

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 EL PROBLEMA DE LA EVACUACIÓN DE EDIFICIOS

Cuando accedemos a grandes edificios o bien ocupamos recintos en los que se hallan cientos de personas, si el problema de la evacuación no se halla debidamente resuelto, cualquier incidente puede comprometer seriamente nuestra seguridad. El problema de la evacuación de edificios radica en que la totalidad de sus ocupantes en cualquier instante deben tener la posibilidad de desplazarse hasta un lugar seguro en el tiempo adecuado con las suficientes garantías de seguridad.

En principio las normas de construcción y de seguridad propias de cada ámbito¹ determinan diseños que resuelven el problema en función de la ocupación y características del edificio, básicamente establecen las dimensiones de las anchuras mínimas de paso y la longitud máxima de los recorridos de las vías de evacuación. Sin embargo, en muchos casos debido al tamaño de los edificios, su distribución y el número de ocupantes entre otras circunstancias, para abordar el problema de la evacuación de los mismos resulta imprescindible la utilización de herramientas cuantitativas que faciliten la estimación de las magnitudes que aportan la información necesaria para conocer el desarrollo de éste proceso.

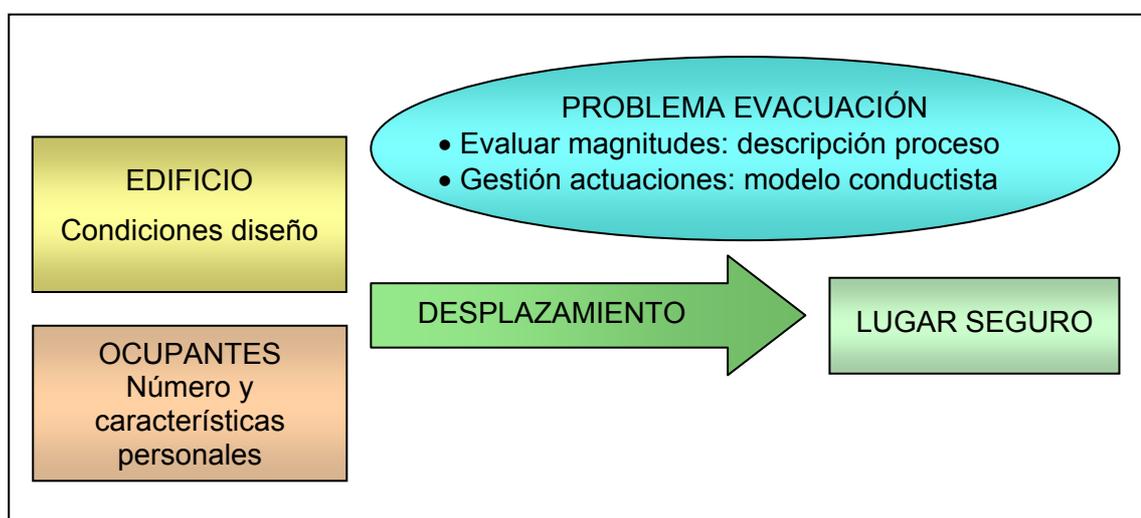


Figura 1.1 Descripción del problema de la evacuación de edificios

El problema de la evacuación de edificios se resume en la figura 1.1, en ella puede observarse que en un edificio con unas determinadas condiciones arquitectónicas y de ocupación, se plantean las soluciones desde dos perspectivas distintas:

¹ El principal marco de referencia legal en España es la Norma Básica de la Edificación, Condiciones de Protección Contra Incendios (NBE-CPI- 96), en ella se establecen las principales condiciones de diseño de los edificios: ocupaciones máximas, el número y las dimensiones de las salidas.

- 1ª) Suponiendo una cierta actuación de los ocupantes definida por el número de personas que utilizan cada salida así como los recorridos que efectúan. Se trata de describir el posible desarrollo de la evacuación evaluando parámetros tales como el tiempo necesario para salir de los recintos, efectuar recorridos hasta destinos seguros, la localización y la magnitud de las retenciones o la ocupación de las dependencias en cada instante.
- 2ª) Gestionando la actuación de los ocupantes, asignando las salidas y detallando los recorridos que deben realizar los individuos presentes en cada una de las dependencias para cumplir ciertos objetivos, entre ellos cabe resaltar como más significativos, alcanzar tiempos de evacuación mínimos o bien el número máximo de salidas del edificio en cualquier instante.

En general la seguridad de los ocupantes se garantiza si el tiempo de evacuación de un edificio o alguna de sus dependencias es inferior al previsto para el desarrollo de cualquier incidente que pueda producirse. Es por ello que este problema a menudo se asocia a situaciones de emergencia, entendidas como cualquier situación derivada de un peligro cierto, una amenaza o un riesgo subjetivo para la totalidad o un grupo de personas. Se trata de un problema general aplicable a gran número de edificios en los que se pueden presentar situaciones de emergencia derivadas de incendios, explosiones, amenazas de bombas, actos antisociales, actuaciones colectivas incontroladas u otras situaciones peligrosas que pueden presentarse en multitud de escenarios.

Desde el punto de vista analítico, el problema resulta especialmente relevante cuando se estudian edificios de gran altura, centros comerciales, culturales y recreativos, centros de enseñanza, edificios de geometría o distribución compleja, etc... Las características comunes a todos ellos son el tamaño de dichas edificaciones, la existencia de un número importante de personas en el interior de los mismos y la dificultad de conocer las soluciones del problema.

Cabe aquí dejar constancia de que los edificios con circunstancias especiales en su estructura, distribución y características personales de sus ocupantes, como centros hospitalarios, guarderías infantiles, residencias geriátricas, centros psiquiátricos, centros de reclusión y otras dependencias singulares, todos ellos requieren un tratamiento específico y su estudio no es directamente objeto de los planteamientos generales de este trabajo de investigación.

