



expofuego

Chile 2018

3° CONGRESO INTERNACIONAL
PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO

Ing. de Incendios: Algunas Respuestas Simples a Preguntas Frecuentes...

...Por que hacemos lo que hacemos.

*Marcial Salaverry R.
Msc. Structural and Fire Safety Engineering.
U. of Edinburgh*

Estrategia de Protección

1. Permitir la evacuación de los ocupantes:

- *Sistemas de detección, alarma, señalización.*
- *Vías de evacuación: Carga de ocupación, Distancias de recorrido, ancho de los medios de egreso, cantidad de salidas, nivel de protección de salidas (cajas de escalera).*
- *Accesibilidad, zonas de refugio, medios de comunicación, etc.*

2. Propagación interior del fuego.

- *Compartimentación: Vertical, Horizontal, Recintos especiales o peligrosos.*
- *Control de contenido: Características de los materiales de revestimiento y Mobiliario (en algunos casos).*

3. Propagación exterior (de un edificio a otro).

- *Características de la fachada, de la cubierta y distancias al deslinde.*

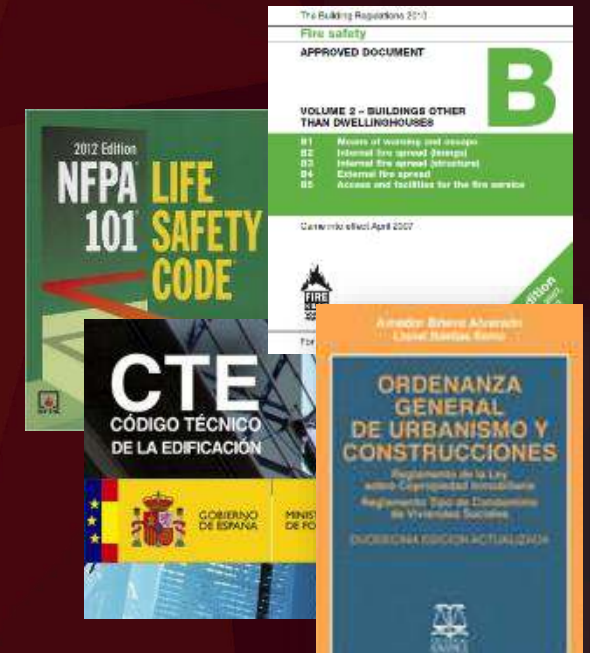
4. Protección Estructural.

5. Permitir el actuar de bomberos.

- *Entorno del edificio, accesibilidad de carros bomba y acceso al interior del edificio*
- *Escaleras de combate de incendios, vestíbulos protegidos.*

6. Sistemas de protección contra incendios.

- *Red húmeda, extintores portátiles, rociadores automáticos, etc.*



Pregunta:

**Que es resistencia al fuego?
Que representa?
Como se relaciona con el tiempo de evacuación?**

Aplicación de una estrategia de protección.

Cuales son los objetivos?

- Seguridad de Vida.
- Evitar daño a terceros.



Valparaíso Abril 2014

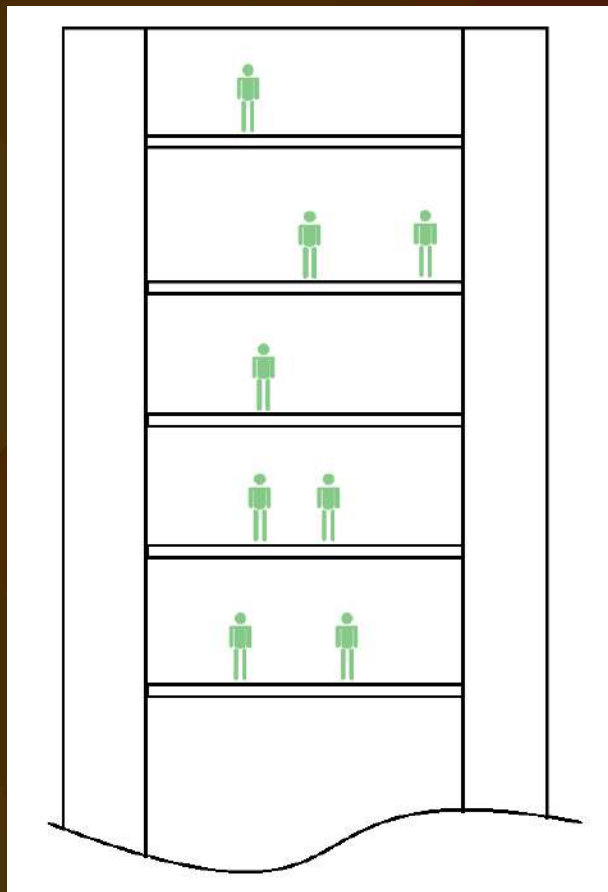
- 3000 casas
- 15 muertos
- + 500 heridos
- 12.500 damnificados.



Como lo hacemos en un edificio de altura??



Aplicación de una estrategia de protección.

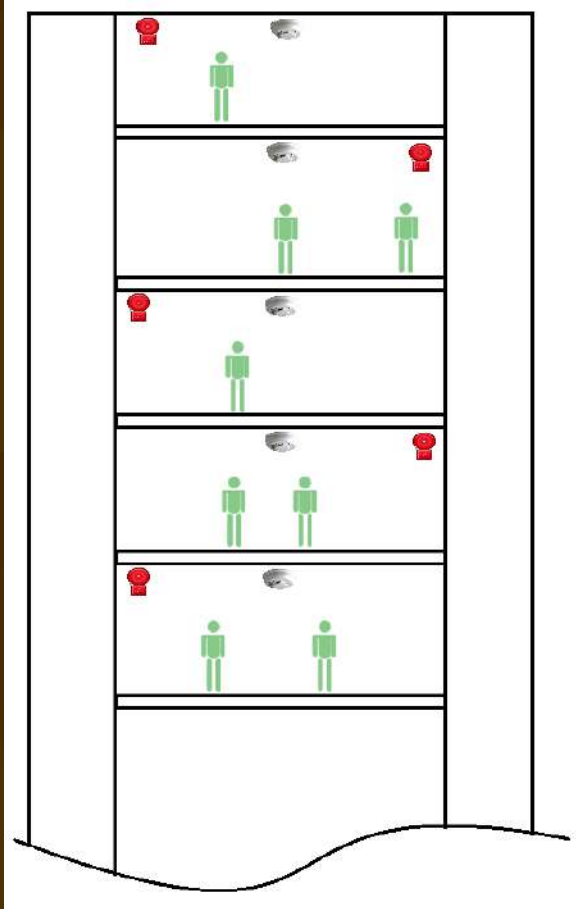


Aplicación a un edificio de altura

Estrategia de Seguridad Contra Incendios.

