

RESUMEN

Este trabajo se enfoca al estudio numérico realizado en un recinto cerrado en el cual se observa y analiza la propagación y el comportamiento del aire que se encuentra en dicho recinto como consecuencia la fuente de calor que cede energía al sistema en forma de calor, dicho estudio se realiza con la finalidad de verificar que los resultados numéricos obtenidos sean congruentes con la física del problema.

1 INTRODUCCIÓN

El fuego ha sido una herramienta muy importante para el desarrollo de la humanidad, porque con él, el ser humano marcó el inicio de una nueva época. A pesar de que el hombre desarrolló la capacidad de manejar el fuego para su bienestar, también ha tenido graves problemas con él cuando se sale de control. Esto se ha visto a lo largo de la historia, como en el incendio de Roma en el año 64, el de Londres en 1666, o el de Chicago en 1897, sin contar con los incendios que se llevan a cabo diariamente.

Un incendio es un fenómeno ocasionado por la propagación de fuego no controlada en un lugar determinado. En la actualidad existen intentos para clasificarlos, dichos intentos se basan en las características más generales de los mismos. A pesar de que no se pueden evitar, los problemas que generan se pueden reducir e incluso evitar. El estudio de los incendios es cada día más necesario para el desarrollo de tecnologías que minimicen los daños causados por estos fenómenos.

Este tema esta cada día más ligado a la ingeniería, debido a la necesidad de predecir lo que ocurrirá en un incendio. Actualmente se desarrollan en distintas partes del mundo como en Alemania, NIST en Estados Unidos ó el Grupo GIDAI en España, simulaciones acerca de la propagación de incendios, con la finalidad de dar una explicación acerca de estos fenómenos y poder hacer mejoras en las ventilaciones de lugares cerrados, accesos, materiales de construcción, etc.

El incendio en viviendas es un problema común en nuestra sociedad. Los incendios en viviendas provocan daños graves y en algunas ocasiones irreparables, además de la pérdida de vidas en el desastre. Cabe mencionar que en la mayoría de los casos las personas mueren por asfixia debido a los gases de combustión del incendio. [1]

En los últimos años, debido a la necesidad de edificar construcciones más seguras contra incendios, la simulación de dicho fenómeno ha tomado gran relevancia.

La simulación de incendios permite observar el comportamiento de los mismos, obtener datos y emplearlos para realizar predicciones sobre el comportamiento de un incendio que aún no ocurre.

La creación y el empleo de modelos que permiten conocer la naturaleza y el comportamiento de un incendio, constituye una parte esencial de la investigación en la ciencia y la tecnología, y su aplicación al mundo del incendio es tan antigua como la investigación científica del comportamiento de los incendios. El primer libro dedicado exclusivamente al modelado aplicado a la tecnología de los incendios fue 'The Use of Models in Fire Research' publicado en 1960. [2] En la actualidad existen diversas empresas e instituciones dedicadas al estudio de incendios.

La simulación de incendios es un tema poco conocido en México, no obstante países como Estados Unidos, España y Alemania, han desarrollado software para simular incendios, con el fin de poder disminuir los daños que ocasionan.

En la época de los 80' el modelado de incendios empezó con la creación de software para simular dichos fenómenos. En los últimos 6 años los estudios acerca de realizar dichas simulaciones en lugares cerrados han tomado mucha importancia para poder desarrollar materiales de construcción que retarden la propagación del incendio, además el desarrollo de nuevos métodos de ventilación para lugares cerrados.

En Estados Unidos, el estudio de incendios vino a tomar importancia con el derrumbe de las Torres Gemelas de Nueva York, pues tanto constructoras como gobierno de los Estados Unidos buscaban encontrar la relación de los incendios con la resistencia de los materiales, en este caso, el acero de las Torres Gemelas.

The National Institute of Standards and Technology (NIST), es uno de los organismos más reconocidos a nivel mundial en la simulación de incendios. Este organismo ha desarrollado software para la simulación de incendios. Actualmente desarrollo Smokiview 5.0, que es un simulador que se basa en resolver la dinámica de los fluidos que intervienen en un incendio.

