

Soluciones prestacionales para la evaluación del comportamiento al fuego de fachadas

Prof. Daniel Alvear

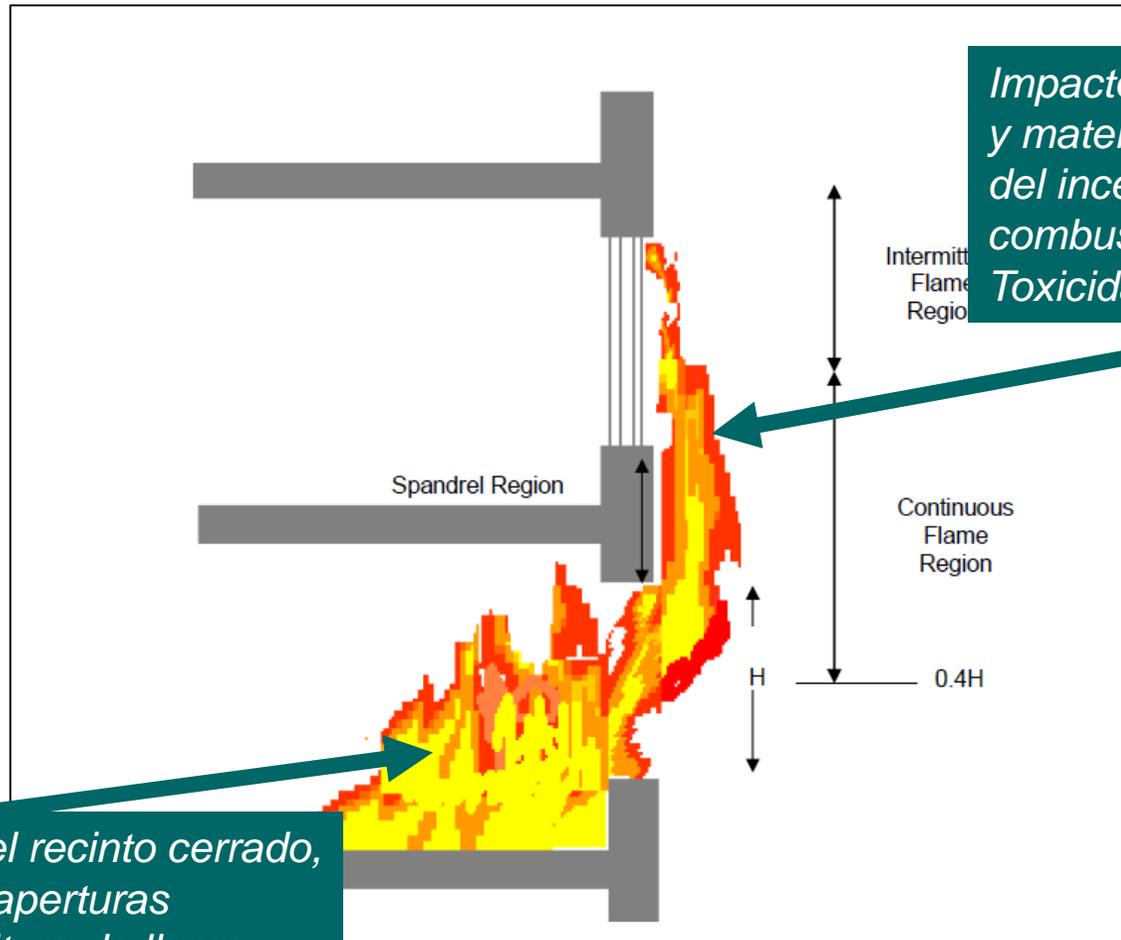
GIDAI  **FIRE RESEARCH CENTER**

Source: <https://www.usfa.fema.gov/downloads/pdf/publications/tr-022.pdf>



Escenarios de incendios:

- Incendios que emergen desde una habitación a través de una apertura, tales como incendios post-flashover.
- Fuentes de incendio desde el exterior tales como vehículos, contenedores de basura, etc. Existen algunos escenarios de incendio extremos, como incendios urbanos post-terremoto, incendios forestales (WUI fires).



Impacto en la solución de fachada y materiales débiles, Prograpación del incendio, Ignición de elementos combustibles, Energía liberada, Toxicidad de los humos

Incendio dentro del recinto cerrado, llama a través de aperturas (reattachment, altura de llama, flujos de calor, flujos de gases)

ANSI/FM 4880

NFPA 285 (US)

CAN/ULC S134 (Canada)

BS 8414 Parts 1 and 2 (UK)

DIN 4102-20 (Germany)

SP 105 (Sweden)

ISO 13785-2

LEPIR II (France)

GOST 3125 (Russia)

MSZ 14800-6 (Hungary)



ISO/TC 92/SC 4

Fire safety engineering

ABOUT

SECRETARIAT: [AFNOR](#)

Committee Manager: [M Benoît Smerecki](#)

Chairperson (until end 2022): [Mr Daniel Nilsson](#)

ISO Technical Programme Manager [TPM]: [Dr Anna Caterina Rossi](#)

ISO Editorial Programme Manager [EPM]: [Ms Alison Reid-Jamond](#)

Creation date: 1991

QUICK LINKS

[WORK PROGRAMME](#)

Drafts and new work items

[WORKING AREA](#)

on ISOTC and Public information folder

[ISO ELECTRONIC APPLICATIONS](#)

