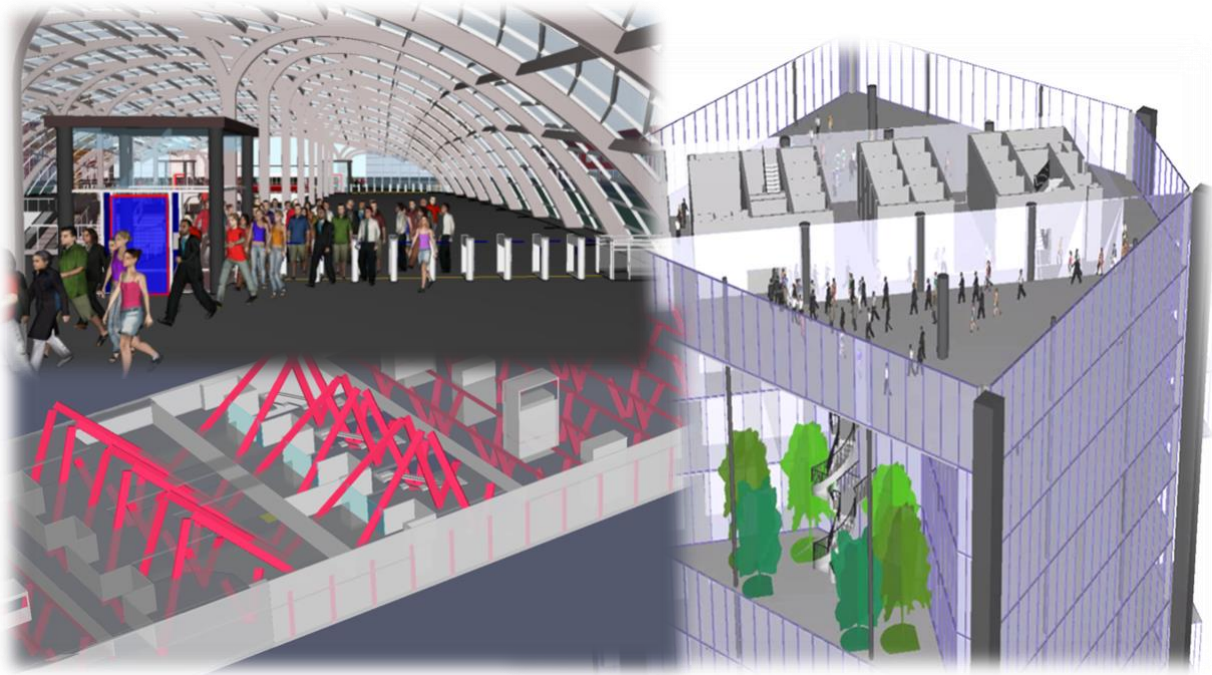


ashes·fire

Global Fire & Safety Engineers



Diseño Prestacional. Simulaciones computacionales de incendio y evacuación

"Fire & Safety Modelling"

El avance más significativo en ingeniería de incendios lo representa hoy la capacidad de poder simular y por tanto prever el comportamiento de un incendio y de las personas en diversos escenarios y bajo diferentes supuestos, entendiendo como se comportará el edificio y sus ocupantes en situaciones de emergencia. Asociado a ello se consigue un doble beneficio para el propietario: ahorro de costes y mejora de la seguridad del edificio, pudiendo disponer de soluciones eficaces y eficientes a los nuevos retos que plantean las nuevas construcciones industriales y diseños arquitectónicos

Diseño Prestacional. Simulaciones computacionales de incendio y evacuación

"Fire & Safety Modelling"

Índice:

- Justificación del Diseño Prestacional
- ¿Qué es el Diseño basado en Prestaciones?
- Herramientas para el diseño
- Simulación virtual de evacuación
- Simulación de incendio
- Simulación comportamiento de estructuras sometidas a los efectos del incendio

Diseño Prestacional "performance based design"



Dado que no es posible lograr que las normas evolucionen tan rápido como sería deseable, la única forma de encajar los nuevos enfoques constructivos que demanda la sociedad pasa por acudir a los principios de la ingeniería del fuego para justificar que las medidas alternativas propuestas ofrecen un nivel de seguridad equivalente al que se obtendría mediante el seguimiento estricto de la legislación.