En España el grupo GIDAI de la Universidad de Cantabria ha desarrollado desde hace algunos años trabajos e investigaciones acerca de algunos tipos de simuladores de incendios y programas que recrean estos fenómenos. Algunos de sus proyectos han consistido en comparar diversos softwares de simulación de incendios y han observado los puntos a favor y en contra de cada uno. La Universidad de Cantabria junto con The National Institute of Standards and Technology en Estados Unidos han desarrollado trabajos de simulación de incendios que han sido de gran relevancia, para el sector constructivo de ambos países.

En este trabajo se presentará un estudio numérico en el cual se observa el comportamiento que tiene una propagación de aire caliente en un recinto cerrado, este estudio es el desarrollo preliminar de la simulación de un incendio, la importancia de este estudio radica en el apego a la física del problema para en otra investigación poder pasar a una simulación con un mayor número de variables, es decir poder simular de una forma más compleja un incendio en un recinto cerrado.

Tipos de modelos para la simulación de incendios [3,4]

Los modelos de simulación de incendios pueden clasificarse, en dos grupos: *modelos físicos* y *modelos matemáticos*.

Los *modelos físicos* tratan de reproducir fenómenos mediante escenarios físicos simplificados. El objetivo de los *modelos físicos* es descubrir las leyes que gobiernan el comportamiento de los sistemas físico-químicos. Los *modelos matemáticos* resultantes a partir de los *modelos físicos* empleados pueden utilizarse para predecir el comportamiento de los sistemas físicos reales.

Los *modelos matemáticos* están formados por conjuntos de ecuaciones que describen el comportamiento de un sistema físico.

Se entiende por representación matemática la formulación en términos analíticos, estocásticos y/o lógicos del fenómeno que se quiere simular, o sea, se concibe la matemática en su más amplia acepción, que incluye tanto la matemática continua (álgebra, geometría, trigonometría, límites, cálculo diferencial e integral, ecuaciones diferenciales, series, transformadas, teoría del campo, etc.), como la lógica matemática, las herramientas de la investigación de operaciones, teoría de optimización, probabilidades y estadística, el conjunto de métodos numéricos y muchos aspectos más.[3]

Los *modelos matemáticos* de incendios generalmente se pueden clasificar de dos modos: *modelos probabilísticos* y *modelos deterministas*. Los *modelos probabilísticos* asumen la naturaleza aleatoria del comportamiento del incendio, mientras que en los *modelos deterministas* se presupone que, dado un escenario físico definido, el crecimiento del incendio y su comportamiento se conocen perfectamente.

Los *modelos deterministas* de incendios comprenden, desde simples correlaciones lineales de datos experimentales, hasta modelos de gran complejidad, que requieren varias horas de tiempo de cálculo utilizando ordenadores potentes para la resolución de las ecuaciones de conservación de la masa, la energía y el momento.