IT Tools that help support the standards development process

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

This committee contributes with 3 standards to the following [Sustainable Development Goals](#):

27

PUBLISHED ISO STANDARDS*

14

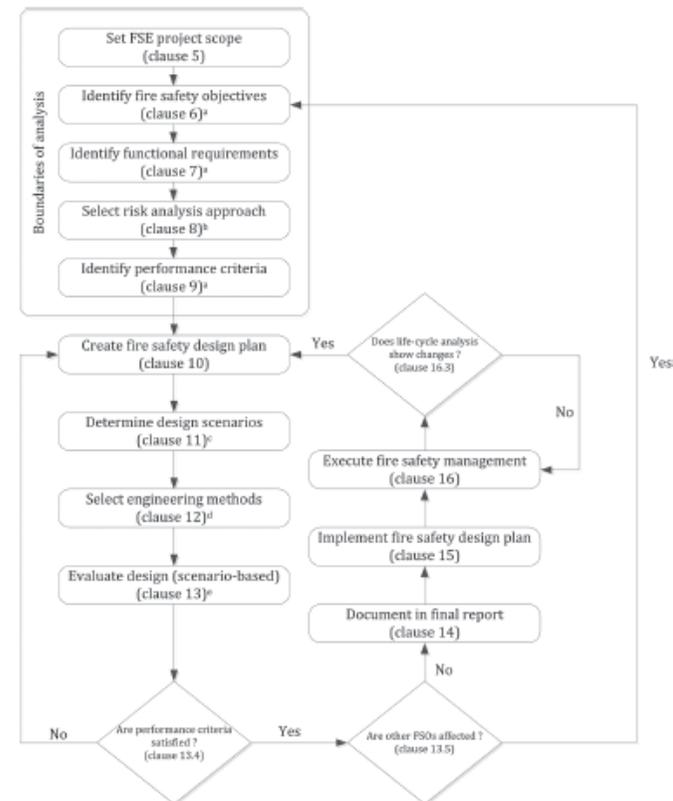
ISO STANDARDS UNDER
DEVELOPMENT

30

PARTICIPATING MEMBERS

16

OBSERVING MEMBERS



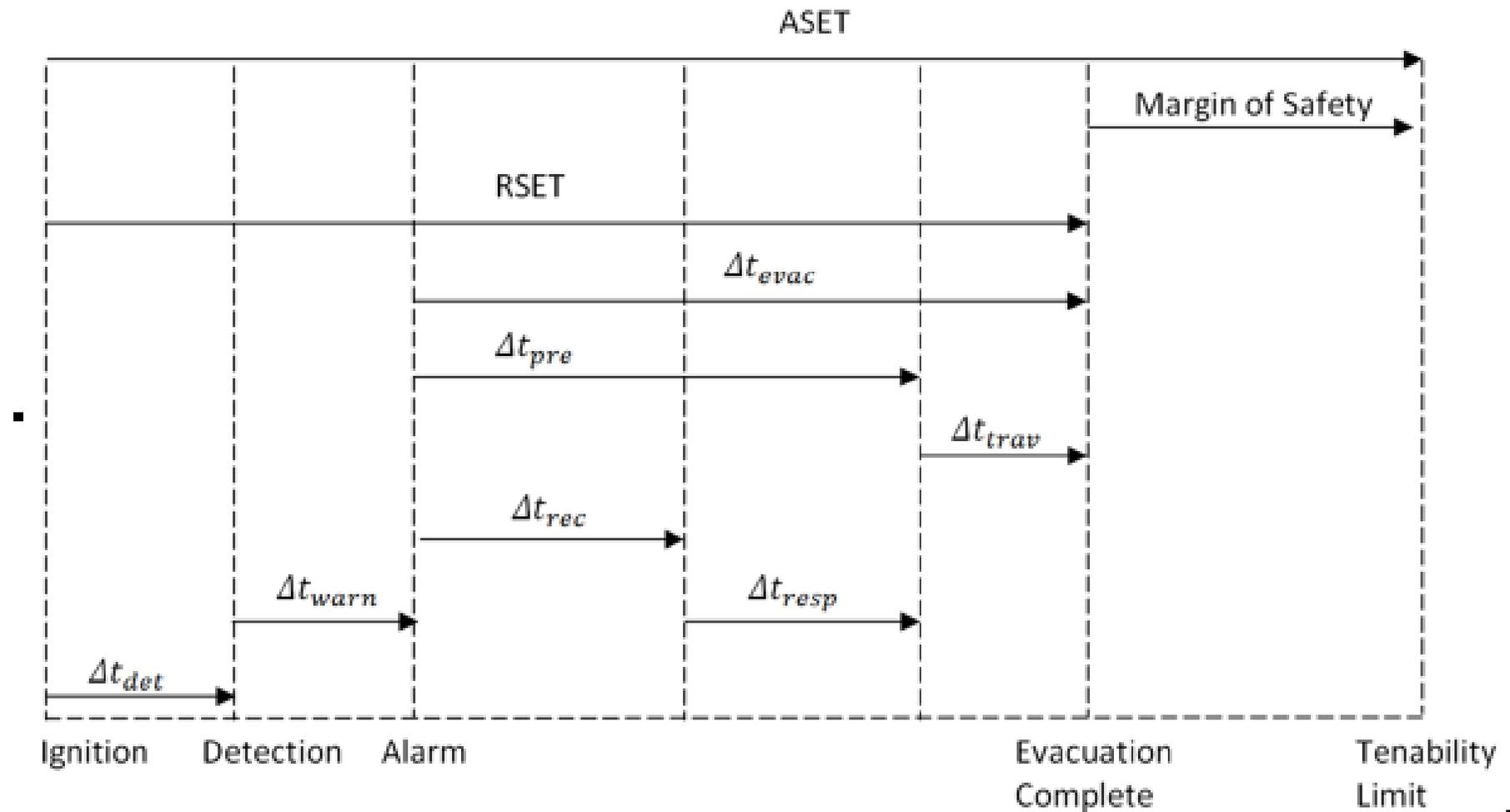
Relevant ISO documents at the time of publication:

