

# Importancia de los modelos matemáticos y sus diversas aplicaciones en la ingeniería y ciencias ambientales

José Luis Rivera Rojas<sup>1</sup>, Roberto Guerra-González<sup>2</sup>  
y Martha Angélica Lemus-Solorio<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas “Mat. Luis Manuel Rivera Gutiérrez”,  
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

<sup>2</sup> Facultad de Ingeniería Química, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Contacto: 1414433d@umich.mx

**Resumen.** En el presente trabajo se pretende llevar a cabo una reflexión sobre el rol de la modelación matemática en el estudio y toma de decisiones en ámbitos aplicados a las ciencias ambientales y áreas afines. Desde la descripción de fenómenos químicos, biológicos o físicos, impacto ambiental, economía ambiental, remediación y contaminación de diversos tipos, entre otros. Las matemáticas como ciencia soportan la descripción, comportamiento, predicción y en su caso viabilidad de cualquier situación susceptible de ser medida mediante el uso de variables, aportando información de relevancia para la toma de decisiones e influir en las consecuencias que se puedan llegar a tener.

**Palabras clave:** matemáticas, fenómenos, medio ambiente.

“Un matemático, como un pintor o un poeta, es un fabricante de modelos. Si sus modelos son más duraderos que los de estos últimos, es debido a que están hechos de ideas. Los modelos del matemático, como los del pintor o los del poeta deben ser hermosos. La belleza es la primera prueba; no hay lugar permanente en el mundo para unas matemáticas feas”. Godfrey Harold Hardy (1877-1947).

Un modelo en ciencias (Figura 1), es el resultado del proceso de generar una representación abstracta de una porción de la realidad, sea ésta un objeto, un

fenómeno, un proceso, un sistema o cualquier otra cosa de interés (De Torres-Curth, 2015).

Podemos describir el proceso de la modelización matemática a través de sus principales etapas (Figura 2):

- Estudio de la situación real.
- Elaboración del modelo matemático.
- Solución del modelo.
- Validación del modelo (Cervantes-Gomez, 2015).

El objetivo de los modelos en el caso de la ciencia es analizar, describir, explicar y simular la forma en que funcionan esos

sistemas (decimos “sistemas” pero en realidad estamos hablando de cualquier porción de la realidad que nos interese). Esto puede permitir varias cosas adicionales, como por ejemplo explorar, controlar o proyectar su funcionamiento bajo diferentes condiciones. En ocasiones los modelos pueden proveer pautas para optimizar este funcionamiento, o brindar herramientas para entender sistemas complejos a partir de la comprensión del funcionamiento de sistemas más simples. El desarrollo y análisis de modelos es una parte esencial de toda actividad científica. (De Torres-Curth, 2015).

Un modelo matemático de un fenómeno o situación problema es un conjunto de símbolos y relaciones matemáticas que representa, de alguna manera, el fenómeno en cuestión.

La matemática es cada vez más utilizada para resolver problemas relacionados con fenómenos naturales y sociales. Sus aplicaciones se extienden a campos tan diversos como los siguientes: comportamiento de sistemas biológicos, planificación de carteras, diseño de instalaciones, control de sistemas dinámicos, diseño de materiales compuestos, optimización de procesos industriales, etc.

Para construir propiamente un modelo matemático, generalmente se recomienda basarse en los modelos conocidos, para ello, al estar aprendiendo, es muy importante conocer muy bien los modelos básicos y buena cantidad de modelos del área de interés. En este caso, el espectro de estudio de las ciencias dedicadas al medio ambiente es

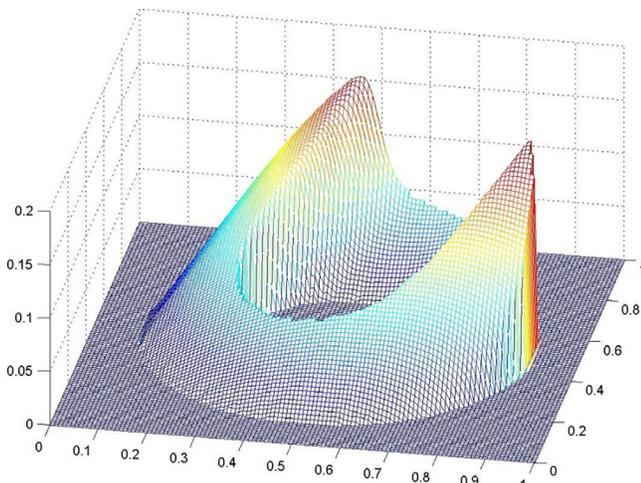


Figura 1. Simulación numérica obtenida con un método de diferencias finitas.  
Fuente: Agencia cinc (2012); John y Novo (2012).



