Organiza

CLÚSTER DE SEGURETAT CONTRA INCENDIS

JORNADA TÉCNICA DE APLICACIÓN
30 de junio de 2021

GUÍA DE DISEÑO PRESTACIONAL (PBD)

PARA LOS SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS EN NAVES INDUSTRIALES

Colabora

bombers

ENGINYERS BCN

Enginyers Industrials de Catalunya

CLÚSTER DE SEGURETAT CONTRA INCENDIS

GUÍA DE DISEÑO PRESTACIONAL

SISTEMAS PARA LA MITIGACIÓN Y EXTINCIÓN

F. Javier Querol Esparch
Director Zona Noreste

pefipresa

OBJETIVOS

*"Garantizar que el **sistema de mitigación / extinción** es capaz de controlar o eliminar el incendio."*

Efectividad

*"Garantizar la **eficacia** del sistema para **controlar o eliminar el incendio**."*

Eficacia

*"Garantizar la **operatividad** y el **funcionamiento correcto** del sistema."*

Fiabilidad

1. CRITERIOS EFICACIA

- *"Guías de reconocido prestigio (EN, FM, UL, NFPA, VdS,…).*
- *Ensayos de laboratorios con certificado para riesgo equivalente.*
- *Correspondencia con el riesgo presente y la virulencia de su fuego:*
  - *Tipo de producto (inflamabilidad, ignición, poder calorífico, propagación)*
  - *Almacenamiento (en cajas de cartón o expuesto, con o sin plásticos, plásticos expandidos o no, en estanterías cerradas o abiertas o apilado, altura)*
  - *Techo (altura, características de correas y vigas, material, combustible o no)*
  - *Agente extintor (abastecimiento caudal y presión, tiempo de descarga, duración de la reserva)*
  - *Tipo de elemento de descarga (rociador, temperatura de activación, rapidez de respuesta, factor de descarga, distancia al riesgo)"*

GUÍAS RECONOCIDAS

CLÚSTER DE SEGURETAT CONTRA INCENDIS

- Aplicar otras normas internacionales o ensayos de laboratorio para diseños distintos de los contemplados en las normas UNE reglamentarias ya es en sí un diseño diferente (calificable como “prestacional”).
- FM Global. Afirman tener las instalaciones de ensayo contra incendios más grandes del mundo; realizan ensayos de incendios a tamaño real de almacenes con rociadores; actualizan sus normas de continuo.

Table 17b. Quick-Response, 160°F (70°C) Nominally Rated, Standard-Coverage Pendent Storage Sprinkler Ceiling-Only Designs for Ceiling Heights Over 40 ft (12.0 m)

Storage Arrangement	*Commodity*	*Max. Storage Height, ft (m)*	*Max. Ceiling Height, ft (m)*	*Ceiling Sprinkler K-Factor*	*Max. Vertical Distance from Ceiling to Sprinkler's Thermal Element, in. (mm)*	*Min. Aisle Width, ft (m)*	*Sprinkler System Design*		
							Ceiling Sprinkler System, No. of AS @ psi (bar)	Hose Demand, gpm (L/min)	System Duration, min
Solid-Piled, Palletized, Bin-Box, Shelf, and Open-Frame Racks*	Class 1, 2, 3, 4 and Cartoned Unexpanded Plastics	45 (13.7)	50 (15.2)	22.4 (320)	13 (325)	6 (1.8)	10 @ 63 (4.3)	250 (950)	60
				25.2 (360)	13 (325)	6 (1.8)	10 @ 50 (3.5)		
					17 (425)	6 (1.8)	10 @ 75 (5.2)		
				28.0** (400**)	13 (325)	6 (1.8)	10 @ 40 (2.8)		
				33.6 (480)	17 (425)	6 (1.8)	9 @ 55 (3.8)		
		50 (15.2)	55 (16.8)	28.0 (400)	13 (325)	8 (2.4)	9 @ 80 (5.5)		
				33.6 (480)	17 (425)	6 (1.8)	9 @ 55 (3.8)		

SIMULACIÓN DEL INCENDIO

CLÚSTER DE SEGURETAT CONTRA INCENDIS

PARA ANALIZAR LOS EFECTOS DEL FUEGO Y LOS HUMOS

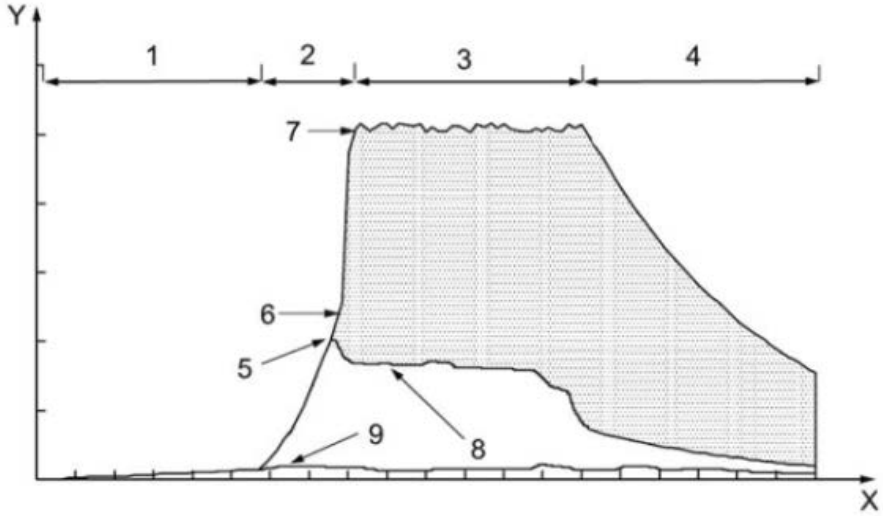
"Se prevé una curva en fases de crecimiento, estabilización y disminución de la potencia del fuego debido al sistema de extinción que se corresponde con resultados experimentales y/o documentos de reconocido prestigio."

