
Compartimentación: Normas, Diseño y Construcción. ¿Qué nos falta?

Edith Pacci, Arquitecta



Fuente: NBC News / Catholic Herald UK/ UK News

1980



2010



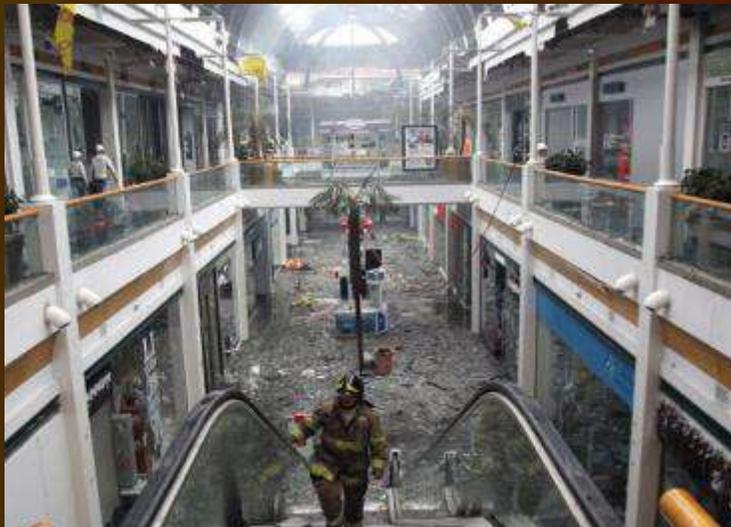
Fuente: Ivo Zuvic. 3° Comandante Cuerpo de Bomberos de Santiago

Edificio c/Zenteno (Santiago, 2018)



Fuente: 24 Horas

Centro Comercial (Mall Plaza El Trébol 2012)



Fuente: emol

Centro logístico
2018



Distribuidora Rabie
2010



Reflexión: Riesgos v/s Costos de protección

	¿Quién se beneficia con un diseño inseguro? (ahorro de costos)	¿Quién vive con el riesgo?	¿Es aceptable?
Avión	Fabricante, línea aérea	Pasajeros, tripulación	¡NO!
Automóvil	Fabricante	Propietario	no
Centro Comercial	Propietario	Clientes, staff	no
Edificio de oficinas	Propietario	Ocupantes, visitantes	no
Hospital / Clínica	Estado (propietario), privado (propietario)	Pacientes, staff	no

En el mundo ocurre un incendio cada 7 segundos...

Seguridad de vida



- 4 millones de incendios*
- 50.000 muertes*
- 38% de los incendios ocurren y afectan a lo construido**.

* International Association of Fire Service

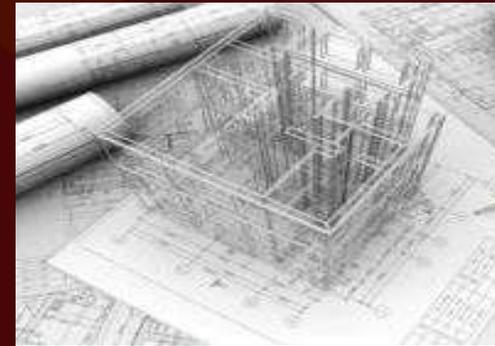
** Estadísticas ANB 2016

Proteger las instalaciones v/s operación



- USD 70 billones en pérdidas*.
- 35% de los incendios corresponden a causas eléctricas**.
- En el caso de hoteles, hospitales, oficinas: pérdidas millonarias por no continuidad de operación

Seguridad de Proyectos v/s seguridad de lo instalado



Se espera que los proyectos mejoren el desempeño de los edificios:

- Una débil inspección hace perder efecto respecto a lo diseñado.
- A proyectos de mayor complejidad, mayor necesidad de cumplir con altos estándares de calidad.

¿Porqué debemos contener el humo y los gases tóxicos?



3/4 de las muertes en un incendio son causadas por la inhalación de gases tóxicos.

Source: Hall, Jr. John R. NFPA Fire Analysis & Research, Quincy, MA. "Burns, Toxic Gases, and other Hazards".

Visibilidad: 47% de los sobrevivientes relatan que no podían ver mas allá de 4 metros.

Source: NFPA Fire Protection Handbook, 18th Ed. Table 1-1P. Pg. 1-15

Aproximadamente el **57%** de las **personas muertas** no se encontraban en la **zona** donde se originó el incendio.

Source: NFPA Fire Protection Handbook, 18th Ed. Table 1-1P. Pg. 8-17

La velocidad del humo, es de **0.254 - 1.524** metros por segundo en condiciones de incendio.

Source: Estimación realizada en el cálculo de la velocidad de la altura de cielo estándar y HRR.

Causas más frecuentes de incendios

Las causas que en las ciudades provocan incendios, guardando su orden de frecuencia son:

- **Fallas eléctricas.**
- **Fallas de instalación de gas.**
- Combustión espontánea por exceso de basura y desorden.
- Manejo inadecuado de líquidos inflamables.
- Mantenimiento deficiente de tanques contenedores de gas.
- Riesgos externos.

De igual forma, es importante señalar las causas que directamente producen más muertes durante un incendio:

- **73.0% Asfixia por inhalación de humo.**
- 20.0% Quemaduras.
- 6.7% Lesiones traumáticas.
- 0.6% Enfermedades críticas (ataques al corazón.)
- 0.3% Otras causas.

El fuego necesita de 3 componentes básicos para iniciarse

- Combustible (ej. papel, madera),
- Oxígeno,
- Fuente de calor.

Una vez iniciado se produce:

- Transmisión de calor,
- Llamas,
- Gases tóxicos y humo.



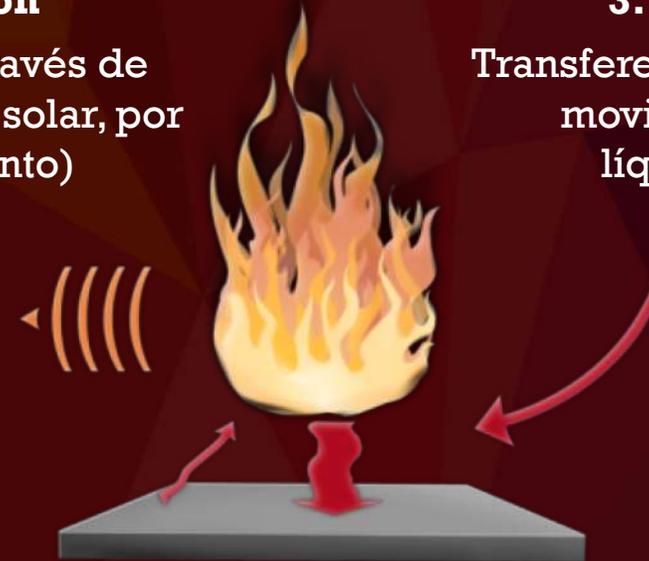
¿Cómo es la transferencia de calor?

