

La clasificación del riesgo debido a los almacenamientos situados en edificios habitados (V)

Ejemplos de aplicación del método CRAEH.

Por Pedro J. Álvarez Morales ©2016

a) Clasificación del riesgo en un almacenamiento no homogéneo:

Datos: Recinto de $V = 200 \text{ m}^3$, con $H = 2,80 \text{ m}$ y $A = 71,43 \text{ m}^2$

Contenido: 25 m^3 de aparatos electrónicos, 15 m^3 de material de oficina y 40 m^3 de archivo. No subsidiario del uso comercial.

Solución:

1) Cálculo de Q_S .

Mediante el Anexo I del RSCIEI o mediante el Cuadro Auxiliar del método:

Epígrafe	qv_i (MJ/m ³)	Ci	Ra
Aparatos eléctricos o electrónicos	400	1,3	1,0
Oficina (material)	1300	1,3	2,0
Archivos	1700	1,3	2,0

$$Q_S = [(400 \cdot 25 \cdot 1,3) + (1.300 \cdot 15 \cdot 1,3) + (1.700 \cdot 40 \cdot 1,3)] \cdot 2,0 / 71,43 = Q_T / A = 253.500 \text{ MJ} / 71,43 \text{ m}^2 = 3.549 \text{ MJ/m}^2$$

2) Aplicación de la tabla [página 2 o 4 del método]: $Q_S = 3.549 > 3.400$: 3ª fila de la tabla.

3a) Utilización de la tabla [página 2 del método] en función de la carga de fuego total (Q_T):

$Q_T = 253.500 \text{ MJ}$: comprendido entre 113.333 y 453.333: 2ª columna de la tabla.

Tercera fila + Segunda columna = **Riesgo Medio**.

3b) Utilización de la tabla [página 4 del método] en función del volumen (V):

$$V_{\text{limBAJO}} = (850 \cdot 10^2/3) \cdot H/Q_S = (850 \cdot 10^2/3) \cdot 2,80 / 3.549 = 22,35 \text{ m}^3.$$

$$V_{\text{limMEDIO}} = (3.400 \cdot 10^2/3) \cdot H/Q_S = (850 \cdot 10^2/3) \cdot 2,80 / 3.549 = 89,41 \text{ m}^3.$$

$$V_{\text{limALTO}} = (13.600 \cdot 10^2/3) \cdot H/Q_S = (850 \cdot 10^2/3) \cdot 2,80 / 3.549 = 357,66 \text{ m}^3.$$

Puesto que $V = 200 \text{ m}^3$, comprendido entre 89,41 (V_{limMEDIO}) y 357,66 m^3 (V_{limALTO}): **Riesgo Medio**.

b) **Clasificación del riesgo en un almacenamiento homogéneo:**

Datos: 3 recintos iguales de $V = 66,67 \text{ m}^3$, con $H = 2,80 \text{ m}$ y $A = 23,81 \text{ m}^2$

Contenido de cada recinto: 25 m^3 de aparatos electrónicos; 15 m^3 de material de oficina; 40 m^3 de archivo.

Solución: Se tienen 3 almacenamientos homogéneos.

1) Cálculo de k_f y k_a .

Considerando $k_a = V_1 / V$ y k_f obtenido mediante el Anexo I del RSCIEI o mediante el Cuadro Auxiliar del método:

Almacenamiento	k_f (MJ/m ³)	V_1 (m ³)	k_a
Aparatos eléctricos o electrónicos	520	25	0,375
Oficina (material)	3.380	15	0,225
Archivos	4.420	40	0,600

2a) Utilización de la tabla [página 2 del método] en función de la carga de fuego total (Q_T):

- Almacén de aparatos electrónicos:

$Q_S = k_f k_a H = 520 \cdot 0,375 \cdot 2,80 = 546 \text{ MJ/m}^2$: comprendido entre 200 y 850 MJ/m²: 1ª fila de la tabla.

$Q_T = k_f k_a V = 520 \cdot 0,375 \cdot 66,67 = 13.000 \text{ MJ}$: menor que 28.333 MJ: fuera de la 1ª columna de la tabla.

Primera fila + Sin columna = **Sin riesgo**.