- a ISO/TR 16576 (Examples)
- b ISO 16732-1, ISO 16733-1, ISO/TS 29761
- c ISO 16732-1, ISO 16733-1, ISO/TS 29761
- d ISO/TS 13447, ISO 16730-1, ISO/TR 16730-2 to 5 (Examples), ISO 16734, ISO 16735, ISO 16736, ISO 16737, ISO/TR 16738, ISO 24678-6
- e ISO/TR 16738, ISO 16733-1

Documents linked to large parts of the FSE process: ISO 16732-1, ISO 16733-1, ISO/TS 24679, ISO/TS 29761, ISO/TR 16732-2 to 3 (Examples), ISO/TR 24679-2 to 4 (Examples)

Figure 1 — The fire safety engineering process - Design, implementation and management

Source: ISO 23932-1 Fire Safety Engineering — General principles



Source: Cuesta, A., Abreu, O., Alvear, D. Evacuation modelling trends. Springer. 2015

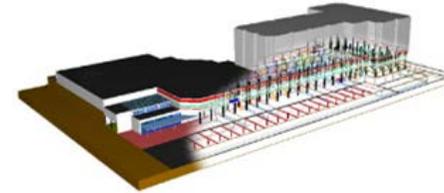
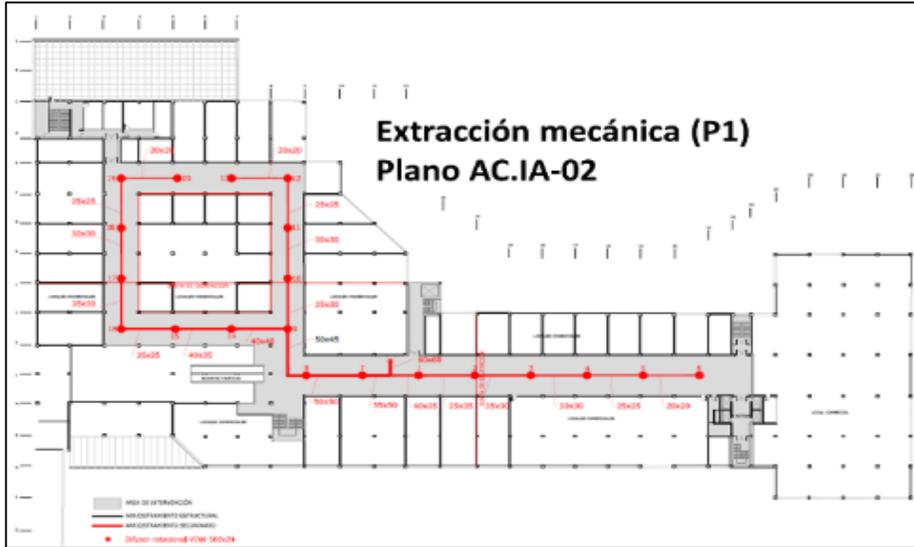


Source: Lázaro M., et al. Innovations for smoke management in passenger trains. *Journal of Fire Sciences*, 2020, 38(2) 194-211