El *performance-based design* (diseño basado en prestaciones) apoyado en herramientas de simulación computacional, aporta soluciones y beneficios contractados, traduciéndose finalmente en una protección eficaz de los edificios, diseños a la medida y eficientes económicamente.

Justificación del Diseño Prestacional

Tradicionalmente las reglamentaciones de edificación consisten en una gran colección de especificaciones prescriptivas que establecen cómo se deben diseñar, construir y usar los edificios.

Las prescripciones suelen ser habitualmente indicaciones acerca de qué elementos se deben disponer en el edificio, limitaciones en cuanto a tamaños o distancias, y restricciones de uso. Este conjunto de reglas facilita en gran medida la labor de los diseñadores (arquitectos e ingenieros), que no es necesario que tengan conocimientos específicos en la materia, siempre que sigan fielmente las instrucciones.

Estos códigos pueden variar mucho de un país a otro o incluso entre diferentes regiones de un mismo país, porque suelen estar adaptadas a la idiosincrasia de cada región y muchas de las prescripciones son incorporadas para prevenir que se reproduzcan incidentes negativos sufridos en el pasado.

Afortunadamente, la gran mayoría de los edificios pueden ser abordados adecuadamente de manera prescriptiva, alcanzando un nivel de seguridad adecuado a los niveles de exigencia de cada país. Sin embargo, no siempre se adaptan bien a los edificios singulares, que suelen hacer un uso más creativo o provechoso del espacio, o incorporan tecnologías o materiales novedosos.

Una de las vías más habituales que se está extendiendo en Latinoamérica, sobre todo en las regiones que reciben mayor inversión extranjera y en las grandes capitales, es permitir la adopción del estándar norteamericano NFPA 101 "*Life Safety Code*", lo que amplía en gran medida los horizontes de las normativas locales y a través de su capítulo 5 abre las puertas de manera ordenada al diseño basado en el desempeño.

El crecimiento de la economía en México está estimulando una gran parte de las inversiones de empresas Europeas y de Estados Unidos.

Es habitual que estas multinacionales quieran que sus edificios e instalaciones tengan unas características similares a las que disfrutaban en sus lugares de origen, pero se encuentran a menudo con normativas que no han avanzado tanto como las economías de estos países y dificultan el proceso de legalización de las mismas.

En estas situaciones la vía más conveniente consiste en justificar que las medidas aportadas logran un nivel de seguridad equivalente al que exigen las normativas locales. Para ello se debe acudir a los principios básicos de la ingeniería y comparar el desempeño que ofrecen ambas alternativas.

Para llevar a cabo este tipo de análisis se precisa unos conocimientos avanzados de ingeniería del fuego, tanto por parte de los diseñadores como de las autoridades con jurisdicción. En los

países con menor cultura o formación en estos aspectos existen grandes reticencias a emplear o aprobar este tipo de enfoques, pero hoy en día no se puede dar la espalda a esta nueva realidad que están trayendo a Latinoamérica las multinacionales extranjeras.

La clave del éxito estará en ser capaces de abordar la problemática de estas nuevas edificaciones de la manera más adecuada sin distorsionar la realidad legislativa de cada país.

¿Qué es el Diseño basado en Prestaciones?

Cuando por la singularidad de las edificaciones o su uso resulta prohibitiva la aplicación estricta de la normativa prescriptiva se debe justificar de alguna manera que las medidas alternativas propuestas consiguen alcanzar el nivel de seguridad que se pretendía alcanzar mediante el seguimiento de las prescripciones, analizando por tanto el desempeño de las mismas.