1. Radiación

El calor viaja a través de ondas (radiación solar, por calentamiento)

3. Convección

Transferencia de calor por el movimiento de gases, líquidos o sólidos



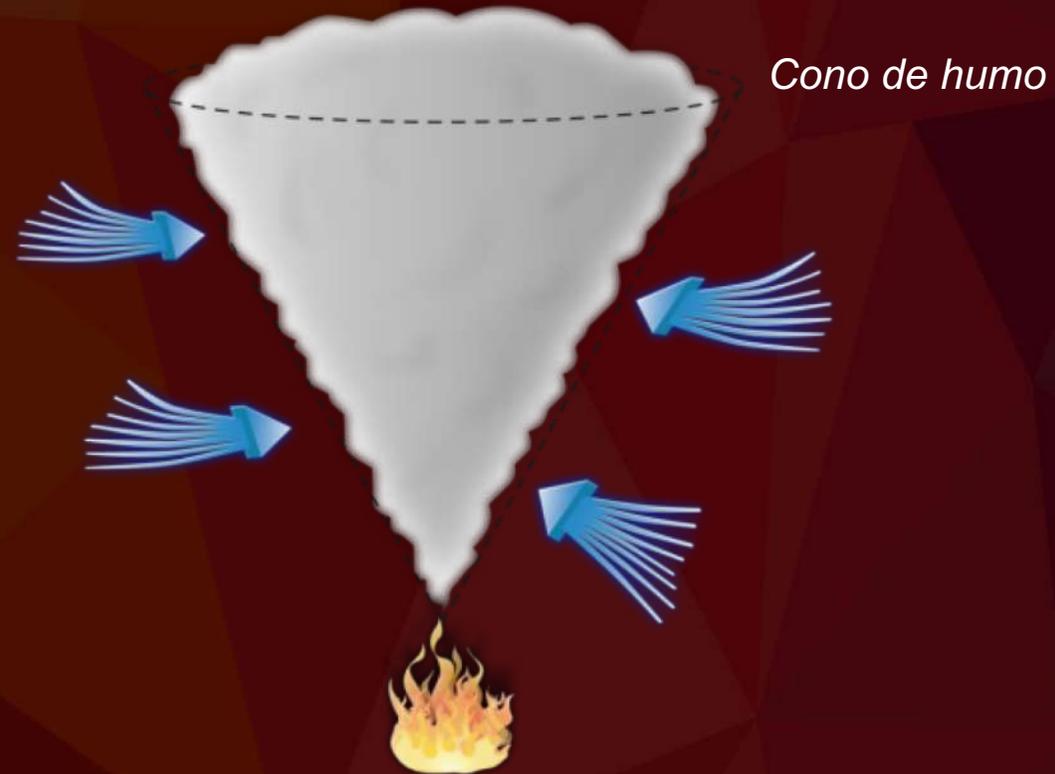
2. Conducción

Transferencia directa de calor a través de los materiales

El calor es una energía en tránsito.

La transferencia de calor va desde el objeto más caliente al objeto más frío

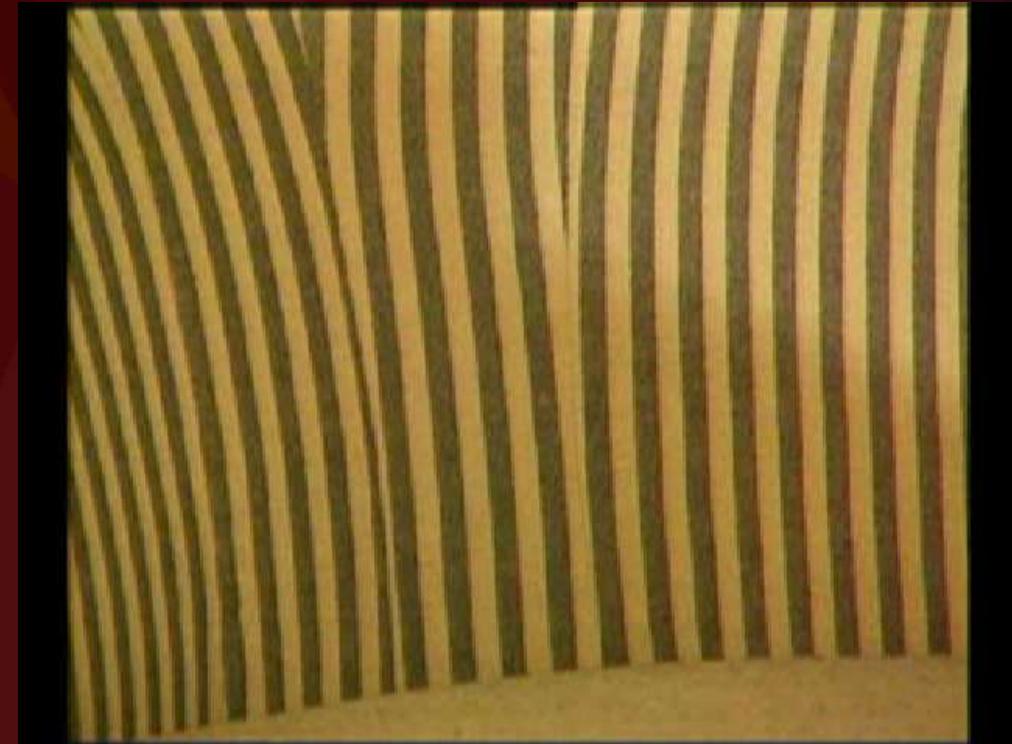
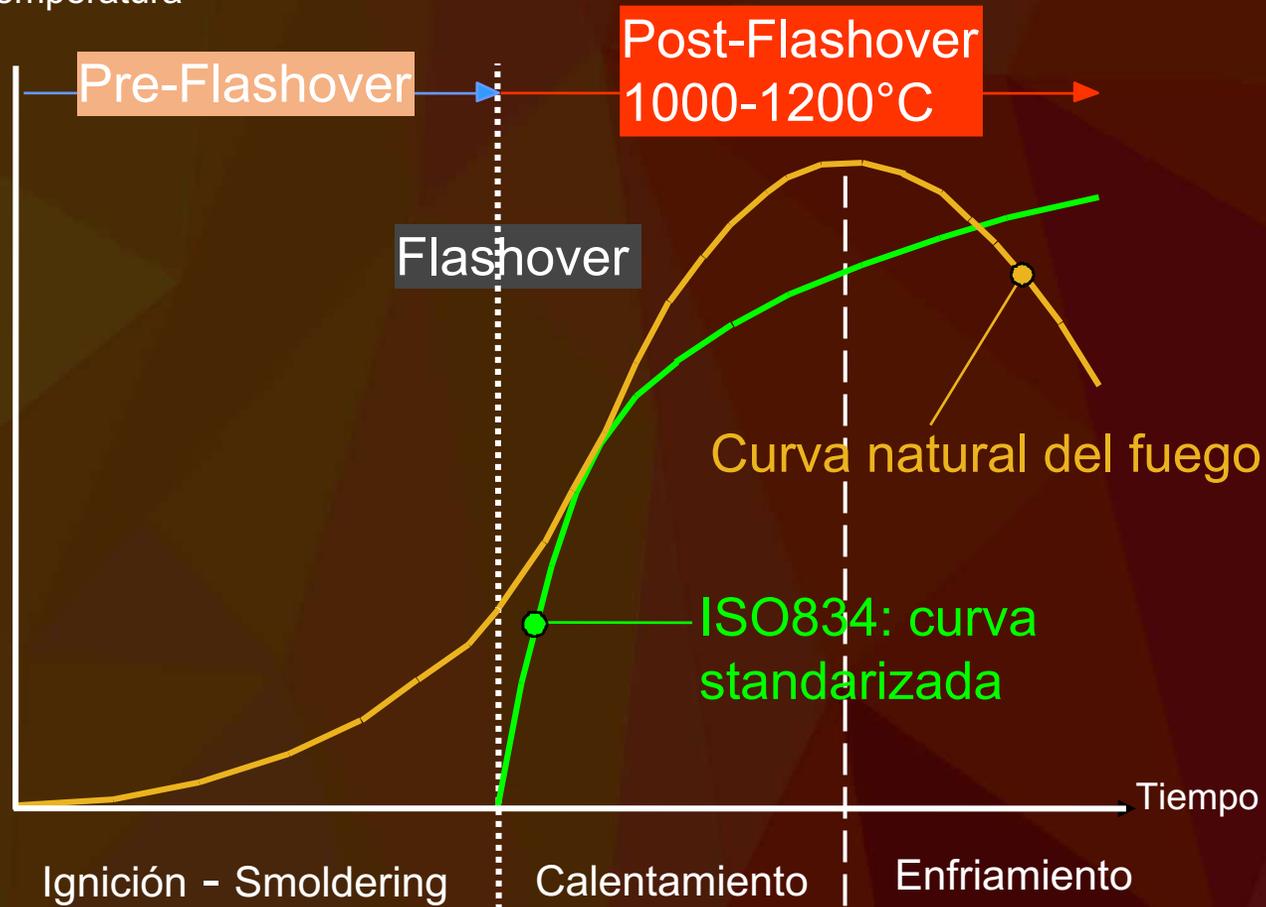
¿Cómo se mueven los gases?