1.2 OBJETIVOS

Los objetivos que se plantean en la presente tesis se resumen en la figura 1.2. No se plantea un único objetivo, sino que se trata de un conjunto de propósitos generales que inciden en diferentes aspectos del problema.

En primer lugar se pretenden **identificar y enumerar todos aquellos factores significativos** que influyen en mayor o menor medida en el proceso de la evacuación de un

edificio, dando respuesta a las preguntas: ¿De qué depende la evacuación de un edificio? ¿Qué variables intervienen? y ¿Cuál es la relevancia de cada una de ellas?. A partir de los factores determinados como significativos se trata de **definir un modelo matemático para el estudio del problema**, dicho modelo debe permitir analizar situaciones comunes que pueden producirse en cualquier edificio como pueden ser demoras en el inicio de la evacuación, cambios en la capacidad de los medios de evacuación o los derivados del desarrollo de determinados siniestros como la posible generación y expansión de humos y gases tóxicos.

Seguidamente se resolverá el problema tratando de **mejorar ciertos aspectos de los procedimientos de resolución actuales**, buscando **herramientas simples**, incluso pueden resultar valiosas soluciones aproximadas si realmente cumplen esta condición de simplicidad y pueden ser utilizadas directamente por los responsables del diseño y de la gestión de la seguridad en los edificios. Otro aspecto fundamental es el formato de las soluciones del problema, la expresión analítica de ciertas magnitudes aporta suficiente información, así sucede al estimar los tiempos de evacuación, pero para conocer otros aspectos del problema será más efectivo utilizar representaciones gráficas, por ejemplo la organización de la evacuación óptima de una planta de un edificio puede ser más útil presentarla sobre un esquema de la misma que mediante una tabla que requiera una interpretación, entonces el objetivo consiste en **diseñar los formatos que faciliten la comprensión del problema, el análisis de los resultados y la toma de decisiones**.

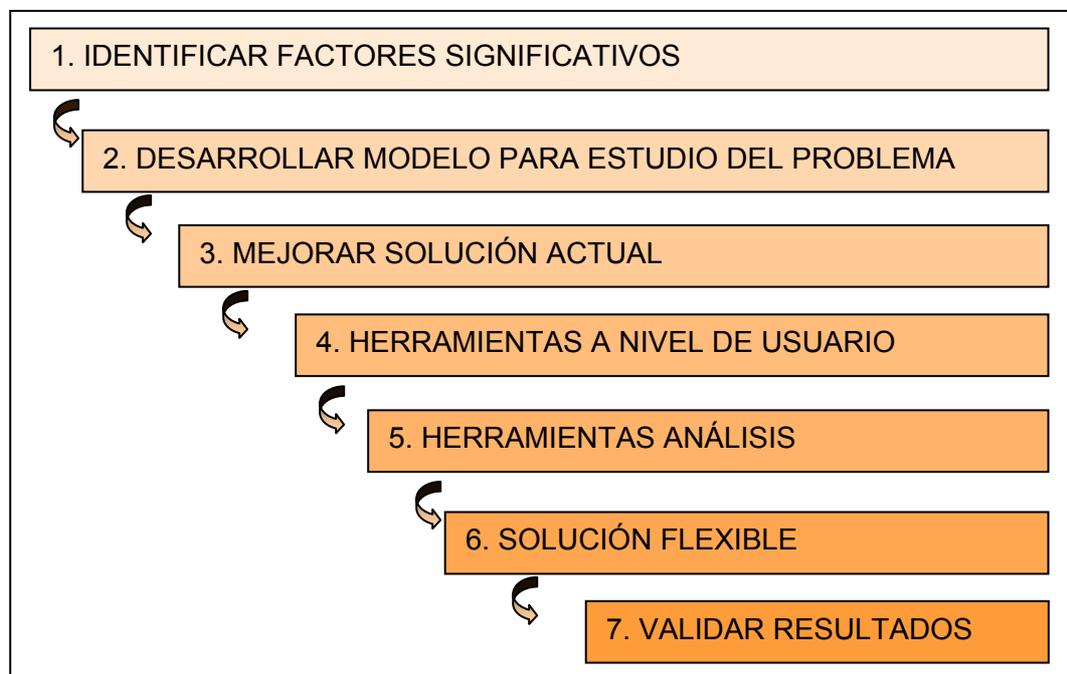


Figura 1.2 Resumen de los objetivos planteados

Una característica de este problema es que son frecuentes variaciones sobre el problema inicial, incluso podría hablarse de una volatilidad de los datos, suelen ser constantes los cambios en el número de ocupantes y su posición, se pueden abrir y cerrar puertas, bloquearse escaleras, cambiar la anchura de las salidas, etc... todo ello hace que se conside-

re un objetivo importante la **flexibilidad de los procedimientos de cálculo**, resultando útiles fórmulas que además de proporcionar el resultado faciliten de forma simple el estudio de estas variaciones respecto del problema inicialmente planteado.

En el presente trabajo se formula un modelo y en consecuencia se precisa su validación, la exigencia no es puramente formal dado que de los resultados del mismo depende la seguridad de las personas. Resulta necesario establecer la forma de obtener criterios rigurosos para poder comparar los resultados analíticos o gráficos obtenidos con los resultantes de ensayos y simulacros para **validar el modelo** y efectuar propuestas con la máxima credibilidad, garantía y precisión en los resultados.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La presente tesis globalmente se justifica por la posibilidad de efectuar una serie de aportaciones en el estudio y la solución del problema de la evacuación de los edificios. En la figura 1.3 se resumen algunos aspectos más concretos, si bien la cuestión que se nos plantea en este momento es la de justificar la existencia del problema de la evacuación de edificios y que su estudio presenta un enorme interés en la sociedad actual.