El diseño basado en prestaciones o basado en el desempeño es un proceso en el cual las soluciones de seguridad contra incendios son diseñadas para lograr unos objetivos concretos, frente al diseño prescriptivo tradicional en el que se establecen una serie de reglas mínimas que deben seguir de manera general todos los edificios.

Las principales ventajas de emplear el diseño basado en el desempeño son las siguientes:

- Considera las particularidades de cada edificio, proponiendo únicamente medidas que sean eficaces para alcanzar determinado nivel de seguridad.
- Facilita la innovación arquitectónica y el uso de las tecnologías más avanzadas disponibles.
- Permite conocer cómo se comportará el edificio en caso de incendio.

Para poder llevarlos a cabo con éxito, se requieren competencias específicas por parte de los diseñadores y de las autoridades con jurisdicción. Esta circunstancia supone una barrera importante para su aplicación en México y Latinoamérica, debido a la escasez de oportunidades de formación en esta disciplina.

En realidad, en muy pocas ocasiones es necesario acudir a un enfoque puramente basado en prestaciones de un edificio, sino que es suficiente con abordar aquellos aspectos que no son contemplados adecuadamente por la normativa prescriptiva.

De esta manera las propuestas del diseño prestacional son más asimilables por las autoridades, sobre todo cuando se demuestra de manera clara la inaplicabilidad de las medidas prescriptivas ante la singularidad de ciertas edificaciones.

Metodología

Con el fin de maximizar las posibilidades de éxito, se ha de seguir una metodología aprobada para abordar los proyectos singulares que no encajan totalmente en la reglamentación prescriptiva:

1. Identificar los aspectos que no pueden ser resueltos mediante la aplicación de las reglas prescriptivas.

2. Averiguar o investigar la intención de la norma en dichos aspectos, o el nivel de seguridad que proporciona su cumplimiento estricto.
3. Proponer medidas alternativas con el fin de cumplir con la intención de la norma o lograr un sistema de seguridad equivalente.
4. Identificar los escenarios de incendio más perjudiciales y seleccionar los más significativos.
5. Establecer los criterios de eficacia que permitan obtener un nivel de seguridad igual o superior al de la normativa prescriptiva.
6. Poner a prueba las medidas frente a los escenarios de incendio seleccionados, con el suficiente margen de seguridad.
7. Si no se alcanzan los criterios establecidos, realizar modificaciones en el diseño hasta que así sea.
8. Documentar adecuadamente el proceso y los resultados.

Dado que algunos de los análisis que se deben llevar a cabo en el paso 6 requieren muchas semanas de trabajo, es conveniente siempre contar con la participación de las autoridades desde las primeras fases del proyecto para garantizar su éxito y viabilidad.

Herramientas para el diseño

Aunque la base del diseño basado en el desempeño consiste en acudir a los principios básicos de la ciencia y la ingeniería del fuego, aprovechando todos los avances en la materia que se han desarrollado en los últimos 50 años.

Por tanto, la principal herramienta para poder abordar un diseño basado en prestaciones es la base de conocimiento global en ingeniería del fuego, que en gran medida ha sido recopilada en manuales o guías de reconocido prestigio, como pueden ser:

- SFPE Handbook of Fire Protection Engineering.
- International Engineering Guidelines.
- CIBSE Guide E: Fire Safety Engineering.

También se dispone de diversas herramientas avanzadas de cálculo que permiten modelar computacionalmente y simular el comportamiento del incendio, la propagación del humo, la respuesta de las estructuras o la evacuación de los ocupantes.

Las herramientas más actuales ofrecen unos resultados muy vistosos, muchas veces tridimensionales, que dan una impresión de gran realismo, pero conviene recordar que no en todos los casos la precisión de los resultados obtenidos con las mismas está relacionada con el realismo de la visualización, sino que depende fundamentalmente de la experiencia del modelador y de las limitaciones de la propia herramienta.

