



# Propagación del fuego por fachadas

Dra. Arquitecta María Pilar Giraldo Forero

## Incendios en Emiratos Árabes Unidos durante los últimos 7 años



The Tamweel tower (34 plantas)  
18/11/2012



Edificio Saif Belhasa (12 plantas)  
06/10/2012



The Address hotel (63 plantas)  
01/01/2016



The Torch tower (86 plantas)  
21/02/2015



Edificio Ajman (86 plantas)  
29/03/2015



Edificio residencial (40 plantas)  
04/03/2018



The Torch tower (86 plantas)  
04/08/2017



## Emiratos Árabes Unidos



Address Downtown hotel después del incendio

01/01/2016

Fuente: Thestar.com

según un informe encargado por el gobierno en 2012 (Fire and Life Safety Code 2013).

750

Edificios en riesgo en EAU

70%

de los edificios tienen revestimientos combustibles en Dubái.

Enero 2017 se anunciaron modificaciones con más restricciones sobre el uso de revestimientos en nuevas construcciones.

Medida no retroactiva.

## Ejemplos más cercanos



Edificio residencial  
La Fontaine d'Ouche. Dijon – Francia  
(9 plantas) 14/11/2010  
SATE EPS + barreras de lana mineral



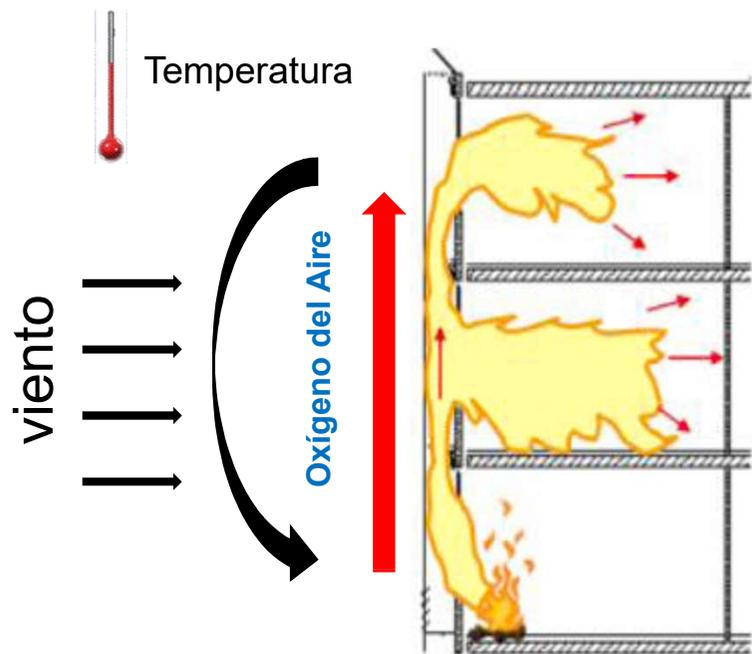
Torre residencial Mermoz  
Roubaix - Francia  
(18 plantas) 14/05/2012  
Paneles MCM núcleo PE  
(polietileno)



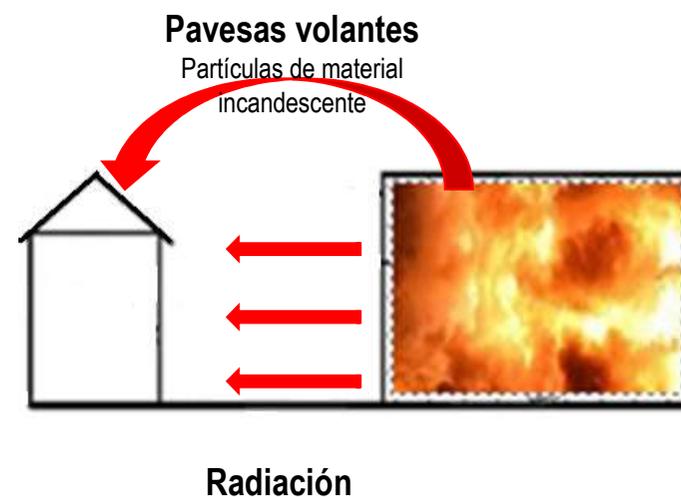
Edificio residencial – Edificio "Belleville"  
Breslavia - Polonia  
(5 plantas) 19/05/2017  
SATE EPS.



Edificio residencial (13 plantas)  
Baku-Azerbaián. Nov/2015  
Presumiblemente paneles MCM

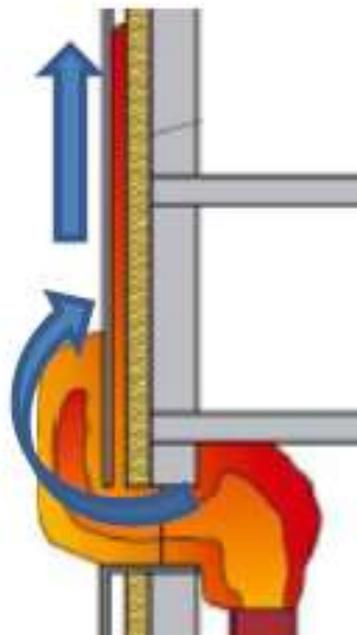
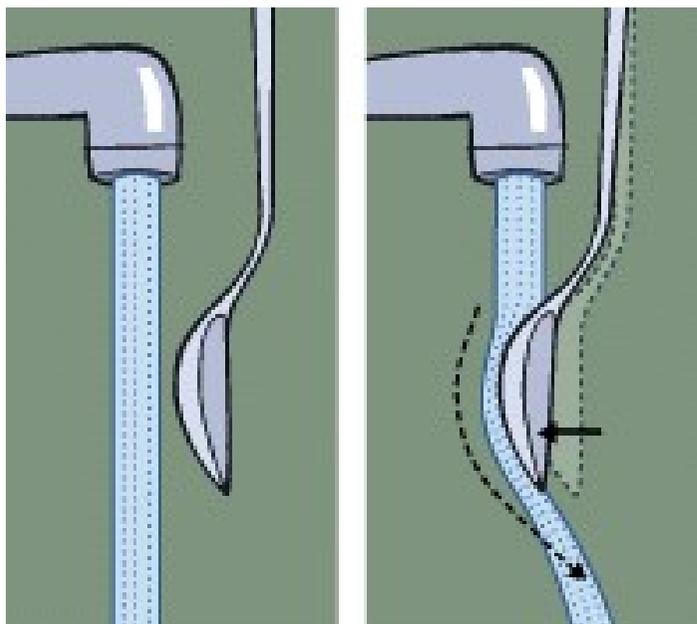