De que debemos preocuparnos?

Aplicación de una estrategia de protección.



Aplicación a un edificio de altura

Estrategia de Seguridad Contra Incendios.

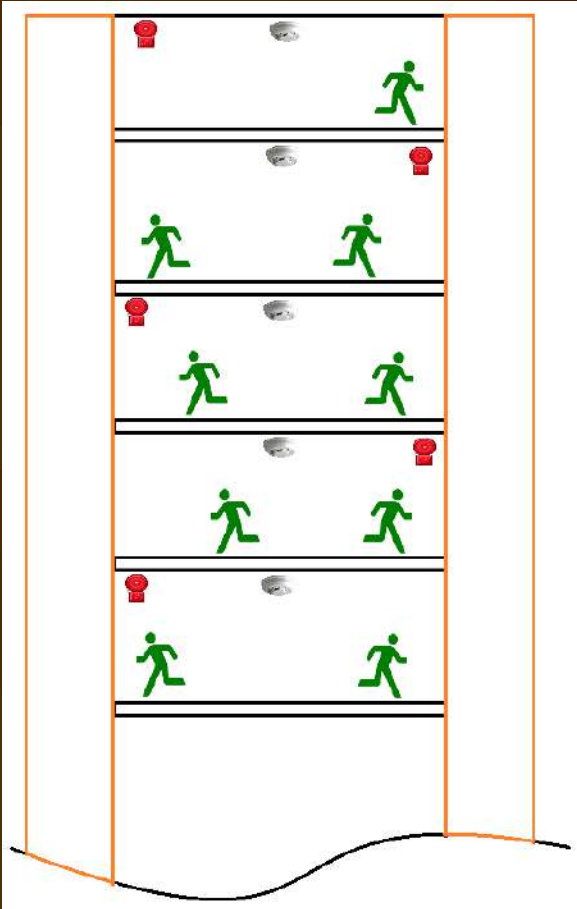
Evacuación de Ocupantes

- Sistema de alarma.
- Sistema de detección.



Donde termina el proceso de evacuación??
A donde debemos conducir a las personas?

Aplicación de una estrategia de protección.



Aplicación a un edificio de altura

Estrategia de Seguridad Contra Incendios.

- **Evacuación de Ocupantes**
 - Sistema de alarma.
 - Sistema de detección.
- **Compartimentación**
 - Zona vertical de seguridad (Envolvente RF y eventualmente presurización)

Sin otras medidas de protección, como debo dimensionar las escaleras del edificio?

Aplicación de una estrategia de protección.

Evacuación Breve paréntesis

Tipos de evacuación

- **Masiva.**

Todos los pisos y sectores en simultáneo. Cuando no puedo asegurar compartimentación.

- **Por fases.**

Selectivamente los pisos de a 1. Cuando si se puede asegurar compartimentación vertical.

- **Horizontal progresiva.**

Horizontal a un compartimento distinto. Cuando es complejo evacuar en vertical.

- **Asistida**

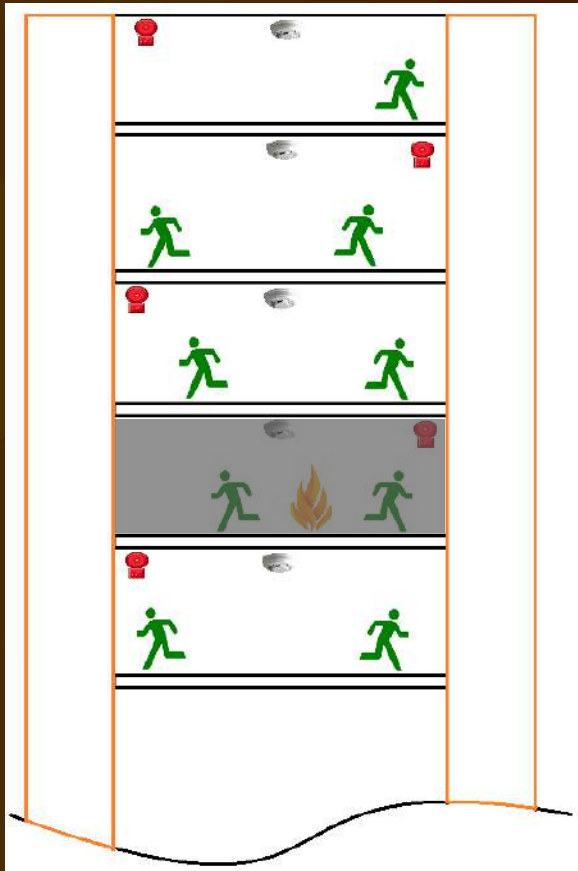
Auto explicativo.



Existen casos en que sacar a la gente del edificio ni siquiera es parte de la estrategia!!!!!!



Aplicación de una estrategia de protección.



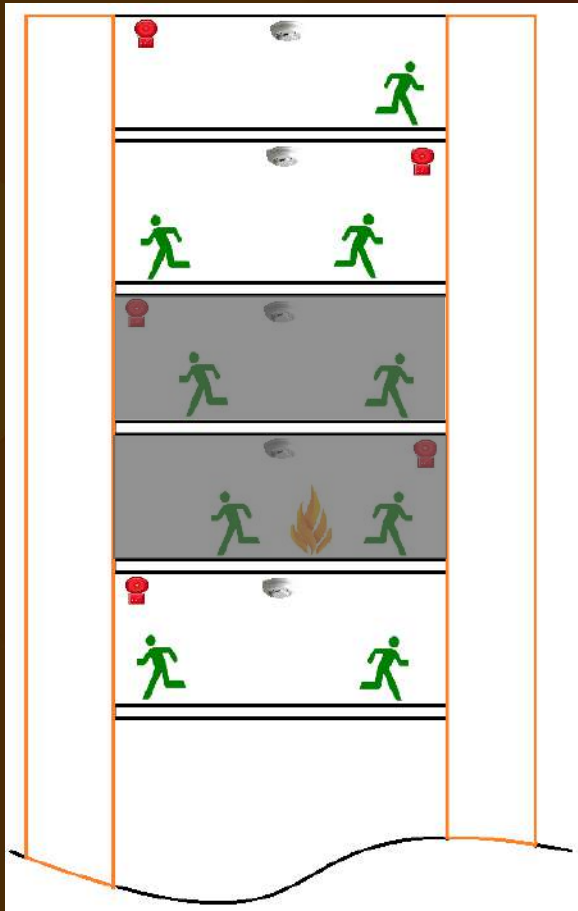
Aplicación a un edificio de altura

Estrategia de Seguridad Contra Incendios.