"Habrá que indicar referencia de:

- *La fase de crecimiento*
- *La fase de estabilización*
- *La fase de disminución"*

RETOS:

1. Representación lo más realista posible.
2. Elección de los escenarios más críticos.
3. Ser conservador.

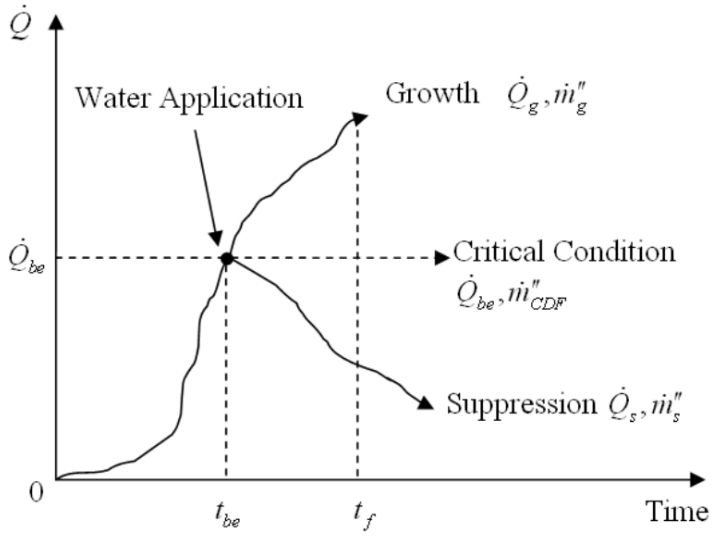


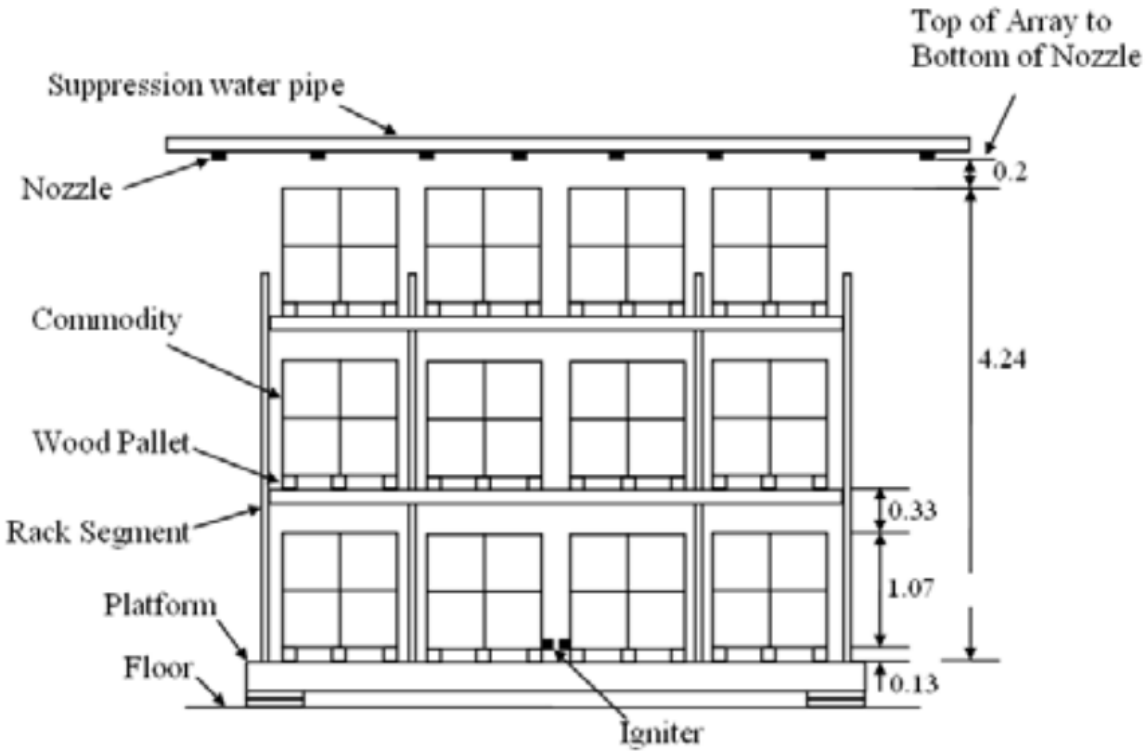
Key

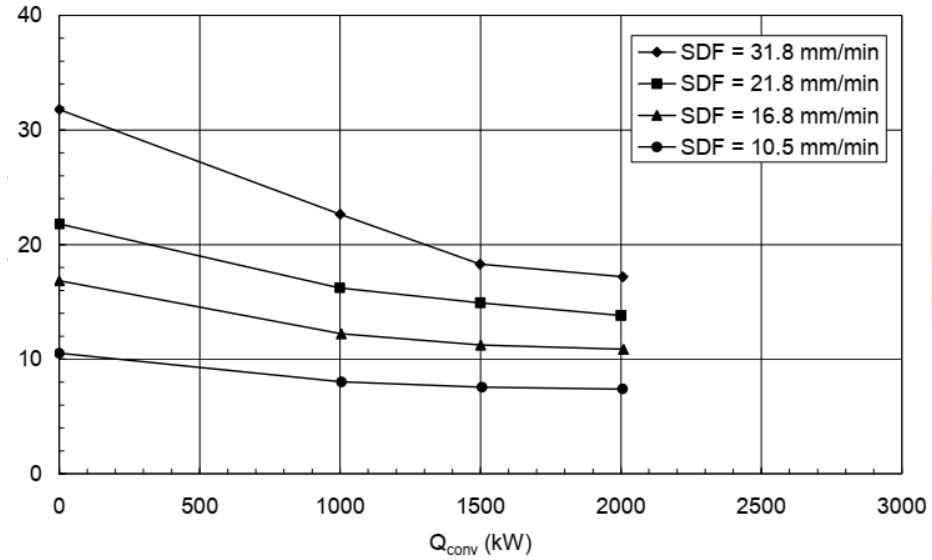
X	time	5	sprinkler activation
Y	heat output	6	flashover
1	incipient	7	ventilation-controlled
2	growth	8	sprinkler-controlled
3	fully developed	9	smouldering
4	decay		

ENSAYOS REALES - 1

Xin, Tamanini; FM Global; "Assessment of Commodity Classification for Sprinkler Protection Using Representative Fuels.", 2008