Inicialmente, los gases calientes se mueven hacia arriba y hacia fuera.
Esto arrastra el aire

¿Qué es el flashover?

Temperatura



Para que no se produzca fuego, es necesario eliminar alguno de los componentes



¿Cómo detener la propagación del fuego?

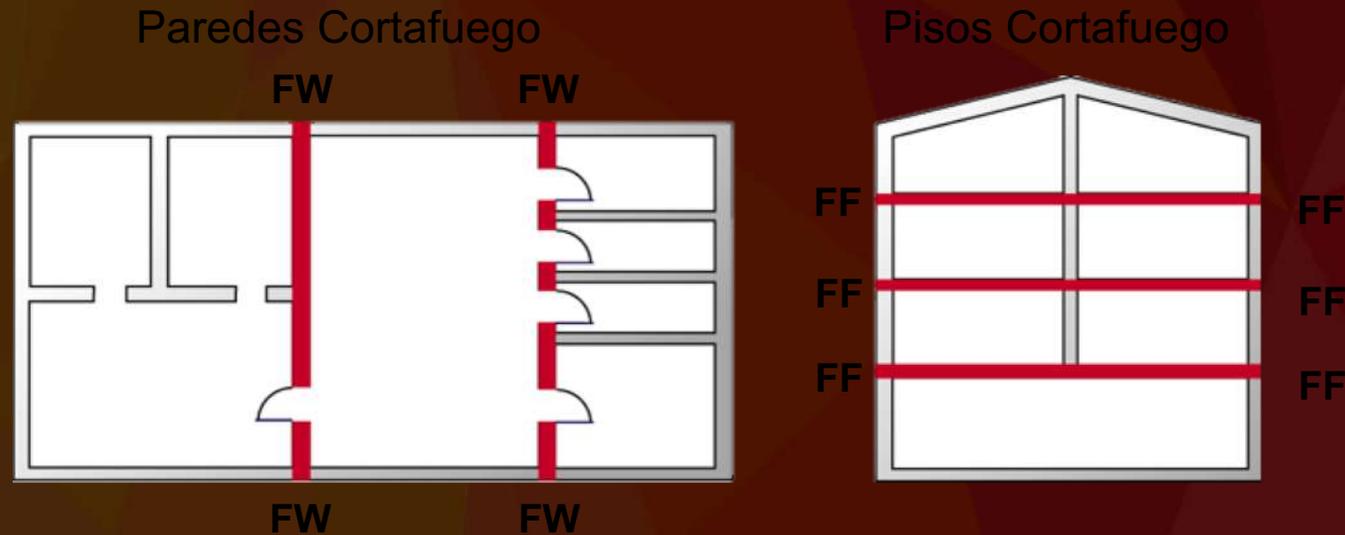
1. Conteniendo el fuego



Las causas más comunes de muerte son por inhalación de humo y gases tóxicos

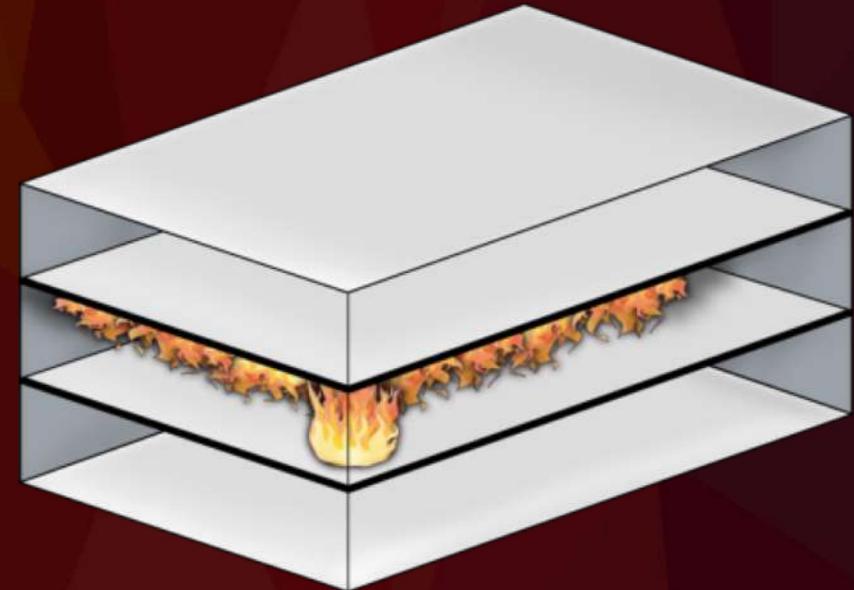
Compartimentación

Es un principio globalmente aceptado en la seguridad y protección contra incendios



La Ordenanza General de Urbanismo y Construcción exige la compartimentación en la edificación para contener y prevenir la propagación del fuego/humo y con ello proteger vidas.