- **Evacuación de Ocupantes**
 - Sistema de alarma.
 - Sistema de detección.
- **Compartimentación**
 - Zona vertical de seguridad (Envolvente RF y eventualmente presurización)

Sin otras medidas de protección, como debo dimensionar las escaleras del edificio?

Aplicación de una estrategia de protección.



Aplicación a un edificio de altura

Estrategia de Seguridad Contra Incendios.

- **Evacuación de Ocupantes**
 - Sistema de alarma.
 - Sistema de detección.
- **Compartimentación**
 - Zona vertical de seguridad (Envolvente RF y eventualmente presurización)

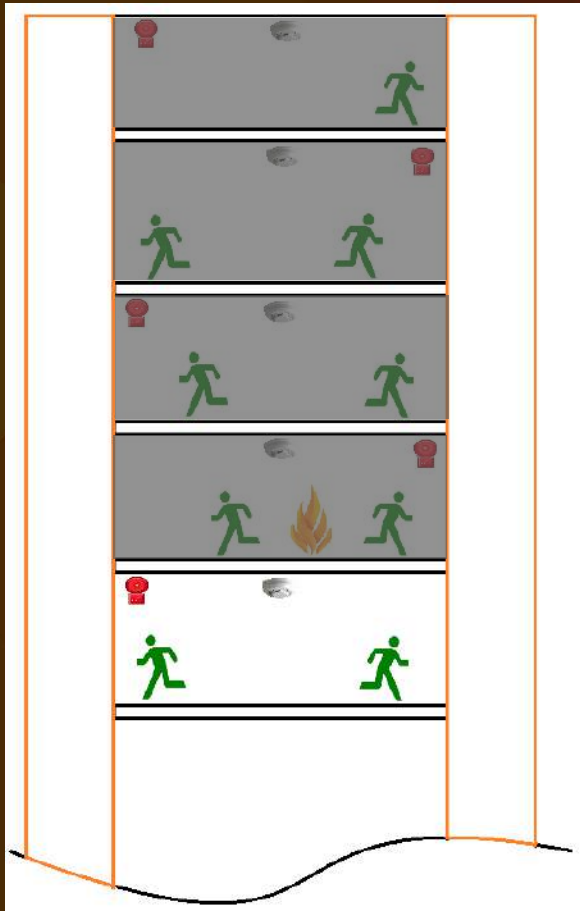
Sin otras medidas de protección, como debo dimensionar las escaleras del edificio?

Aplicación de una estrategia de protección.

Aplicación a un edificio de altura

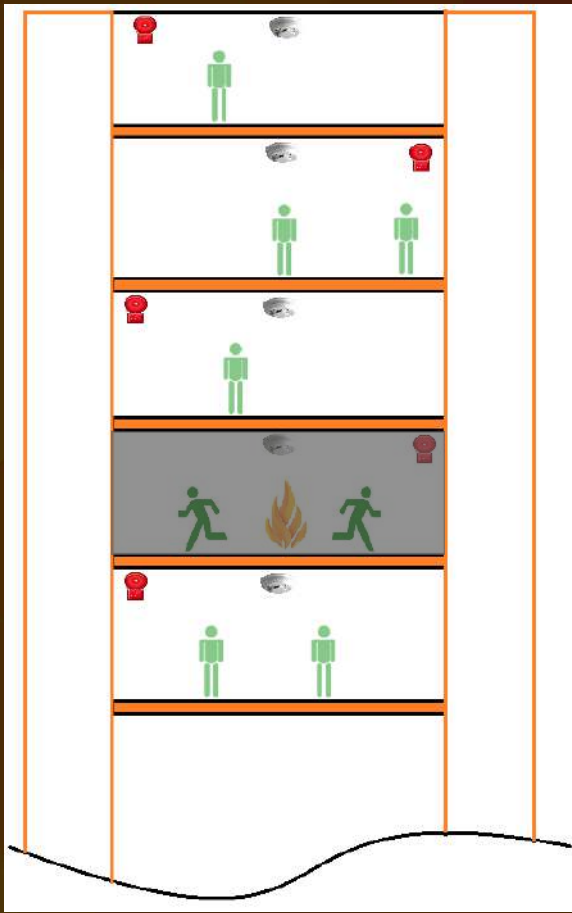
Estrategia de Seguridad Contra Incendios.

- **Evacuación de Ocupantes**
 - Sistema de alarma.
 - Sistema de detección.
- **Compartimentación**
 - Zona vertical de seguridad (Envolvente RF y eventualmente presurización)



Sin otras medidas de protección, como debo dimensionar las escaleras del edificio?

Aplicación de una estrategia de protección.



Aplicación a un edificio de altura

Estrategia de Seguridad Contra Incendios.

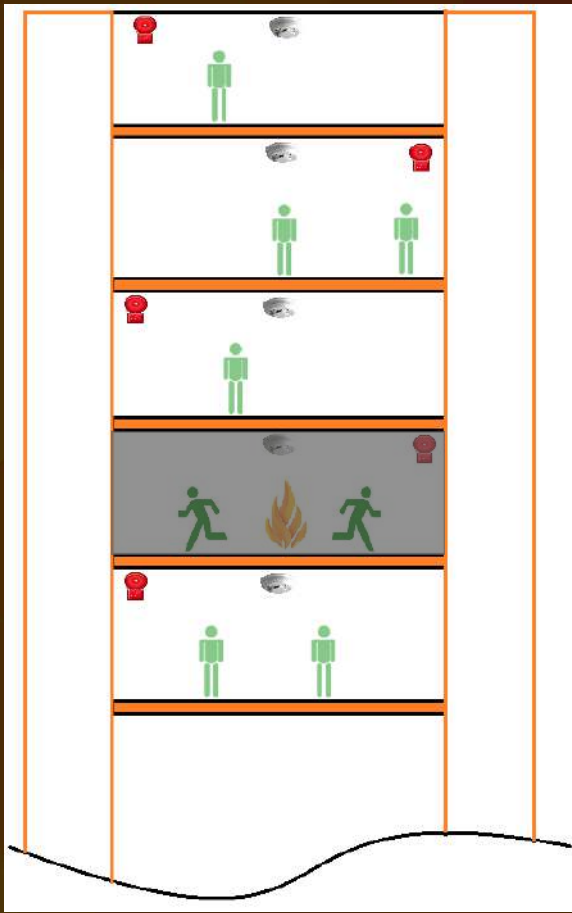
- **Evacuación de Ocupantes**
 - Sistema de alarma.
 - Sistema de detección.
- **Compartimentación**
 - Zona vertical de seguridad (Envolvente RF y eventualmente presurización)
 - Compartimentación entre pisos. El incendio máximo abarca solo un piso.

