

Criteris d'avaluació de simulacions computacionals

Simulació d'incendis en edificis Simulació d'evacuació de persones

1. Objectiu del document

Definir els criteris mínims del procés d'avaluació o verificació complementària per part de les entitats independents especialitzades en relació als paràmetres emprats i al correcte procés de simulació d'incendis en edificis, al qual es refereixen les certificacions en el disseny basat en prestacions (PBD-1, PBD-2 i PBD-3).

Omplir el punt 3 de l'apartat "Certificació" dels formularis PBD-1, PBD-2 i PBD-3, implica per part de l'entitat independent especialitzada haver considerat tot el que es descriu tot seguit.

2. Destinataris

Personal de les entitats independents especialitzades i personal tècnic especialitzat que dugui a terme la simulació computacional que ha de ser avaluada.

3. Simulació d'incendis en edificis

3.1. Simulador computacional

Les certificacions PDB fan referència a l'ús de programari de reconegut prestigi sense especificar-ne cap. Es recomana especialment el Fire Dynamics Simulator (FDS) desenvolupat pel National Institut of Standards and Technology (NIST) dels EUA per diverses raons:

- És un simulador d'incendis en edificis de reconegut prestigi internacional.
- Tot i algunes mancances s'adapta bé al disseny basat en prestacions.
- És possiblement el simulador d'incendis en edificis més utilitzat en la comunitat de seguretat contra incendis.
- És gratuït. El seu desenvolupador és una entitat pública sense ànim de lucre.

Respecte la versió de FDS, cal utilitzar l'última actualització consolidada del programari en el moment d'iniciar el projecte de simulació.

En cas d'ús d'un altre simulador, el personal tècnic especialitzat haurà de justificar que proporciona resultats més fiables que els proporcionats per FDS i haurà de garantir que l'entitat independent especialitzada tingui accés al programari per a que pugui dur a terme correctament l'avaluació.

Les seccions següents consideren que el programari utilitzat és FDS. En el cas que sigui un altre programari caldrà dur a terme accions anàlogues per al programari corresponent.

3.2. Presentació de la simulació a l'entitat independent especialitzada

El personal tècnic especialitzat que hagi dut a terme la simulació lliurarà a l'entitat independent especialitzada, juntament amb l'informe tècnic, el fitxer o fitxers informàtics amb extensió .fds amb els quals s'ha fet la simulació.

En el cas que les dues parts estiguin utilitzant el mateix pre-processor de FDS no s'exclou la possibilitat que addicionalment es puguin lliurar fitxers informàtics en el format del pre-processor.

No s'han d'admetre impressions en paper dels fitxers .fds ni conversions a .pdf o similars.

L'entitat independent especialitzada ha de tenir la capacitat de re-executar la simulació a partir dels fitxers .fds lliurats.

L'entitat independent especialitzada podrà prescindir de la re-execució de la simulació si ho justifica correctament. En aquest cas caldrà que rebi del personal tècnic especialitzat que ha executat la simulació tots els fitxers generats en l'execució: fitxers amb extensió .smv, .s3d, .csv, .out, per exemple.

Les imatges que acompanyin la documentació presentada hauran de mostrar els obstacles simulats per FDS, no el obstacles dibuixats amb CAD, si aquests no coincideixen.

3.3. Procediment d'avaluació

L'entitat independent especialitzada haurà d'analitzar el fitxer .fds per tal comprovar els paràmetres utilitzats i el correcte procés de simulació.

En particular es revisarà com el personal tècnic especialitzat que ha dut a terme la simulació ha justificat la tria de paràmetres.

Es pot justificar la tria de paràmetres mitjançant l'ús de fonts bibliogràfiques acreditades, com ara els documents de la SFPE, del NIST, textos estàndards de ciència del foc o articles de revistes científiques reconegudes amb peer-review.

Es poden justificar també mitjançant l'ús de guies i normatives elaborades per la DGPEIS o per altre organismes competents en seguretat contra incendis d'arreu del món.