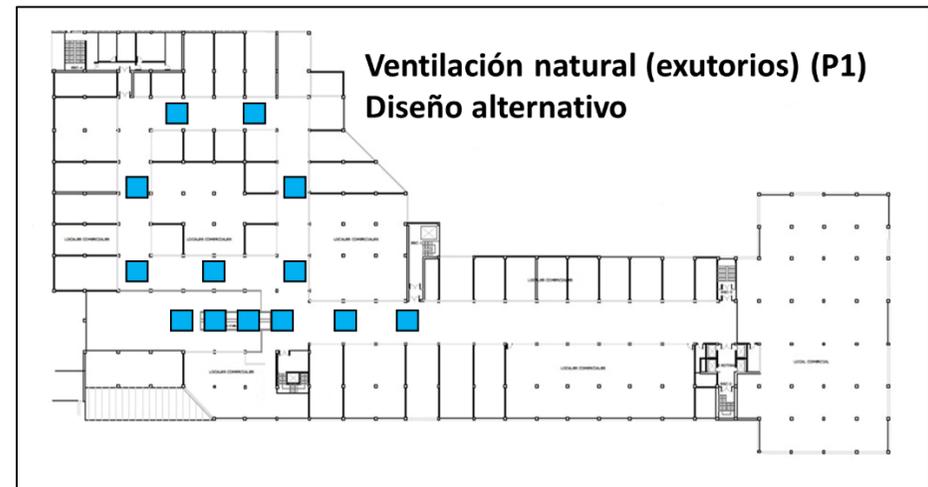
Modelos físicos

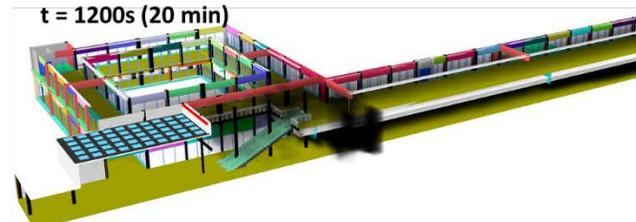
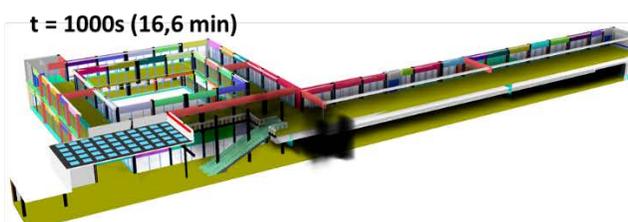
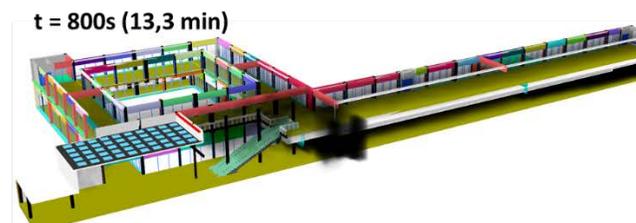
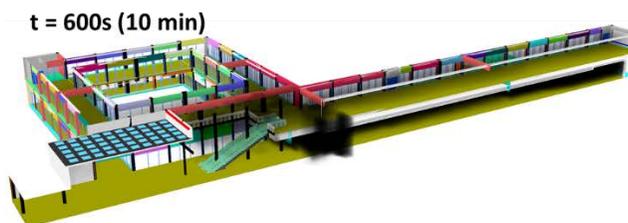
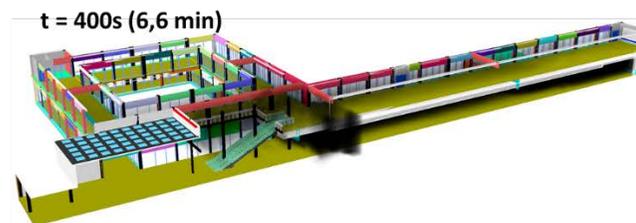
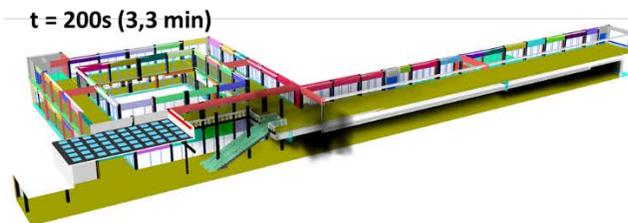


Modelos numéricos

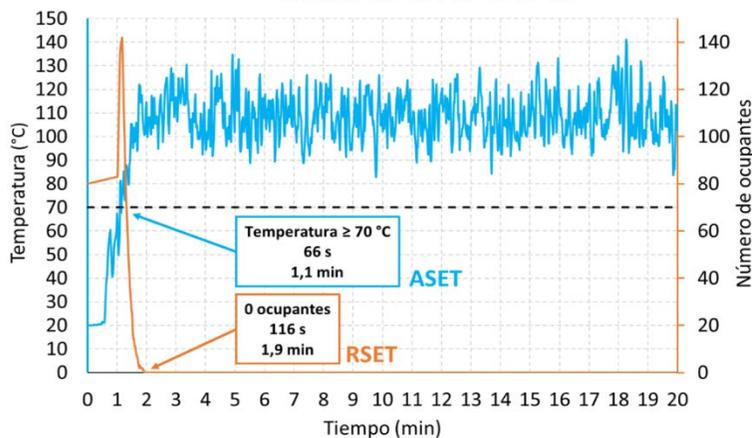


VS.

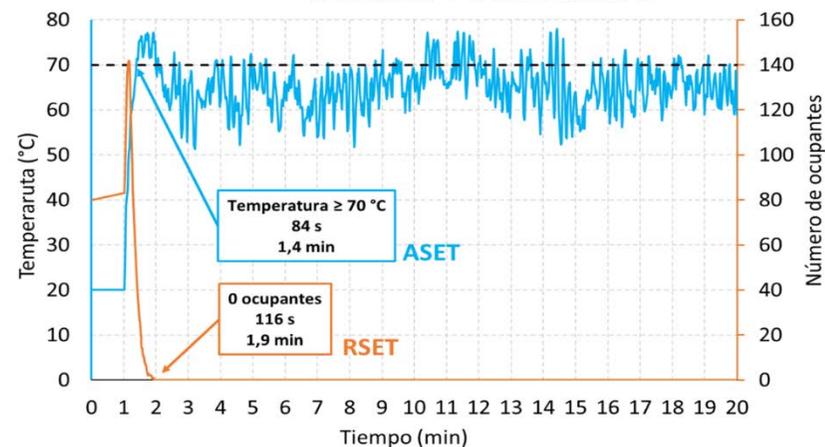


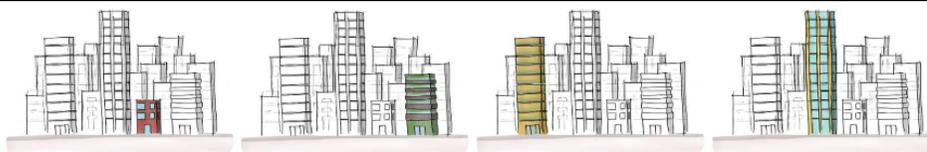


Diseño CTE-DB-SI



Diseño Alternativo





Altura total de fachada	$h \leq 10 \text{ m}$	$10 \text{ m} < h \leq 18 \text{ m}$	$18 \text{ m} < h \leq 28 \text{ m}$	$h > 28 \text{ m}$
Sistemas constructivos de fachada > 10 %	D-s3,d0	C-s3,d0	B-s3,d0	
Sistemas de aislamiento en el interior de cámaras ventiladas	D-s3,d0	B-s3,d0		A2-s3,d0