Ahora podemos diseñar medios de egreso compactos en base a un proceso de evacuación por fases.

En este contexto, que le pedimos a la estructura?

Resistir lo que dura el proceso de evacuación?

Aplicación de una estrategia de protección.



Aplicación a un edificio de altura

Estrategia de Seguridad Contra Incendios.

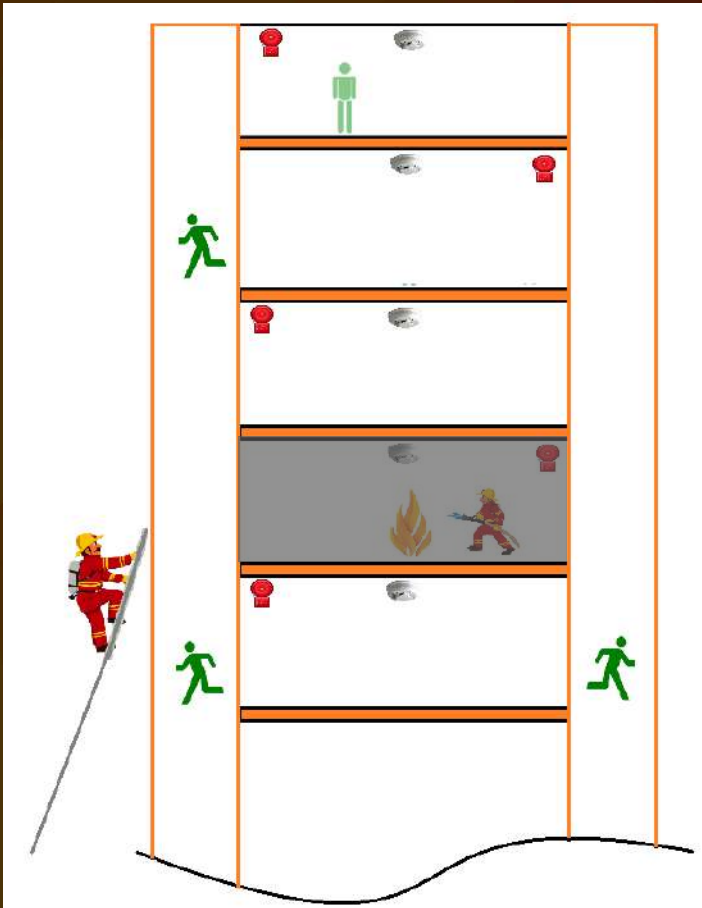
- **Evacuación de Ocupantes**
 - Sistema de alarma.
 - Sistema de detección.
- **Compartimentación**
 - Zona vertical de seguridad (Envolvente RF y eventualmente presurización)
 - Compartimentación entre pisos. El incendio máximo abarca solo un piso.

Ahora podemos diseñar medios de egreso compactos en base a un proceso de evacuación por fases.

En este contexto, que le pedimos a la estructura?

Resistir lo que dura el proceso de evacuación?

Aplicación de una estrategia de protección.



Aplicación a un edificio de altura

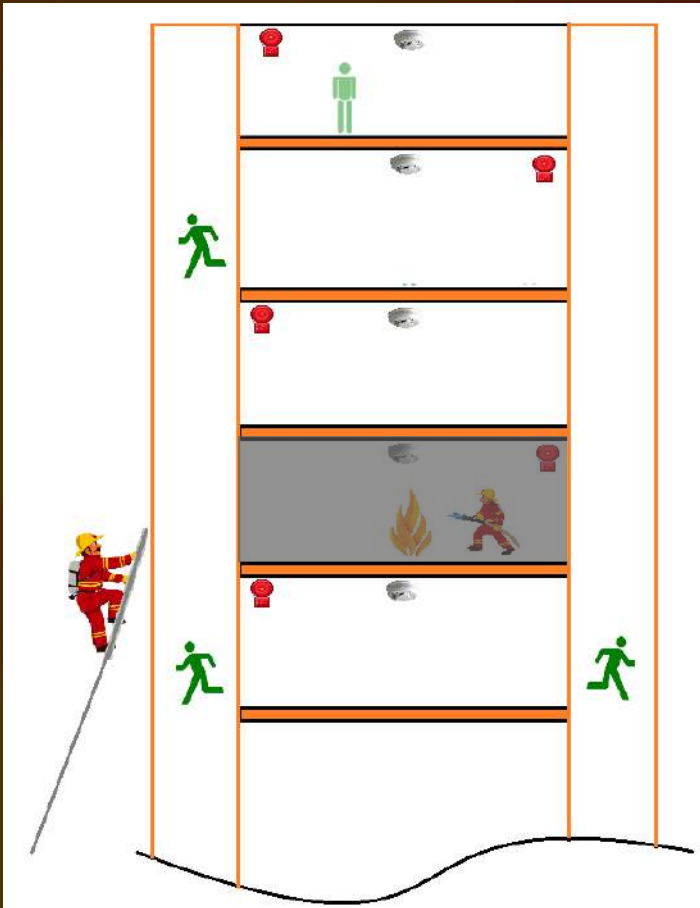
Estrategia de Seguridad Contra Incendios.

- **Evacuación de Ocupantes**
 - Sistema de alarma.
 - Sistema de detección.
- **Compartimentación**
 - Zona vertical de seguridad (Envolvente RF y eventualmente presurización)
 - Compartimentación entre pisos. El incendio máximo abarca solo un piso.

Que sucede con bomberos?

Que sucede con la protección de terceros?