(Descarga del agua ante la activación de un hipotético rociador a 3,05 m sobre la mercancía 141ºC; RTI 276 $(m.s)^{1/2}$)







ENSAYOS REALES - 2

Xin, Tamanini; FM Global; "Assessment of Commodity Classification for Sprinkler Protection Using Representative Fuels.", 2008
(Descarga del agua ante la activación de un hipotético rociador a 3,05 m sobre la mercancía 141ºC; RTI 276 $(m.s)^{1/2}$)

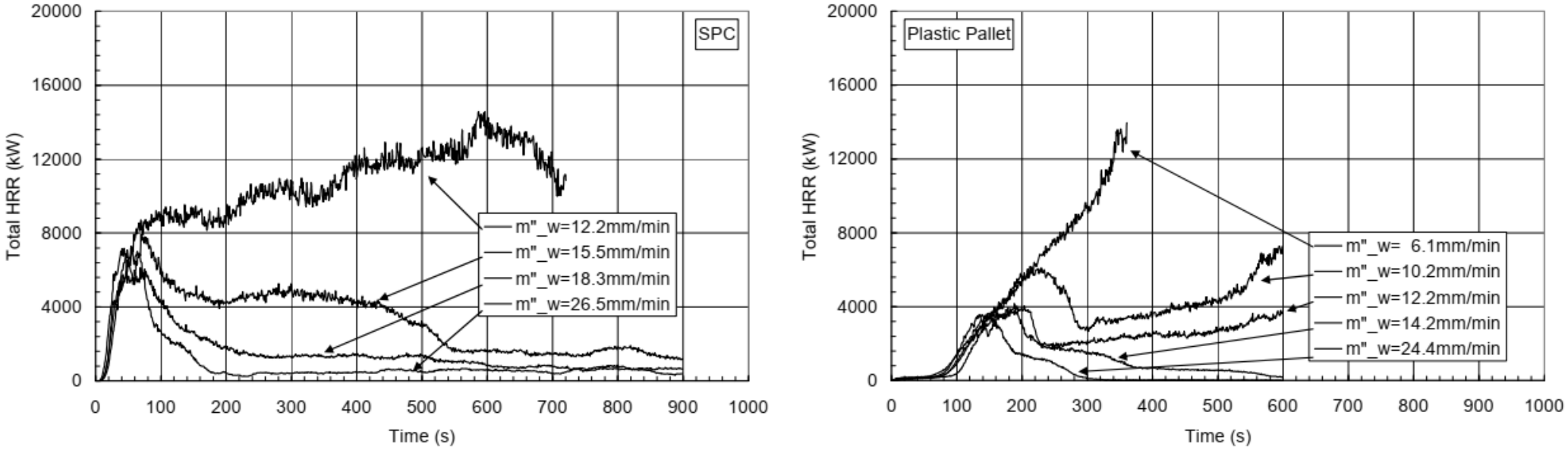


Fig. 7. Total HRR measurements for SPC and plastic pallets.

ENSAYOS REALES - 3

Xin, Tamanini; FM Global; "Assessment of Commodity Classification for Sprinkler Protection Using Representative Fuels.", 2008

(Descarga del agua ante la activación de un hipotético rociador a 3,05 m sobre la mercancía 141ºC; RTI 276 $(m.s)^{1/2}$)