Compartimentación



Compartimentación Horizontal con
suelos resistentes al fuego:

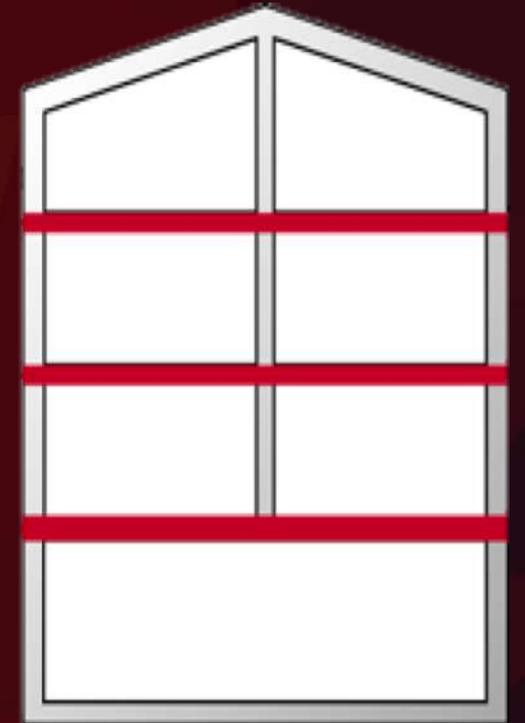
*El fuego puede propagarse horizontalmente
a través de las aberturas de las paredes.*

¿Qué estamos protegiendo en una compartimentación?

Elementos horizontales

¿Qué deberíamos considerar?:

- Separar diferentes ocupaciones
- Separar unidades “dormitorio” (hoteles, departamentos, condominios)
- Nivel de altura del edificio

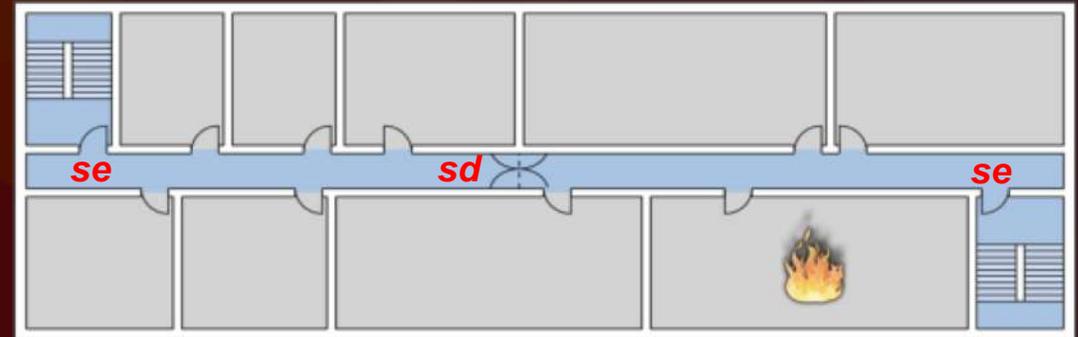


¿Qué estamos protegiendo en una compartimentación?

Elementos verticales

¿Qué deberíamos considerar?

- Habitaciones de alta peligrosidad
- Subdividir zonas de usos como hospitales y las prisiones.
- Protección de vías de evacuación
- Entre unidades de dormitorio
- Edificios o unidades separados con diferentes propietarios



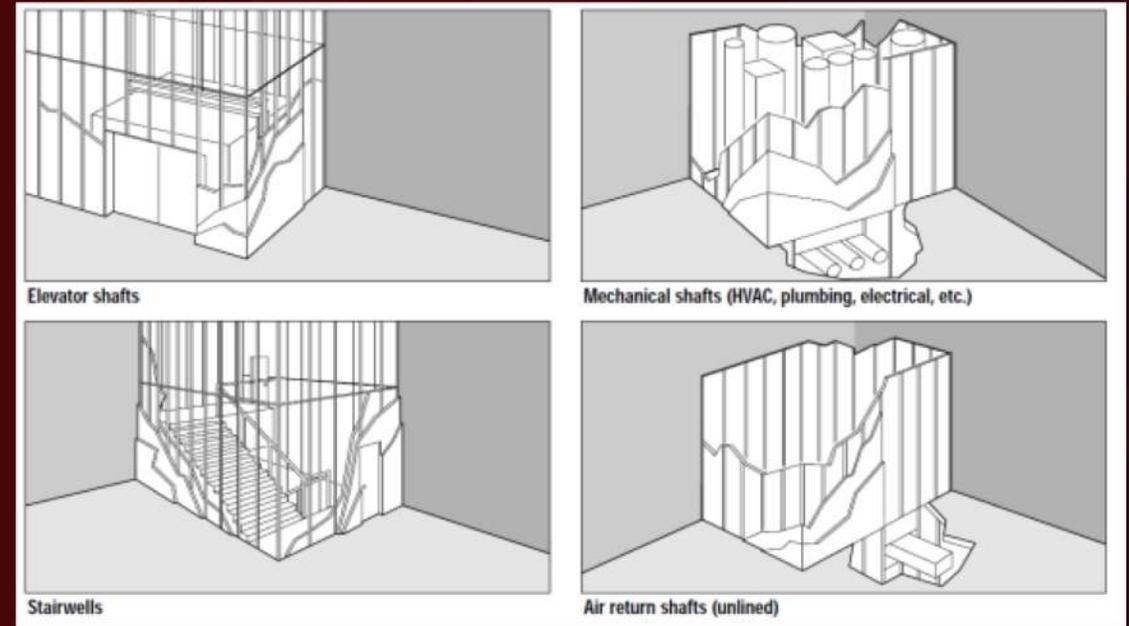
se = salida emergencia sd = Puerta contra paso humo

¿Qué estamos protegiendo en una compartimentación?