Aplicación de una estrategia de protección.



Aplicación a un edificio de altura

Estrategia de Seguridad Contra Incendios.

- **Evacuación de Ocupantes**
 - Sistema de alarma.
 - Sistema de detección.
- **Compartimentación**
 - Zona vertical de seguridad (Envolvente RF y eventualmente presurización)
 - Compartimentación entre pisos. El incendio máximo abarca solo un piso.
- **Sistemas de Protección**
 - Rociadores automáticos, red húmeda.

Que sucede con bomberos?

Que sucede con la protección de terceros?

Aplicación de una estrategia de protección.

Conclusión.

El edificio no puede fallar!!!!!!

De esto depende el funcionamiento de la estrategia.

Contexto Histórico.

Como se aseguró lo anterior en los años 20?

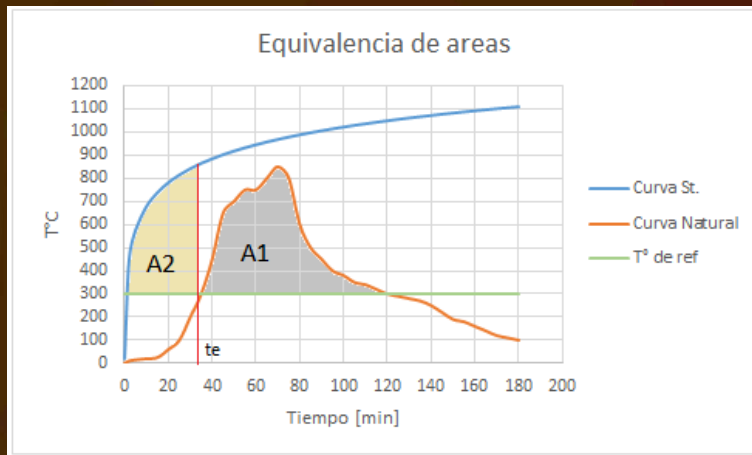


La curva estándar (ISO 834) pretendió ser una suerte de envolvente de los incendios probables.

Como se aseguró lo anterior en los años 20?



La curva estándar (ISO 834) pretendió ser una suerte de envolvente de los incendios probables.

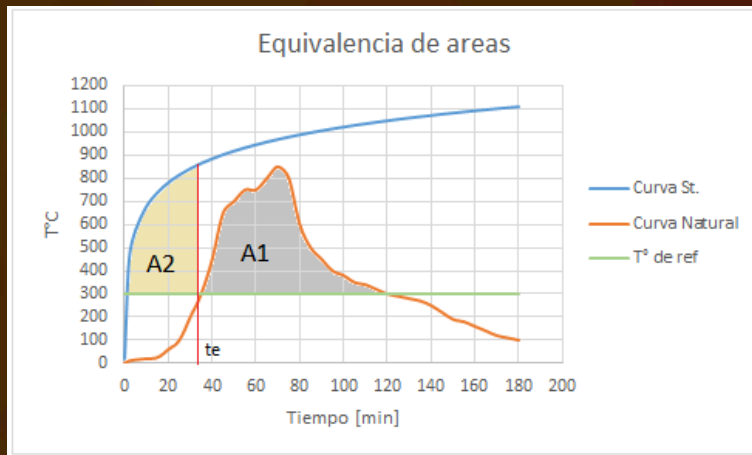


El tiempo equivalente impone severidades equivalentes.

Como se aseguró lo anterior en los años 20?



La curva estándar (ISO 834) pretendió ser una suerte de envolvente de los incendios probables.



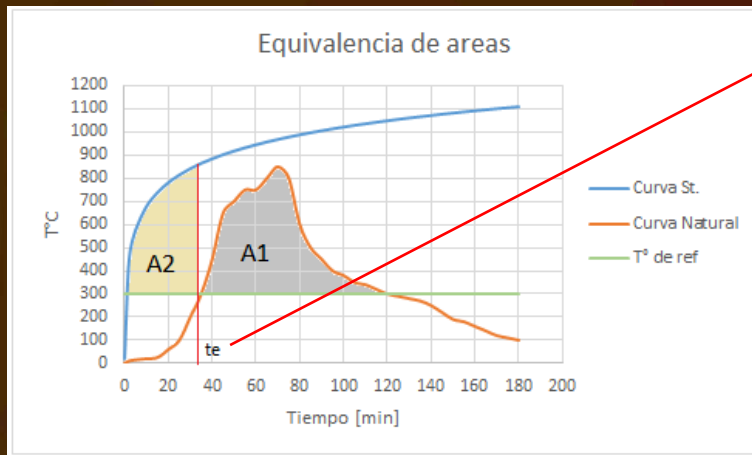
El tiempo equivalente impone severidades equivalentes.

Hoy sabemos...

- que el incendio estándar no es necesariamente el peor de los casos.
- y contamos con mejores metodologías para generar una equivalencia estándar.

... en fin.

El inicio de las normas.



Exigencias OGUC

TIPO	Elementos de construcción									
	(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	
	(1)	Muros cortafuego								
	(2)	Muros zona vertical de seguridad y caja de escalera								
	(3)	Muros Caja de ascensores								
	(4)	Muros divisorios entre unidades (Hasta la Cubierta)								
	(5)	Elementos soportantes verticales								
	(6)	Muros no soportantes y tabiques								
	(7)	Escaleras								
	(8)	Elementos soportantes horizontales								
	(9)	Techumbre incluido cielo falso								

Esto es la base de las normas:

Es decir, un requerimiento F120 para un edificio de altura, no pretende dar 120 min de tiempo disponible para evacuar sino soportar la extinción del incendio sin colapsar.

Nuestra Legislación.

Cual es el sentido de la OGUC y sus exigencias???