- Almacén de material de oficina:

$Q_S = k_f k_a H = 3380 \cdot 0,225 \cdot 2,80 = 2.129 \text{ MJ/m}^2$: comprendido entre 850 y 3.400 MJ/m²: 2ª fila de la tabla.

$Q_T = k_f k_a V = 3380 \cdot 0,225 \cdot 66,67 = 50.700 \text{ MJ}$: comprendido entre 28.333 y 113.333 MJ: 1ª columna de la tabla.

Segunda fila + Primera columna = **Riesgo Bajo**.

- Archivo:

$Q_S = k_f k_a H = 4420 \cdot 0,600 \cdot 2,80 = 7.426 \text{ MJ/m}^2$: mayor que 3.400 MJ/m²: 3ª fila de la tabla.

$Q_T = k_f k_a V = 4420 \cdot 0,600 \cdot 66,67 = 176.800 \text{ MJ}$: comprendido entre 113.333 y 453.333 MJ: 2ª columna de la tabla.

Tercera fila + Segunda columna = **Riesgo Medio**.

2b) Utilización de la tabla [página 4 del método] en función del volumen (V):

- Almacén de aparatos electrónicos:

$Q_S = k_f k_a H = 520 \cdot 0,375 \cdot 2,80 = 546 \text{ MJ/m}^2$: comprendido entre 200 y 850 MJ/m²: 1ª fila de la tabla.

$V_{\text{limBAJO}} = (850 \cdot 10^2/3) \cdot H/Q_S = (850 \cdot 10^2/3) \cdot 2,80 / 546 = 145,30 \text{ m}^3$.

Puesto que $V = 66,67 \text{ m}^3$, menor que $145,30 (V_{\text{limBAJO}})$: **Sin riesgo**.

- Almacén de material de oficina:

$Q_S = k_f k_a \cdot H = 3380 \cdot 0,225 \cdot 2,80 = 2.129 \text{ MJ/m}^2$: comprendido entre 850 y 3.400 MJ/m^2 : 2ª fila de la tabla.

$$V_{\text{limBAJO}} = (850 \cdot 10^2/3) \cdot H/Q_S = (850 \cdot 10^2/3) \cdot 2,80 / 2129 = 37,26 \text{ m}^3.$$

$$V_{\text{limMEDIO}} = (3400 \cdot 10^2/3) \cdot H/Q_S = (3400 \cdot 10^2/3) \cdot 2,80 / 2129 = 149,02 \text{ m}^3.$$

Puesto que $V = 66,67 \text{ m}^3$, comprendido entre $37,26 (V_{\text{limBAJO}})$ y $149,02 \text{ m}^3 (V_{\text{limMEDIO}})$: **Riesgo Bajo**.

- Archivo:

$Q_S = k_f k_a \cdot H = 4420 \cdot 0,600 \cdot 2,80 = 7.426 \text{ MJ/m}^2$: mayor que 3.400 MJ/m^2 : 3ª fila de la tabla.

$$V_{\text{limBAJO}} = (850 \cdot 10^2/3) \cdot H/Q_S = (850 \cdot 10^2/3) \cdot 2,80 / 7426 = 10,68 \text{ m}^3.$$

$$V_{\text{limMEDIO}} = (3400 \cdot 10^2/3) \cdot H/Q_S = (3400 \cdot 10^2/3) \cdot 2,80 / 7426 = 42,74 \text{ m}^3.$$

$$V_{\text{limALTO}} = (13600 \cdot 10^2/3) \cdot H/Q_S = (13600 \cdot 10^2/3) \cdot 2,80 / 7426 = 170,94 \text{ m}^3.$$

Puesto que $V = 66,67 \text{ m}^3$, comprendido entre $42,74 (V_{\text{limMEDIO}})$ y $170,94 \text{ m}^3 (V_{\text{limALTO}})$: **Riesgo Medio**.

2c) Utilización de la tabla simplificada [página 6 del método] en función de los coeficientes (k_f , k_a):

- Almacén de aparatos electrónicos:

$k_f k_a \cdot H = 520 \cdot 0,375 \cdot 2,80 = 546 \text{ MJ/m}^2$: comprendido entre 200 y 850 MJ/m^2 : 1ª fila de la tabla.

$$V_{\text{limBAJO}} = 850 \cdot 10^2 / (3 \cdot k_f k_a) = 850 \cdot 10^2 / (3 \cdot 520 \cdot 0,375) = 145,30 \text{ m}^3.$$

Puesto que $V = 66,67 \text{ m}^3$, menor que $145,30 (V_{\text{limBAJO}})$: **Sin riesgo**.