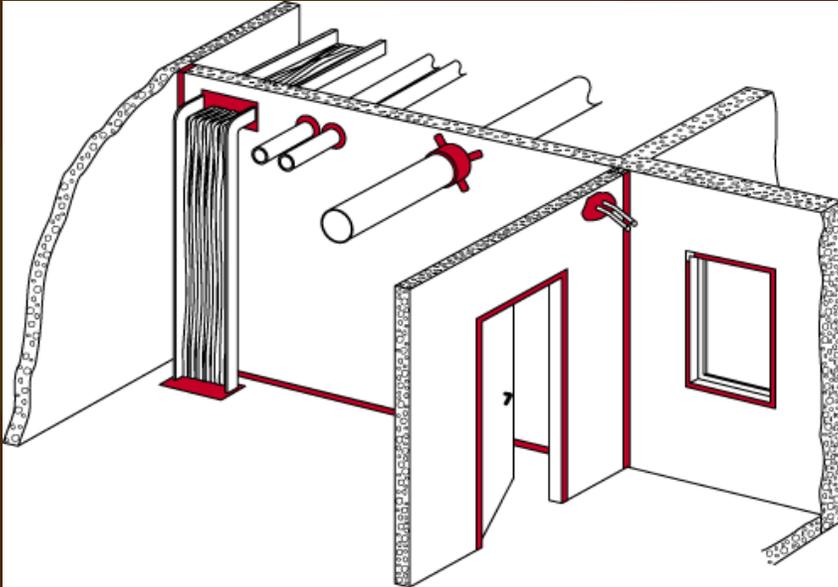
Elementos verticales: shaft

¿Qué deberíamos considerar?

- Ascensores
- Escaleras
- Ductos de aire, plumbing, bandejas eléctricas
- Basura y lavandería



¿Qué es un sellado cortafuego?



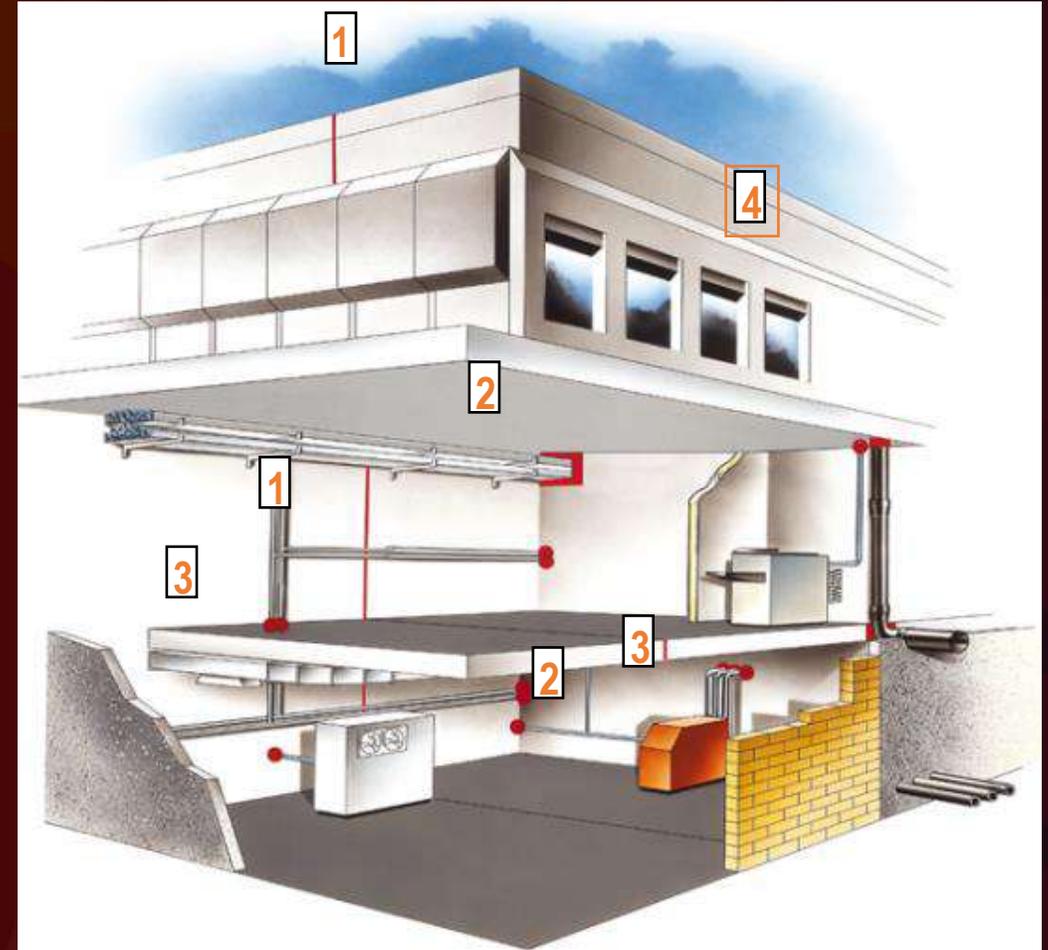
Es un sistema con clasificación de resistencia al fuego que está ensayado para restringir la propagación del fuego y el humo a través de penetraciones presentes en las instalaciones de servicios y juntas de construcción.

Si el sistema está instalado correctamente:

Es posible preservar la resistencia al fuego de la losa o muro penetrado o si en el caso que es atravesado por una junta

¿Cuáles son los puntos débiles de un edificio?

- 1 Juntas de dilatación
- 2 Pasos de cables eléctricos
- 3 Pasos de tubos y ductos
- 4 Puertas y ventanas





¿Cuáles son los puntos débiles de un edificio?