**Convección** (trayectoria natural ascendente del fuego)



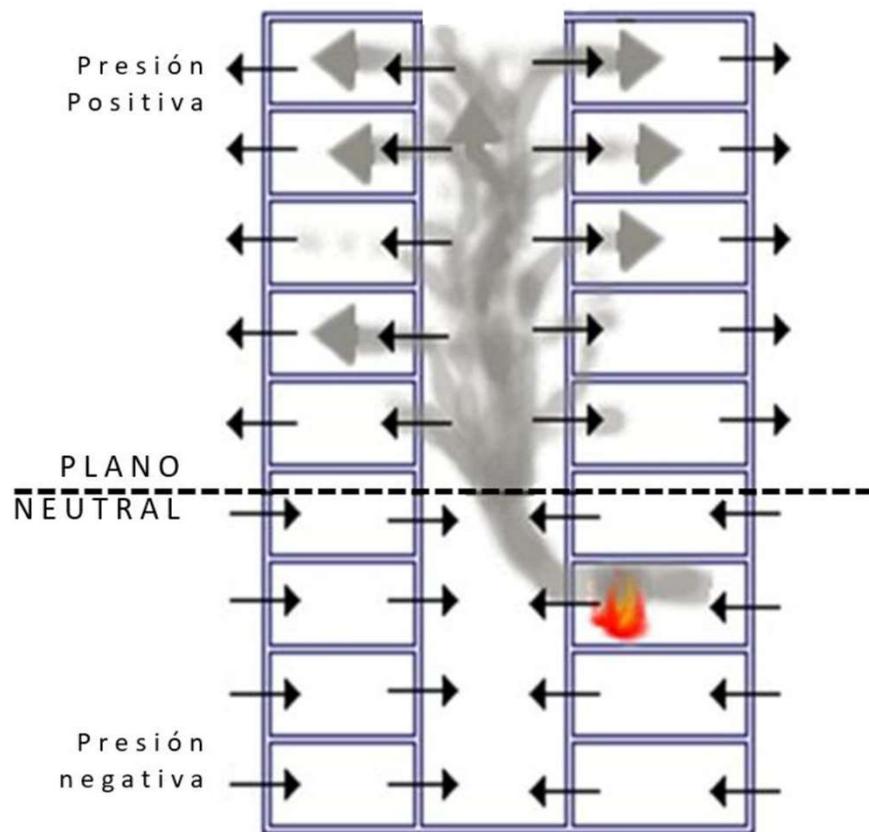
Riesgo de propagación a edificios colindantes

La ubicación de la fachada en contacto con el exterior facilita la propagación del fuego. Medio de propagación vertical como su trayectoria natural.



## Efecto coanda

Influencia de la geometría de la fachada



Incendio en las fachadas de un patio de luces  
Fuente: Bombers de la Generalitat de Catalunya.

## Efecto chimenea

Facilita la propagación del incendio en atrios y patios de luces (fachadas interiores).



Chechenia (Rusia)  
2013



Mallorca (España)  
2009

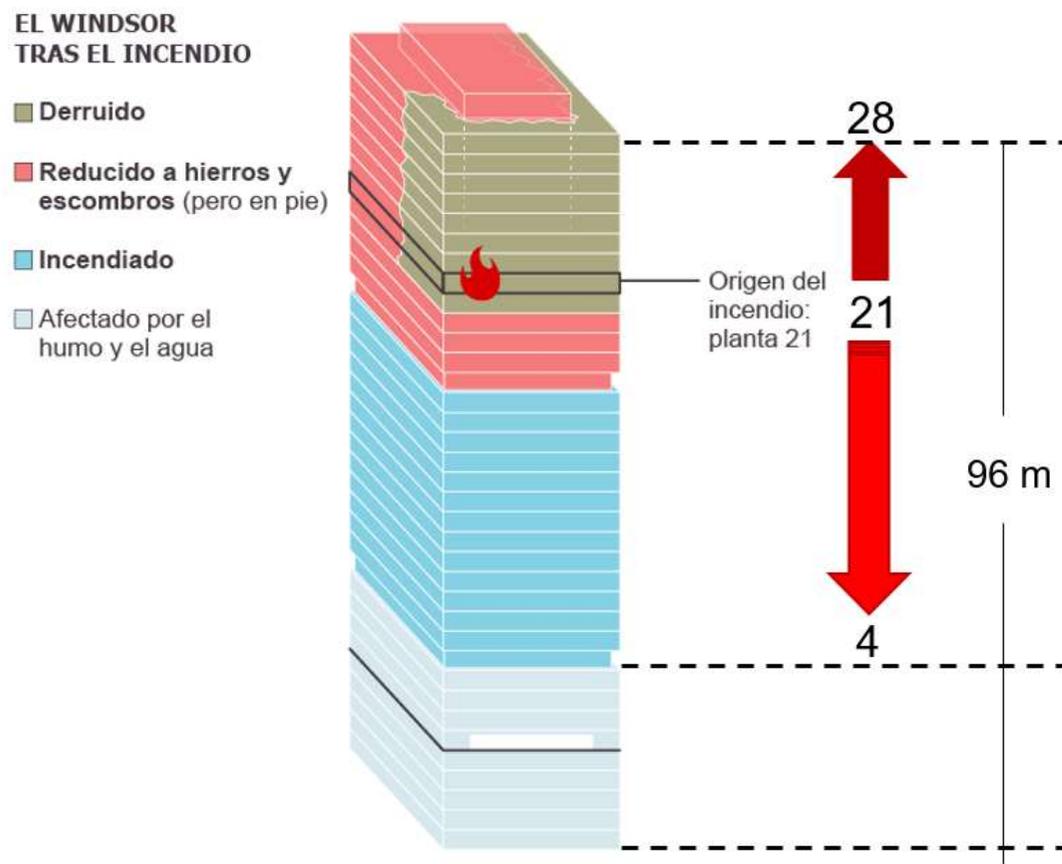
## Viento

El viento afecta de forma significativa la trayectoria e intensidad del flujo de calor (llamas+humo).



## Caída de trozos incandescentes

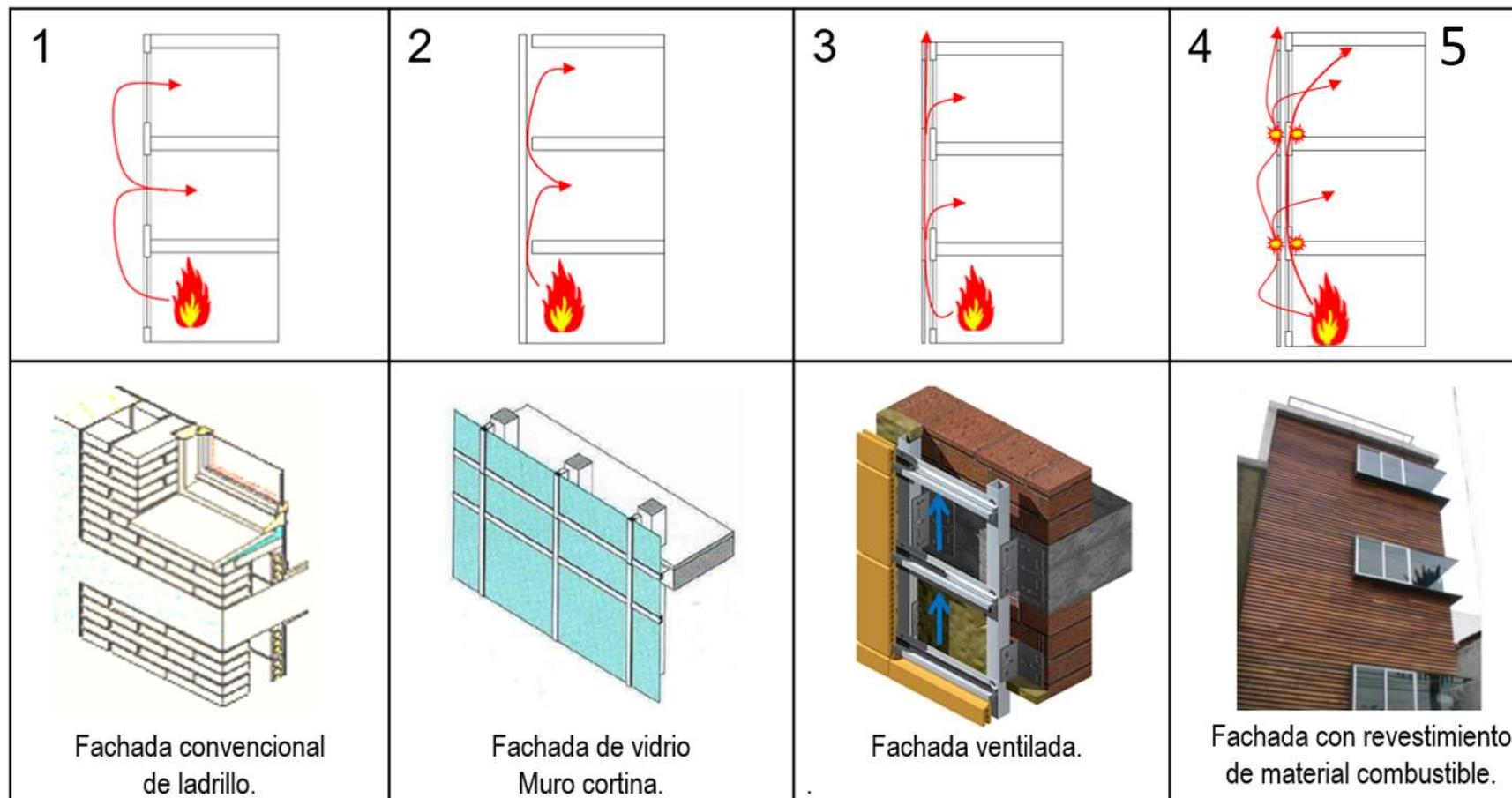
En algunos casos la trayectoria del incendio puede ser descendente, pero son casos excepcionales.



