, desviaciones normales, corrección de la velocidad son las adecuadas puesto que durante décadas se han desarrollado muchas alternativas, en su mayoría son ajuste de datos experimentales, además, en la vida real la dispersión de contaminantes es un mecanismo más complejo que el modelado por un método gaussiano y por lo tanto es necesario emplear sistemas matemáticos más complejos como lo son las formulaciones para fuentes de área, entre otros que no se abarcaron en este proyecto.

Asimismo, el lenguaje de programación Microsoft Visual Basic 6.0, de la familia de Microsoft Visual Studio 6.0, permitió el desarrollo de un software con una interfase amigable con el usuario lo cual satisface el requerimiento de ser apto para fines

educativos; además de que el resultado final fue un programa computacional con características profesionales y que permiten su fácil entendimiento, entre las cuales se pueden mencionar cuadros de diálogo, consejos como ayuda, menú emergente para el manejo de resultados, etc.

Es necesario emplear el *package & deployment wizard* disponible en las herramientas de Visual Studio 6.0 para la creación del disco de instalación, como su nombre lo dice, éste permitirá instalar el simulador realizado, nombrado SEPDCA, en cualquier computadora con sistema operativo Windows 98, ME, 2000 ó XP y con 276 KB en memoria RAM, aunque no cuente con Visual Basic 6.0. Una alternativa consiste en guardar el simulador como un archivo ejecutable, no obstante éste sólo se podrá utilizar en un ordenador con VB 6.0 instalado.

Visual Basic 6.0 presenta problema de incompatibilidad con Windows XP, para solucionarlo es indispensable descargar los parches disponibles gratuitamente en la página de Windows; en el caso del disco de instalación es necesario asegurarse de que se encuentran en él las librerías requeridas para el buen funcionamiento del programa en cualquier computadora.

De igual forma, el software realizado cuenta con características adicionales a los simuladores gratuitos proporcionados por la *Environmental Protection Agency (EPA)* como lo es la posibilidad de emplear diferentes sistemas de unidades para los datos ingresados; facilidad de exportar los resultados generados a Microsoft Excel o almacenarlos en el portapapeles, la clave de categoría de estabilidad se puede alimentar directamente pero también se cuenta con la opción de especificarla a través de la Tabla 2. Asimismo, el simulador genera las matrices necesarias para graficar las superficies de isoconcentraciones en MATLAB 6.0 por lo que se diferencia de cualquier otro simulador de dispersión de contaminantes existente.

Las matrices alimentadas a MATLAB 6.0 para generar las superficies deben contar con el mismo número de renglones llenos en cada columna, sin embargo, los datos originales no cumplen con ese requisito por lo que fue necesario implementar una rutina de programación específica para rellenar los datos restante con el último cálculo de cada columna. El usuario final del programa no tendrá que realizar ninguna acción adicional a la de ingresar los datos requeridos en un modelo de difusión gaussiano convencional.

La visualización gráfica en tres dimensiones del comportamiento de una pluma emanada de una chimenea representa un método útil para comprender mejor la dispersión de contaminantes ya que de lo contrario sólo se cuentan con datos numéricos que sólo personas con alto conocimiento del tema los pueden interpretar correctamente; además de que es posible tener una idea del comportamiento de concentraciones de un contaminante a condiciones meteorológicas y topografía del suelo diferentes simultáneamente por medio del empalme de varias superficies.

Las superficies analizadas en el capítulo 8 mostraron un comportamiento lógico con las bases teóricas mostradas en la sección 6. En el caso de una superficie urbana la difusión del contaminante es menor ya que la presencia de edificios incrementa la rugosidad de suelo. Análogamente, la dispersión disminuirá conforme aumente la estabilidad de la atmósfera porque el movimiento vertical del aire se ve favorecido en una condición inestable.

Es importante tener una herramienta computacional que realice una serie de cálculos extensa en un lapso corto, en el caso específico de la desarrollada en este proyecto, se requieren efectuar 20,286 operaciones para poder generar la tabla de concentraciones máximas por nivel (valor de z); ya que para esto se necesita caracterizar a lo que se bautizó como “universo”, éste se conforma por 45 intervalos para el eje x , 20 para el y y 20 para el z ; para cada isoconcentración que se desee graficar se ejecutan 2000 cálculos y para las isoconcentraciones máximas por nivel 20,000.

Una contrariedad para determinar la trayectoria de una concentración en específico se presenta al despejar la ecuación 5.2 para calcular la concentración; se tiene la presencia de logaritmo natural por lo que si un término interno negativo se indefine; existen puntos que pueden determinar, sin embargo, entre más decimales se manejen en las cantidades numéricas, la posibilidad de indeterminación aumenta; este problema no puede evitarse; a pesar de lo anterior, las superficies obtenidas son de resolución aceptable.

9.2 Oportunidades de mejora

El software desarrollado en este proyecto tiene oportunidad de mejoras respecto a incluir otras correlaciones en el cálculo de la elevación del penacho, como ejemplo, la correlación de Brigg's la cual no fue considerada en este trabajo ya que los simuladores que la *Environmental Protection Agency* (EPA) la emplean, sin embargo, se pretendió dar más opciones a los estudiantes puesto que el simulador de este trabajo de tesis tiene fines educativos.

Otras opciones que pueden incluirse se refieren para especificar la variación de la velocidad del suelo respecto a la altura de la chimenea y rugosidad de la superficie; así como para la aproximación de los valores σ_y y σ_z , por ejemplo, la ecuación 5.4.

También se puede mejorar la resolución de las gráficas tridimensionales a través del aumento de intervalos para cada eje de coordenadas con lo que se tendría mayor número de puntos para la superficie, sobre todo en caso de categoría atmosférica inestable ya que los datos obtenidos para una concentración a dicha condición son pocos.

Otro inconveniente que se puede perfeccionar respecto a las superficies está referido a que en las orillas de éstas se presentan irregularidades en forma de picos, esto es porque los valores de x y de y últimos para cada nivel no cuentan con una tendencia definida, ya sea siempre creciente o decreciente, esto se puede mejorar a través de una extrapolación que no sea lineal para aproximar estos valores.

En el caso del relleno de las matrices empleadas en la graficación tridimensional, en lugar de tomar el último valor en cada columna se puede realizar una extrapolación cúbica, cuadrada o polinomial, teniendo cuidado en elegir el mejor ajuste de los datos y así obtener y correspondiente a la x faltante.

Por otro lado, se recomienda que al momento de analizar las gráficas se haga uso de las tablas generadas por el simulador, ya que el inconveniente que presenta MATLAB 6.0 es que no permite visualizar las coordenadas de un punto en específico, a diferencia de Microsoft Excel; al estar las gráficas en tres dimensiones existe una perspectiva que distorsiona la lectura de los datos por lo que se puede asumir erróneamente un dato referente al alcance de la dispersión de la pluma. Otra mejora propuesta es que se busqué graficar directamente desde Visual Basic 6.0 en MATLAB 6.0 sin necesidad de abrir este último.

Finalmente, se exhorta a continuar con proyectos enfocados al desarrollo de programas computacionales para ser empleados en el proceso enseñanza-aprendizaje, y en los casos posibles, visualizar en gráficas tridimensionales los datos generados por dichos programas; de esta forma, se reafirma la parte teórica.