En ocasiones, un exceso de realismo es apreciada negativamente por parte de algunas autoridades que deben sancionar los proyectos, ya que de la simple visualización de los resultados no se puede interpretar la fiabilidad de los mismos si no van acompañados de una

justificación adecuada, que incluye descripción de las hipótesis de partida, análisis de sensibilidad, etc.

Sin olvidar que en muchas ocasiones las autoridades no disponen del conocimiento o los medios para interpretar de manera adecuada estos estudios y simulaciones.

El Ingeniero en Protección contra incendio

Para llevar a cabo un diseño basado en el desempeño es necesaria un conocimiento de la ingeniería del fuego más profundo que cuando se opta por una solución puramente prescriptiva, por lo que la formación de los arquitectos e ingenieros en esta disciplina es fundamental para llevarlos a cabo con éxito.

Las autoridades se encuentran en muchas ocasiones con que los diseños singulares han sido desarrollados directamente desde otros países, despreciando la normativa local en favor de la de origen de las inversiones, con la errónea creencia de que al emplearse una normativa más avanzada se da por supuesto que se obtiene un nivel de seguridad superior.

Pero no siempre la legislación en el país dónde se quieren implantar es más suave que la del país de origen, por lo que el cumplimiento de sus propios estándares no implica necesariamente que el edificio pueda ser legalizado.

Es por ello que tratamos con respeto las normativas locales que en muchas ocasiones han sido desarrolladas por las propias autoridades, y planteando las desviaciones de manera fundada y justificada en base al desempeño de las alternativas, se puede afrontar el reto de incorporar los conocimientos de ingeniería del fuego para mejorar el nivel de seguridad de los edificios sin romper las reglas del juego reglamentarias, que son fundamentales para dotar de seguridad jurídica a las propias inversiones.

Simulación Virtual de Evacuación

La simulación permite definir un edificio y a sus ocupantes, y simular como evacuarán durante una emergencia

La simulación computacional de evacuación se realiza a partir de la arquitectura del edificio y la introducción y tratamiento de los datos necesarios en un programa de software avanzado de simulación virtual de *evacuación completa y ordenada* de todo el edificio, bajo las condiciones que plantee los promotores del estudio.

Los movimientos de las personas visualizados en la aplicación informática están basados en estudios de reconocido prestigio que validan los comportamientos humanos, optimizados mediante la introducción en las ecuaciones de los parámetros adecuados obtenidos tras el análisis de vídeos de movimientos de personas en evacuaciones reales en edificios e infraestructuras, tanto en simulacros como en evacuaciones de emergencia reales.

Los cálculos de evacuación convencionales básicamente sólo tienen en cuenta la validez de los anchos de las salidas en función del número de personas que evacuan por esa vía, y el número de salidas en cada caso, cumpliendo con una limitación de la distancia de dicha vía. En la fase de diseño, el proyectista que no utiliza estas herramientas ha de establecer los criterios de asignación de personas a salidas, siendo esta asignación en base a porcentajes y probabilidades que no obedecen a ninguna razón.

La **simulación virtual de evacuación** permite lo siguiente:

- a) Validar los diseños de los recorridos y ubicación de las salidas de un proyecto ajustado a normativa, pudiendo justificar la bondad del diseño.
- b) Conocer los tiempos de evacuación del edificio, o bien de determinadas áreas, plantas o zonas del edificio.
- c) Visualizar el desarrollo de la evacuación de edificios que no se pueden evacuar en condiciones de ocupación normal.
- d) Detectar puntos conflictivos en los que se produzcan aglomeraciones
- e) Ayudar a definir la estrategia válida dentro del Plan de Emergencia y Autoprotección del Edificio
- f) Simular la evacuación bajo varios supuestos, tanto de ocupación, hipótesis de bloqueo de salidas, etc.