- Almacén de material de oficina:

$k_f \cdot k_a \cdot H = 3380 \cdot 0,225 \cdot 2,80 = 2.129 \text{ MJ/m}^2$: comprendido entre 850 y 3.400 MJ/m^2 : 2ª fila de la tabla.

$$V_{\text{limBAJO}} = 850 \cdot 10^2 / (3 \cdot k_f k_a) = 850 \cdot 10^2 / (3 \cdot 2129 \cdot 0,225) = 37,26 \text{ m}^3.$$

$$V_{\text{limMEDIO}} = 3400 \cdot 10^2 / (3 \cdot k_f k_a) = 3400 \cdot 10^2 / (3 \cdot 2129 \cdot 0,225) = 149,02 \text{ m}^3.$$

Puesto que $V = 66,67 \text{ m}^3$, comprendido entre $37,26 (V_{\text{limBAJO}})$ y $149,02 \text{ m}^3 (V_{\text{limMEDIO}})$: **Riesgo Bajo**.

- Archivo:

$k_f k_a \cdot H = 4420 \cdot 0,600 \cdot 2,80 = 7.426 \text{ MJ/m}^2$: mayor que 3.400 MJ/m^2 : 3ª fila de la tabla.

$$V_{\text{limBAJO}} = 850 \cdot 10^2 / (3 \cdot k_f k_a) = 850 \cdot 10^2 / (3 \cdot 7426 \cdot 0,600) = 10,68 \text{ m}^3.$$

$$V_{\text{limMEDIO}} = 3400 \cdot 10^2 / (3 \cdot k_f k_a) = 3400 \cdot 10^2 / (3 \cdot 7426 \cdot 0,600) = 42,74 \text{ m}^3.$$

$$V_{\text{limALTO}} = 13600 \cdot 10^2 / (3 \cdot k_f k_a) = 13600 \cdot 10^2 / (3 \cdot 7426 \cdot 0,600) = 170,94 \text{ m}^3.$$

Puesto que $V = 66,67 \text{ m}^3$, comprendido entre $42,74 (V_{\text{limMEDIO}})$ y $170,94 \text{ m}^3 (V_{\text{limALTO}})$: **Riesgo Medio**.

2d) Utilización del Cuadro Auxiliar (Diagrama 2):

Calcular $k_a \cdot H$:

Almacenamiento	$k_a \cdot H$	Cuadro Auxiliar		
		$k_a \cdot H$ para Q_S = 200	$k_a \cdot H$ para Q_S = 850	$k_a \cdot H$ para Q_S = 3400
Aparatos eléctricos o electrónicos	1,05	0,38	1,63	6,54
Oficina (material)	0,63	0,06	0,25	1,01
Archivos	1,68	0,05	0,19	0,77

- Aparatos electrónicos: $k_a \cdot H = 1,05$ está comprendido entre 0,38 ($Q_S = 200$) y 1,63 ($Q_S = 850$), lo que significa que Q_S está en la primera fila de la tabla.

Se calcula V_{limBAJO} a partir del Cuadro Auxiliar:

Almacenamiento	Cuadro Auxiliar
	$V_{\text{min}} \cdot k_a$ Riesgo BAJO
Aparatos eléctricos o electrónicos	54

$$V_{\text{minBAJO}} = 54 / 0,375 = 144 \text{ m}^3$$

Puesto que $V = 66,67 \leq 144 \text{ m}^3$, se califica **Sin riesgo**.

- Material de oficina: $k_a \cdot H = 0,63$ está comprendido entre 0,25 ($Q_S = 850$) y 1,01 ($Q_S = 3400$), lo que significa que Q_S está en la segunda fila de la tabla.