2 x 4 - 3 Tier

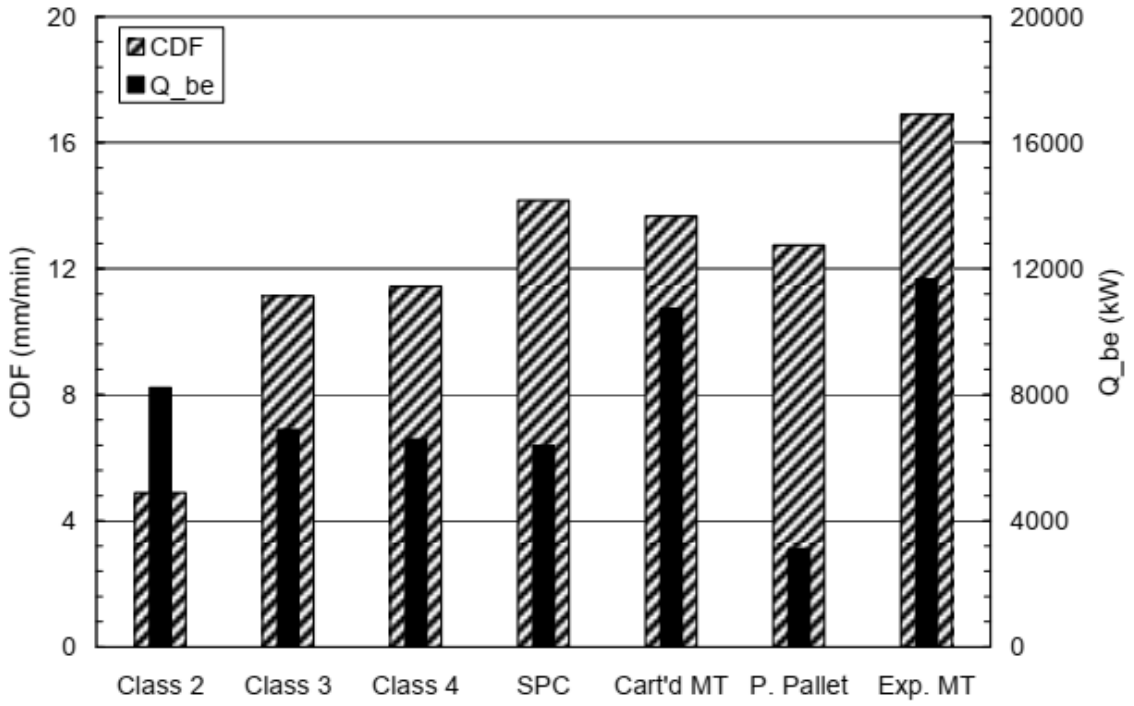


Fig. 8. Calculated CDF and measured $\dot{Q}_{be}$.

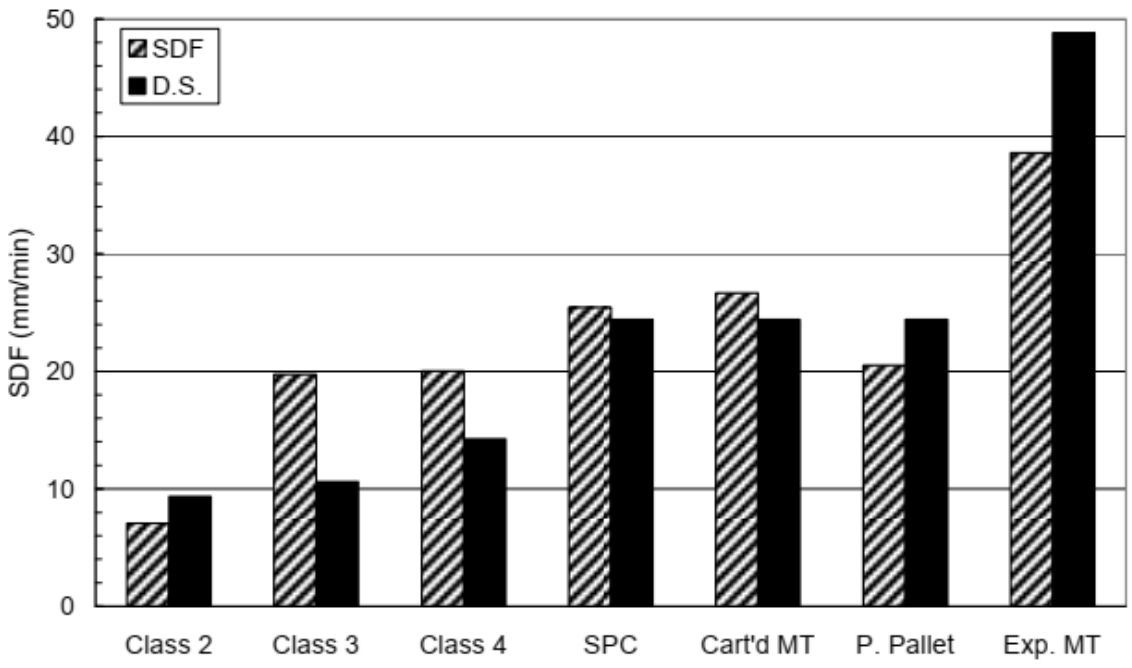


Fig. 9. SDF and protection recommendations in the DS

ENSAYOS REALES - 5

Ren, de Vries, Zhou, Chaos, Meredith, Wang; FM Global; "Large-Scale Fire Suppression Modeling of Corrugated Cardboard Boxes on Wood Pallets in Rack-Storage Configurations", 2017

(Rociadores: K160 l/min bar$^{1/2}$; 68ºC, RTI 112 (m s)$^{1/2}$; 1,31 bar; 20 mm/min)