En el cas que les simulacions siguin realitzades per empreses que tinguin la capacitat de mesurar els paràmetres necessaris en els seus laboratoris o en laboratoris contractats, s'acceptaran els paràmetres que hagin mesurat sempre que els mètodes utilitzats en la seva determinació hagin estat acreditats científicament. Si és necessari hauran d'aportar els documents interns en els quals es detalla com s'han obtingut els valors dels paràmetres (es signaran compromisos de confidencialitat si es creu necessari).

Com a mínim cal tenir en compte els paràmetres i consideracions següents:

1. La malla o les malles utilitzades. Cal revisar que el dimensionat de les cel·les és correcte i que entre obstacles i entre parets del domini d'integració i obertures hi ha el nombre de cel·les necessàries i les distàncies que garanteixin una correcta integració numèrica. Vegeu també les especificacions al final d'aquesta llista numerada.
2. La corba d'incendi escollida. En el cas que es contempli l'acció de ruixadors, la modificació de la corba d'incendi a causa dels ruixadors.
3. Usualment en estudis de dissenys basats en prestacions el foc s'introdueix mitjançant la corba temporal del punt anterior. Si s'utilitzessin mètodes de propagació del foc com ara temperatures d'ignició o models de piròlisi complexos, tots els paràmetres associats amb aquests mètodes.
4. Cal triar una reacció de combustió, o més d'una si és necessari i factible, que sigui representativa dels gasos combustibles que es preveu que s'emetin a l'incendi. Per a cada combustible cal justificar: nom o fórmula química, producció de monòxid de carboni, producció de sutge, fracció d'hidrogen del sutge, calor de combustió. Cal escollir una fracció radiativa que sigui congruent amb el combustible i el sutge alliberat durant la combustió.
5. En el cas que hi hagi interès en determinar les concentracions d'altres gasos tòxics (per exemple la producció d'acroleïna, formaldehid o altres gasos si la molècula de combustible conté N, Cl, F, Br o S), la producció de cada substància tòxica rellevant, és a dir, la massa de substància tòxica per massa de combustible.
6. Les propietats tèrmiques dels materials de construcció emprats. S'ha observat una tendència a utilitzar superfícies inerts o adiabàtiques amb l'argument que es vol ser conservatiu. Cal prioritzar el fet que el model simulat ha de reproduir fins allà on sigui possible l'escenari real.
7. Si la simulació inclou detectors de fum, detectors tèrmics, ruixadors o d'altres dispositius, els paràmetres que els caracteritzen a la simulació s'han de correspondre amb els paràmetres dels dispositius reals que s'instal·laran a l'edifici projectat.

8. Si la simulació inclou un sistema de ventilació, calefacció o aire condicionat (HVAC) cal que els valors dels paràmetres utilitzats en la simulació es corresponguin amb el sistema real que s'instal·larà a l'edifici projectat.
9. Les obertures de l'edifici a l'exterior s'han de correspondre a l'escenari real. Cal tenir en compte aparició o desaparició d'obstacles (obertura o tancament de portes, trencament de vidres...) Cal revisar que l'ajustament dels obstacles a la mida de la malla no estigui creant ventilacions fictícies o eliminant ventilacions reals. Cal revisar que s'hagin considerat i codificat correctament zones de pressió i fuites a escales més petites que la resolució de la malla quan això sigui necessari.
10. Altres paràmetres diferents dels anteriors on s'ha alterat el valor per defecte de FDS, especialment en el cas de paràmetres avançats.

L'entitat independent especialitzada haurà de comprovar que els fitxers .fds es poden executar lliures d'errors.

També haurà de comprovar que s'ha justificat la mida de les cel·les utilitzades en la malla o malles mitjançant un estudi de convergència en el qual es vegi que a mesura que es redueix la mida de la cel·la els resultats tendeixen a convergir. Si aquest estudi implica un cost de temps o econòmic prohibitiu el personal tècnic especialitzat que dugui a terme la simulació podrà limitar l'estudi de convergència a aquella malla o malles crucials en l'estudi, com ara les malles que inclouen el foc.