En caso de fachadas con $h < 18 \text{ m}$ y cuyo **arranque inferior sea accesible**, tanto los sistemas constructivos de fachada como los aislantes en el interior de las cámaras ventiladas serán al menos **B-s3,d0** hasta una altura de **3,5 m** como mínimo.

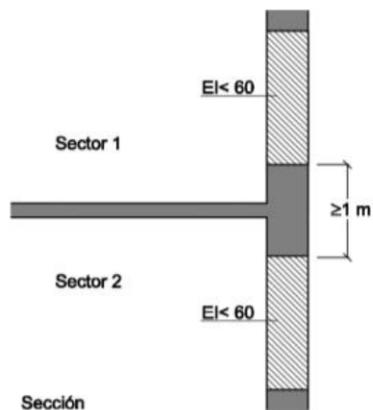


Figura 1.7 Encuentro forjado-fachada

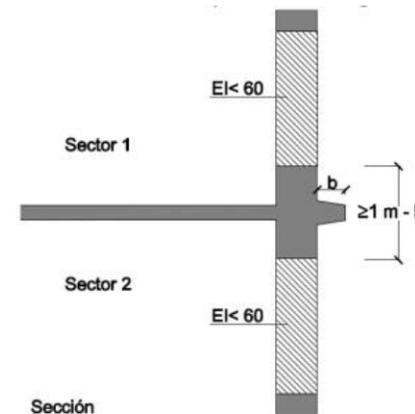
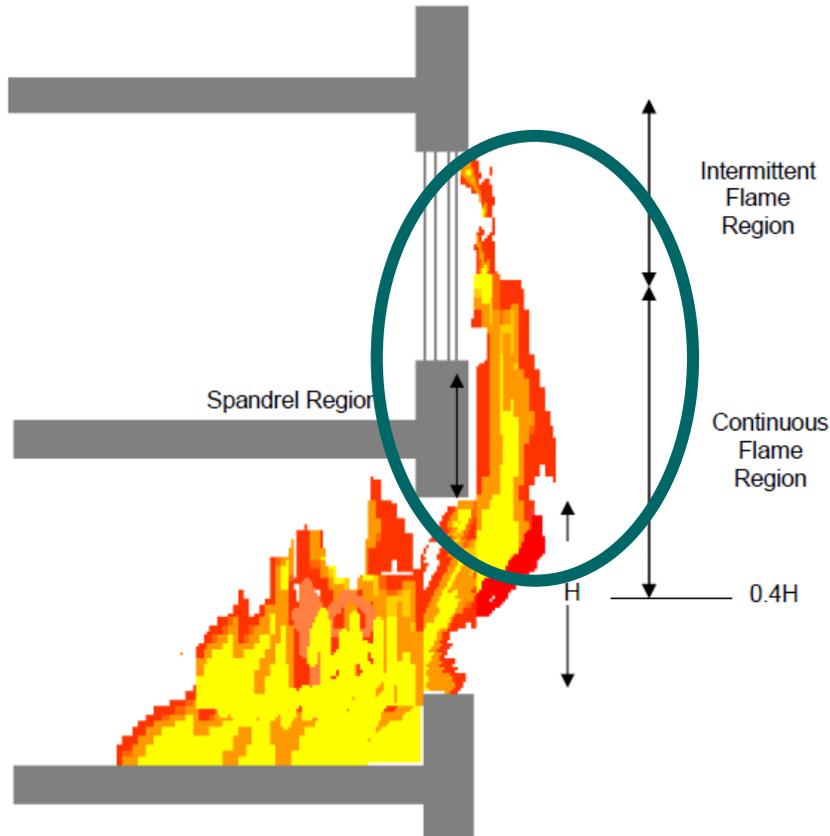
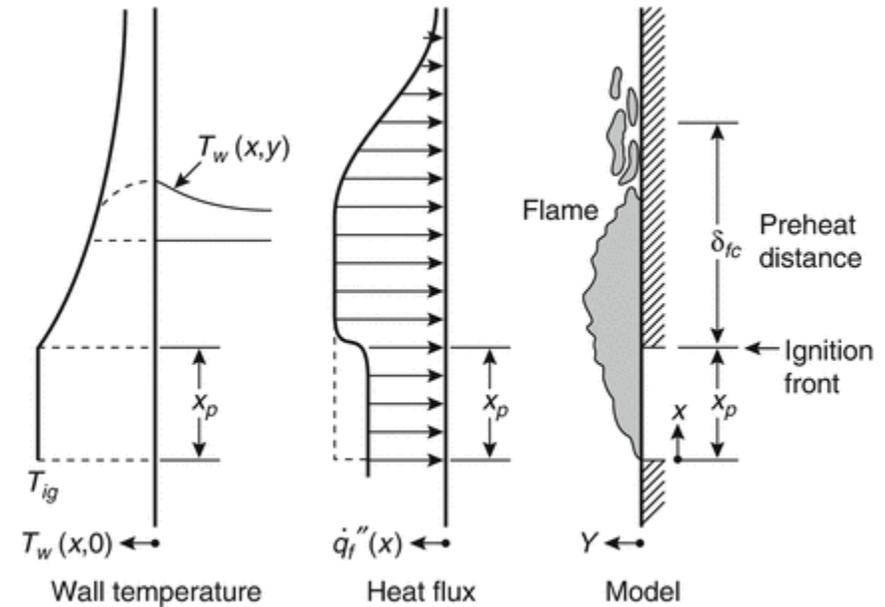