- g) Adecuar la señalización de evacuación, el alumbrado de emergencia y la programación de los avisos de alarma de la central de incendios
- h) Plantear un **diseño alternativo** al normativamente válido con un nuevo dimensionamiento y ubicación de salidas, así como mayores distancias de evacuación, con los que no obstante se mejore los tiempos de evacuación del edificio, convirtiendo al edificio en un lugar más seguro para sus ocupantes y a la vez acorde y coherente con el diseño arquitectónico del mismo, cuyos principales objetivos sea reducir los tiempos de evacuación mediante un diseño alternativo que optimice:
 - a. El diseño de los recorridos de evacuación
 - b. La ubicación y los anchos de las salidas, para optimizar los tiempos de evacuación frente al diseño normativo.
 - c. Hacer recorridos intuitivos
 - d. Eliminar zonas de aglomeraciones

En la aplicación informática utilizada se establece un cuadrante de planos y nexos entre planos, de forma que se construye una estructura en tres dimensiones, en la que hay planos, escaleras y salidas, interconectados entre sí, formando un entramado en el cual se pueden establecer recorridos de evacuación desde cualquier punto ocupable del entramado hasta las salidas.

El Estudio que realiza ASHES Fire Consulting incorpora varias pruebas y simulaciones parciales, tras las que se consigue una simulación completa lo más próxima a la realidad ante una hipotética situación de evacuación.

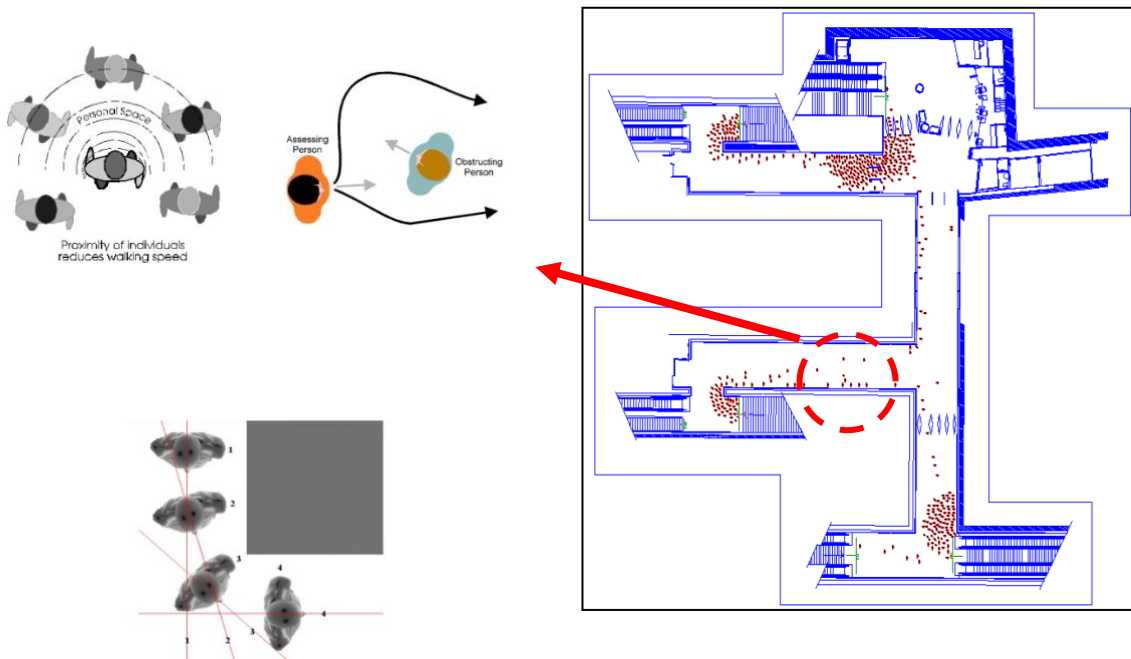


Figura 1. Imágenes de simulación de evacuación

Simulación de Humo e Incendio

En la última década se ha consolidado en el ámbito de la ingeniería especializada en protección contra incendios una tendencia generalizada a nivel mundial, consistente en introducir el análisis de riesgo y el *performance-based design* (diseño basado en prestaciones) tanto para el diseño de las medidas y condiciones de seguridad contra incendios en edificios y construcciones singulares, como para la validación de soluciones equivalentes, habida cuenta de que los requisitos mínimos normativos (prescriptivos), válidos para construcciones y entornos estándar, no siempre lo son para construcciones o entornos singulares.