País	Número de muertes por millón de habitantes
Suiza	4,3
Holanda	6,8
Austria	7,9
Italia	8,2
Alemania	9,8
Francia	10,1
Bélgica	12,4
Reino Unido	12,9
Suecia	13,8
España ²	14,0
Grecia	14,3
Eslovenia	15,1
Noruega	15,6
Polonia	15,6
Dinamarca	17,1
Finlandia	20,2
Hungría	28,8

Tabla 1.1 Número de muertes / 10^6 habitantes por incendio quinquenio 1992-1997

Las estadísticas sobre el número de víctimas de accidentes en los edificios e informaciones como la presentada en la Tabla 1.1 reproducida del trabajo de B. G. Liebe [91], contabilizan el número de muertes como consecuencia de incendio por millón de habitantes registrado en diferentes países de Europa en el quinquenio 1992-97, reflejan que las personas son víctimas de accidentes en los edificios, a pesar que se desconoce cuál

² Valor de referencia obtenido de fuentes no contrastadas.

es el porcentaje directamente relacionado con la problemática de la evacuación. Razonablemente puede suponerse que con unas condiciones de evacuación idóneas, a algunas de estas personas les habría sido posible abandonar la zona afectada por el siniestro, con lo que el número de víctimas hubiera sido inferior, sin embargo, la necesidad del estudio de la evacuación de los edificios se pone de manifiesto en grandes siniestros en los que se hallan implicados decenas de ocupantes. Lamentablemente estos accidentes en la actualidad todavía se producen con cierta frecuencia, siendo considerable el número de víctimas. Es en estos casos donde los planes de evacuación pueden ser determinantes.

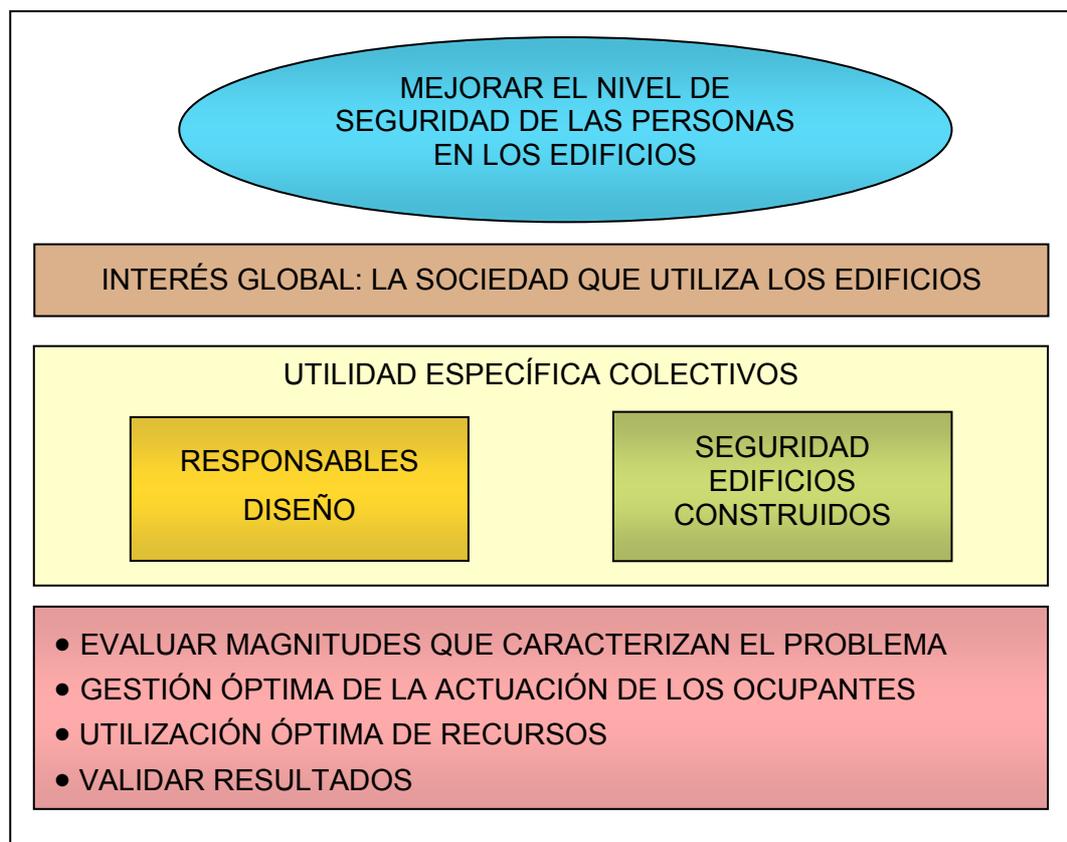


Figura 1.3 Justificación de los trabajos objeto de la tesis

En nuestra sociedad la seguridad de las personas se considera un hecho irrenunciable, pese a ello la realidad es que en pocos edificios se conoce el tiempo necesario para su evacuación y no se tiene capacidad operativa para organizar con cierta eficacia evacuaciones de emergencia. Los responsables de la gestión de la seguridad no disponen de procedimientos de cálculo efectivos y las evacuaciones de emergencia se organizan siguiendo criterios generales meramente intuitivos de dudosa eficacia, si en estos edificios se produjera un incidente de cierta magnitud seguramente habría que pensar en las víctimas y resulta especialmente dramático observar que algunas de ellas pudieran haberse evitado con una gestión adecuada de la emergencia.

Los estudios sobre la evacuación de los edificios pueden realizarse en la fase del proyecto para contrastar y analizar diferentes hipótesis de diseño, también pueden realizar-

se en edificios construidos una vez instalados los elementos mobiliarios y en ellos se desarrollan las actividades previstas, en este último caso dichos estudios han de servir para conocer el posible desarrollo de una evacuación de emergencia y tener capacidad para seleccionar las estrategias de evacuación más apropiadas.