Exigencias OGUC

Destino del edificio	Superficie Edificada [m ²]	N° de Pisos						
		1	2	3	4	5	6	7 o mas
Habitacional	Cualquiera	d	d	c	c	b	a	a
Hoteles o similares	Sobre 5.000	c	b	a	a	a	a	a
	Sobre 1.500 y hasta 5.000	c	b	b	b	a	a	a
	Sobre 500 y hasta 1.500	c	c	b	b	a	a	a
	Hasta 500	d	c	b	b	a	a	a
Oficinas	Sobre 1.500	c	c	b	b	b	a	a
	Sobre 500 y hasta 1.500	c	c	c	b	b	b	a
	Hasta 500	d	c	c	b	b	b	a
Museos	Sobre 1.500	c	c	b	b	b	a	a
	Sobre 500 y hasta 1.500	c	c	c	b	b	b	a
	Hasta 500	d	c	c	b	b	b	a
Salud (Clínicas, Hospitales y laboratorios)	Sobre 1.000	c	b	b	a	a	a	a
	Hasta 1.000	c	c	b	b	a	a	a
Salud (Policlínicos)	Sobre 400	c	c	b	b	b	b	a
	Hasta 400	d	c	c	b	b	b	a
Restaurantes y fuentes de soda	Sobre 500	b	a	a	a	a	a	a
	Sobre 250 y hasta 500	c	b	b	a	a	a	a
	Hasta 250	d	c	c	b	b	a	a
Locales comerciales	Sobre 500	c	b	b	a	a	a	a
	Sobre 250 y hasta 500	c	c	b	b	a	a	a
	Hasta 250	d	c	b	b	b	a	a

TIPO	Elementos de construcción								
	(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
	(1)	Muros cortafuego							
	(2)	Muros zona vertical de seguridad y caja de escalera							
	(3)	Muros Caja de ascensores							
	(4)	Muros divisorios entre unidades (Hasta la Cubierta)							
	(5)	Elementos soportantes verticales							
	(6)	Muros no soportantes y tabiques							
	(7)	Escaleras							
	(8)	Elementos soportantes horizontales							
	(9)	Techumbre incluido cielo falso							

Como incide el riesgo en el factor de seguridad?

Notar que mientras mayor la altura del edificio, mayor la resistencia al fuego exigida para el edificio.

Si existe compartimentación entre pisos, esto tiene que ver con que se esperan incendios distintos?

No, tiene que ver con el tamaño de problema cuando el edificio es mas alto, lo que aumenta es el factor de seguridad en el diseño, no la severidad del incendio esperado!!!!!!!!!!

De vuelta a la historia.

Ingberg en 1928 dijo lo siguiente:

Table 1.1 Relationships Between Fire Load (Wood Equivalent) and Standard Fire Endurance Time (Ingberg, 1928) (AISI, 1981)

Average Fire Load, psf	Average Fire Load, kg/m ²	Equivalent Fire Endurance (hours)
5	24.4	½
7 ½	36.6	¾
10	48.8	1
15	73.2	1 ½
20	97.6	2
30	146.5	3
40	195.3	4 ½
50	244.1	6
60	292.9	7 ½

No hay relación explícita con respecto a la ventilación.

Cargas Combustibles promedio Eurocódigo 1.

Table E.4 — Fire load densities $q_{f,k}$ [MJ/m²] for different occupancies

Occupancy	Average	80% Fractile
Dwelling	780	948
Hospital (room)	230	280
Hotel (room)	310	377
Library	1 500	1 824
Office	420	511
Classroom of a school	285	347
Shopping centre	600	730
Theatre (cinema)	300	365
Transport (public space)	100	122

NOTE Gumbel distribution is assumed for the 80 % fractile.

Calor de combustión de la madera: 16,8 MJ/kg

$$\frac{420[MJ/m^2]}{16,8[MJ/kg]} = 25 \frac{kg}{m^2}$$

Entendemos la relación entre evacuación y la resistencia al fuego requerida para efectos de compartimentación y protección estructural.

Como estamos diseñando nuestros sistemas/vías de evacuación???

Evacuación, Contexto Histórico.

Incendio en el Empire Theatre de Edimburgo



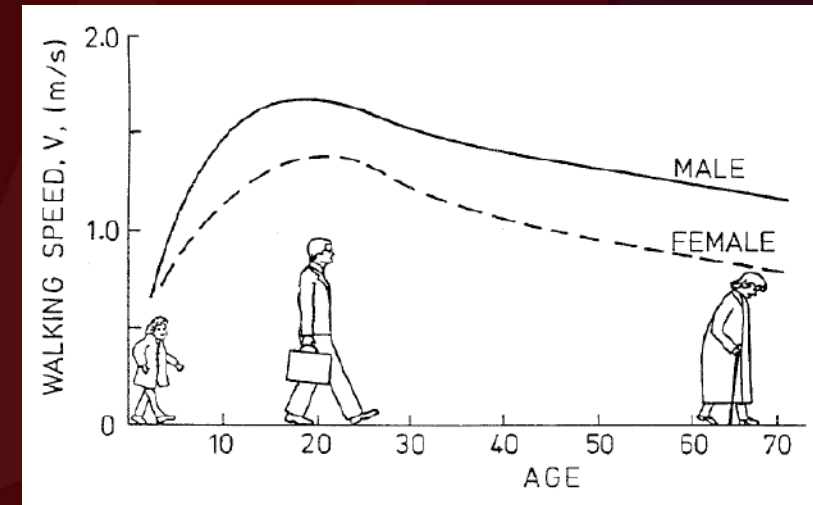
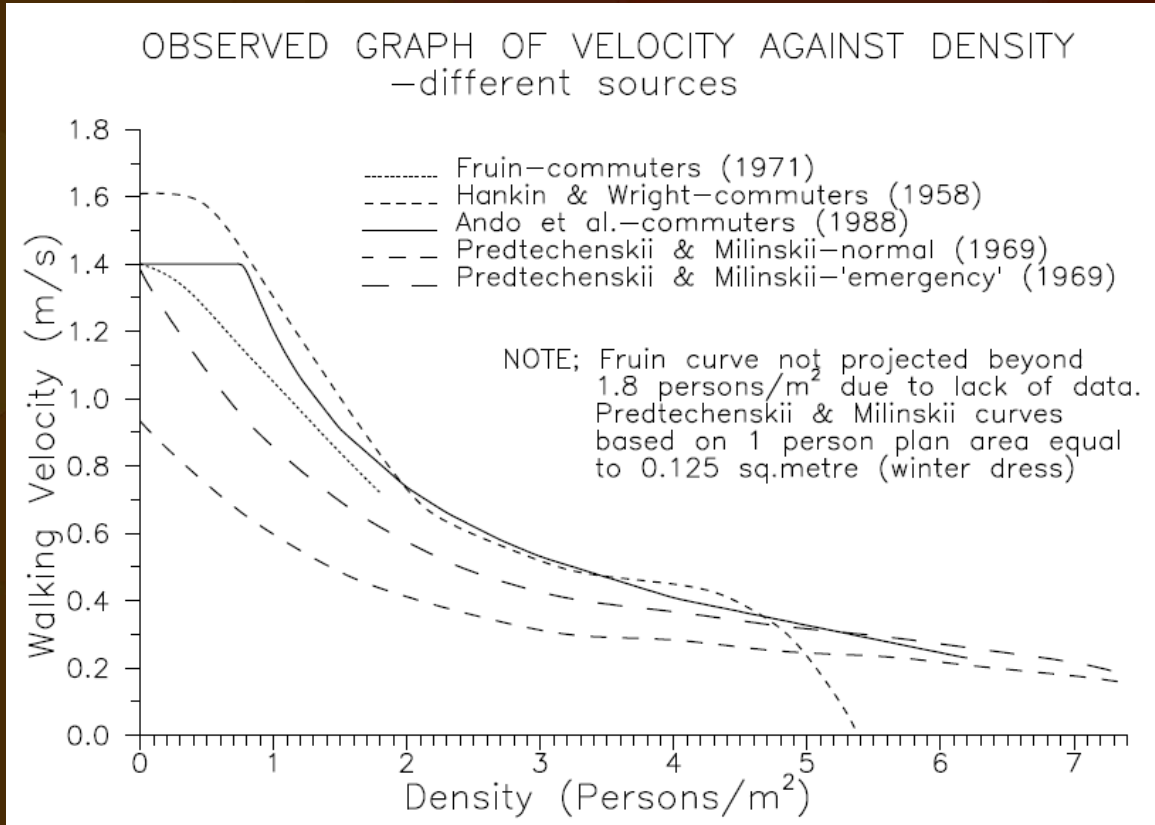
- 9 mayo 1911, Empire Theatre, Edimburgo.
- Acto: The Great Lafayette, acto final "The Lion's Bride".
- El acto incluía cortinajes y cojines para una atmósfera oriental.
- Teatro lleno, 3000 butacas.
- Se volteó una lámpara en el escenario y encendió los cortinajes.
- La audiencia no reaccionó de inmediato creyendo que era un truco.
- Solo advirtieron el evento una vez que se bajó la cortina de emergencia y la banda comenzó a tocar el himno nacional.
- 11 personas murieron.
- Los espectadores fueron capaces de evacuar el edificio mientras se tocaba el himno. "God save the Queen" dura **2.5 minutos**.



