

# La simulació computacional: una eina per estudiar la propagació del foc als edificis

La simulació computacional és una eina que s'aplica a molts camps de la investigació bàsica i en aplicacions tecnològiques avançades. En el cas de la propagació del foc en espais tancats, les simulacions poden permetre analitzar i visualitzar els efectes que un hipotètic incendi pot tenir en un edifici i, com a conseqüència directa, ajudar o donar suport a l'establiment d'accions preventives i formatives que puguin ajudar els projectistes, els equips d'intervenció i els tècnics pericials en cas de sinistre. En aquest article descriu els diferents tipus de models habitualment utilitzats i presenta alguns exemples realitzats al Laboratori del Foc de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).

**Ana M. Lacasta i Francesc Jordana**

Laboratori del Foc de la UPC

►► Un primer nivell d'aproximació a l'evolució dels incendis es basa en l'ús d'expressions analítiques per estimar diferents característiques d'un foc i que, si més no, poden servir com a base per a modelitzacions més sofisticades. Al llarg dels últims anys s'han anat considerant models matemàtics més complets que permeten simular, mitjançant programes d'ordinador, la dinàmica d'evolució del foc. El desenvolupament d'ordinadors cada cop més ràpids i amb major capacitat està estenent l'ús d'aquestes eines.

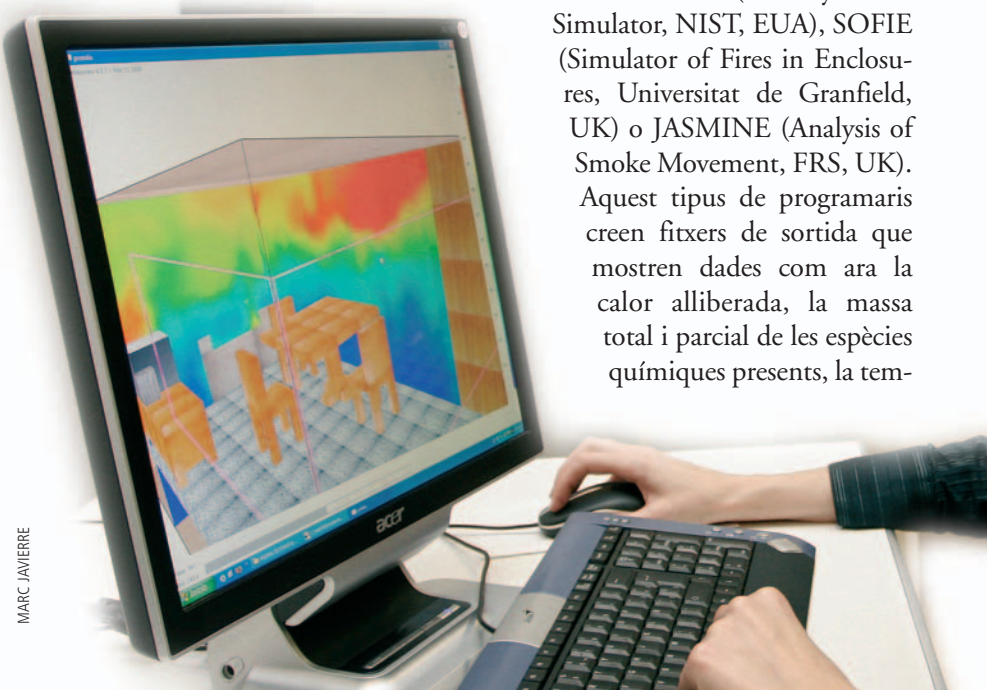
Hi ha dos tipus de models de simulació de propagació del foc en espais tancats: els anomenats models per zones i els models de camp. En els models per zones, que són més senzills, es divideix el recinte que cal analitzar en dues regions (zones), superior i inferior, en cada una de les quals se suposa que la temperatura i la concentració de gasos són uniformes. La zona superior conté els gasos produïts per la combustió mentre que la zona inferior conté l'aire fresc, de manera que la interfície entre les dues zones es va desplaçant mentre l'incendi va evolucionant (la zona superior pot arribar a ocupar tot el recinte). El mètode de càlcul consisteix en l'aplicació d'una versió de les

equacions que governen el sistema considerablement simplificades, de manera que el cost computacional és baix. Aquests tipus de models permeten predir com evolucionaran les temperatures de cada zona i la posició de la interfície, però no poden donar detalls sobre les distribucions espacials de temperatures o d'altres propietats físiques. Exemples de programes de simulació que utilitzen models per zones són el CFAST (NIST, EUA, si vol dir els Estats Units) i l'OZONE (Universitat de Lieja, Bèlgica).

Els models de camp es basen en els models de dinàmica de fluids (CFD, segons sigles angleses). A diferència dels models per zones, aquí es divideix

el recinte en un gran nombre de petits elements o cel·les. Per cada cel·la es van calculant, en cada interval de temps, els valors de temperatura, velocitat i concentració de gasos, mitjançant la resolució de les equacions que governen el sistema. Dins d'aquestes equacions es troben les equacions de conservació de massa, energia i moment (equacions de Navier-Stokes) així com les equacions de transferència de calor i les que conformen el procés de combustió. Les equacions completes són enormement complexes i sempre cal fer certes aproximacions. Per aquest motiu és molt important la feina de validació dels models comparant-los amb resultats obtinguts en incendis reals.