Fuente: El País.

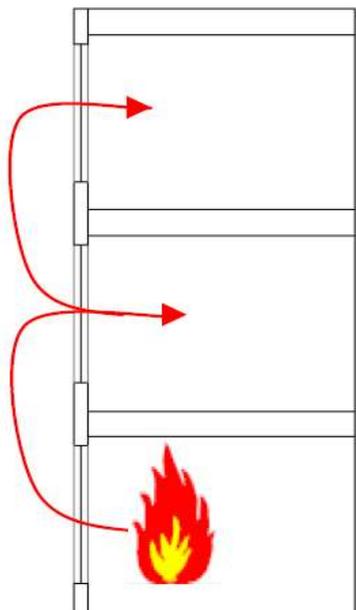
## Caída de trozos incandescentes

En algunos casos la trayectoria del incendio puede ser descendente, pero son casos excepcionales.



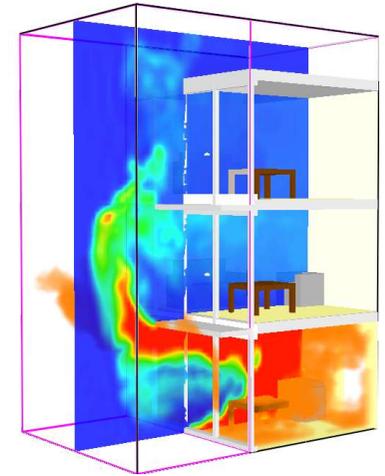
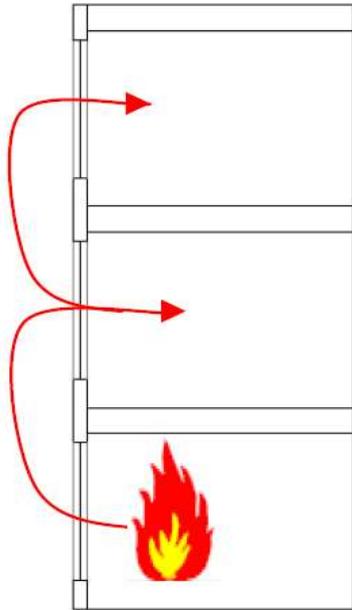
La propagación del fuego puede ocurrir por 5 vías distintas o la combinación de las mismas. Las vías de propagación están relacionadas con las tipologías y características de la fachada.

## 1. A través de las ventanas efecto “*leap frog*” (salto de rana)



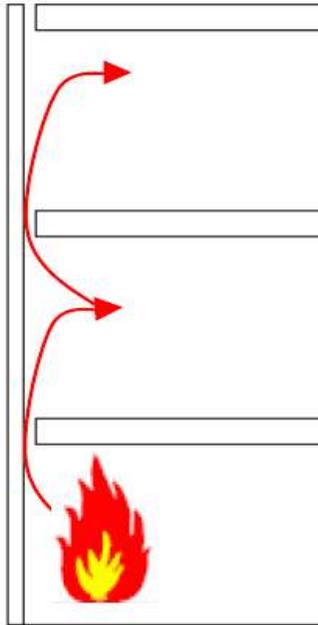
- En cualquier tipología de fachada.
- Transferencia de calor por convección y rotura de vidrios de las ventanas.
- Propagación ascendente por efecto natural incluso con materiales de revestimiento no combustibles.

## 1. A través de las ventanas efecto “*leap frog*” (salto de rana)

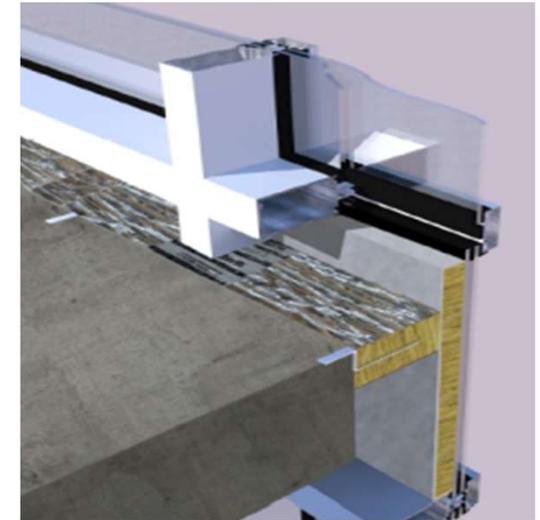


Los aleros, balcones y cuerpos salientes contribuyen al control de la propagación vertical.