Hasta hoy, la disciplina se refiere a estos 2.5 min, como "**notional time for evacuation**".

Evacuación: Velocidad y Flujo.

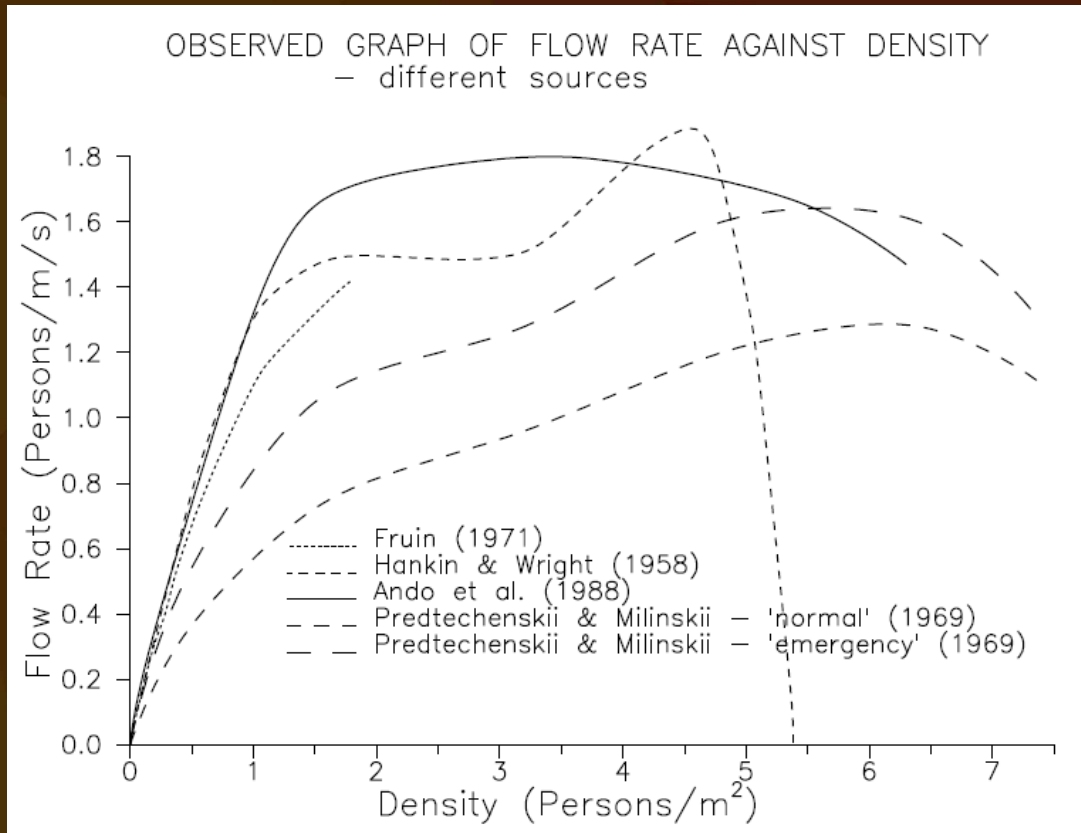
Velocidad de desplazamiento.



La velocidad de desplazamiento es función de la densidad del flujo....del sexo, de la edad, del estado físico, del tipo de ropa, etc

Evacuación: Velocidad y Flujo.

Velocidad de desplazamiento.



Metro de Santiago, Agosto 2014. Evacuación por corte de luz.

Evacuación: Velocidad y Flujo.

Valores de diseño SFPE (Society of fire Protection Engineers).