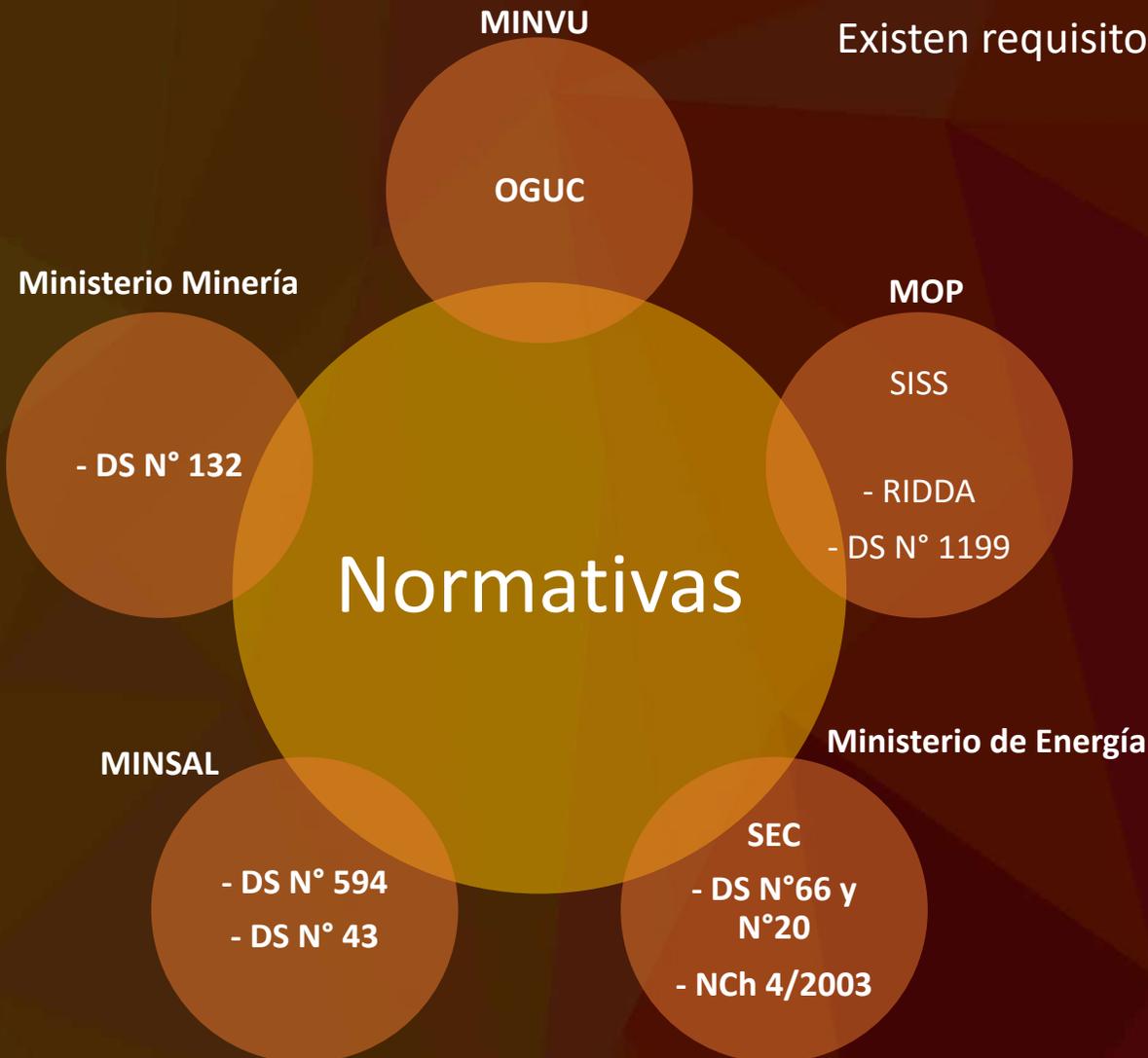


Ejemplo de una compartimentación correctamente ejecutada

ICI Wellington



Normativa. Requerimientos en Chile



OGUC / Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones

DS N°132 / Reglamento de Seguridad Minera

DS N°594 / Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo.
DS N° 43

RIDDA / Reglamento de Instalaciones Domiciliarias de Agua Potable y Alcantarillado

DS N°1199 / Reglamento de la Ley General de Servicios Sanitarios

DS N°66 y N°20 / Reglamento de Instalaciones Interiores y medidores de gas
NCh Elec. 4/2003: Electricidad, Instalaciones de consumo de baja tensión

Normativa. Códigos y estándares en Chile. OGUC y NCh



- Objetivos OGUC. Capítulo 3, Artículo 4.3.1
 - Que se facilite el salvamento de los ocupantes de los edificios en caso de incendio
 - Que se reduzca al mínimo en cada edificio, el riesgo de incendio
 - Que se evite la propagación del fuego, tanto al resto del edificio como desde un edificio a otro
 - Que se facilite la extinción de los incendios

Fuente: Marcial Salaverry, E3 ingeniería

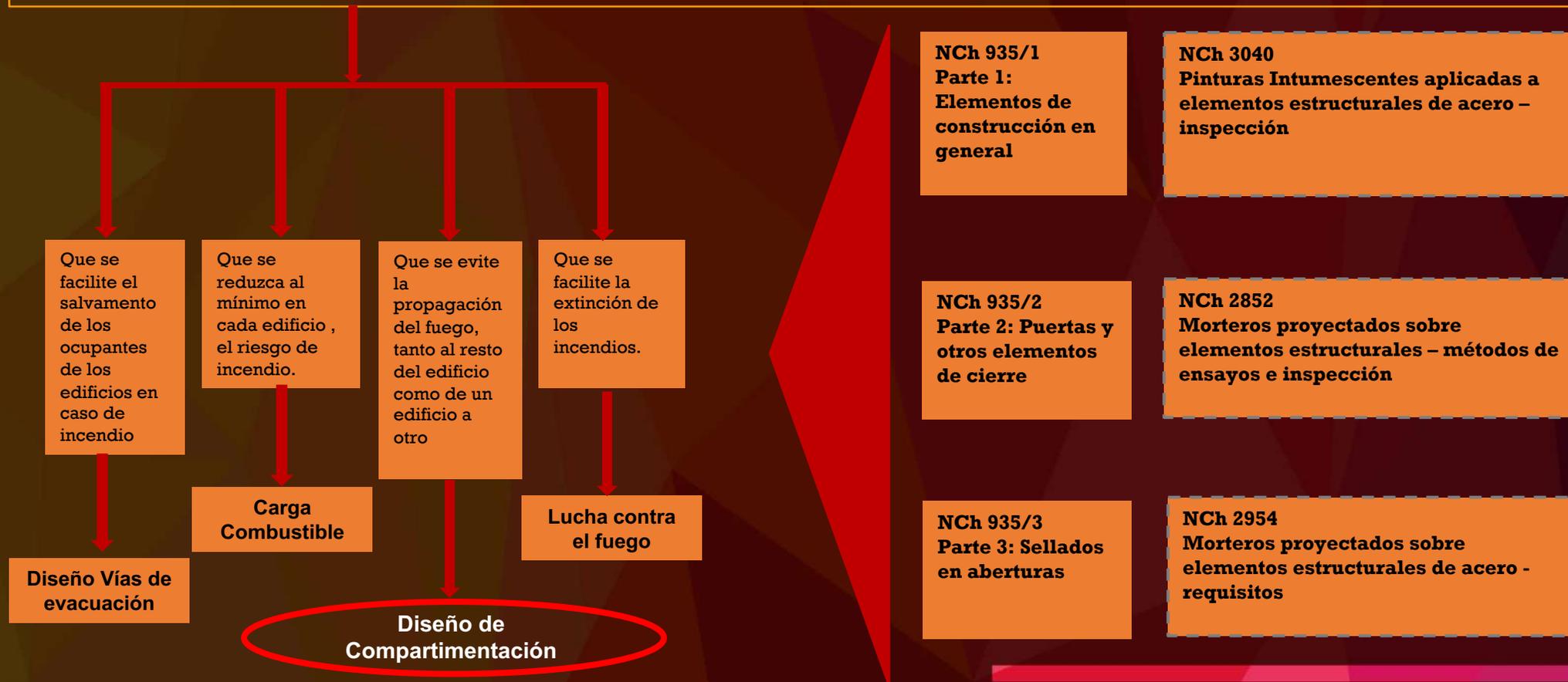
No estamos tan alejados respecto a experiencia extranjera para alcanzar un diseño estratégico.