Se calcula V_{limBAJO} y V_{limMEDIO} a partir del Cuadro Auxiliar:

Almacenamiento	Cuadro Auxiliar	
	$V_{\text{min}} \cdot k_a$ Riesgo BAJO	$V_{\text{min}} \cdot k_a$ Riesgo MEDIO
Oficina (material)	8	34

$$V_{\text{minBAJO}} = 8 / 0,225 = 36 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{minMEDIO}} = 34 / 0,225 = 151 \text{ m}^3$$

Puesto que $V = 66,67 \leq 151 \text{ m}^3$, y $V > 36 \text{ m}^3$, se califica **Riesgo Bajo**.

- Archivo: $k_a \cdot H = 1,68$ que es mayor que 0,77 ($Q_S = 3400$), lo que significa que Q_S está en la tercera fila de la tabla.

Se calcula V_{limBAJO} , V_{limMEDIO} y V_{limALTO} a partir del Cuadro Auxiliar:

Almacenamiento	Cuadro Auxiliar		
	$V_{\min} \cdot k_a$ Riesgo BAJO	$V_{\min} \cdot k_a$ Riesgo MEDIO	$V_{\min} \cdot k_a$ Riesgo ALTO
Archivos	6	26	103

$$V_{\min \text{BAJO}} = 6 / 0,6 = 10 \text{ m}^3$$

$$V_{\min \text{MEDIO}} = 26 / 0,6 = 43 \text{ m}^3$$

$$V_{\min \text{ALTO}} = 103 / 0,6 = 172 \text{ m}^3$$

Puesto que $V = 66,67 \leq 172 \text{ m}^3$, y $V > 43 \text{ m}^3$, se califica **Riesgo Medio**.

c) **Clasificación del riesgo en un almacenamiento estándar.**

Datos: 3 recintos iguales de $V = 66,67 \text{ m}^3$, con $H = 2,80 \text{ m}$ y $A = 23,81 \text{ m}^2$

Contenido de cada recinto: almacenamiento estándar ($k_a = 1/3$) de aparatos electrónicos, material de oficina y archivo, respectivamente.

Solución:

- 1) Cálculo de k_f obtenido mediante el Anexo I del RSCIEI o mediante el Cuadro Auxiliar del método:

- Aparatos eléctricos o electrónicos: $k_f = 520 \text{ MJ/m}^3$.
- Oficina (material): $k_f = 3.380 \text{ MJ/m}^3$.
- Archivos: $k_f = 4.420 \text{ MJ/m}^3$.

- 2a) Utilización de la tabla [página 2 del método] en función de la carga de fuego total (Q_T):

- Almacén de aparatos electrónicos:
 $Q_S = k_f k_a \cdot H = 520 \cdot 1/3 \cdot 2,80 = 485 \text{ MJ/m}^2$: comprendido entre 200 y 850 MJ/m²: 1ª fila de la tabla.
 $Q_T = k_f k_a \cdot V = 520 \cdot 1/3 \cdot 66,67 = 11.556 \text{ MJ}$: menor que 28.333 MJ: fuera de la 1ª columna de la tabla.

Primera fila + Sin columna = **Sin riesgo**.

- Almacén de material de oficina:
 $Q_S = k_f k_a \cdot H = 3380 \cdot 1/3 \cdot 2,80 = 3.155 \text{ MJ/m}^2$: comprendido entre 850 y 3.400 MJ/m²: 2ª fila de la tabla.
 $Q_T = k_f k_a \cdot V = 3380 \cdot 1/3 \cdot 66,67 = 75.111 \text{ MJ}$: comprendido entre 28.333 y 113.333 MJ: 1ª columna de la tabla.

Segunda fila + Primera columna = **Riesgo Bajo**.

- Archivo:
 $Q_S = k_f k_a \cdot H = 4420 \cdot 1/3 \cdot 2,80 = 4.125 \text{ MJ/m}^2$: mayor que 3.400 MJ/m²: 3ª fila de la tabla.
 $Q_T = k_f k_a \cdot V = 4420 \cdot 1/3 \cdot 66,67 = 98.222 \text{ MJ}$: comprendido entre 28.333 y 133.333 MJ: 1ª columna de la tabla.

Tercera fila + Primera columna = **Riesgo Bajo**.