El recientemente aprobado **Código Técnico de la Edificación (CTE)**, ya permite como alternativa al método tradicional (código prescriptivo) el diseño basado en prestaciones, alternativa de diseño que cuenta con el reconocimiento y apoyo por las principales Organizaciones Internacionales relacionadas con códigos de edificación. En el CTE se menciona:

“Igualmente, el Código Técnico de la Edificación se alinea con el denominado «enfoque basado en prestaciones», propugnado por las principales Organizaciones Internacionales relacionadas con códigos de edificación, tales como el Consejo Internacional de la Edificación, o el Comité Interjurisdiccional de Colaboración Reglamentaria, ambos inspiradores de los códigos de países avanzados [...] Además, frente a los tradicionales códigos prescriptivos, la adopción de un código basado en prestaciones, supone una mayor apertura a la innovación que se justifica también por la consideración de que los conocimientos y la tecnología de la edificación están en continuo progreso, de tal forma que la normativa promueva la investigación y no dificulte el progreso tecnológico.”

Con esto se propicia el empleo de la simulación computacional (Fire Modeling) como herramienta para predecir la evolución y las consecuencias de incendios en múltiples escenarios, proporcionando información sobre movimiento de humos, dispersión de llama, temperaturas alcanzadas, etc.

La simulación computacional permite ampliar el campo de análisis al comportamiento de las estructuras del recinto sometidas a la carga adicional del incendio, ya que es sabido que las estructuras sufren una reducción de su resistencia con el aumento de la temperatura.

Las herramientas computacionales que se utilizarían para este estudio proporcionan toda la información necesaria para un análisis completo del comportamiento del recinto ante un supuesto de incendio y permitirá la toma de decisiones fundamentadas a la hora de determinar el sistema o tecnología más adecuada para la protección de dicha área.

El modelo utilizado por ASHES para el análisis de incendios es el **Fire Dynamic Simulator (FDS)**, modelo numérico de dinámica de fluidos computacional específico para aplicaciones de incendios, que resuelve las ecuaciones que gobiernan los fenómenos de dinámica de fluidos y que emplea para la turbulencia la técnica de simulación de grandes remolinos (LES – Large Eddy Simulations).

FDS es un modelo de dinámica de fluidos computacional (CFD) concebido por el NIST (National Institute of Standards and Technology - USA) de manera específica para resolver el fenómeno del incendio en recintos cerrados, que resuelve las ecuaciones de Navier-Stokes para aplicaciones con bajo número de Mach. En incendio, baja velocidad y flujo considerado desde un punto de vista térmico, con énfasis en el transporte de humo y calor derivados del incendio