Salvar Vidas es siempre un objetivo de protección (aunque no esté explícito en la OGUC)

Normativa. Códigos y estándares en Chile. OGUC y NCh

Ordenanza General de urbanismo y Construcciones

Objetivo Fundamental



Normativa. Códigos y estándares en Chile. OGUC y NCh



Clasificación de los elementos estructurales y no estructurales

RESISTENCIA AL FUEGO REQUERIDA PARA LOS ELEMENTOS DE CONSTRUCCION DE EDIFICIOS									
ELEMENTOS DE CONSTRUCCION									
TIPO	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
a	F-180	F-120	F-120	F-120	F-120	F-30	F-60	F-120	F-60
b	F-150	F-120	F-90	F-90	F-90	F-15	F-30	F-90	F-60
c	F-120	F-90	F-60	F-60	F-60	-	F-15	F-60	F-30
d	F-120	F-60	F-60	F-60	F-30	-	-	F-30	F-15

SIMBOLOGIA:

Elementos verticales:
 (1) Muros cortafuego
 (2) Muros zona vertical de seguridad y caja de escalera
 (3) Muros caja ascensores
 (4) Muros divisorios entre unidades (hasta la cubierta)
 (5) Elementos soportantes verticales
 (6) Muros no soportantes y tabiques

Elementos verticales y horizontales:
 (7) Escaleras

Elementos horizontales:
 (8) Elementos soportantes horizontales
 (9) Techumbre incluido cielo falso

Destino del edificio	Superficie edificada (M2)	Numero de pisos 1 2 3 4 5 6 7 o más
Habitacional	Cualquiera	d d c c b a a
Hoteles o similares	Sobre 5.000 sobre 1.500 y hasta 5.000 sobre 500 y hasta 1.500 hasta 500	c b a a a a c b b b a a c c b b a a d c b b a a
Oficinas	Sobre 1.500 sobre 500 y hasta 1.500 hasta 500	c c b b b a c c c b b b d c c b b b
Museos	Sobre 1.500 sobre 500 y hasta 1.500 hasta 500	c c b b b a c c c b b b d c c b b b
Salud (clínica, hospitales y laboratorios)	Sobre 1.000 Hasta 1.000	c b b a a a c c b b a a
Salud (Poliédricos)	Sobre 400 Hasta 400	c c b b b b d c c b b b
Restaurantes y fueriles de soda	Sobre 500 Sobre 250 y hasta 500 Hasta 250	b a a a a a c b b a a a d c c b b a
Locales comerciales	Sobre 500 Sobre 200 y hasta 500 Hasta 200	c b b a a a c c b b a a d c b b b a
Bibliotecas	Sobre 1.500 Sobre 500 y hasta 1.500 Sobre 250 y hasta 500 Hasta 250	b b a a a a b b b a a a c b b b a a d c b b a a
Centro de reparación automotor	Cualquiera	d c c b b b
Edificios de estacionamiento	Cualquiera	d c c c b b

DESTINO DEL EDIFICIO	MAXIMO DE OCUPANTES	NUMERO DE PISOS
		1 2 3 4 5 6 ó más
Teatros y espectáculos	Sobre 1.000	b a a a a
	Sobre 500 y hasta 1.000	b b a a a
	Sobre 250 y hasta 500 Hasta 250	c c b b a d d c c b
Reuniones	Sobre 1.000	b a a a a
	Sobre 500 y hasta 1.000	b b a a a
	Sobre 250 y hasta 500	c c b b a
	Hasta 250	d c c b b
Docentes	Sobre 500	b b a a a
	Sobre 250 y hasta 500	c c b b a
	Hasta 250	d c c b b

Códigos y estándares Internacionales: NFPA

National Fire Protection Association: Organización internacional que desarrolla normas fundada en 1896 para proteger del fuego a personas, su propiedad y el medio ambiente.

El sistema de desarrollo de los códigos y normas de la NFPA es un proceso abierto basado en el consenso y que ha producido: el código Eléctrico Nacional, el Código de Seguridad Humana, el Código Nacional de Alarmas de Incendios, etc.

- Protección de los ocupantes

Estructura diseñada, construida y mantenida para proteger a los ocupantes.

- Integridad estructural

Mantener integridad estructural durante el tiempo necesario para evacuar, reubicar o defender en el lugar a los ocupantes que no están íntimamente relacionados con el desarrollo inicial del incendio.

- Efectividad de los sistemas

Los sistemas utilizados deberán ser efectivos para mitigar el riesgo o condición para la que están siendo utilizados, deberán ser confiables, deberán mantenerse en el nivel para el que fueron diseñados para operar y deberán permanecer en funcionamiento.



- **NFPA 13**, Normas para Instalaciones de Sistemas de Rociadores
- **NFPA 70**, National Electrical Code
- **NFPA 1**, Código Uniforme de Seguridad contra Incendios
- **NFPA 5000**, Building Construction and Safety Code
- **NFPA 220**, Standard on Types of Building Construction
- **NFPA 80A**, Protection of Building from Exterior Fire Exposures

Códigos y estándares Internacionales: NFPA 101

NFPA 101 (2003): Table 6.1.14.4.1 - Required Separation of Occupancies (in hours)^(a)

	Assembly <300	Assembly >300	Assembly >1000	Educational	Daycare >12	Daycare Homes	Health Care (b)	Ambulatory Health Care	Detention & Correctional (b)	One & Two Family	Lodging & Rooming	Hotels & Dormitories	Apartment Buildings	Board & Care Small	Board & Care Large	Mercantile	Mercantile Mall	Mercantile Bulk	Business	Industrial General Purpose	Industrial Special Purpose	Industrial High Hazard	Storage Low & Ordinary	Storage High Hazard	
Assembly <300	0	0	2	2	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	Assembly <300
Assembly >300		0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	Assembly >300
Assembly >1000			0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	Assembly >1000
Educational				0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	Educational
Daycare >12					0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	Daycare >12
Daycare Homes						0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	Daycare Homes
Health Care (b)							0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	Health Care
Ambulatory Health Care								0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	Ambulatory Health Care
Detention & Correctional (b)									0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	Detention & Correctional
One & Two Family										0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	One & Two Family
Lodging & Rooming											0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Lodging & Rooming
Hotels & Dormitories												0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Hotels & Dormitories
Apartment Buildings													0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	Apartment Buildings
Board & Care Small														0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Board & Care Small
Board & Care Large															0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	Board & Care Large
Mercantile																0	2	2	2	2	2	2	2	2	Mercantile
Mercantile Mall																	0	2	2	2	2	2	2	2	Mercantile Mall
Mercantile Bulk																		0	2	2	2	2	2	2	Mercantile Bulk
Business																			0	2	2	2	2	2	Business
Industrial General Purpose																				0	1	1	1	1	Industrial General Purpose
Industrial Special Purpose																					0	1	1	1	Industrial Special Purpose
Industrial High Hazard																						0	1	1	Industrial High Hazard
Storage Low & Ordinary																							0	1	Storage Low & Ordinary
Storage High Hazard																								0	Storage High Hazard

NP = Not Permitted

(a) Fire resistance rating is permitted to be reduced by 1 hour, but in no case to less than 1 hour, where the building is protected throughout by an approved automatic sprinkler system in accordance with 9.7

(b) The 1-hour reduction due to the presence of sprinklers in accordance with the previous footnote (a) is not permitted

En elementos verticales, los sellos son equivalentes al elemento penetrado que cumpla ASTM E814 o UL 1479 y/o ASTM E1966 o UL 2079.