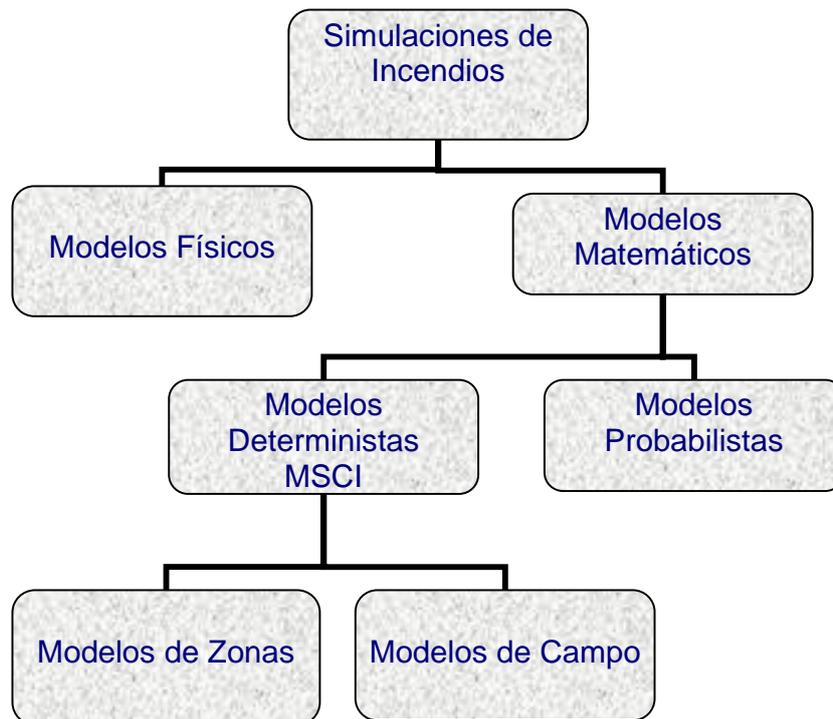


Diagrama 1.1 Clasificación de los distintos tipos de simulación de incendios que existen

El escenario seleccionado debe reflejar las condiciones físicas que determinan el progreso y las consecuencias del incendio. Incluye los combustibles implicados, su disposición, las características de los recintos y sus sistemas de protección, situación de la fuente de ignición, situación y capacidades de los ocupantes, y cualquier otra variable que afecte al resultado de la investigación. En los *modelos deterministas* de incendios, el planteamiento de las condiciones iniciales y de los escenarios seleccionados constituyen factores vitales de la investigación.

El término que generalmente se utiliza para designar a los modelos matemáticos deterministas de simulación computacional de incendios es el de Modelos de Simulación Computacional de Incendios (**MSCI**).^[1] Los **MSCI** de mayor difusión y empleo en la ingeniería de la protección contra incendios, corresponden a programas informáticos diseñados para predecir los valores de determinadas variables y parámetros, tales como temperatura, composición de humos, etc.,

¹ Los Modelos de Simulación Computacional de Incendios se designan mediante los términos "Computer Fire Models", "FIRE Modeling", "Fire Models", etc.

durante la evolución y el desarrollo de diferentes fenómenos relacionados con los incendios. La obtención de los valores de las variables y parámetros de interés en la simulación, se consigue a partir de la resolución de las ecuaciones diferenciales y algebraicas que gobiernan los procesos y fenómenos asociados a los incendios.

La complejidad de los **MSCI**, se debe a que tales modelos tienen asociados un gran número de procesos físico-químicos o bien a que el número de procesos, a pesar de ser reducido, se modele a gran detalle.

Los **MSCI** utilizados para simular el incendio dentro de recintos cerrados pueden clasificarse, en líneas generales, en *modelos de zona* y *modelos de campo*.

Modelos de Zona [5]

La cualidad más importante que caracteriza a los *modelos de zona* consiste en la división que realiza del recinto en dos regiones: una región superior constituida por los gases calientes procedentes de la combustión y una región inferior que contiene, esencialmente, el aire fresco existente bajo la región superior. En cada región o zona, se considera, idealmente, que las temperaturas y las concentraciones de gas son uniformes. La superficie que divide las dos regiones se desplaza durante el transcurso del incendio, hasta ocupar prácticamente todo el recinto.

El concepto de los *modelos de zona* simplifica las variables térmicas del incendio en un recinto a dos temperaturas y una altura de la interfase. Las simplificaciones de estos modelos con respecto a los de campo son muy significativas a nivel matemático y a nivel computacional. No obstante, a pesar de la simplicidad de este tipo de modelos, se requiere conocer varios datos adicionales para precisar las características ambientales del escenario de incendio, tales como flujos en aberturas, transferencia de calor o modelos de combustión. La transferencia de masa y energía entre las capas se realiza utilizando modelos que son correlaciones derivadas de datos experimentales.