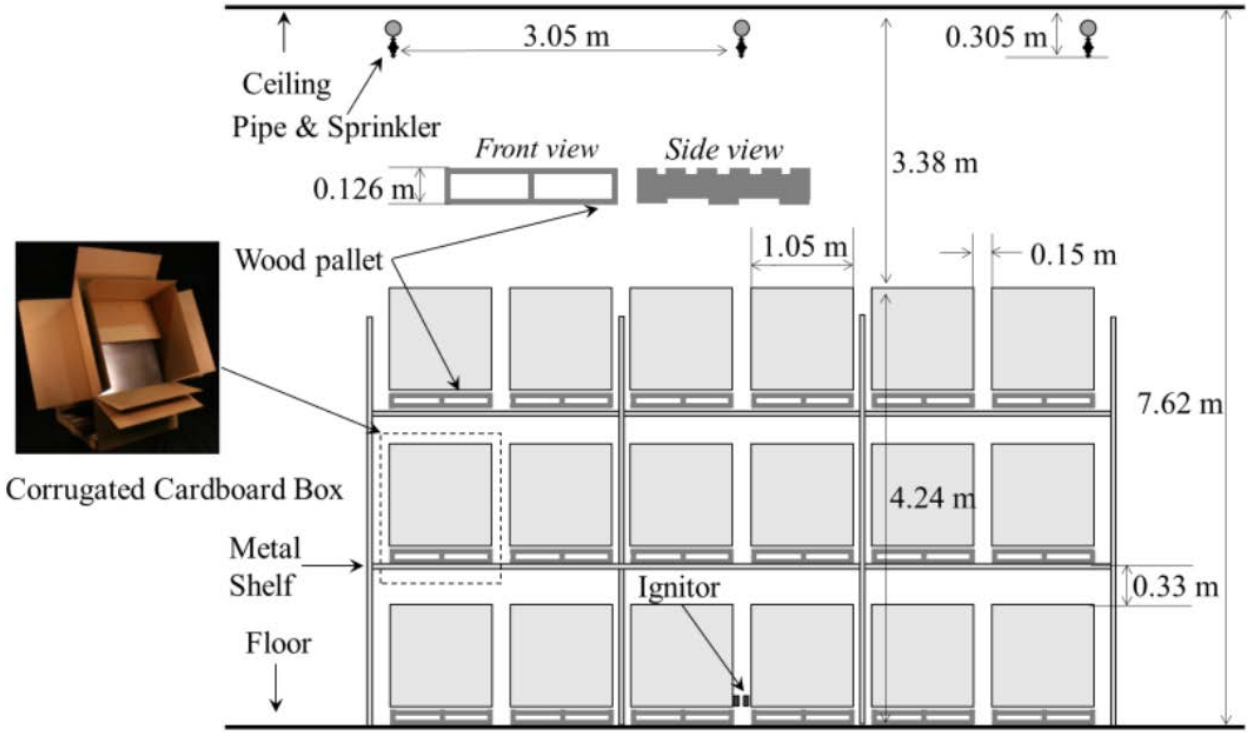


Fig. 1. Configuration of the 2×6×3 fire-suppression test.

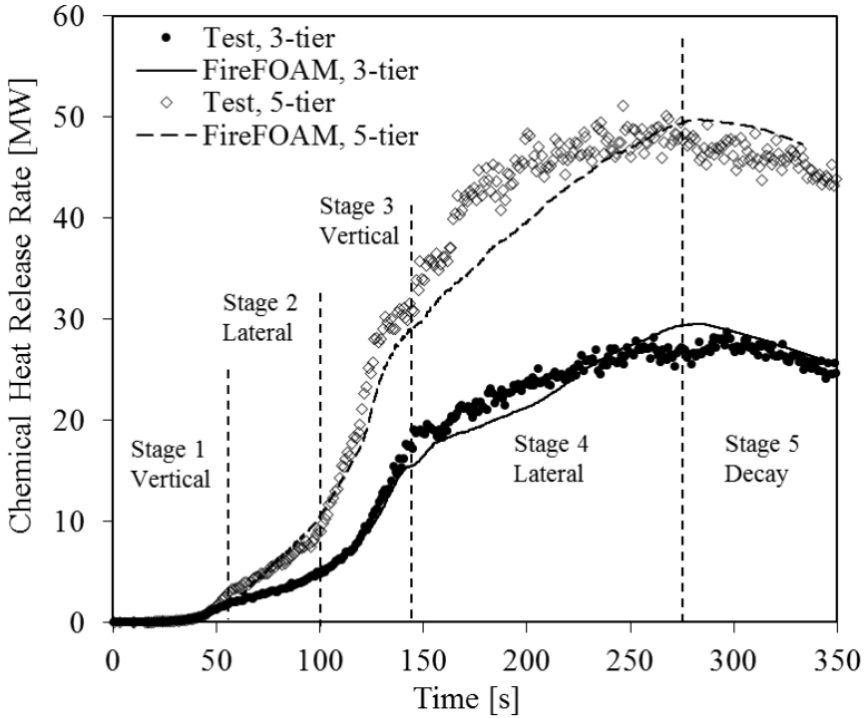


Fig. 3. Chemical heat release rate history for the 2×4×3 and 2×4×5 free-burn configurations.

ENSAYOS REALES - 7

Ren, de Vries, Zhou, Chaos, Meredith, Wang; FM Global; "Large-Scale Fire Suppression Modeling of Corrugated Cardboard Boxes on Wood Pallets in Rack-Storage Configurations", 2017

(Rociadores: K160 l/min bar$^{1/2}$; 68ºC, RTI 112 (m s)$^{1/2}$; 1,31 bar; 20 mm/min)