Figura 1. 8 Encuentro forjado- fachada con saliente





Hasemi Y. *Surface Flame Spread*. In: Hurley M.J. et al. (eds) *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*. 2016 Springer, New York, NY.



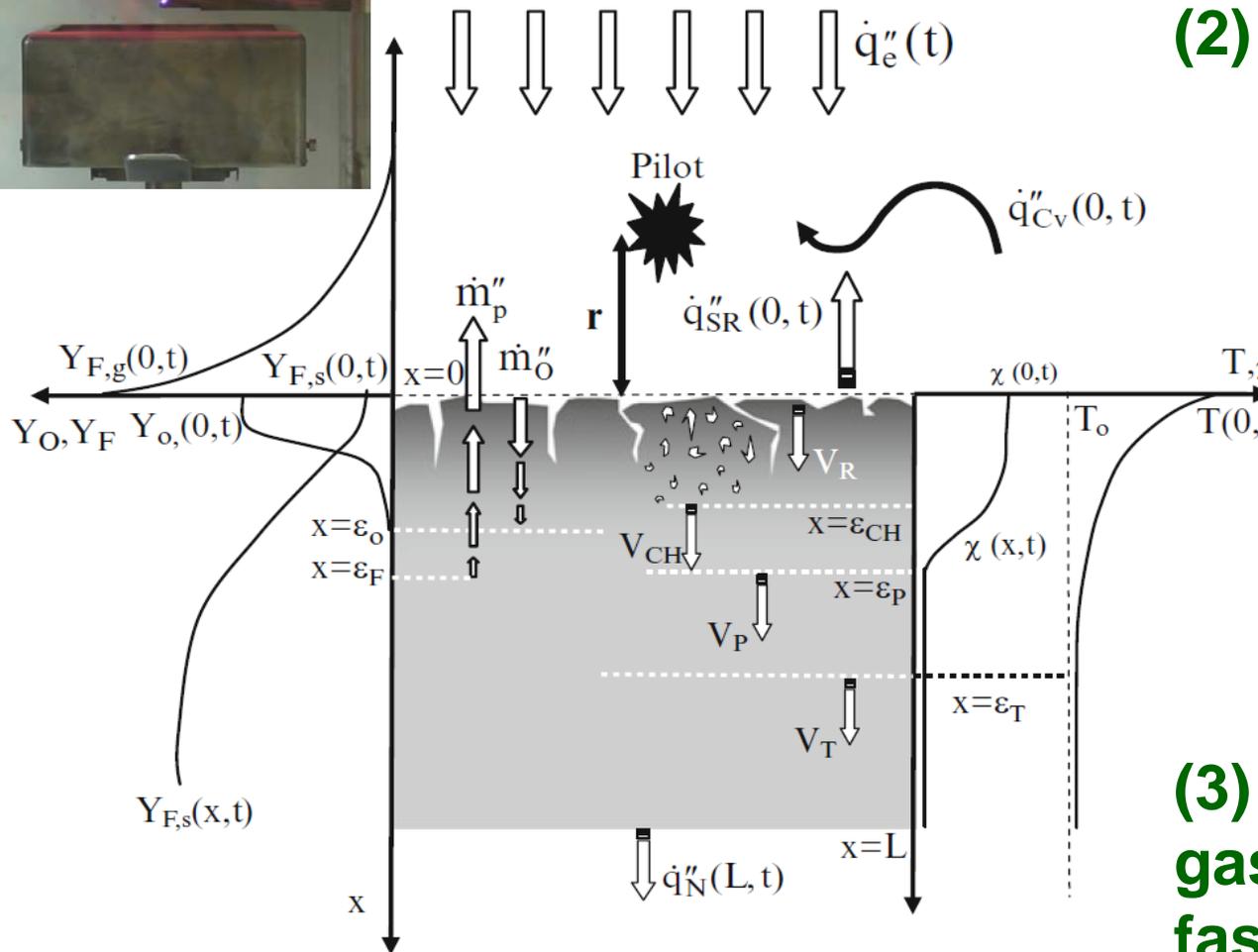
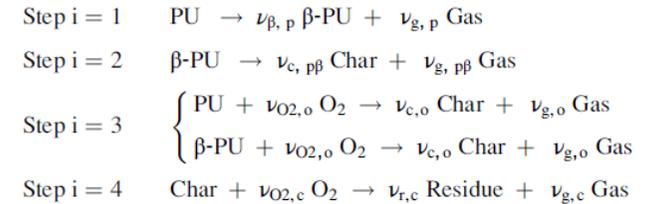
Fuente: *Enclosure and Facade Fires: Physics and Applications*. Delichatsios, M. *Fire Safety Science-proceedings of The Eleventh International Symposium 2014*. pp. 3-27

$$V = d x_p / d t = (x_f - x_p) / \tau_{ig}$$

$$\tau_{ig} = \frac{\pi k s \rho_s c_s (T_p - T_o)^2}{4 [c (a k_g \rho_g c_g) (T_\infty - T_p) - \dot{q}_{rs}'' + \dot{q}_e'']^2} - \frac{1}{4a} \ln \left(1 - \frac{\Gamma}{\Lambda_o} \right)$$