La simulació de models de camp es pot realitzar amb programes com: FDS (Fire Dynamics Simulator, NIST, EUA), SOFIE (Simulator of Fires in Enclosures, Universitat de Granfield, UK) o JASMINE (Analysis of Smoke Movement, FRS, UK). Aquest tipus de programaris creen fitxers de sortida que mostren dades com ara la calor alliberada, la massa total i parcial de les espècies químiques presents, la tem-



MARC JAVIERRE

Simulació que reproduceix la propagació d'un incendi real en un habitatge, en aquest cas a Premià

peratura o la pressió. Es tracta de programes que permeten tractar una determinada situació d'incendi amb molt més detall que els models per zones, i se'n pot extreure molta més informació. El problema és que, evidentment, requereixen més recursos, són més complicats d'ús i consumeixen un temps de càlcul computacional considerable.

**Del càlcul a la pantalla.** Molts dels programes de models de camp es complementen amb programes de visualització que tradueixen les dades numèriques obtingudes i les mostren en un entorn gràfic. L'FDS es complementa amb l'*smokeview*, que entre altres coses mostra, en forma de pel·lícula, la dinàmica del foc i del fum en un escenari determinat. També pot mostrar com evolucionen les distribucions espacials de quantitats com ara la pressió, la concentració d'oxigen o la temperatura. Una de les simulacions amb què es treballa al Laboratori del Foc correspon a un contenidor real ubicat al Parc de Bombers de Reus, utilitzat pels bombers en les seves pràctiques. El material combustible es localitza en un dels seus extrems, on s'origina el foc, i durant l'evolució es van obrint i tancant les obertures del contenidor (portes i xemeneia). El simulador reproduceix l'evolució del foc a l'interior del recinte. Hi ha la possibilitat de mostrar, per un determinat instant, les condicions de fum i flames o la distribució de temperatures mitjançant una escala de colors (vermell per a la temperatura més alta, blau per a la més baixa).

Per realitzar una simulació amb un programa com l'FDS, prèviament és necessari tenir molta informació. En primer lloc, cal introduir la forma i les dimensions de l'escenari on tindrà lloc l'incendi. Aquest escenari pot ser un únic recinte, un conjunt de naus o d'habitacions o, fins i tot, tot un edifici de diverses plantes. En segon lloc, s'han d'especificar les obertures (com són finestres i portes) indicant-ne l'estat en què es troben a l'inici i si, al llarg de l'evolució de l'incendi, s'han



A partir d'una simulació d'un habitatge real, com la de la imatge, es reproduceix el desenvolupament del foc

d'obrir o tancar. En tercer lloc, s'han d'especificar tots els elements presents a l'escenari i que poden contribuir al desenvolupament i propagació del foc, com per exemple mobles de fusta, matalassos o sofàs. Cal conèixer les dimensions de tots aquests elements així com les característiques del mate-

---

“La realització de simulacions pot servir de suport en el disseny de sistemes constructius i de protecció”

---

rial de què estan fets. L'FDS també permet introduir la presència d'elements de protecció passiva com són els ruixadors. En quart lloc, s'ha de situar l'origen del foc i les seves característiques. Evidentment, com més gran i complicat sigui l'escenari que s'ha de simular, més costós serà el procés d'introducció de dades, i més llarga serà la simulació.

Quan es pretén realitzar una simulació per reproduir un incendi fortuït, és habitual trobar-se amb escenaris molt complexos, amb diversos elements a tenir en compte i dels quals no sempre es coneixen tots els detalls. En la imatge superior es mostra una simulació que reproduceix un incendi real produït en un habitatge. La imatge il·lustra l'escenari introduït al programa, mentre que la fotografia de la pàgina anterior mostra, a l'interior del menjador, la distribució de tempera-

tures en un determinat moment de l'incendi. També es podria reproduir el nivell de fums i altres paràmetres.

La realització de simulacions com aquestes permet la verificació d'hipòtesis sobre l'evolució d'incendis reals. També permet analitzar la influència de diferents factors (com ara materials, dimensions o sistemes de ventilació) en la propagació, així com la viabilitat de mesures correctores substitutòries i complementàries. Pot servir com a suport en el disseny de sistemes constructius i sistemes de protecció, i ser de gran ajuda per als tècnics i per a les administracions que directament tenen la responsabilitat de la seguretat de persones i del patrimoni immobiliari. No podem oblidar, per concloure, que el nou Codi Tècnic de l'Edificació, amb un enfocament basat en prestacions, també obre la porta a la utilització d'eines de simulació, com són els models per zones o els basats en dinàmica de fluids.¶

## Bibliografia

- *Los modelos de simulación computacional en la ingeniería y la investigación de incendios*. Editor: J.A. Capote, GIDAI, Universitat de Cantàbria (2004)
- *La modelización de los efectos del fuego. Tipos de modelos*. G. Lozano, Revista de l'APICI n. 3, pàg. 22 (2005): <http://www.apici.es/ici.htm>
- Programa OZONE, Universitat de Lieja (Bèlgica): <http://www.ulg.ac.be/matstruc/Download.html>
- Programa FDS, National Institute of Standards and Technology (NIST): <http://www.fire.nist.gov/fds>
- International Survey of Computer Models for Fire and Smoke: <http://www.firemodelsurvey.com>