## 2. A través de cavidades en el encuentro del forjado y la fachada

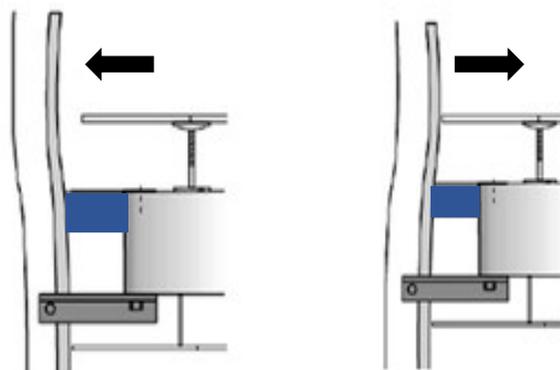
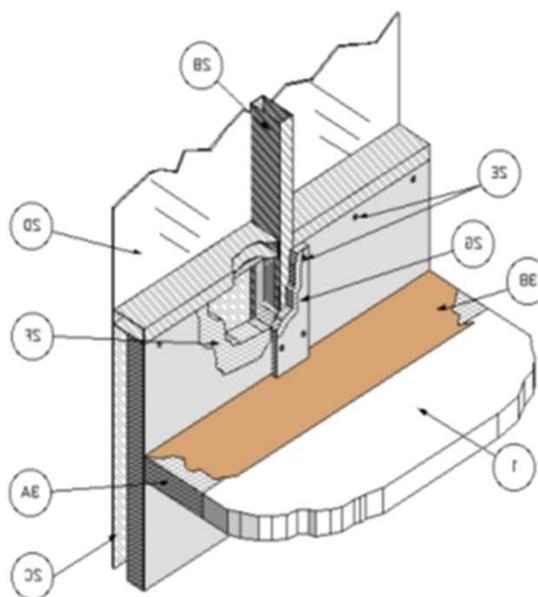


Subestructura metálica

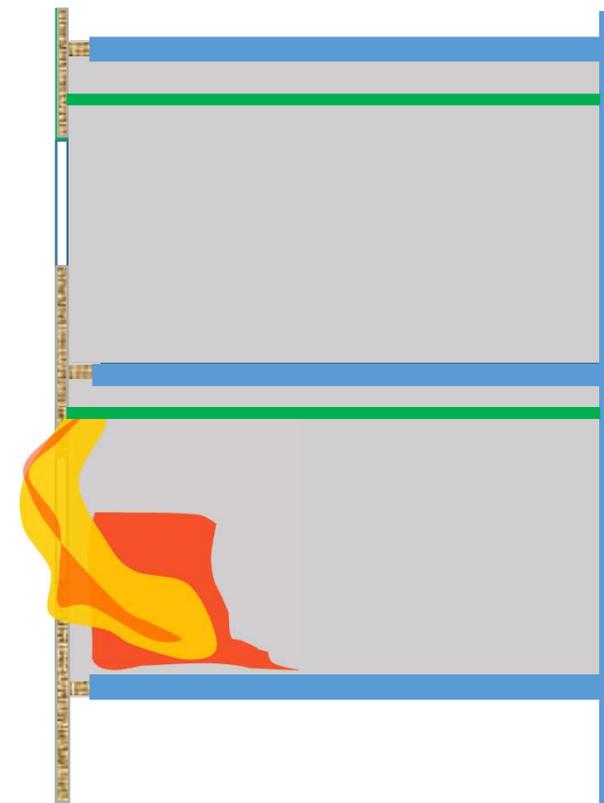


- Es habitual en fachadas de vidrio tipo muro cortina.
- Fisuras o desprendimiento de piezas que abren paso al humo y las llamas.
- Ausencia de sellos cortafuegos o sellos ineficientes.

## 2. A través de cavidades en el encuentro del forjado y la fachada



Película elastomérica



Además de los sellos cortafuegos, la disposición de falsos techos especiales puede minimizar el riesgo de propagación por esta vía.

## 2. A través de cavidades en el encuentro del forjado y la fachada



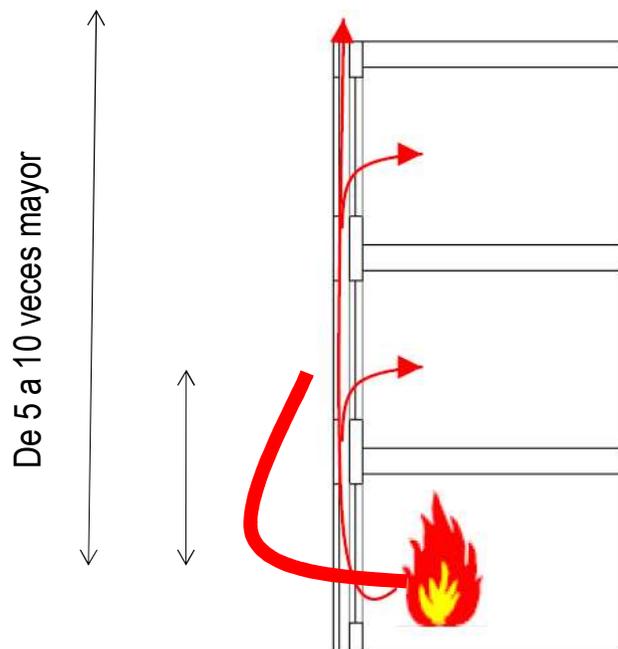
Edificio Windsor Madrid (España) 12/02/2005



Primera generación de muros cortina.

Propagación del fuego desde la planta 21 hasta la 28 y luego hasta la 4.

## 3. A través de cámaras ventiladas



Efecto chimenea



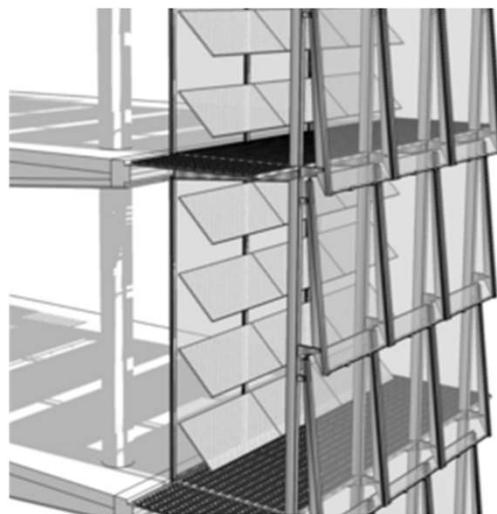
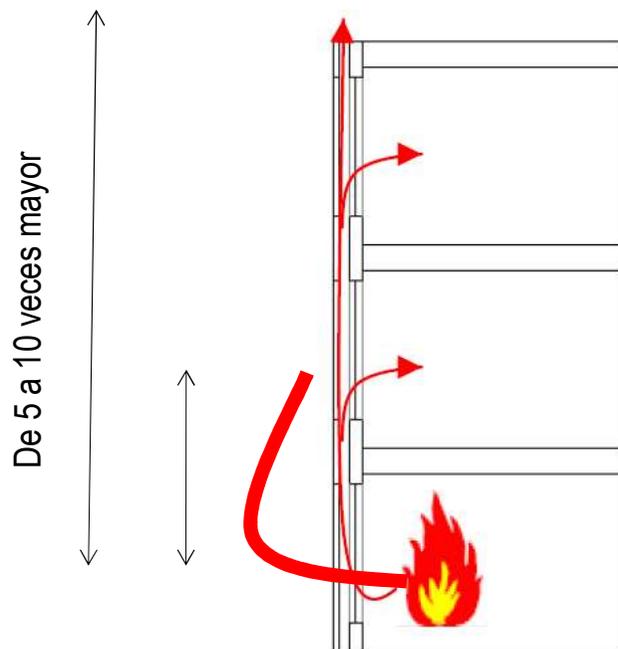
Accesorios metálicos



Aislantes combustibles

- En fachadas ventiladas y fachadas de doble piel.
- El efecto chimenea potencia la propagación del fuego.
- Ausencia de barreras cortafuego en el interior de las cámaras ventiladas para compartimentar la cámara.