Al realizar el diseño de los edificios siguiendo las correspondientes normativas en la mayoría de casos se consigue un margen suficiente para la seguridad, obteniendo tiempos de evacuación que si bien técnicamente son razonables, normalmente no son conocidos para los usuarios y los responsables de la seguridad de los mismos. No existe más alternativa que confiar “a ciegas” en quienes realizaron el proyecto, mientras que si fuera posible conocer el tiempo necesario para que los ocupantes abandonen un recinto, una planta o un edificio hasta situarse en una posición segura, y la previsión de la evolución de determinados siniestros, ello permitiría gestionar la seguridad de estos edificios de forma bastante más convincente. A menudo no se comprende el diseño de los edificios ni se aprecia la importancia de un plan de evacuación.

En el siguiente ejemplo se muestra la posible severidad de la expansión de humos en un auditorio. Para evaluar la cantidad de humo generado, se conoce que su velocidad de producción es aproximadamente igual a la velocidad del aire que entra en contacto con la columna de gases y llamas, dependiendo del perímetro del fuego, el calor desprendido, así como la elevación efectiva de la columna de gases calientes. Modelos numéricos ofrecen buenas aproximaciones, así por ejemplo 1 Kg. de humo a 500 °C. puede ocupar un volumen de 2 m³, luego si en un auditorio de 100 m² y 6 metros de altura se produjera un incendio, un fuego con un perímetro de 12 metros, el tiempo que tardaría en llenarse de humo el recinto hasta una altura de 1,5 metros del suelo de tan solo sería de 22 segundos. Resulta pues evidente que en un recinto donde pueda producirse dicho incidente, debe garantizarse la evacuación del mismo en un tiempo inferior. Si se tiene capacidad para pronosticar todo aquello que razonablemente puede suceder, puede existir una mayor complementariedad entre normativas y cálculos, pudiendo lograr diseños seguros ajustados a la realidad, no siendo necesario aplicar principios genéricos de diseño como fijar anchuras y recorridos de forma estándar y así llegar a sobredimensionados innecesarios. Es posible ajustar los diseños manteniendo o mejorando el nivel de seguridad y optimizando los recursos materiales y consecuentemente los económicos.

Los **simulacros** así como los ensayos de evacuación no eximen los estudios cuantitativos, sino que permiten verificar si se cumplen las condiciones de diseño, al tiempo que facilitan la observación del comportamiento de los ocupantes y efectúan una labor pedagógica. Los simulacros tan solo son posibles en algunos casos tales como en centros educativos, centros industriales y en algunos otros tipos, pero en edificios de otras características no son viables. No siempre es posible ocupar recintos con cientos de personas para medir tiempos y observar el desarrollo de la evacuación. Además, cuando los simulacros son factibles, existe una total ambigüedad sobre los criterios que deben utilizarse para su valoración, paralelamente a la incertidumbre sobre si la actitud adop-

tada por los ocupantes es razonablemente similar a la de una situación real de emergencia.

Otra posibilidad es el estudio del problema mediante **simulación**, su proliferación seguramente es debida a la posibilidad de efectuar modelizaciones complejas del movimiento de las personas y a la vistosidad de las animaciones gráficas. Con estas herramientas se reproduce con más o menos fidelidad el movimiento y la conducta de los ocupantes, lo que permite efectuar pruebas de forma fácil a partir de soluciones supuestamente buenas. Sin embargo, con esta técnica además de no alcanzar la solución óptima del problema, se desconoce la distribución de los ocupantes hacia cada salida para conseguir objetivos de evacuación óptimos.

1.4 METODOLOGÍA

1.4.1 Hipótesis

Inicialmente se establecen una serie de consideraciones o aspectos preliminares necesarios para formular las hipótesis de trabajo de la presente tesis. En primer lugar se considera que en la mayoría de situaciones de emergencia el conjunto de personas afectadas por la misma adopta una actitud relativamente racional, de tal forma que es posible pronosticar dentro de ciertos límites su comportamiento y pronosticar el valor de las magnitudes que definen su locomoción, si por el contrario, si se creyese que en estas circunstancias el comportamiento es totalmente irracional y anárquico carecería de sentido tratar de establecer modelos para planificar las actuaciones idóneas en estas circunstancias.

Para prever el movimiento de las personas se consideran válidos ciertos modelos experimentales, dado que no existe referencia de estudios significativos efectuados en nuestro país, se procederá a adoptar como válidos modelos de ocupación y de locomoción desarrollados en otros países, ello supone admitir que nuestras dimensiones y capacidades de locomoción son similares a las de los americanos, ingleses, rusos, japoneses o austriacos.

La modelización se sitúa en un entorno determinista, aunque las magnitudes que definen las dimensiones y el movimiento de las personas tienen un carácter marcadamente aleatorio y fuera más precisa la modelización estocástica, se considera poco viable su utilización dado que normalmente da lugar a plantear el problema mediante redes de colas cuya resolución suele ser laboriosa, por ello incluso en problemas de tamaño mediano se recurre a aproximaciones y en otros casos también se procede mediante simulaciones. La modelización determinista es más razonable, facilita el planteamiento coherente desde las magnitudes de locomoción iniciales hasta la solución final con la precisión y el realismo adecuados.

Finalmente como última consideración preliminar se considera que las redes de flujo son un instrumento válido para la representación y estudio de la evacuación de los edi-

ficios, de forma que permite su estudio sin ninguna pérdida de información siendo además una herramienta capaz de asumir plenamente los objetivos planteados.

Como primera hipótesis de trabajo se supone que la evacuación de un edificio depende de un conjunto de factores que se deben identificar, no debe limitarse el problema a suponer que las velocidades y flujos de circulación dependen exclusivamente de la ocupación a través de magnitudes como la tasa de ocupación o la densidad. La edad, el sexo, el rol, el tipo de edificio y el conocimiento del mismo que tienen los ocupantes, los sistemas de señalización de seguridad y otros aspectos se considera que pueden tener una influencia decisiva en el desarrollo de este proceso. Una vez identificados los factores significativos del problema, se presupone que será factible estudiarlo mediante un modelo matemático con la finalidad de dar solución al mismo en sus variantes descriptiva y conductista. Por una parte se supone que será posible evaluar las magnitudes que describen el proceso con la precisión deseada y por otra, la conductista, que se tendrá capacidad para hallar soluciones óptimas asignando salidas, o estableciendo rutas etc., para cumplir los objetivos que se hubieran planteado.