2b) Utilización de la tabla [página 4 del método] en función del volumen (V):

- Almacén de aparatos electrónicos:
 $Q_S = k_f k_a \cdot H = 520 \cdot 1/3 \cdot 2,80 = 485 \text{ MJ/m}^2$: comprendido entre 200 y 850 MJ/m²: 1ª fila de la tabla.
 $V_{\text{limBAJO}} = (850 \cdot 10^2/3) \cdot H/Q_S = (850 \cdot 10^2/3) \cdot 2,80 / 485 = 163,46 \text{ m}^3$.
Puesto que $V = 66,67 \text{ m}^3$, menor que 163,46 (V_{limBAJO}): **Sin riesgo**.
- Almacén de material de oficina:
 $Q_S = k_f k_a \cdot H = 3380 \cdot 1/3 \cdot 2,80 = 3.155 \text{ MJ/m}^2$: comprendido entre 850 y 3.400 MJ/m²: 2ª fila de la tabla.
 $V_{\text{limBAJO}} = (850 \cdot 10^2/3) \cdot H/Q_S = (850 \cdot 10^2/3) \cdot 2,80 / 3155 = 25,15 \text{ m}^3$.
 $V_{\text{limMEDIO}} = (3400 \cdot 10^2/3) \cdot H/Q_S = (3400 \cdot 10^2/3) \cdot 2,80 / 3155 = 100,59 \text{ m}^3$.
Puesto que $V = 66,67 \text{ m}^3$, comprendido entre 25,15 (V_{limBAJO}) y 100,59 m³ (V_{limMEDIO}): **Riesgo Bajo**.
- Archivo:
 $Q_S = k_f k_a \cdot H = 4420 \cdot 1/3 \cdot 2,80 = 4.125 \text{ MJ/m}^2$: mayor que 3.400 MJ/m²: 3ª fila de la tabla.
 $V_{\text{limBAJO}} = (850 \cdot 10^2/3) \cdot H/Q_S = (850 \cdot 10^2/3) \cdot 2,80 / 4125 = 19,23 \text{ m}^3$.
 $V_{\text{limMEDIO}} = (3400 \cdot 10^2/3) \cdot H/Q_S = (3400 \cdot 10^2/3) \cdot 2,80 / 4125 = 76,92 \text{ m}^3$.
 $V_{\text{limALTO}} = (13600 \cdot 10^2/3) \cdot H/Q_S = (13600 \cdot 10^2/3) \cdot 2,80 / 4125 = 307,69 \text{ m}^3$.
Puesto que $V = 66,67 \text{ m}^3$, comprendido entre 19,23 (V_{limBAJO}) y 76,92 m³ (V_{limMEDIO}): **Riesgo Bajo**.

2c) Utilización de la tabla simplificada [página 7 del método] en función de k_f :

- Almacén de aparatos electrónicos:
 $k_f \cdot H/3 = 520 \cdot 2,80/3 = 485 \text{ MJ/m}^2$: comprendido entre 200 y 850 MJ/m²: 1ª fila de la tabla.
 $V_{\text{limBAJO}} = 850 \cdot 10^2/k_f = 850 \cdot 10^2/485 = 163,46 \text{ m}^3$.
Puesto que $V = 66,67 \text{ m}^3$, menor que 163,46 (V_{limBAJO}): **Sin riesgo**.
- Almacén de material de oficina:
 $k_f \cdot H/3 = 3380 \cdot 2,80/3 = 3.155 \text{ MJ/m}^2$: comprendido entre 850 y 3.400 MJ/m²: 2ª fila de la tabla.
 $V_{\text{limBAJO}} = 850 \cdot 10^2/k_f = 850 \cdot 10^2 / 3155 = 25,15 \text{ m}^3$.
 $V_{\text{limMEDIO}} = 3400 \cdot 10^2/k_f = 3400 \cdot 10^2 / 3155 = 100,59 \text{ m}^3$.
Puesto que $V = 66,67 \text{ m}^3$, comprendido entre 25,15 (V_{limBAJO}) y 100,59 m³ (V_{limMEDIO}): **Riesgo Bajo**.
- Archivo:
 $k_f \cdot H/3 = 4420 \cdot 2,80/3 = 4.125 \text{ MJ/m}^2$: mayor que 3.400 MJ/m²: 3ª fila de la tabla.
 $V_{\text{limBAJO}} = 850 \cdot 10^2/k_f = 850 \cdot 10^2 / 4125 = 19,23 \text{ m}^3$.
 $V_{\text{limMEDIO}} = 3400 \cdot 10^2/k_f = 3400 \cdot 10^2 / 4125 = 76,92 \text{ m}^3$.

$$V_{\text{limALTO}} = 13600 \cdot 10^2 / k_f = 13600 \cdot 10^2 / 4125 = 307,69 \text{ m}^3.$$

Puesto que $V = 66,67 \text{ m}^3$, comprendido entre 19,23 (V_{limBAJO}) y 76,92 m^3 (V_{limMEDIO}): **Riesgo Bajo**.