Detalla claramente áreas de compartimentación según el tipo de ocupación.

En elementos verticales y horizontales, los sellos son equivalentes al elemento penetrado o según excepción y que cumplan ASTM (UL 1479)

Regula longitud de recorrido y anchos según capacidad de evacuación. Según el uso, es necesario proveer áreas de refugio. **Todos los penetrantes deben ser protegidos (según uso).**

Ejemplo_Cap. 18.3.7 Subdivisión espacios/ separación de dormitorio pacientes: Área no superior a 2100m² y distancia de recorrido a cualquier punto a una puerta/barrera no mayor a 61m

O.G.U.C.

Artículo 4.3.24. Toda edificación podrá ser subdividida en compartimentos independientes, mediante muros de compartimentación que cumplan con una resistencia al fuego F-120 o superior.

En tales muros se admitirán puertas o tapas de registro, siempre que tengan una resistencia al fuego de a lo menos F-60 y, en el caso de las puertas, contemplen cierre automático.

La compartimentación permitirá independizar áreas dentro de un mismo edificio con el fin de mejorar sus condiciones de seguridad y reducir la superficie de cálculo para los efectos de la aplicación de las tablas del artículo 4.3.4 de este mismo Capítulo.¹

Artículo 4.3.25. Las tapas de registro de cámaras o ductos de instalaciones susceptibles de originar o transmitir un incendio, tendrán una resistencia al fuego al menos igual a la mitad de la exigida al elemento delimitador del mismo.²

Artículo 4.3.27. Para los efectos de este Título se entenderá por pasillo protegido aquél cuyo resguardo contra el fuego cumple las siguientes condiciones:

1. Está aislado con respecto a otros recintos mediante elementos con una resistencia al fuego no menor a F-120.
2. Las puertas y tapas de aberturas tienen una resistencia al fuego de al menos F-30 y no ocupan más del 20% de la superficie de los paramentos del pasillo.¹
3. Contempla detectores de humo e iluminación de emergencia.
4. Su longitud no es superior a 30 m.²

NFPA 101

En elementos verticales, los sellos son equivalentes al elemento penetrado que cumpla ASTM E814 o UL 1479 y/o ASTM E1966 o UL 2079.

Detalla claramente áreas de compartimentación según el tipo de ocupación.

En elementos verticales y horizontales, los sellos son equivalentes al elemento penetrado o según excepción y que cumplan ASTM (UL 1479)

*Regula longitud de recorrido y anchos según capacidad de evacuación. Según el uso, es necesario proveer áreas de refugio. **Todos los penetrantes deben ser protegerse (según uso).***

Ejemplo_Cap. 18.3.7 Subdivisión espacios/ separación de dormitorio pacientes: Área no superior a 2100m² y distancia de recorrido a cualquier punto a una puerta/barrera no mayor a 61m

Códigos y estándares Internacionales: Diseño de Túneles

NFPA

Tres normas que se refieren al ambiente subterráneo

- **NFPA 130**, Norma para los sistemas ferroviarios de guía fija para tránsito y pasajeros
- **NFPA 502**, Norma para túneles de carretera, puentes y otras carreteras de acceso limitado
- **NFPA 520**, Norma sobre espacios subterráneos

Asociación Mundial de Carreteras PIARC

Publica directrices sobre el control del fuego y del humo

- *Fire and Smoke Control in Road Tunnels, 1999*

Tipo de tráfico	Estructura Principal				Estructura Secundaria (4)			
	Sumergido bajo/dentro superestructura	Túnel en terreno inestable	Túnel en terreno estable	Túnel artificial	Conductos de aire (5)	Salida de emergencia al exterior	Salida de emergencia a otro tubo	Refugios (6)
Coches, furgonetas	ISO 60 min	ISO 60 min	Ver nota (2)	Ver nota (2)	ISO 60 min	ISO 60 min	ISO 60 min	ISO 60 min
Camiones cisternas	RWS/ HCinc 120min (1)	RWS/HC 120 min (1)	Ver nota (3)	Ver nota (3)	ISO 60 min	ISO 60 min	RWS/ HCinc 120min	RWS/ HCinc 120min (7)

Coordinación de proyecto:

Si bien el arquitecto coordina, cada especialidad resuelve el diseño de su área...

Si bien se espera una coordinación entre especialidades, en la realidad, desde el punto de vista del incendio se carece de un criterio único



Cuando los sistemas fallan...



Hacia una estrategia en el diseño de protección contra incendios...

ESTRATEGIA DISEÑO PCI

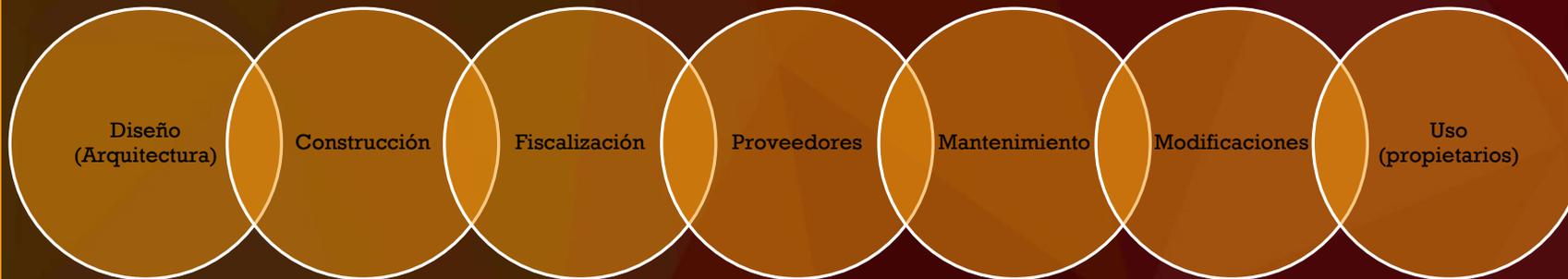
- Que se facilite el salvamento de los ocupantes de los edificios en caso de incendio
- Que se reduzca al mínimo en cada edificio, el riesgo de incendio

- Que se evite la propagación del fuego, tanto al resto del edificio como desde un edificio a otro
- Que se facilite la extinción de los incendios



O.G.U.C.

- EETT
- Memorias de cálculo
- Planos (y detalles)
- Certificaciones
- Integración



COORDINACIÓN

¡Gracias!

Edith Pacci
Arquitecta | BP Consultores
Especialista en Diseño contra Incendios

✉ epacci10@gmail.com



expofuego

Chile 2018