Figura 2. Esquema de la modelación matemática;  
Fuente: Cervantes-Gómez (2015)

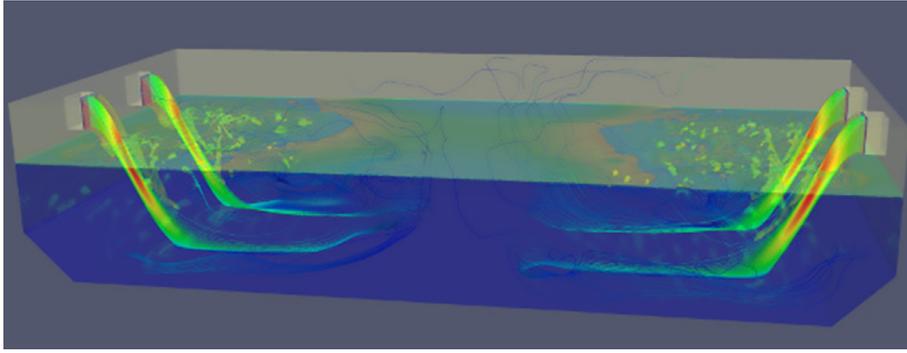


Figura 3. Gii.udc (2014)

bastante amplio por ello se citará dos ejemplos de aplicaciones específicas de la modelación.

Primeramente, hablaremos de la modelación hidrodinámica se ha convertido en parte de una disciplina amplia: la Dinámica de Fluidos Computacional (CFD, por sus siglas en inglés). Por lo tanto, los modelos hidrodinámicos usados para aplicaciones en sistemas acuáticos (ríos, zonas costeras, etc.) están estrechamente relacionados a los modelos desarrollados para la meteorología, la aeronáutica, y otros. La base común de estas actividades de modelación es la solución numérica de las ecuaciones de conservación de momento y de masa en un fluido (Torres-Bejarano et al., 2012).

Los modelos hidrodinámicos se encuentran fundamentados por un conjunto de ecuaciones que describen el movimiento de los fluidos: las ecuaciones de Navier Stokes (ilustración 3). Estas ecuaciones son un sistema de derivadas parciales no lineales que describen el movimiento de líquidos y gases (ilustración 4), no se conocen métodos de solución analíticos para las ecuaciones, por lo que se hace necesario recurrir al análisis numérico para determinar soluciones aproximadas. Para la modelación hidrodinámica, las ecuaciones de Navier-Stokes son simplificadas de acuerdo a las propiedades específicas del cuerpo de agua. (Torres-Bejarano et al., 2012).

Las ecuaciones más completas y que representan el movimiento laminar y turbulento de los fluidos viscosos afectados por la gravedad son las ecuaciones de Navier Stokes. Se tiene en cuenta que los fluidos en la naturaleza son turbulentos, mientras que los fluidos laminares solo se pueden recrear bajo condiciones especiales principalmente en

laboratorio. Teniendo en cuenta lo anterior si el flujo se mueve a una velocidad menor que una determinada velocidad crítica, el régimen es laminar, si excede ese valor umbral, el fluido se tornará turbulento, presentando creación de inestabilidades que engrandecen la generación de vórtices y remolinos (Torres-Marchena, 2015).

El segundo ejemplo de la aplicación de la modelación matemática, bajo los mismos principios de ecuaciones de Navier-Stokes nos menciona que para representar el fenómeno de la dispersión de gases de forma fiable (ilustración 4), se debe considerar diversos factores que influyen el comportamiento de la fuga, entre ellos: la naturaleza de la región en que el gas será disperso (confinado, semi-confinado, abierto), naturaleza y concentración de los dispersantes/contaminantes, magnitud y dirección de los vientos, estabilidad atmosférica. (Ribeiro, 2017).

Algunas de las industrias que están haciendo uso de las posibilidades de la

dinámica de fluidos computacional incluyen:

**Ventilación industrial:** la dinámica de fluidos computacional basada en modelos matemáticos se emplea para definir el movimiento de aire y su calidad en el interior de edificios y diseñar sistemas de ventilación adecuados. Es también aplicable a estudios de movimiento del humo en caso de incendios y evaluación de los sistemas de evacuación, en Ingeniería medioambiental permite el análisis de fenómenos termo-fluídicos en la dispersión de contaminantes o vertidos en ríos, su aplicación en equipos termodinámicos consiste en facilitar el examen y diagnóstico de transferencias de calor en equipos como cámaras de combustión, calderas, hornos o separadores, entre otros.