2d) Utilización del Cuadro Auxiliar (Diagrama 1): calcular $k_a \cdot H = H/3$:

Almacenamiento	H/3	Cuadro Auxiliar		
		$k_a \cdot H$ para Q_S = 200	$k_a \cdot H$ para Q_S = 850	$k_a \cdot H$ para Q_S = 3400
Aparatos eléctricos o electrónicos	0,93	0,38	1,63	6,54
Oficina (material)	0,93	0,06	0,25	1,01
Archivos	0,93	0,05	0,19	0,77

- Aparatos electrónicos: $H/3 = 0,93$ está comprendido entre 0,38 ($Q_S = 200$) y 1,63 ($Q_S = 850$), lo que significa que Q_S está en la primera fila de la tabla.

Se obtiene V_{limBAJO} del Cuadro Auxiliar:

Almacenamiento	Cuadro Auxiliar
	V_{min} Riesgo BAJO
Aparatos eléctricos o electrónicos	163

Puesto que $V = 66,67 \leq 163 \text{ m}^3$, se califica **Sin riesgo**.

- Material de oficina: $H/3 = 0,93$ está comprendido entre 0,25 ($Q_S = 850$) y 1,01 ($Q_S = 3400$), lo que significa que Q_S está en la segunda fila de la tabla.

Se obtiene V_{limBAJO} y V_{limMEDIO} del Cuadro Auxiliar:

Almacenamiento	Cuadro Auxiliar	
	V_{min} Riesgo BAJO	V_{min} Riesgo MEDIO
Oficina (material)	25	101

Puesto que $V = 66,67 \leq 101 \text{ m}^3$, y $V > 25 \text{ m}^3$, se califica **Riesgo Bajo**.

- Archivo: $H/3 = 0,93$ que es mayor que 0,77 ($Q_S = 3400$), lo que significa que Q_S está en la tercera fila de la tabla.

Se obtiene V_{limBAJO} , V_{limMEDIO} y V_{limALTO} del Cuadro Auxiliar:

Almacenamiento	Cuadro Auxiliar		
	V_{\min} Riesgo BAJO	V_{\min} Riesgo MEDIO	V_{\min} Riesgo ALTO
Archivos	19	77	308

Puesto que $V = 66,67 \leq 77 \text{ m}^3$, y $V > 19 \text{ m}^3$, se califica **Riesgo Bajo**.

d) Cálculo del volumen que significa la aplicación del RSCIEI en un almacenamiento no homogéneo:

Datos: Recinto de $V = 200 \text{ m}^3$, con $H = 2,80 \text{ m}$ y $A = 71,43 \text{ m}^2$

Contenido: 25 m^3 de aparatos electrónicos, 15 m^3 de material de oficina y 40 m^3 de archivo. No subsidiario del uso comercial.

Objetivo: Se busca el volumen mínimo de un almacén con idéntica altura (H) y densidad de carga de fuego (Q_S) que el propuesto, en el que sea aplicable el RSCIEI porque la carga de fuego total alcanza o supera $3 \cdot 10^6 \text{ MJ}$.

Solución:

- 1) Cálculo de Q_S .

Ídem apartado a)1. $Q_S = 3.549 \text{ MJ/m}^2$.

- 2) Utilización de la fórmula [página 8 del método]:

$$V_{\text{RSCIEI}} = 3 \cdot 10^6 \cdot H / Q_S = 3 \cdot 10^6 \cdot 2,80 / 3549 = \mathbf{2.367 \text{ m}^3}.$$

e) Cálculo del volumen que significa la aplicación del RSCIEI en un almacenamiento homogéneo:

Datos: 3 recintos iguales de $V = 66,67 \text{ m}^3$, con $H = 2,80 \text{ m}$ y $A = 23,81 \text{ m}^2$

Contenido de cada recinto: 25 m^3 de aparatos electrónicos; 15 m^3 de material de oficina; 40 m^3 de archivo.