Si s'utilitza la *FDS Simulator Technical Reference Guide Volume 3: Validation* o una altra referència reconeguda per la comunitat científica internacional per justificar l'ús d'un mallat determinat, el personal tècnic especialitzat haurà d'argumentar que el cas de validació utilitzat és efectivament similar al cas sota estudi.

Si un dels objectius de la simulació amb FDS és obtenir temperatures i fluxos calorífics sobre materials constructius per tal d'estudiar la seva resistència al foc, cal que el personal tècnic especialitzat expliqui com a partir dels valors calculats per FDS (temperatura del gas a prop de la superfície, flux de calor radiatiu i convectiu sobre la superfície, temperatura de la paret, temperatura adiabàtica superficial, etc.) s'han obtingut els valors pertinents relatius al comportament dels materials davant del foc (temperatura dels elements constructius, dilatacions i altres deformacions, gruixos de pintura intumescents, temps de resistència o el que pertoqui). Haurà d'aportar aquells càlculs que complementin els càlculs duts a terme amb FDS, els quals hauran de ser revisats per l'entitat independent especialitzada.

L'entitat independent especialitzada haurà de comprovar, mitjançant re-execució dels fitxers .fds o inspecció dels resultats presentats (fitxers .smv, .s3d, etc.) que les conclusions a les quals ha arribat el personal tècnic especialitzat són correctes.

4. Simulació d'evacuació de persones

4.1. Simulador computacional

Les certificacions PBD fan referència a l'ús de programari de reconegut prestigi sense especificar-ne cap. A diferència del cas de simulació d'incendis en edificis, no hi ha cap simulador que es pugui recomanar especialment, entre els molts que actualment es poden trobar. En qualsevol cas el simulador escollit ha de tenir les eines necessàries per simular el cas sota estudi i ha d'haver passat satisfactòriament un mínim de tests de verificació i validació.

L'entitat independent especialitzada que avalui la simulació haurà de tenir accés al programari escollit pel personal tècnic especialitzat.

Per a qualsevol simulador computacional, cal utilitzar l'última actualització consolidada del programari en el moment d'iniciar el projecte de simulació.

4.2. Presentació de la simulació a l'entitat independent especialitzada

El personal tècnic especialitzat que hagi dut a terme la simulació lliurarà a l'entitat independent especialitzada, juntament amb l'informe tècnic, el fitxer o fitxers informàtics amb els quals s'ha configurat la simulació.

No s'han d'admetre impressions en paper dels fitxers de configuració ni conversions a pdf o similars.

L'entitat independent especialitzada ha de tenir la capacitat de re-executar la simulació a partir dels fitxers lliurats.

4.3. Elements a considerar en l'avaluació

L'entitat independent especialitzada haurà d'analitzar els fitxers de configuració per tal de comprovar els paràmetres utilitzats i el correcte procés de simulació.

En particular es revisarà com el personal tècnic especialitzat que ha dut a terme la simulació ha justificat la tria de paràmetres.

Es pot justificar la tria de paràmetres mitjançant l'ús de fonts bibliogràfiques acreditades com ara els documents de la SFPE, del NIST, textos estàndards d'evacuació de persones, de gestió de multituds o articles de revistes científiques reconegudes amb peer-review.

Es poden justificar també mitjançant l'ús de guies i normatives elaborades per la DGPEIS o per altre organismes competents en seguretat contra incendis o gestió de multituds d'arreu del món.

En el cas que les simulacions siguin realitzades per empreses que tinguin la capacitat de mesurar els paràmetres necessaris o contractar tercers que els mesurin, s'acceptaran els paràmetres que s'hagin mesurat sempre que els mètodes utilitzats per la seva determinació hagin estat acreditats científicament. Si és necessari hauran d'aportar els documents interns en els quals es detalla com s'han obtingut els valors dels paràmetres (Se signaran compromisos de confidencialitat si es creu necessari).