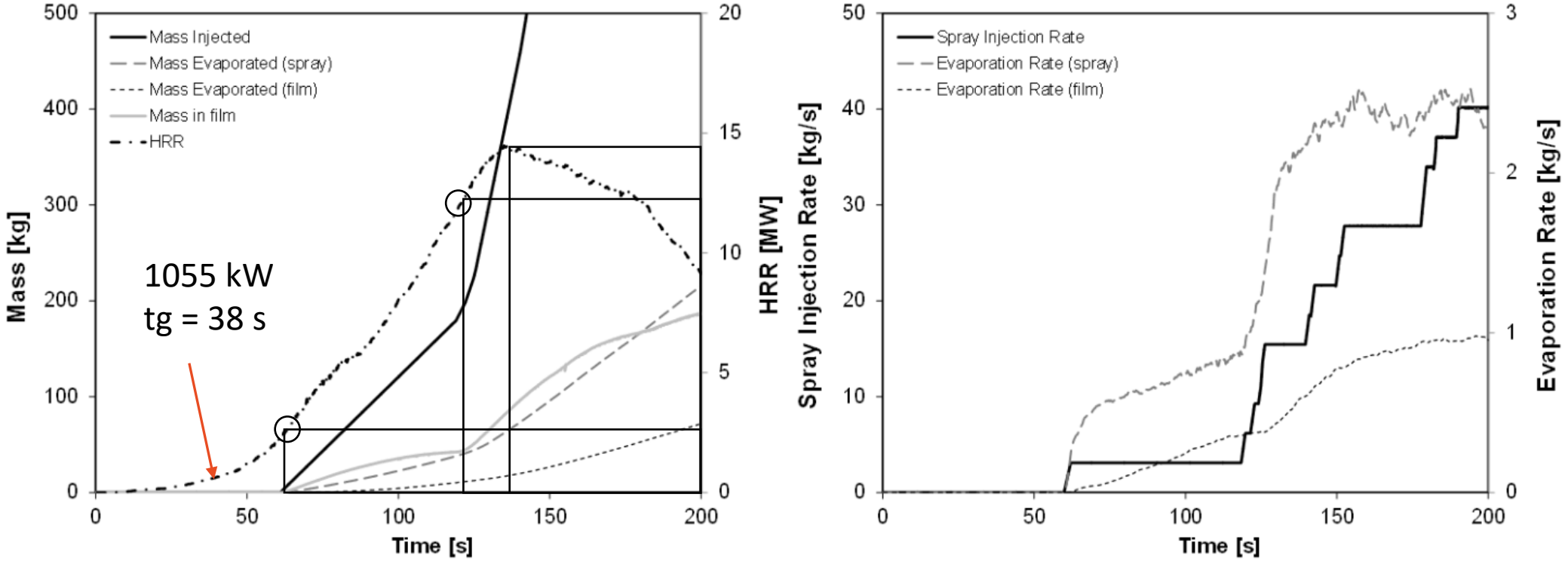
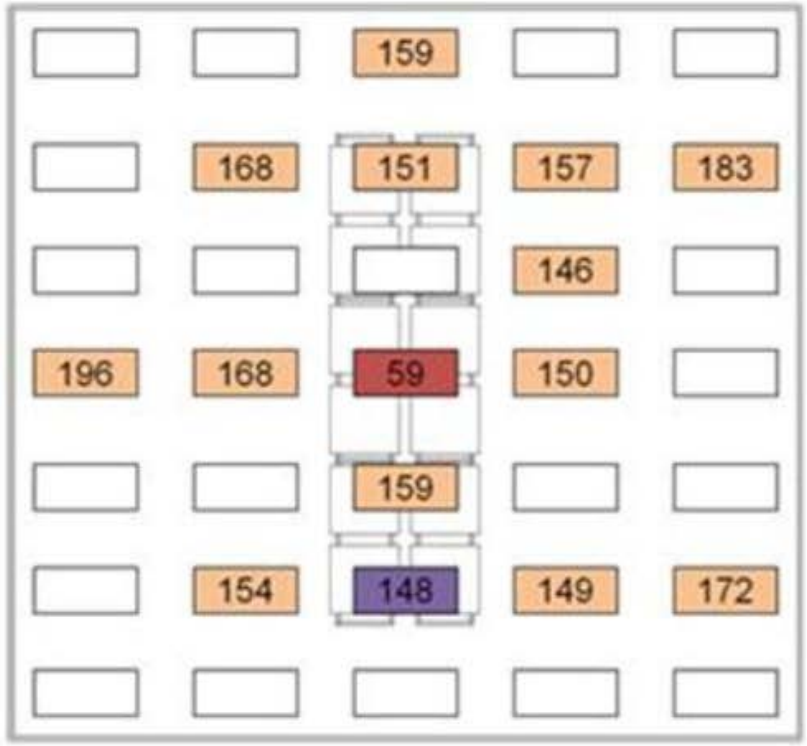


Figure 12. Water distribution and evaporate for the 2×6×5 suppression case.