En la Industria química la modelación matemática se requiere en las instalaciones eléctricas en donde proporciona ayuda en la optimización de procesos de evacuación de calor en tendidos, cuadros, motores, alternadores, y redes. En la Ingeniería biomédica se emplea la dinámica de fluidos computacional a través de modelación matemática, en fluidos para observar el flujo de la sangre.

Las diferentes industrias también se benefician de la capacidad de la dinámica de fluidos computacional de analizar los efectos de fenómenos atmosféricos como cargas de viento, fuego, explosiones, corrientes oceánicas y meteorología en general.

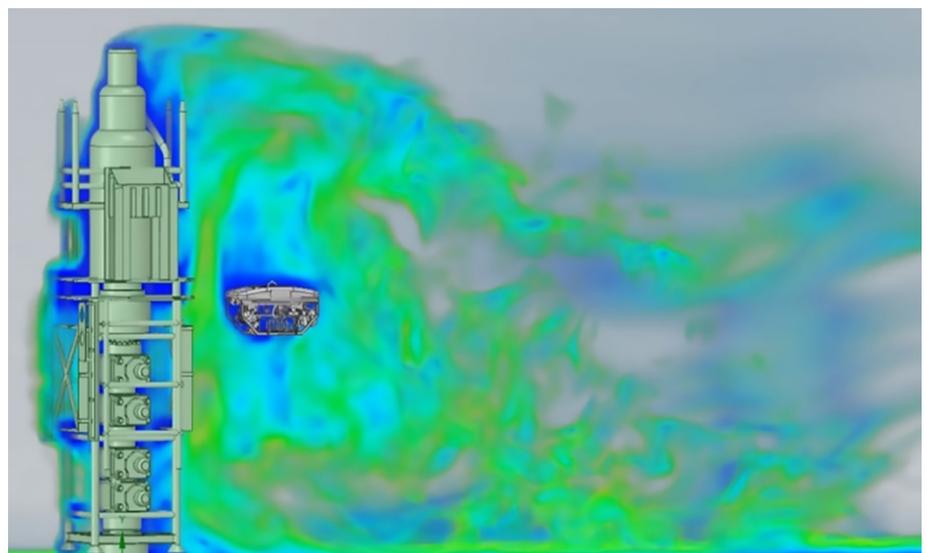


Figura 4. Ribeiro T.F. (2017)

## Conclusión

El aporte de las matemáticas aplicadas a la resolución de problemas en la ingeniería y ciencias del medio ambiente es innegable y día con día son más, las problemáticas que esta “ciencia madre” a las que aporta solución desde la economía ambiental, la ingeniería de la transformación, la optimización en el aprovechamiento de recursos finitos, las posibles rutas y tendencias a seguir en diversos procesos etc.

---

## Referencias

De Torres Curth, M., Los reyes de la pasarela, modelos matemáticos en las ciencias. - 1a ed. – Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Fundación de Historia Natural Félix de Azara, 2015; 5-6pps.

Cervantes-Gómez L., Modelización matemática Principios y aplicaciones. Primera edición, México, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 2015. ISBN: 978-607-487-855-4; pág. 5.

Gii udc (2014). Dinámica de fluidos. <https://www.gii.udc.es/investigacion/detalle/2>

Ribeiro F.T. (2017), Análisis de dispersión de gases. <https://www.esss.co/es/blog/analisis-de-dispersion-de-gases/>

John, Volker y Novo, Julia. “On (essentially) non-oscillatory discretizations of evolutionary convection-diffusion equations”. Journal of Computational Physics 231 (4): 1570-1586, febrero de 2012.

Torres-Marchena C., Aplicación del modelo numérico Mohid para el estudio hidrodinámico y de transporte de la Ciénaga Mallorquín. Universidad de la Costa, Facultad de Ciencias Ambientales: Ingeniería Ambiental; Barranquilla. 2015.

Torres-Bejarano F., Ramírez L., H., Barrios P., H., Rodríguez C., C. Tendencias actuales en la modelación ambiental. En: Ramírez L., H., 123 Navarro P., J., Barrios P., H. (Eds.). Dinámica ambiental de ecosistemas acuáticos costeros Elementos y ejemplos prácticos de diagnóstico. Primera edición, México, Instituto Politécnico Nacional, 2012. pp. 341 – 370.

Agencia Cinc ciencias, (2012). Simulación numérica obtenida con un método de diferencias finitas. UAM. <https://www.agenciasinc.es/Noticias/Mejoran-modelos-matematicos-que-describen-sistemas-complejos>

Cryospain (2022). Dinámica de fluidos computacional: cómo está revolucionando los proyectos de ingeniería. <https://cryospain.com/es/dinamica-fluidos-computacional-esta-revolucionando-proyectos-ingenieria>