En determinados casos la solución del problema podrá obtenerse de la forma que se ha establecido en los objetivos, con herramientas simples de tal manera que para el cálculo y la gestión de la evacuación de los recintos con estos medios no sean precisos grandes conocimientos matemáticos. Las herramientas gráficas pueden ser un elemento válido para interpretar, analizar y estudiar los resultados del problema de la evacuación pudiendo aportar información suficiente para la toma de decisiones y la gestión de una evacuación de emergencia.

Finalmente se supone que es posible verificar si los resultados obtenidos en los modelos analíticos son coherentes con los resultantes de simulacros y ensayos, de forma que sea posible garantizar por una parte la validez del propio modelo y por otra los parámetros de cálculo utilizados.

1.4.2 Metodología utilizada

La metodología utilizada es la propia del método científico, se inicia observando y formulando un problema, se propone un modelo, se aplica a unos casos concretos, se analizan los resultados y finalmente se obtienen unas conclusiones.

La identificación de los factores que se cree tienen una influencia significativa en el proceso de la evacuación de un edificio se realiza a partir de un análisis riguroso del problema y del estudio de los documentos que constituyen el “estado del arte”. Con ellos se formula un modelo matemático para el estudio del problema, estructurándose en dos propuestas, primero se procede a estudiar la evacuación del recinto y posteriormente se aplica a la evacuación del edificio, resultando dos problemas diferentes cuyo estudio se debe realizar por separado. La solución de los dos problemas se realiza mediante procedimientos exactos y algoritmos heurísticos. La solución del problema de la evacuación del recinto se basa en el procedimiento de J. R. Brown [6] y en la solución

gráfica propuesta por R. L. Francis [32]. Para el estudio de la evacuación del edificio se utilizan redes dinámicas de flujo de características propias diferentes de las utilizadas tradicionalmente en el estudio del mismo, cuya solución se obtiene mediante procedimientos heurísticos.

La validación de los resultados y la confirmación del propio modelo se efectúa mediante procedimientos gráficos similares a los que utilizan algunas técnicas estadísticas. Para verificar el propio modelo, el sistema de resolución y la validación de los valores de los parámetros utilizados se realizan aplicaciones sobre casos supuestos o problemas tipo y posteriormente se opera sobre problemas derivados de situaciones reales. Las aplicaciones realizadas en los problemas tipo se contrastan con los valores de los resultados obtenidos mediante otros procedimientos de reconocida solvencia aplicados a situaciones particulares mientras que los casos reales se contrastan con los obtenidos en simulacros y ensayos.

1.4.3 Síntesis de los trabajos

El estudio del problema según los objetivos y la metodología descritos se resume en la figura 1.4, habiéndose realizado los trabajos detallados en los siguientes apartados cuya enumeración se corresponde con la de los respectivos capítulos.

1. Introducción. En este capítulo se efectúa la definición y análisis del problema de la evacuación de edificios, desarrollándose los objetivos del trabajo, así como justificando el interés y la oportunidad de centrar la investigación del presente trabajo en este ámbito. Se propone además, una metodología de trabajo para la confección de la tesis.

2. Modelos para el estudio del movimiento de las personas y la evacuación de edificios. Existe una labor de recopilación de información, lectura, análisis, clasificación y estudio de los documentos que constituyen el “estado del arte” del problema, en dicho capítulo se resumen los documentos esenciales y detallan los aspectos que constituyen el punto de partida de la investigación realizada.

3. Modelización del sistema de evacuación. Se han determinado los factores que se cree tienen una incidencia significativa en el proceso de la evacuación de un edificio, para ello se ha definido el sistema de evacuación y formulado una modelización del mismo. El problema se divide en dos, el problema de la evacuación de un recinto y el de la evacuación de edificios, puede entenderse el recinto como una unidad simple y ciertos edificios pueden asimilarse a esta situación, por otra parte en el estudio de los edificios deben resolverse individualmente los problemas de los recintos y el edificio tratarlo como conjunto de recintos relacionados, ambas situaciones se resuelven de forma separada en los dos próximos capítulos. De igual forma, se definen los formatos más adecuados para la presentación de los resultados cumpliendo con los objetivos establecidos.

4. Solución del problema de la evacuación de recintos. Se estudia el problema en diferentes condiciones de los factores del propio modelo, la posible ubicación de los ocupantes y el comportamiento en el momento de producirse la señal de alarma, todo ello da lugar a distintas formas de la función de evacuación que constituye una herramienta básica para la solución del problema. También se utilizan diferentes modelos de locomoción, en un principio se utilizan modelos de flujo constante y posteriormente modelos en los cuales las magnitudes de locomoción son función de la ocupación.