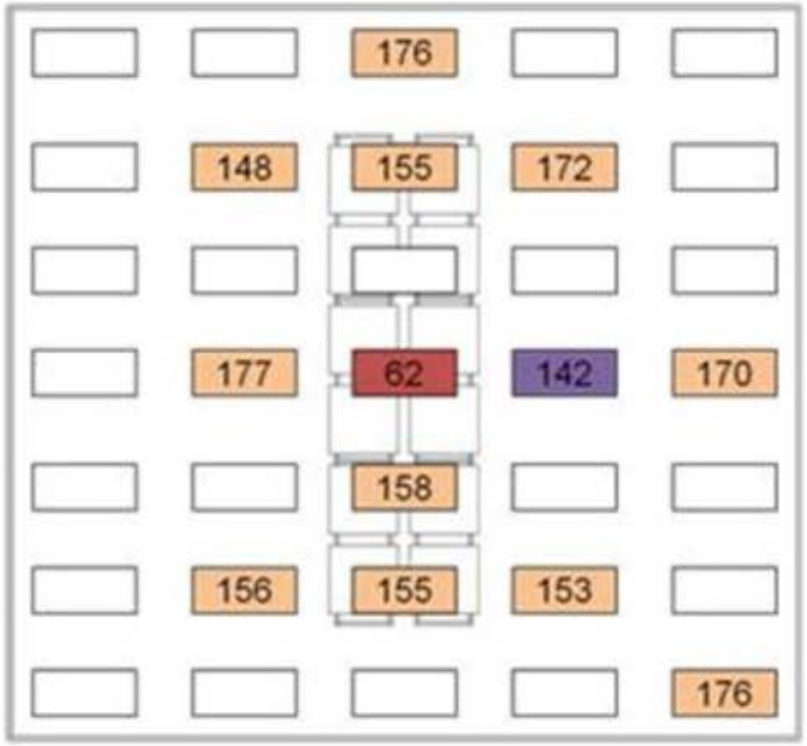
ENSAYOS REALES - 8

Ren, de Vries, Zhou, Chaos, Meredith, Wang; FM Global; "Large-Scale Fire Suppression Modeling of Corrugated Cardboard Boxes on Wood Pallets in Rack-Storage Configurations", 2017

(Rociadores: K160 l/min bar$^{1/2}$; 68ºC, RTI 112 (m s)$^{1/2}$; 1,31 bar; 20 mm/min)



15 rociadores Test 1



13 rociadores Test 2

2. CRITERIOS FIABILIDAD - 1

La fiabilidad de un sistema implica que esté disponible siempre o casi siempre y que funcione cuando se le requiera. Pueden llegar a quedar fuera de servicio por fallos o mantenimiento y al estar en 'stand-by', pueden fallar ante la demanda.

"*Los equipos tienen certificaciones para ser utilizados en sistemas contra incendios habiendo sido validados por laboratorios reconocidos (seguridad de uso, repetibilidad, enclavamientos)*"... Aporta cierta garantía de fiabilidad operativa

2. CRITERIOS FIABILIDAD – 2

CLÚSTER DE SEGURETAT CONTRA INCENDIS

"Se consigue una alta fiabilidad operativa del sistema > 90% (válvulas de cierre supervisadas, pruebas de funcionamiento, redundancias, programa de mantenimiento exhaustivo...)"

Eficacia → $$Performance\ reliability = \frac{Percentage\ that\ activated\ and\ were\ effective}{Percentage\ that\ activate}$$

Fiabilidad → $$Operational\ reliability = \frac{Number\ of\ sprinkler\ systems\ that\ activated}{Total\ number\ of\ sprinklered\ fires}$$

Efectividad → $$Reliability = Operational\ reliability \times Performance\ reliability$$

Table 3:17 An overview of reliability of automatic sprinkler systems from articles and scientific papers. The publishing year is indicated in parenthesis.

Source	Reliability [%]
FM Global (2007)	94-98
Koffel (2005)	90
Arup Fire (2006)	> 90
Budnick (2001)	92,2/94,6/97,1
Linder (1993)	97
Maybee (1988)	99,5

2. FIABILIDAD – ESTIMACIÓN

CLÚSTER DE SEGURETAT CONTRA INCENDIS

Probabilidad de fallo: $P_F = 1 - e^{-\lambda t}$ donde λ = tasa de fallos

Si t < 0,2 MTBF (tiempo medio entre fallos en h) → $\lambda = 1 / MTBF$

Fiabilidad operacional: $\mathbf{R = 1 - P_F = e^{-\lambda t}}$

La fiabilidad (R) de un sistema con una serie de componentes que han de **funcionar a la vez** es el producto de les fiabilidades R_i de los componentes:

$$R = \prod_{1}^{n} R_i = R_1 * R_2 * \cdots * R_n$$

El **árbol de fallos** nos permite evaluar la probabilidad de fallo de un sistema compuesto y de calcular la fiabilidad (el valor complementario para llegar a 1).

- En las puertas con condición Y (AND) $\mathbf{P_Y = P_A * P_B}$
- En las puertas con condición O (OR) $\mathbf{P_O = (P_A + P_B)} - P_A * P_B$

2. FIABILIDAD – EJEMPLO

Ejemplo: Sistema con MTBF de 104.000 h; fuera de servicio por mantenimiento 72 h/año.

La frecuencia de fallo sería: $\lambda = 1 / MBTF = 1/ 104.000\ h = 9{,}62 * 10^{-6}$ fallos/h

En una base anual: $F = 9{,}62 * 10^{-6}$ fallos/h * 8.760 h/año = 0,084 fallos/año

<u>Fiabilidad operacional demanda:</u> $R = e^{-0{,}084} = 0{,}919$

Probabilidad de fallo demanda: $P_F = 1 – 0{,}919 = 0{,}081$ (en valores pequeños ≈ F)