## 3. A través de cámaras ventiladas

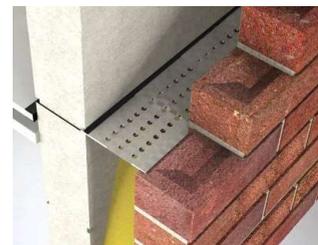
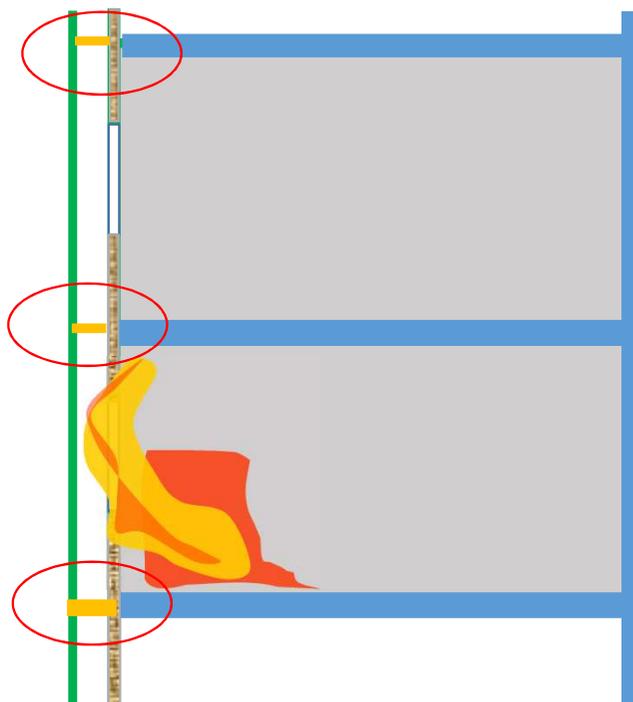


Efecto chimenea



- En fachadas ventiladas y fachadas de doble piel.
- El efecto chimenea potencia la propagación del fuego.
- Ausencia de barreras cortafuegos en el interior de las cámaras ventiladas para compartimentar la cámara.

## 3. A través de cámaras ventiladas

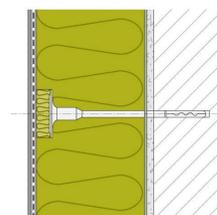


-Barrera metálica perforada.



Barrera de material aislante  
Clas A1

-Alta densidad  
-Fijación metálica 100%  
Con protección.

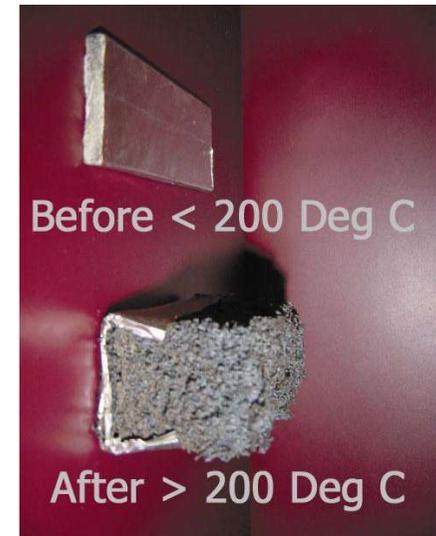


La compartimentación de la cámara ventilada es fundamental como medida de control de la propagación.  
Uso de barreras que no impidan el funcionamiento de la cámara ventilada.

## 3. A través de cámaras ventiladas



-Barreras intumescentes

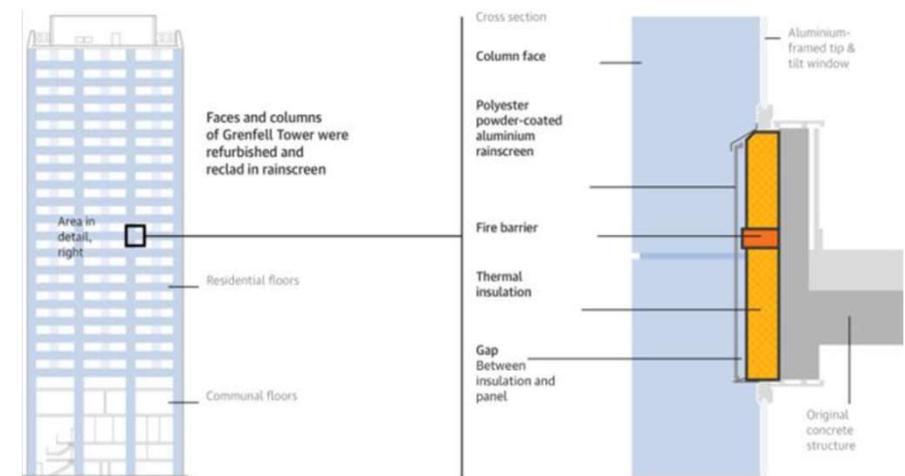
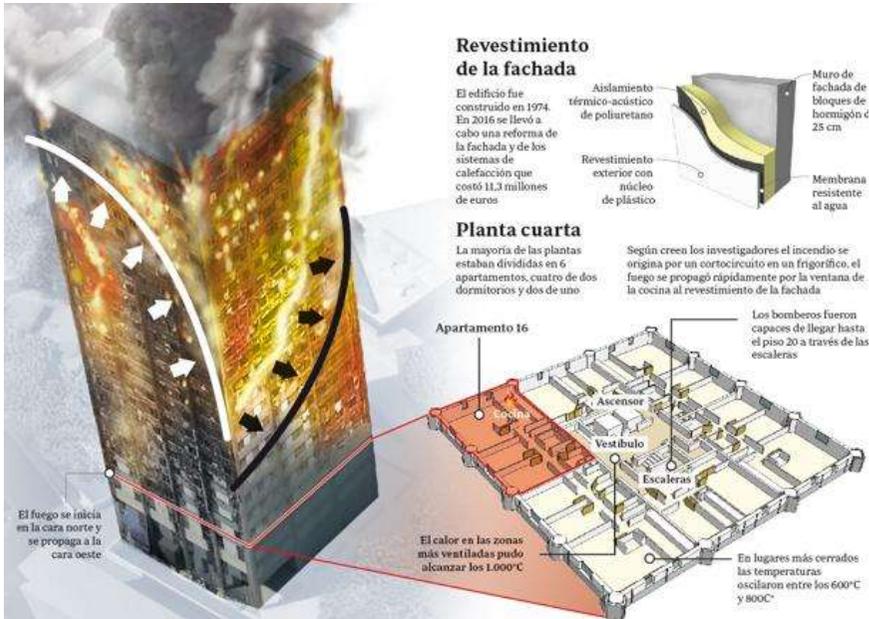


Construcción óptima:

Uso de materiales aislantes no combustibles.

Uso de barreras que sólo compartimenten la cámara en situación de incendio.

## 3. A través de cámaras ventiladas



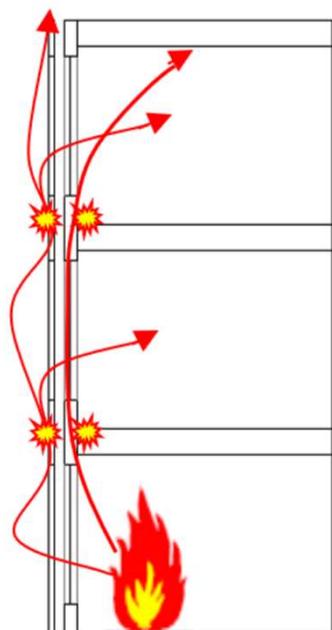
Torre Grenfell. Londres, Reino Unido. 14/06/2017

Edificio de viviendas de 24 plantas

Fuente:ABC. Huffingtonpost.co.uk

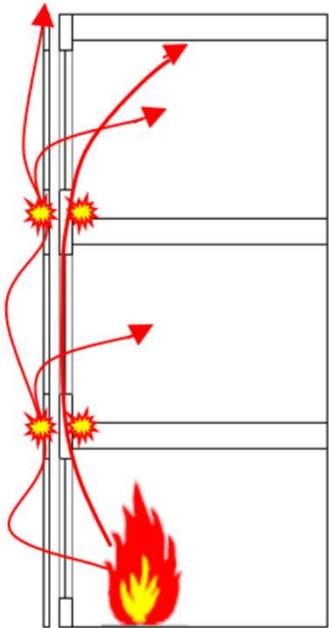
Varios factores contribuyeron a la tragedia, pero la fachada fue un aspecto determinante.