(1) Calentamiento inerte

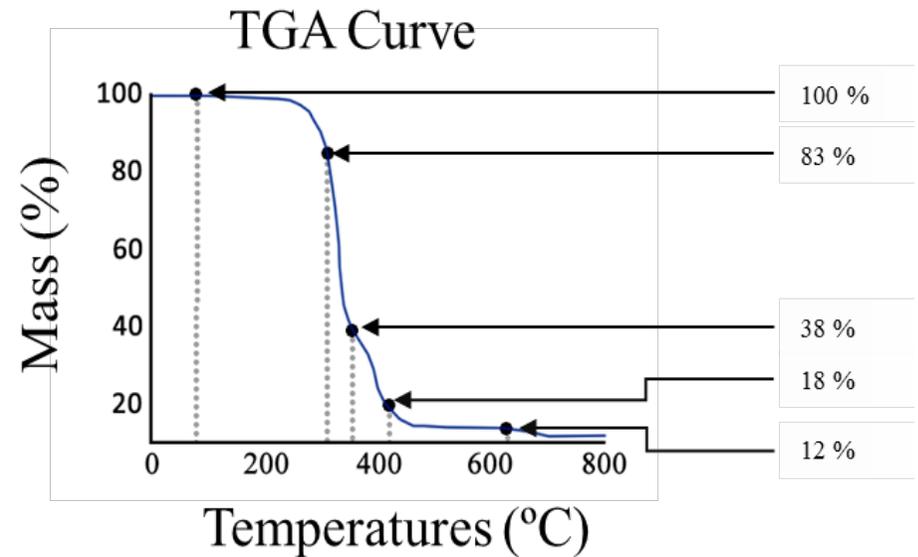
(2) Proceso de pirólisis



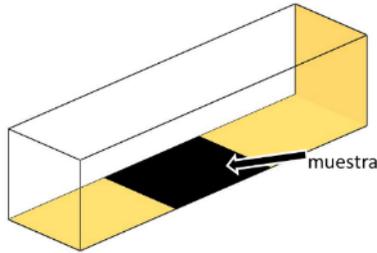
Producción fuel gas

Temperature	$T(x,t)$
Local fuel concentration	$Y_S(x,t)$
Local oxygen concentration	$Y_O(x,t)$
Residual fuel fraction	$Y_{F,s}(x,t)$
Permeability function	$\chi(x,t)$
Oxygen penetration depth	$\epsilon_o(t)$
Reactive depth	$\epsilon_F(t)$
Kinetic constants	A_i, m_i, n_i, E_i