Objetivo: Se buscan los volúmenes mínimos de unos almacenes con idéntica altura (H) y densidad de carga de fuego (Q_S) que los propuestos, en los que sea aplicable el RSCIEI porque la carga de fuego total alcanza o supera $3 \cdot 10^6 \text{ MJ}$.

Solución: Se tienen 3 almacenamientos homogéneos.

- 1) Cálculo de k_f y k_a .

Ídem apartado b)1:

- Aparatos electrónicos: $k_f = 520 \text{ MJ/m}^3$ $k_a = 0,375$
- Material de oficina: $k_f = 3.380 \text{ MJ/m}^3$ $k_a = 0,225$
- Archivo: $k_f = 4.420 \text{ MJ/m}^3$ $k_a = 0,600$

2a) Utilización de la fórmula [página 8 del método]:

$$V_{\text{RSCIEI}} = 3 \cdot 10^6 / (k_f \cdot k_a) = 3 \cdot 10^6 / (520 \cdot 0,375) = \mathbf{15.385 \text{ m}^3}.$$

$$V_{\text{RSCIEI}} = 3 \cdot 10^6 / (k_f \cdot k_a) = 3 \cdot 10^6 / (3380 \cdot 0,225) = \mathbf{3.945 \text{ m}^3}.$$

$$V_{\text{RSCIEI}} = 3 \cdot 10^6 / (k_f \cdot k_a) = 3 \cdot 10^6 / (4420 \cdot 0,600) = \mathbf{1.131 \text{ m}^3}.$$

2b) Utilización del Cuadro Auxiliar (Diagrama 4):

Almacenamiento	Cuadro Auxiliar
	$V_{\text{min}} \cdot k_a$ RSCIEI
Aparatos eléctricos o electrónicos	5.769
Oficina (material)	888
Archivos	679

- Aparatos electrónicos: $V_{\text{RSCIEI}} = 5769 / 0,375 = \mathbf{15.384 \text{ m}^3}$.
- Material de oficina: $V_{\text{RSCIEI}} = 888 / 0,225 = \mathbf{3.947 \text{ m}^3}$.
- Archivo: $V_{\text{RSCIEI}} = 679 / 0,600 = \mathbf{1.132 \text{ m}^3}$.

Hay una pequeña diferencia (< 1 ‰) en los resultados obtenidos por los dos procedimientos, debido al redondeo en el Cuadro Auxiliar.

f) **Cálculo del volumen que significa la aplicación del RSCIEI en un almacenamiento estándar:**

Datos: 3 recintos iguales de $V = 66,67 \text{ m}^3$, con $H = 2,80 \text{ m}$ y $A = 23,81 \text{ m}^2$

Contenido de cada recinto: almacenamiento estándar ($k_a = 1/3$) de aparatos electrónicos, material de oficina y archivo, respectivamente.

Objetivo: Se buscan los volúmenes mínimos de unos almacenes con idéntica altura (H) y ocupación estándar del contenido propuesto, en los que sea aplicable el RSCIEI porque la carga de fuego total alcanza o supera $3 \cdot 10^6 \text{ MJ}$.

Solución: Se tienen 3 almacenamientos estándar.

1) Cálculo de k_f :

Ídem apartado b)1:

- Aparatos electrónicos: $k_f = 520 \text{ MJ/m}^3$
- Material de oficina: $k_f = 3.380 \text{ MJ/m}^3$
- Archivo: $k_f = 4.420 \text{ MJ/m}^3$

2a) Utilización de la fórmula [página 8 del método]:

$$V_{\text{RSCIEI}} = 9 \cdot 10^6 / k_f = 9 \cdot 10^6 / 520 = \mathbf{17.308 \text{ m}^3}.$$

$$V_{\text{RSCIEI}} = 9 \cdot 10^6 / k_f = 9 \cdot 10^6 / 3380 = \mathbf{2.663 \text{ m}^3}.$$

$$V_{\text{RSCIEI}} = 9 \cdot 10^6 / k_f = 9 \cdot 10^6 / 4420 = \mathbf{2.036 \text{ m}^3}.$$