## 4. A través de revestimientos combustibles



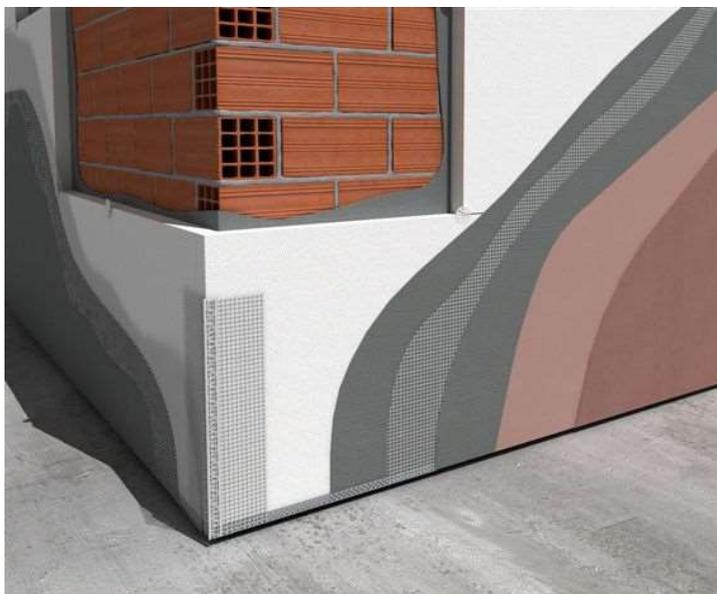
- En cualquier tipología de fachada con revestimiento exterior combustible clase C o inferior.
- La intensidad de flujo de calor depende del grado de combustibilidad de los materiales.
- Los materiales combustibles suelen generar gases tóxicos, humos opacos y gotas incandescentes.

### 5. A través de una hoja principal con elementos combustibles



- Si el panel que conforma la hoja principal es combustible el material de revestimiento también la carga de fuego del muro de fachada puede ser muy significativa.

## Sistemas de Aislamiento Térmico por el Exterior (SATE)



Sistema de rehabilitación térmica por el exterior.  
Aislante: Poliestireno expandido EPS.



Edificio residencial (11 plantas)  
Lugar: Miskolc, Húgria 15/08/2009.  
SATE

El punto crítico en este caso es la clasificación de reacción al fuego de los materiales de aislamiento térmico. Se debe asegurar el uso de materiales aislantes con clasificación B-s3,d0 o mejor. La capa de revoco (incombustible) resulta insuficiente para evitar la ignición del aislamiento.

## Resvestimientos tipo panel sándwich y composite



Capas exteriores de aluminio o acero galvanizado

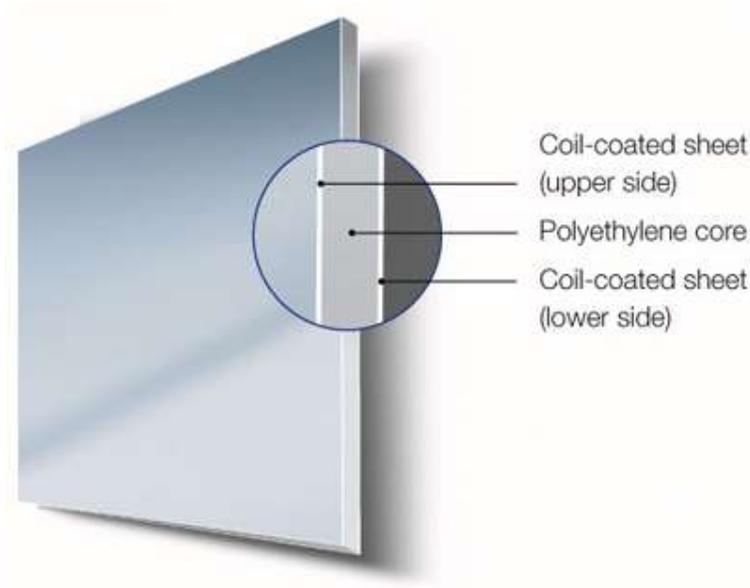
Aislantes

-Lana mineral (no combustibles)

-Polímeros termoplásticos o termoestables

**PUR** (poliuretano) / **PIR** (poliisocianurato)

EPS, XPS (poliestirenos expandido y extruido)

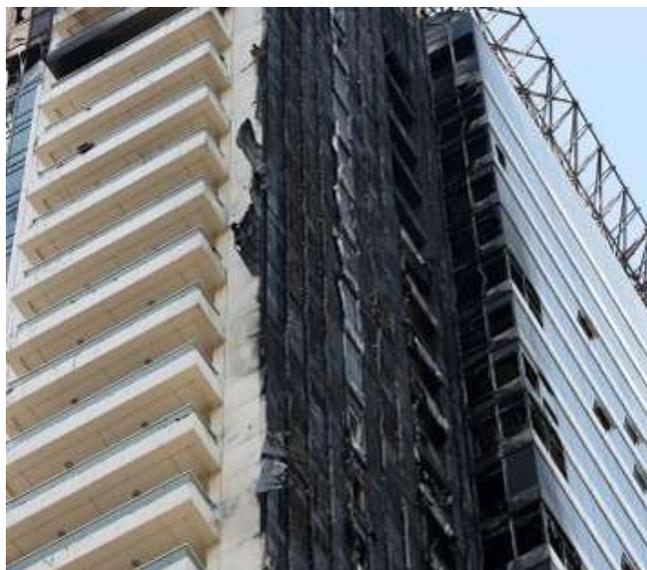


MCM/ACM (metal composite material/aluminium composite material)

Núcleo termoplástico

Aún cuando la capa superficial del revestimiento no sea combustible el flujo de calor normalmente es suficientemente alto para que el núcleo de aislante térmico entre en ignición.

## Resvestimientos tipo sándwich y composites



Tamweel Tower. EAU, Dubai

Fecha: 2/11/ 2012

50 coches incendiados en el parking por caída de material incandescente.

Clasificación Idónea B-s2,d0 o mejor

En general, los productos constituidos por materiales con un alto grado de combustibilidad generan gran cantidad de humo y gases tóxicos y presentan caída de gotas y partículas incandescentes. Esto dificulta enormemente la evacuación y el acceso de equipos de extinción y rescate.