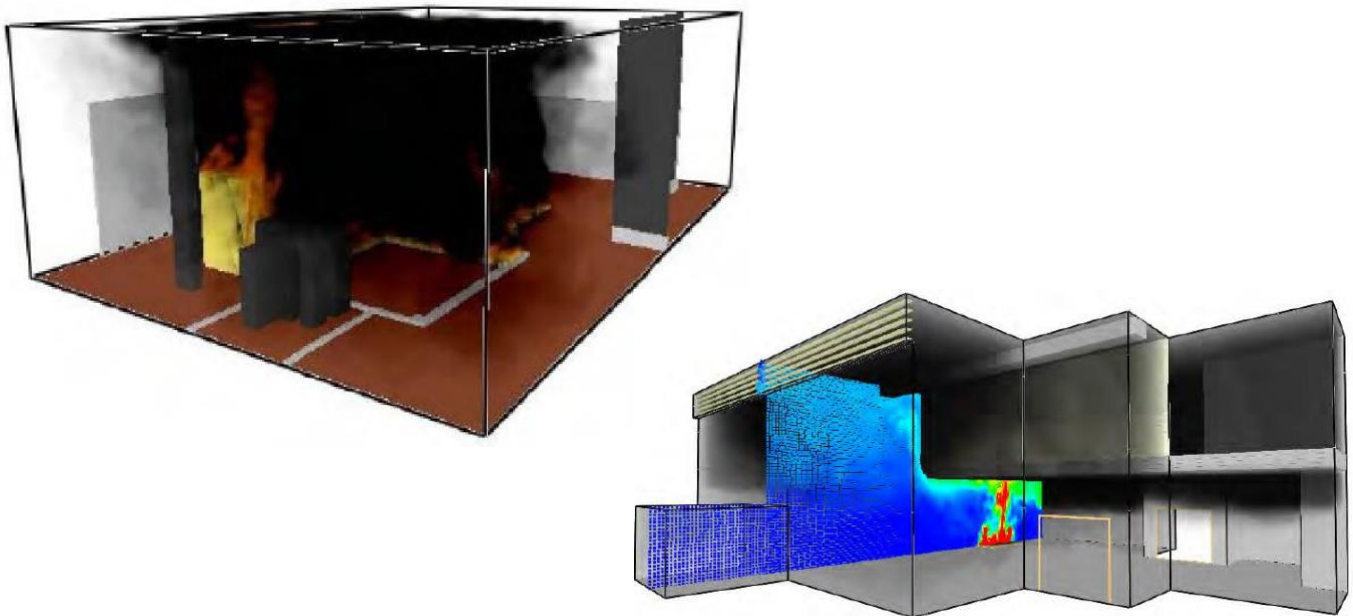


Figura 2. Imágenes de ejemplo de simulación de incendio

La **simulación computacional de incendio** permite, entre otras aplicaciones las siguientes:

1. Determinar los valores adecuados y suficientes de resistencia y estabilidad al fuego de los elementos compartimentadores.
2. Optimizar (técnica y económicamente) los sistemas de control de evacuación de humos y calor.
3. Conocer los tiempos de crecimiento y desarrollo del incendio para analizar como interactúa con las medidas contra incendios.
4. Evaluar la eficacia de las medidas proyectadas, etc..

Simulación del comportamiento de la estructura sometida a los efectos del incendio

La ingeniería de fuego estructural tiene por objeto asegurar el funcionamiento satisfactorio de la estructura de un edificio en caso de un incendio.

El procedimiento tradicional se basa en seguir las reglas prescriptas, pero recientemente han sido desarrollados métodos más avanzados basados en el cálculo detallado de cada situación y escenario mediante el análisis computacional que permite la consideración de escenarios de incendio más realistas que el fuego estándar.

La ingeniería de fuego estructural tiene por objetivo la consecución de la mejora de la construcción, la operación, y la seguridad sobre la base de que los métodos avanzados también pueden proporcionar una indicación clara de comportamiento estructural en caso de un fuego.

Las ventajas de la ingeniería de fuego estructural pueden ser resumidas como:

- Mejora de la Seguridad – *aporta una visión clara del comportamiento estructural en caso de incendio.*
- Ahorro de costes - *Reduciendo o eliminando la protección a aplicar.*
- Fiabilidad – *Las estructuras sin protección no tienen que confiar en el mantenimiento ni en su uso apropiado.*
- Protección de la propiedad - *por la mejora de la robustez de la estructura en caso de un fuego.*
- Continuidad de negocio - *por la mejora de la robustez.*
- Reducción del mantenimiento – *las estructuras sin protección requieren menos mantenimiento.*
- Flexibilidad de diseño – *permite la consideración de cualquier disposición estructural, detalle, sistema de protección, etc..*