Los *modelos de zona* son, por definición, aproximados. Las preguntas clave son si las predicciones se aproximan suficientemente a los fenómenos reales estudiados, y bajo qué condiciones se consigue una precisión aceptable en los resultados que predicen estos modelos.

***Modelos de Campo* [5]**

El otro gran grupo de modelos lo constituyen los *modelos de campo*. Se basan en la división de los recintos a estudiar en multitud de pequeños volúmenes de control, de modo que en cada una de las celdas se calculan los valores de temperatura, velocidad y concentración. El modelo se convierte en un problema complicado, y más en el caso de fluidos con flujo turbulento.

Emplean complejas formulaciones de las ecuaciones de Navier-Stokes, cuya comprensión y manejo requieren del conocimiento de álgebra tensorial y tienen además dos importantes aspectos adicionales que las complican: la imposibilidad de obtener soluciones analíticas en la mayoría de los casos y la dependencia del método de solución numérica de las condiciones iniciales y de frontera que se planteen al sistema de ecuaciones.

Además, la relación entre volúmenes de control suele ser instrumentada a través de numerosos y complejos modelos matemáticos que incluyen la transferencia térmica entre los distintos materiales, diferentes modelos de turbulencia, la compresibilidad de los fluidos, modelos de movimiento de partículas, combustión de gases, radiación térmica, etc. [3]

El empleo de los *modelos de campo* en el estudio de los fenómenos de incendio ha crecido de manera espectacular durante los últimos años. El desarrollo actual de aplicaciones informáticas de dinámica de fluidos computacional –Computational Fluid Dynamics (**CFD**) – cada vez más sofisticadas y de mayor sencillez de manejo, ha dado lugar a la existencia de una gran cantidad de programas orientados a múltiples aplicaciones en el campo de la protección contra incendios.

El hecho de estudiar el comportamiento del aire caliente en un recinto cerrado da como resultado poder verificar el modelo matemático empleado para realizar más adelante un problema más complejo, por esta razón es necesario comenzar con un modelo sencillo y con base en los resultados obtenidos de este problema retroalimentar al modelo, analizar su comportamiento, y en caso necesario modificarlo, para realizar finalmente la simulación de un incendio.

Para este estudio se optó por emplear una estructura simple de dos niveles, en la cual la simulación inicia en la parte central del primer nivel. A continuación se muestra una figura del recinto sobre el cual se realizará el estudio mencionado.

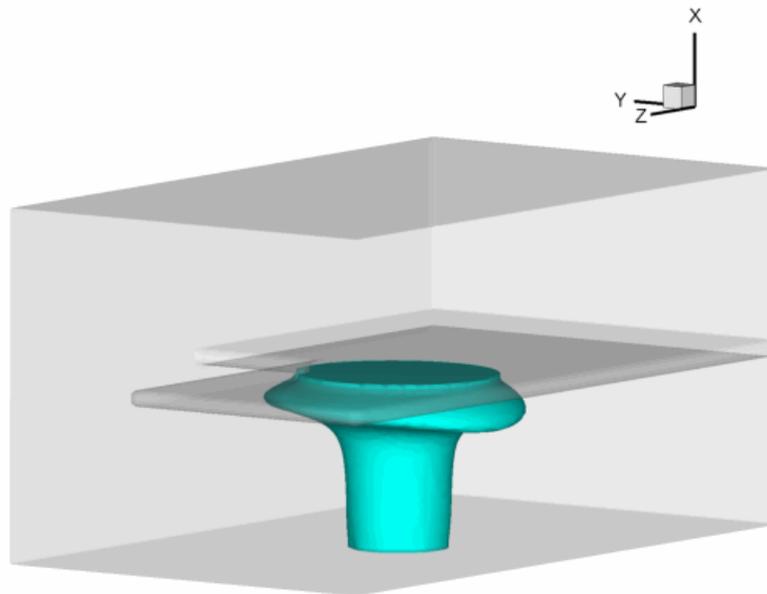


Figura 1.1 Recinto Cerrado