## Resvestimientos tipo sándwich y composites

Euroclase	Contribución al incendio
A1	No combustible
A2	Poco combustible, no causa Flashover
B	No causa Flashover
C	Flashover a los 10 minutos
D	Flashover antes de 10 minutos
E	Flashover antes de 2 minutos
F	No se ha determinado el comportamiento



Clasificaciones adicionales de carácter obligatorio en la mayoría de clases:	
opacidad de los humos, "s" (*) (smoke)	caída de gotas o partículas inflamadas, "d" (drop)
s1: baja	d0: nula
s2: media	d1: media
s3: alta opacidad de humos	d2: alta caída de gotas o partículas inflamadas.

## Resvestimientos tipo sándwich y SATE

	<b>PUR</b>	<b>PIR</b>	<b>EPS/XPS</b>	<b>LANA MINERAL</b>
Temperatura que perturba la estabilidad dimensional (°C)	~200	~200	~90-100	-
Temperatura de ignición (°C)	285-310	415	245-345	
Clase de reacción al fuego	E, D, C Según fabricante	D	E, F	A1
	Paneles sándwich PUR	Paneles sándwich PIR	Paneles sándwich EPS/XPS	LANA Paneles sándwich MINERAL
Clase de reacción al fuego del material aislante en un panel sándwich	C-s3, d0 B-s2, d0 B-s3, d0 Según fabricante	B-s1, d0 B-s2, d0	-	A1-s1, d0
Clase de reacción al fuego del material aislante más enfoscado (SATE)	C-s2-d0 B-s1, d0 Según fabricante	B-s1, d0	B-s1, d0	A1-s1, d0

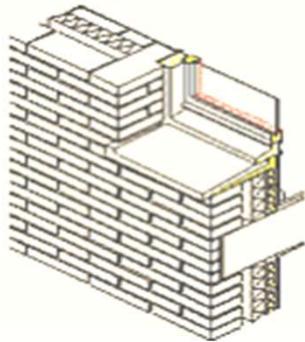
La clasificación de productos difiere enormemente de la del material aislante.

## Evolución de las fachadas y aumento del riesgo

Elementos mononíticos. contribución al  
fuego baja



Fachadas convencionales de ladrillo



Sistemas multicapa, multielementos



Muros cortina



Fachadas de doble piel



Fachadas ventiladas



SATE

Sistemas ligeros, semiproductos y componentes prefabricados, más especializados, obra seca. Mejora de prestaciones térmicas (aumento de carga de fuego).

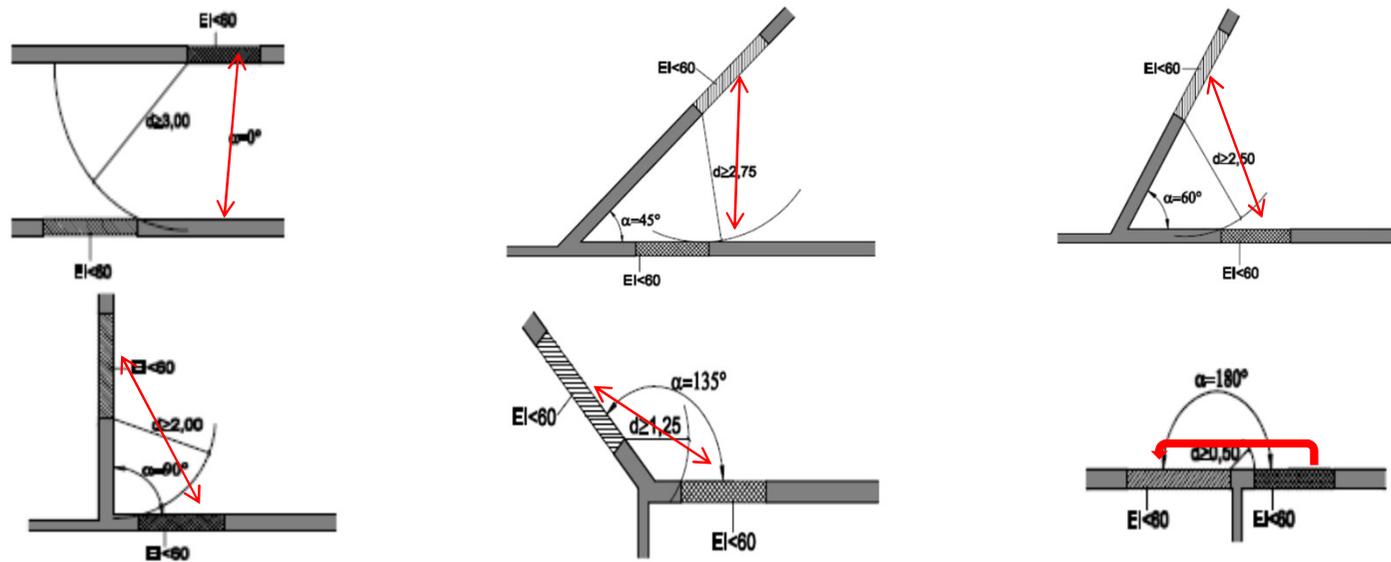


# Vías de propagación

La normativa no ha evolucionado al mismo ritmo (NBE CPI 96)

❑ Para limitar la propagación horizontal (CTE DB SI2 apartado 2)

Los puntos de las fachadas que no son al menos EI 60, deben estar a la distancias que se determina, en función de los ángulos de ubicación de las fachadas.

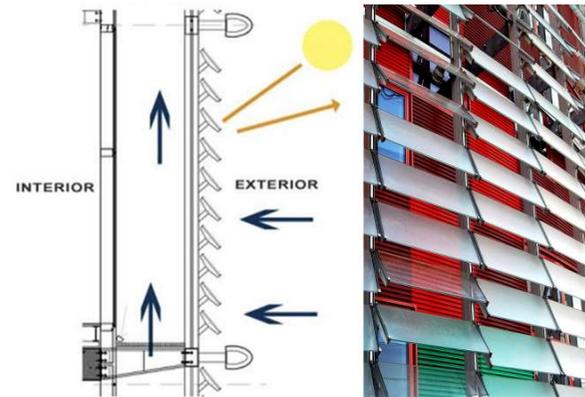
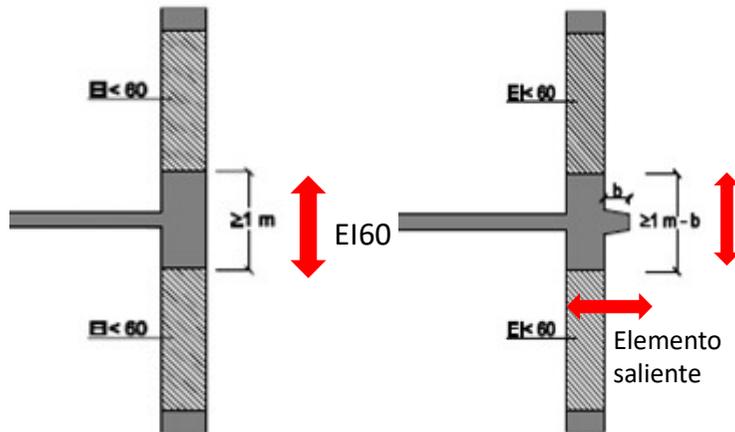


$\alpha$	$0^\circ$ (1)	$45^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$	$135^\circ$	$180^\circ$
d (m)	3,00	2,75	2,50	2,00	1,25	0,50

La normativa no ha evolucionado al mismo ritmo

❑ Para limitar la propagación vertical (CTE DB SI2 apartado 3)

Contempla una solución genérica representada en: **Una franja de 1 m** entre dos sectores de incendio, con una resistencia al fuego mínima de 60 minutos. La franja puede ser compensada en la dimensión de un elemento saliente.