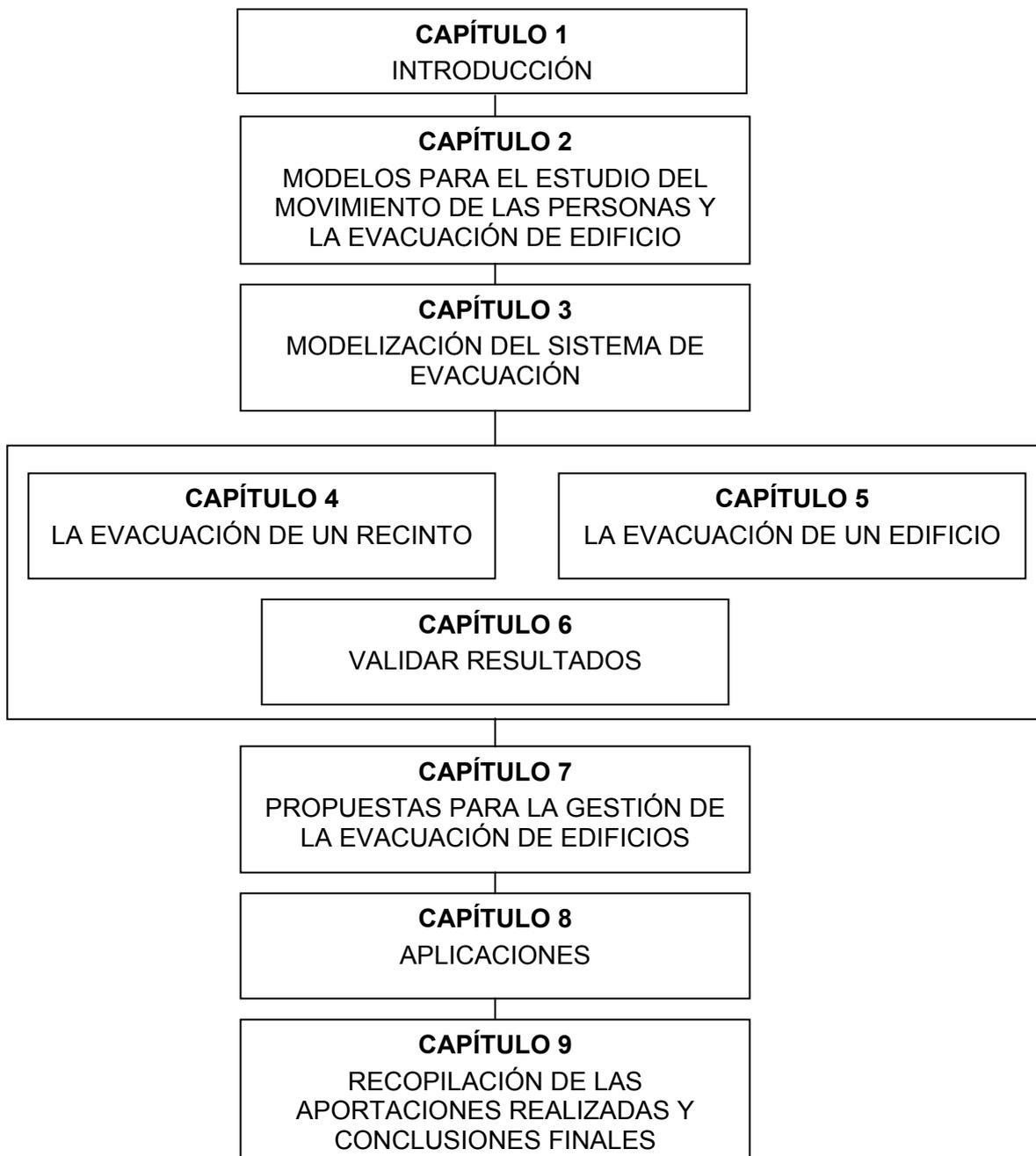


Figura 1.4 Esquema de los trabajos realizados

5. Solución del problema de la evacuación de edificios. Además del estudio de idénticas situaciones que en el problema del recinto, se contempla el estudio de las vías de evacuación, confluencias y ramificaciones, realizándose un análisis microscópico del

proceso de evacuación, para finalmente obtener la solución óptima mediante procedimientos heurísticos.

6. Proceso de validación de los resultados. En este apartado se desarrollan herramientas gráficas y analíticas para el estudio e interpretación de los resultados, además de fijar criterios para comparar resultados teóricos y reales. Inicialmente la validación del problema se limita a comparar los tiempos de evacuación obtenidos en los modelos teóricos con los resultantes de ensayos y simulacros, posteriormente se ha profundizado en el problema y se han desarrollado procedimientos más robustos que aportan una mayor garantía a las posibles conclusiones. A dichos procedimientos se les ha denominado, análisis de la función de evacuación y análisis de flujos.

7. Propuestas para gestión eficaz de la evacuación de los edificios. En este capítulo, se formulan propuestas para mejorar la gestión de la evacuación de los edificios. Se trata de una incursión fuera de las técnicas cuantitativas, presentándose algunos conceptos simples de carácter práctico con los que se piensa que puede mejorar notablemente la seguridad de las personas en los edificios.

8. Aplicaciones. Se utilizan los modelos y procedimientos propuestos para el estudio de la evacuación de diferentes recintos y edificios. Con estos ejemplos se trata de mostrar el potencial y el cumplimiento de los objetivos de la presente tesis. Entre las aplicaciones realizadas se documentan el estudio de la evacuación de un edificio destinado a actos sociales y congresos, uno dedicado a actividad industrial, un problema tipo y por último, el estudio de la evacuación de un edificio de uso escolar.

9. Recopilación de aportaciones realizadas y conclusiones finales. Se realiza una enumeración de las aportaciones realizadas en la presente tesis y finalmente se obtienen una serie de conclusiones, concretándose de forma detallada los aspectos en los cuales se considera que tendrían interés futuras investigaciones.

1.5 DEFINICIONES

Las características del problema llevan a tratar de resolverlo en el ámbito de los modelos matemáticos mientras que aspectos del mismo se encuentran en otras disciplinas, fundamentalmente construcción y seguridad contra incendios, en virtud de ello se relacionan a continuación algunos de los conceptos generales propios de dichos ámbitos.

1.5.1 Magnitudes que definen la ocupación de los recintos y el movimiento de las personas

Las zonas ocupadas por las personas en los edificios tienen una determinada capacidad, que depende de las dimensiones de las mismas y de la separación que se establezca entre ellas. Es diferente un recinto ocupado por niños que por personas adultas, pero además las personas ejercen a su alrededor una zona de influencia, en la cual desean que no se encuentren otras personas, desplazándose para obtener dicho espacio. En la figura 1.5 puede observarse dicho concepto que se cuantifica con diferentes magnitudes, las

más utilizadas por los modelos experimentales para definir la ocupación de los recintos son, densidad, módulo y tasa de ocupación.