<u>Indisponibilidad del sistema</u>: 72 h/8760 h = 0,0082

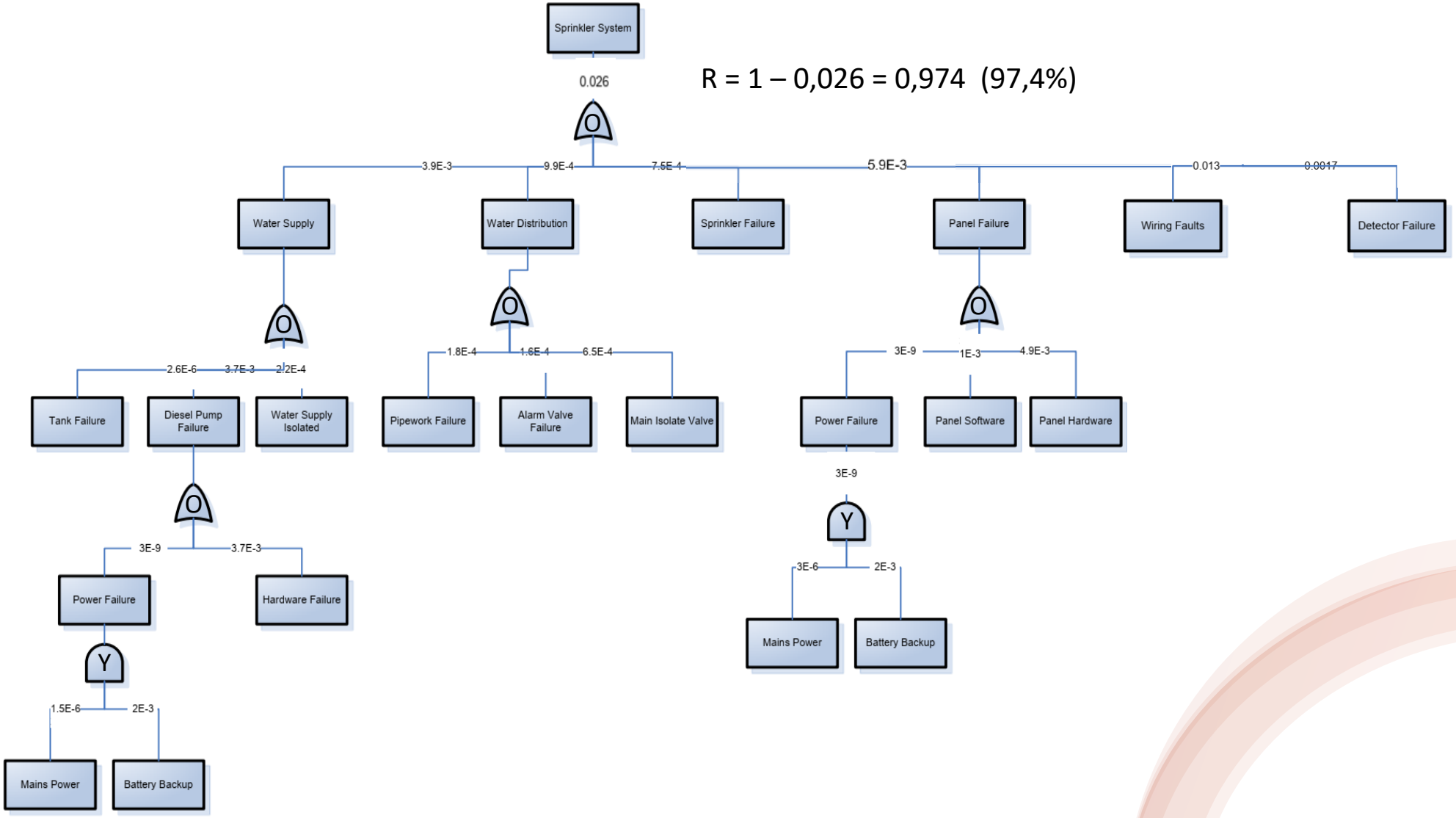
Probabilidad de fallo operativo: 0,081 + 0,0082 = 0,0892

<u>Fiabilidad operacional</u>
(demanda + disponibilidad): 1 – 0,0892 = **0,911** **(91%)**

Ejemplo de un árbol de fallos para determinar la fiabilidad operacional de un sistema de rociadores de preacción doble enclavamiento

CLÚSTER DE SEGURETAT CONTRA INCENDIS

R = 1 – 0,026 = 0,974 (97,4%)



CRITERIOS INTERVENCIÓN BOMBEROS

a) "*Garantizar la efectividad y la operatividad del sistema durante los primeros 60 minutos.*"

- El sistema debe continuar realizando su función de mitigación / extinción hasta que se produzca el relevo de los bomberos.

CRITERIOS INTERVENCIÓN BOMBEROS

b) "*Monitorización de las señales técnicas (válvulas, presostatos, sala de bombas, depósito, etc).*"

- Los bomberos deben poder estar informados del estado de los diferentes equipos y sistemas, para poder tomar decisiones: Cuáles están funcionando, cuáles en avería, estado del abastecimiento y la reserva de agua.

CRITERIOS INTERVENCIÓN BOMBEROS

c) "*Doble sistema de abastecimiento de agente extintor y doble tubería o red en anillo.*"

- La redundancia es un factor fundamental para incrementar la operatividad de los sistemas. Por ejemplo:
  - Si la probabilidad de fallo de una red de suministro es del 15% (fiabilidad del 85%), y hay dos redes en paralelo cada una con el 100% de capacidad, entonces la probabilidad de fallo del conjunto es 2,25% (0,15 * 0,15; es decir fiabilidad del 97,75%).
- Asegura el abastecimiento a sistemas fijos y manuales.

CRITERIOS INTERVENCIÓN BOMBEROS

d) "*Los puestos de control y las válvulas principales de los sistemas de extinción son accesibles durante todo el incendio.*"

- Para que puedan ser abiertos o cerrados a discreción por el servicio de intervención para un mejor aprovechamiento del agua. Puede que esté funcionando un sistema en una zona ya controlada y sin embargo otro en una zona crítica resulte insuficiente.
- La accesibilidad se garantiza mediante separación con paredes resistentes al fuego o suficiente distancia, sea en recintos específicos o en el exterior.

CLÚSTER DE SEGURETAT CONTRA INCENDIS

GRACIAS POR SU ATENCIÓN

GUÍA DE DISEÑO PRESTACIONAL

SISTEMAS PARA LA MITIGACIÓN Y EXTINCIÓN

FIN

F. Javier Querol Esparch
Director Zona Noreste
pefipresa