S abierta piel exterior > 75%

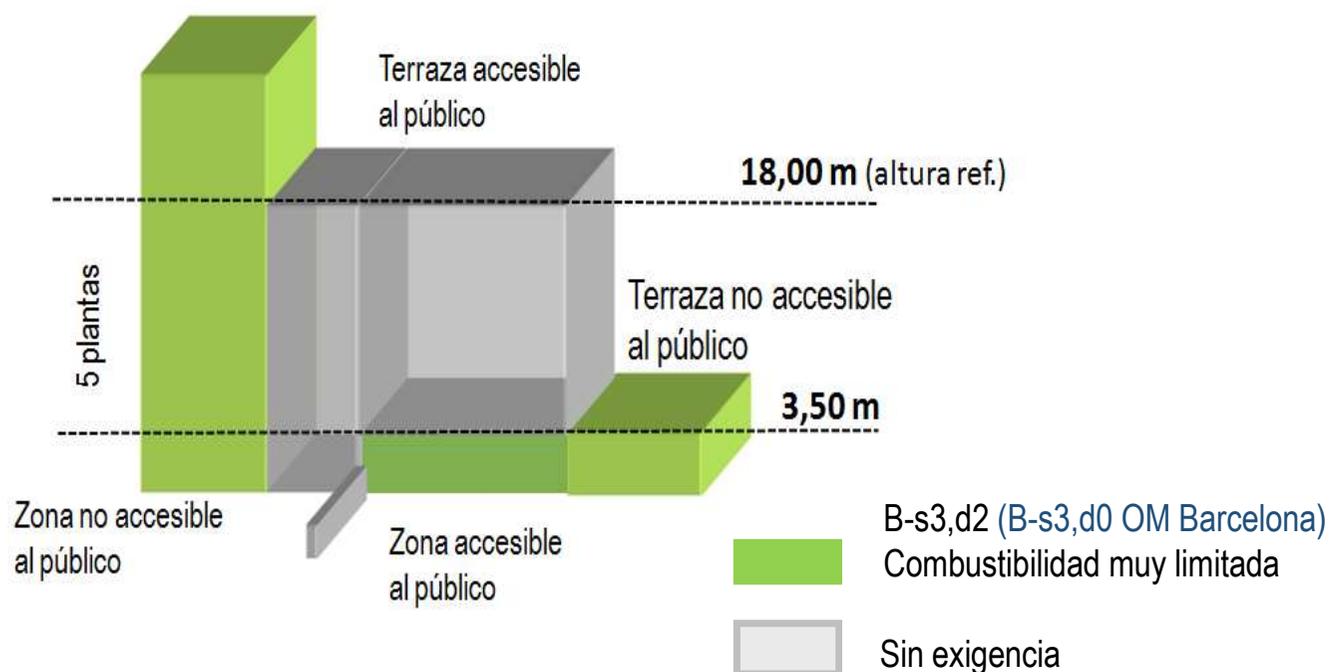
No hace referencia a ninguna tipología de fachada.

Medida aplicable a cualquier tipología constructivas de fachada.

La Ordenanza Municipal de Barcelona hace referencia a las fachadas de doble piel. Indica que la piel exterior debe disponer de un 75% permanentemente abierto (Artículo 6).

La normativa no ha evolucionado al mismo ritmo

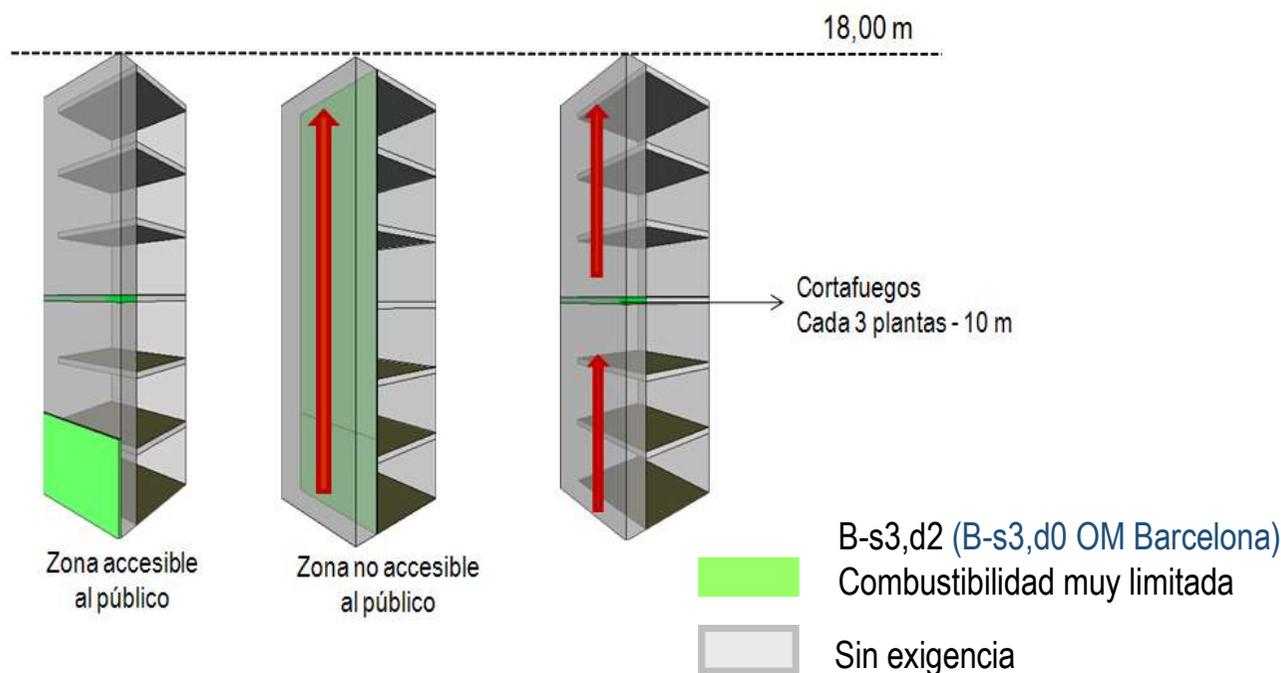
- ❑ Exigencia en relación a la clase de reacción al fuego de los materiales de fachada (CTE DB SI2 apartado 4)



Material que ocupen más del **10%** de la fachada o de las superficies interiores de cámaras ventiladas. Admite el índice máximo de opacidad y de caída de partículas incandescentes. ←

La normativa no ha evolucionado al mismo ritmo

- ❑ Exigencia en relación a los espacios ocultos - hace referencia a las cámaras ventiladas (CTE DB SI1 apartado 3)



Estipula una compartimentación parcial de la cámara ventilada mediante barreras cada 3 plantas o 10 m, pero sólo si el material de aislamiento térmico no cumple con la clasificación exigida B-s3,d2.

Admite el uso de materiales clase C-s3,d2 con barreras E30. ←

An aerial photograph of a city at dusk or dawn. A large, multi-story building in the center is engulfed in bright orange and yellow flames. A thick, dark plume of black smoke rises vertically from the burning building, extending high into the sky. The surrounding city is visible with various buildings, trees, and streets. The sky is a pale, hazy blue with some light clouds. The overall scene is dramatic and somber.

**Gracias por su atención**