L'entitat independent especialitzada haurà de comprovar com a mínim que el personal tècnic especialitzat que ha dut a terme la simulació hagi tingut en compte les següents consideracions:

1. La majoria de simuladors de moviment de persones trien per defecte la ruta més curta o més ràpida per evacuar els agents, sense tenir en compte que les persones usualment ni tenen un coneixement precís de la instal·lació que han d'evacuar, ni tenen un mapa de l'edifici. Les indicacions de sortides d'emergències poden ser absents o insuficients. A més a més, les persones poden escollir altres rutes, diferents que les indicades per la senyalització, per motius psicològics: preferència a utilitzar rutes conegudes, etc.
2. Usualment caldrà utilitzar les diverses eines que té cada simulador per alterar les rutes per defecte o tenir en compte la senyalització d'emergència d'una manera realista.
3. Cal comprovar que les situacions de congestió es resolen d'una manera realista.
4. Cal comprovar que els agents simulats segueixen, per a densitats baixes, una distribució de velocitats preferides en terreny pla que sigui realista, típicament una distribució gaussiana. Així mateix cal comprovar que en escales i en rampes s'utilitzen factors de modificació de velocitat creïbles donats els pendents considerats.
5. En el cas que el simulador permeti modificar la mida dels agents, si el calibratge del simulador s'ha limitat a un diàmetre fix, intentar simular els agents amb diàmetres més realistes pot dur a resultats erronis. Sortir del rang de calibratge del simulador només es podrà fer si es disposa de dades experimentals per validar els resultats obtinguts.
6. Cal justificar la tria de temps de pre-evacuació o pre-moviment utilitzats o bé la seva absència.
7. La simulació s'ha d'haver executat diverses vegades modificant els paràmetres aleatoris (posició dels agents, velocitats preferides dels agents...) per tal d'observar la dispersió en els temps d'evacuació. Cal dur a terme un estudi estadístic que inclogui com a mínim el càlcul del temps mitjà d'evacuació, la desviació estàndard i els valors mínim i màxim sobre una mostra estadísticament significativa.
8. En l'estudi de densitats d'ocupació es parlarà atenció a les dificultats associades a la determinació de la densitat en els simuladors, sobretot quan la densitat és alta, a l'hora de treure conclusions. Cal considerar que la definició de densitat depèn de la mida i forma

de l'entorn en el qual es mesura la densitat. En simuladors on l'espai accessible és discret la densitat és un concepte mal definit. Els simuladors han estat calibrats usualment a densitats baixes. Els models de contacte entre agents són molt simplistes. El càlcul de mitjanes temporals pot difuminar pics perillosos en la densitat, etc.

9. Hi ha simuladors que inclouen models avançats de simulació (per exemple evacuacions en grups) que no han estat mai validats amb dades experimentals. No es poden extreure conclusions fiables de models que no han estat validats.

L'entitat independent especialitzada haurà de comprovar que els fitxers de configuració es poden executar lliures d'errors.

L'entitat independent especialitzada haurà de comprovar, mitjançant re-execució dels fitxers de configuració que les conclusions a les quals ha arribat el personal tècnic especialitzat són correctes.

5. Supervisió de la DGPEIS

Al terme municipal de Barcelona la verificació de les condicions de seguretat en cas d'incendi dels establiments, activitats, infraestructures i edificis i, per tant, la supervisió del seguiment dels criteris d'aquest document, la realitzarà l'òrgan competent de l'Ajuntament de Barcelona, no la DGPEIS.

El personal tècnic especialitzat que ha dut a terme la simulació haurà de lliurar els mateixos documents i fitxers mencionats anteriorment a la DGPEIS quan aquesta ho sol·liciti. Així mateix l'entitat independent especialitzada haurà de lliurar informació addicional sobre el procés d'avaluació, més enllà d'aquella inclosa al certificat, quan la DGPEIS ho sol·liciti. La DGPEIS supervisarà que se segueixen els criteris establerts en aquest document per aquells projectes que cregui necessari.

En el cas que el personal tècnic especialitzat hagi utilitzat un simulador no gratuït o d'accés restringit, caldrà que proporcioni a la DGPEIS accés temporal al programari, si la DGPEIS ho considera necessari per dur a terme la supervisió.