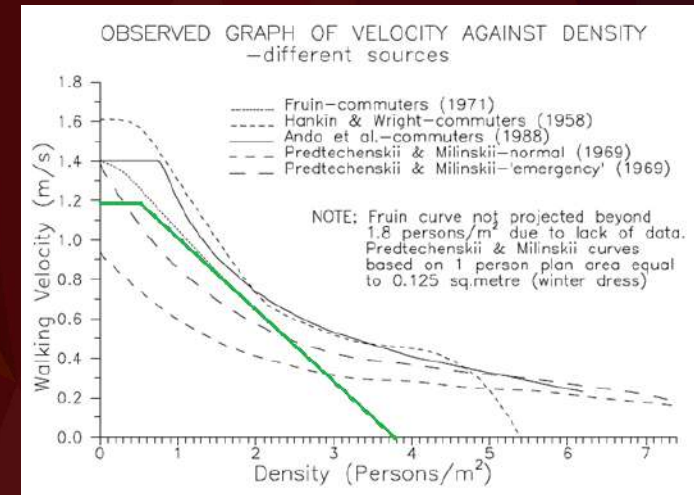
$$V \left[\frac{m}{s} \right] = V_{max} - a \cdot V_{max} \cdot \rho$$

$$Flujo \left[\frac{pers}{s \cdot m} \right] = V \frac{m}{s} \cdot \rho \frac{pers}{m^2}$$

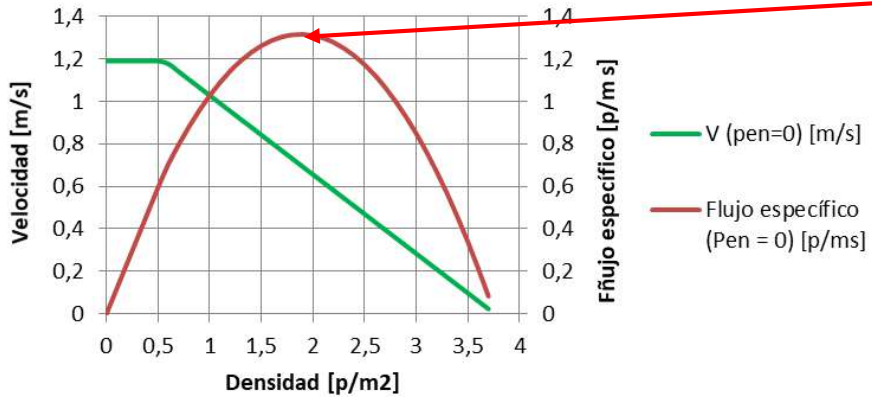
$V_{max} = 1,4 [m/s]$

$a = 0,266 [m^2/pers]$

Inverso de la densidad max (para $V=0$).

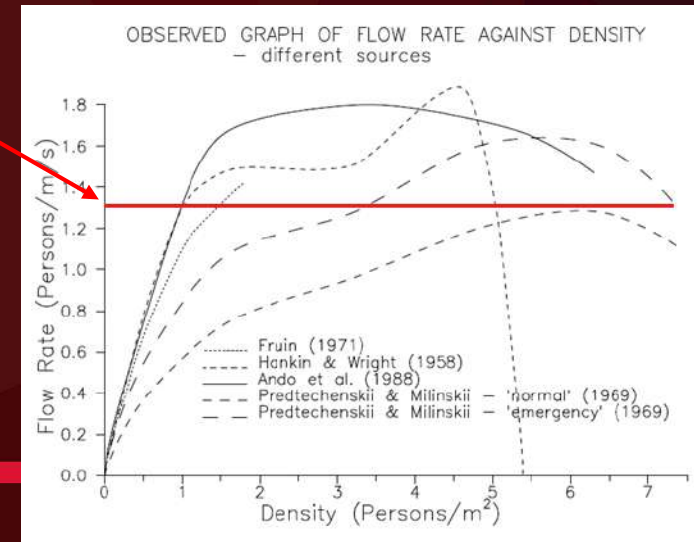


Velocidad y Flujo específico



1,33 [pers/m*s]

Valor aceptado por: NFPA 101, Approved Document B, Cibse Guide E.



Evacuación: Velocidad y Flujo.

Cual es el tiempo de evacuación para esta capacidad???

$$t_{\text{evacuación}}[s] = \frac{\text{Población}[\text{pers}]}{\text{Capacidad} \left[\frac{\text{Pers}}{\text{m} \cdot \text{s}} \right] \cdot \text{Ancho vía evac.} [m]}$$

Evacuación: Velocidad y Flujo.

Cual es el tiempo de evacuación para esta capacidad???

$$t_{\text{evacuación}}[s] = \frac{\text{Población}[\text{pers}]}{\text{Capacidad} \left[\frac{\text{Pers}}{\text{m} \cdot \text{s}} \right] \cdot \text{Ancho vía evac.} [\text{m}]}$$

$$t_{\text{evacuación}}[s] = \frac{\text{Población}[\text{pers}]}{\text{Capacidad} \left[\frac{\text{Pers}}{\text{m} \cdot \text{s}} \right] \cdot (0,005[\text{m}] \cdot \text{Población}[\text{pers}])}$$

Factor de capacidad 5 [mm/pers].
OGUC, NFPA 101, Aproved Document
B, etc

Evacuación: Velocidad y Flujo.

Cual es el tiempo de evacuación para esta capacidad???

$$t_{\text{evacuación}}[s] = \frac{\text{Población}[\text{pers}]}{\text{Capacidad} \left[\frac{\text{Pers}}{\text{m} \cdot \text{s}} \right] \cdot \text{Ancho vía evac.} [m]}$$

$$t_{\text{evacuación}}[s] = \frac{\text{Población}[\text{pers}]}{\text{Capacidad} \left[\frac{\text{Pers}}{\text{m} \cdot \text{s}} \right] \cdot \left(0,005 \left[\frac{\text{m}}{\text{pers}} \right] \cdot \text{Población}[\text{pers}] \right)}$$

$$t_{\text{evacuación}}[s] = \frac{1}{1,33 \left[\frac{\text{Pers}}{\text{m} \cdot \text{s}} \right] \cdot 0,005 \left[\frac{\text{m}}{\text{pers}} \right]} = 150[s] = 2,5[\text{min}]$$

Física

Decisión
de diseño

Alguna similitud con el Empire Theatre??

En escaleras el análisis es análogo. Un factor de capacidad de 7.6 mm/pers permite un tiempo de evacuación de asociado levemente inferior a 150 s.

Ojalá... Ahora sepamos una que otra cosa más.

- Saber por que hacemos las cosas permite cuestionarnos.
- Cuestionarnos es estrictamente necesario para mejorar.
- Cuando el objetivo de la norma no es claro, el objetivo de quien diseña empieza a ser satisfacer la norma (exclusivamente)... y no necesariamente resolver el problema.

... No dejemos de hacernos las preguntas incómodas...



expofuego

Chile 2018