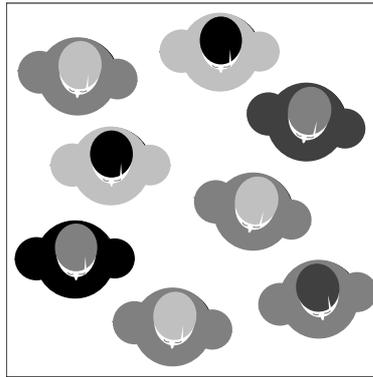


Figura 1.5 Ocupación recintos

La densidad de ocupación viene dada por el número de personas que se encuentran en una unidad de superficie, así si la unidad de superficie utilizada es el m^2 las unidades de esta magnitud serán personas por m^2 . **El módulo de ocupación** son las unidades de superficie que le corresponden a una persona que ocupa un determinado recinto, es pues la magnitud inversa de la densidad, siendo sus unidades serán m^2 por persona. Por último, **la tasa de ocupación** muestra la relación entre la ocupación existente en un recinto y su posible ocupación máxima, se trata de un número adimensional que corresponde al porcentaje de ocupación.

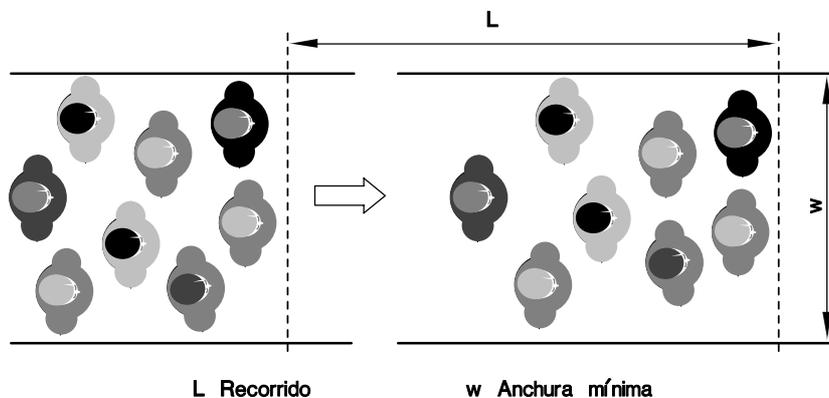


Figura 1.6 Magnitudes de locomoción de las personas

Por su parte, las **magnitudes de circulación**, que pueden observarse la figura 1.6, definen la capacidad de locomoción de los individuos. Se definen tres magnitudes de circulación, la velocidad de circulación, el flujo específico y el flujo. **La velocidad de circulación** hace referencia a la distancia recorrida por una persona en una unidad de tiempo, las unidades de tiempo utilizadas habitualmente son el minuto o el segundo dando lugar a las unidades metros por minuto o bien metros por segundo. **El flujo específico** relaciona el número de personas que cruzan una unidad de anchura en una unidad de tiempo, si la unidad de longitud es el metro y la de tiempo el minuto o el segundo resultan personas por metro y minuto o bien personas por metro y segundo, respectivamente.

Finalmente, **el flujo** es el número de personas que cruzan un determinado punto de referencia en una unidad de tiempo, personas por minuto o personas por segundo.

1.5.2 Definiciones de construcción

Al igual que sucedía en el apartado anterior, existe un conjunto de términos del léxico propio del sector constructor utilizados habitualmente en el problema de la evacuación de edificios, algunos de ellos con una referencia precisa en la propia legislación (NBE-CPI/96) que definen aspectos generales, salidas y comportamiento al fuego.

Se entiende por **origen de evacuación**, cualquier punto que puede estar ocupado por alguna persona, la normativa permite en los recintos de densidad de ocupación baja y superficie menor de 50 m² considerar como origen de evacuación su puerta de salida. Constituye **una vía de evacuación** el conjunto de dependencias de paso que conducen los ocupantes desde un punto inicial origen de evacuación hasta un destino seguro. Por su parte, **el recorrido de evacuación** es la distancia existente entre dos puntos de una vía de evacuación medido sobre el propio eje de pasillos, escaleras y rampas. **La altura de evacuación** viene dada por la diferencia de cotas existente entre el origen de evacuación y la de salida del edificio o espacio exterior seguro, en recorrido ascendente o descendente, de forma absolutamente genérica se considera un edificio de gran altura una construcción con una altura edificada superior a 25 metros; en Alemania, Suiza, Austria y Dinamarca consideran edificios de gran altura aquellos que superan los 22 metros, en Francia y Portugal en edificios de viviendas consideran 28 metros y en España se condiciona este concepto a la posibilidad de acceder a la planta desde el exterior. El **espacio exterior seguro** es aquella zona cuya superficie es suficiente para contener los ocupantes y no estar afectado por el siniestro, en caso de incendios se indica que sus características deben facilitar una amplia disipación térmica y de los humos, así como la asistencia a los ocupantes.

Se denominan **rampas** a los pasillos con una pendiente no mayor del 12 % cuando su longitud sea menor que 3 metros, del 10 % cuando su longitud sea menor que 10 metros o del 8% en el resto de casos. A una puerta o paso que conduce directamente o no a la salida de la planta o del edificio se la conoce como **salida del recinto**. Contrariamente, una **salida de planta** puede ser el arranque de una escalera que conduce a una planta de salida del edificio siempre que reúna unas condiciones de seguridad establecidas, también puede tratarse de una puerta de acceso a una escalera o a su vestíbulo previo o bien a un pasillo protegido, siempre que cumpla con la normativa específica y que conduzca a la salida de edificio. De igual forma, puede hablarse de salida de planta en el caso de puertas de acceso a otro sector, con la condición de que el primer sector tenga otra salida de planta o una puerta de acceso a un tercer sector y finalmente a una salida de edificio, en cuyo caso las salidas del primer sector no conducirán a un sector común para los dos recorridos optativos. Por último, se entiende por **salida de edificio** cualquier puerta o hueco utilizable como paso a un espacio exterior seguro.