(3) Difusión; mezcla gaseosa, y reacciones en fase gas



Parámetros para representar la cinemática de la pirolisis

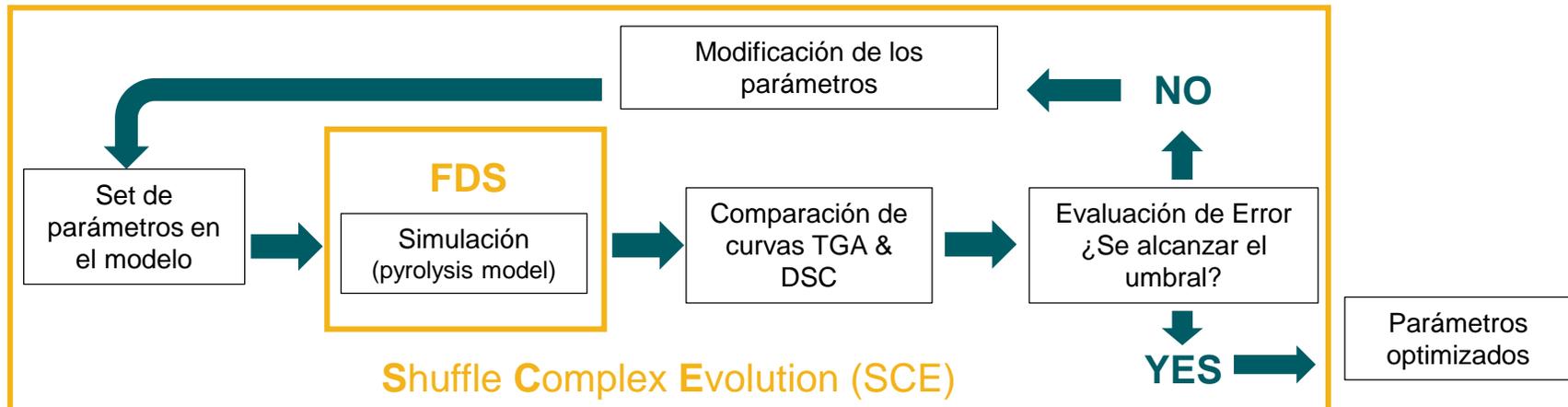


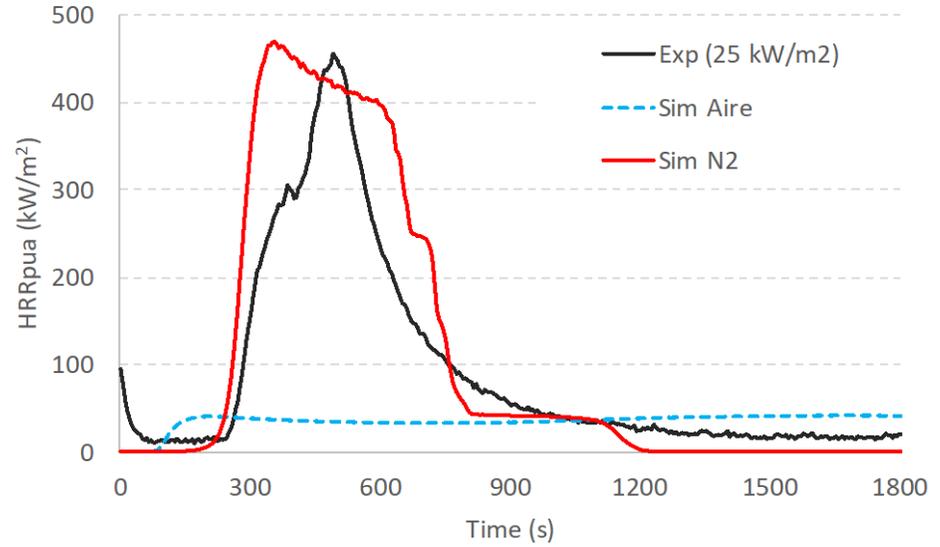
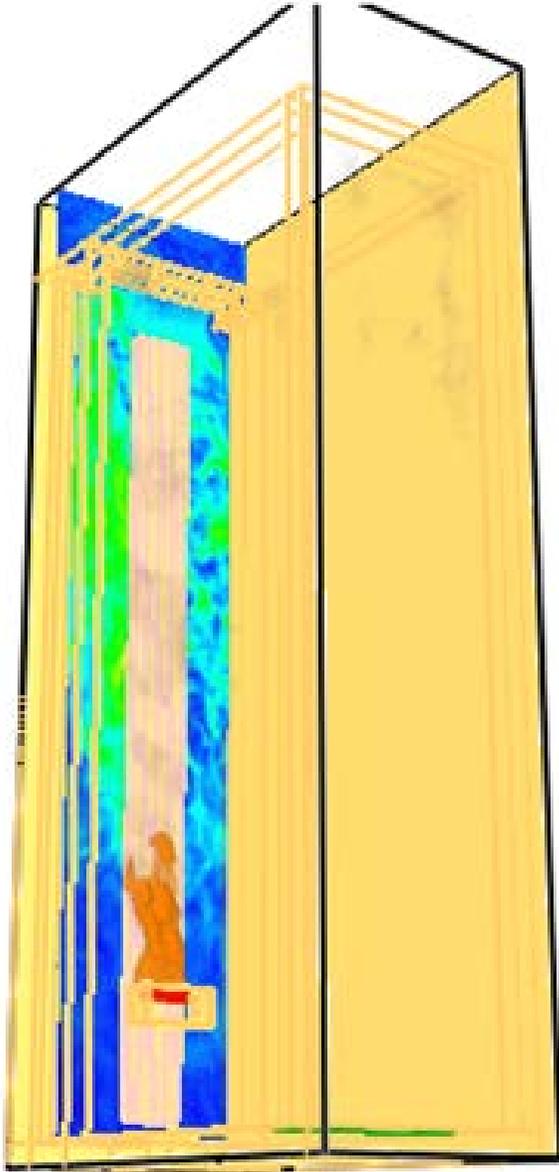
- Energía de activación (E_a)
- Factor pre-exponencial (A)
- Orden de la reacción (n_s)
- Calor específico (C_p)
- Conductividad (k)
- Calor de reacción (H_r)
- Emisividad (ϵ)
- Densidad (ρ)
- Absorción (η)

Triplete cinético

9 variables por material o submaterial
+ 4 variables para el residuo final: ϵ , k , C_p y η

Set a calibrar





El diseño basado en prestaciones está favoreciendo el **impulso de soluciones innovadoras de diseño** que pueden ser evaluadas cuantitativamente en términos de seguridad contra incendios, con niveles equivalentes a los establecidos en el CTE-DB SI.

El análisis de soluciones alternativas para fachadas presenta unos **retos en términos de representación de los fenómenos** presentes en caso de un incendio, tanto **para los ensayos de certificación como para las herramientas numéricas**.

Un enfoque comprensivo basado en herramientas de simulación puede ser de gran **utilidad, no solo para justificar diseños, si no en el proceso de desarrollo de nuevos productos** y soluciones de fachadas o mejora de las existentes

Seguirán requiriéndose pruebas y **ensayos de fuego a escala real** tanto para validar los modelos numéricos como en los procesos de certificación.

Prof. Daniel Alvear Portilla (alveard@unican.es)

-

Departamento de Transportes y Tecnología de Proyectos y Procesos

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

-

Dirección:

GIDAI – Fire Safety – Research and Technology

E.T.S. Ingenieros Industriales y Telecomunicación

Ave. Los Castros, s/n

39005 SANTANDER (Cantabria). SPAIN

Telf. +34 942-20.1826 Fax: +34 942-20.1873