Se dice que un elemento es **estable al fuego** si tiene la facultad de mantener su capacidad portante durante el tiempo que se especifique bajo la acción del fuego. Siendo la **resistencia al fuego (RF)** la capacidad de un elemento para que durante el tiempo que se especifique ante la acción de un fuego, mantenga su estabilidad, ausencia de emisión de gases en la cara no expuesta al fuego, estanquidad al paso de la llama y gases calientes y evite que se produzcan en la cara no expuesta temperaturas superiores a las especificadas en la Norma UNE 23093. **Parallamas** es la capacidad de un elemento expuesto al fuego para que durante el tiempo que se determine mantenga su estabilidad, no emita gases inflamables por la cara no expuesta y sea estanco al paso de la llama y de gases calientes. Se concibe un **pasillo o una escalera protegidos** como aquellos que cumplen unas condiciones de aislamiento que se resumen en tener un comportamiento ante el fuego definido, compartimentado de otros recintos RF-120 y comunicado con los mismos mediante vestíbulo previo, siendo de uso exclusivo para la circulación, toda vez que disponen de medios adecuados para la ventilación y la extracción de humos. **El vestíbulo previo** es un recinto delimitado por elementos RF cuyas características están en función de los valores que corresponda al sector de incendio o local a independizar y que tiene como única función la circulación de las personas.

Se imagina un **sector de incendio** como un recinto delimitado por elementos resistentes al fuego del grado que en cada caso se determine y que encierra una o varias actividades definidas por un solo uso. Los **simulacros de evacuación** son un ejercicio en el cual los ocupantes de un edificio se desplazan de la posición que ocupan en el interior del mismo hasta una posición segura tratando de reproducir la forma que lo realizarían en una situación de emergencia, pudiendo estar o no avisados los ocupantes del mismo, con lo que desconocen si se trata de una situación real o bien de un simulacro. Se designan como **ensayos de evacuación**, aquellos ejercicios en los cuales un grupo de personas se desplaza desde el interior de un edificio o de un recinto hasta otra dependencia o espacio exterior, toda vez que se observan sus actitudes y se miden ciertas magnitudes como pueden ser el tiempo de evacuación, los flujos y las retenciones, entre otras. Dichas mediciones pueden realizarse directamente o bien procediendo a la grabación del ensayo y posterior análisis del mismo.

1.5.3 Tiempos de evacuación

En el desalojo por incendio o emergencia de un local o edificio se consideran cuatro tiempos diferenciados, detección, alarma, retardo y evacuación. El **tiempo total de evacuación** es el tiempo que transcurre desde que se produce la detección de un determinado incidente hasta que ha finalizado el proceso de la evacuación, viene dado por la suma de los tiempos de detección, alarma, retardo y el propio de la evacuación. Para la optimización del tiempo total de evacuación se debe considerar la forma de hacer mínimos todos y cada uno de los tiempos, lo que depende del número de salidas del edificio o recinto a evacuar y del recorrido que sea preciso efectuar, normalmente se considera que los ocupantes asignados a una salida deben poder traspasarla en un tiempo

máximo de 2,5 minutos. Por su parte, el **tiempo de detección** comprende el tiempo transcurrido desde el inicio de la situación de emergencia hasta que la persona responsable pone en marcha la alarma. Se desglosa a su vez en tres tiempos, percepción, verificación de la emergencia y aviso para iniciar la alarma. La percepción de la situación de emergencia puede producirse mediante sistemas de detección automáticos o bien por detección humana, en el caso de detección automática la central de alarma puede activar directamente la alarma para iniciar la evacuación. Este sistema puede utilizarse en función de su fiabilidad, si de forma repetida produjera falsas alarmas resultaría un sistema no utilizable, contrariamente, la detección humana si bien no es tan rápida puede optimizarse con la ayuda de medios de comunicación eficaces, normalmente transcurre un tiempo desde que se verifica la gravedad del suceso hasta que se activa la alarma correspondiente. El **tiempo de alarma** es el propio de la emisión de la señal de alarma, sonidos codificados (sirena de alarma), sistemas de megafonía o bien sistemas ópticos. Este tiempo depende de la bondad técnica y de la capacidad de comunicación colectiva de los citados mensajes. Por último, el **tiempo de retardo** es el que transcurre desde que el colectivo de personas percibe y asimila el mensaje de alarma hasta que inicia el movimiento hacia los itinerarios correspondientes de salida, influye en él de una manera importante, la eficacia de la comunicación de los mensajes y la buena organización del personal de ayuda para la evacuación.

1.5.4 Definiciones comportamiento

Respecto al comportamiento de las personas se definen los conceptos de pánico y pánico negativo, citados en repetidas ocasiones en la presente tesis. Se conoce como **pánico** una conducta completamente irracional que puede resultar autodestructiva, de forma muy simple este comportamiento de los individuos se caracteriza por tomar decisiones irracionales que incrementan el peligro para ellas mismas y las demás. La mayoría de las personas no han tenido la experiencia de hallarse en una situación de peligro inminente, cuando esto les ocurre parece un hecho contrastado en la historia de grandes siniestros que el miedo a morir ha causado muchas más víctimas que el propio siniestro. De la misma forma debe indicarse que diferentes autores demuestran que el pánico se produce en casos reducidos, suele ir acompañado de otros factores extremos que para un conocimiento profundo del problema conviene analizar detenidamente. El **pánico negativo** consiste en una actitud completamente inmovilista e insensible al siniestro, llevada de tal forma que como consecuencia de la pasividad total puede llevar necesariamente a la autodestrucción.