2b) Utilización del Cuadro Auxiliar (Diagrama 3):

Almacenamiento	Cuadro Auxiliar
	V_{\min} RSCIEI
Aparatos eléctricos o electrónicos	17.308
Oficina (material)	2.663
Archivos	2.036

- Aparatos electrónicos: $V_{\text{RSCIEI}} = 17.308 \text{ m}^3$.
- Material de oficina: $V_{\text{RSCIEI}} = 2.663 \text{ m}^3$.
- Archivo: $V_{\text{RSCIEI}} = 2.036 \text{ m}^3$.

g) Volumen máximo de almacenamiento *homogéneo* sin cambio de clasificación:

Datos: 3 recintos iguales de $V = 66,67 \text{ m}^3$, con $H = 2,80 \text{ m}$ y $A = 23,81 \text{ m}^2$

Clasificación de riesgo de cada almacén no subsidiario del uso comercial:

- Aparatos electrónicos: *sin riesgo*.
- Material de oficina: *riesgo bajo*.
- Archivo: *riesgo medio*.

Solución:

- 1) Calcular k_f mediante Anexo I del RSCIEI o mediante el Cuadro Auxiliar.
Calcular $k_f \cdot H$:

Almacenamiento	k_f (MJ/m ³)	$k_f \cdot H$
Aparatos eléctricos o electrónicos	520	1.456
Oficina (material)	3.380	9.464
Archivos	4.420	12.376

2a) Utilización de la fórmula [página 12 del método]:

- Almacén de aparatos electrónicos con clasificación ***sin riesgo***:
 $k_f \cdot H = 1456 > 200 \text{ MJ/m}^2$
 $V_{1\max_sin_riesgo} = \min \{V; \max \{ 850 \cdot 10^2 / (3 \cdot k_f); 200 \cdot V / (k_f \cdot H) \} \}$.
 $V_{1\max} = \min \{66,67; \max \{ 850 \cdot 10^2 / (3 \cdot 520); 200 \cdot 66,67 / 1456 \} \}$.
 $V_{1\max} = \min \{66,67; \max \{ 54,49; 9,16 \} \}$.
 $V_{1\max} = \min \{66,67; 54,49 \} = 54,49 \text{ m}^3$.

Comprobación: $k_a = 54,49 / 66,67 = 0,817$

$$Q_S = k_f \cdot k_a \cdot H = 1456 \cdot 0,817 = 1.189,55 \text{ MJ/m}^2$$

2ª fila de la tabla

$$Q_V = k_f \cdot k_a \cdot V = 520 \cdot 0,817 \cdot 66,67 = 28.323 \text{ MJ}$$

< 28.333 MJ: fuera de la 1ª columna de la tabla.

Primera fila + Sin columna = **Sin riesgo**.

El resultado es muy ajustado al límite.

Probando $V_{1\max}+1$: $k_a = (54,49 + 1) / 66,67 = 0,832$

$$Q_S = k_r k_a H = 1456 \cdot 0,832 = 1.211,39 \text{ MJ/m}^2$$

2ª fila de la tabla

$$Q_V = k_r k_a V = 520 \cdot 0,832 \cdot 66,67 = 28.842 \text{ MJ}$$

> 28.333 MJ: 1ª columna de la tabla.

Primera fila + Primera columna = **Riesgo Bajo**.

Un incremento de 1 m³ supera el límite.

- Almacén de material de oficina:

$$k_r H = 9464 > 850 \text{ MJ/m}^2$$

$$V_{1\max_riesgo_bajo} = \min \{V; \max \{ 3400 \cdot 10^2 / (3 \cdot k_r); 850 \cdot V / (k_r H) \} \}.$$

$$V_{1\max} = \min \{66,67; \max \{ 3400 \cdot 10^2 / (3 \cdot 3380); 850 \cdot 66,67 / 9464 \} \}.$$

$$V_{1\max} = \min \{66,67; \max \{ 33,53; 5,99 \} \}.$$

$$V_{1\max} = \min \{66,67; 33,53 \} = \mathbf{33,53 \text{ m}^3}.$$

Comprobación: $k_a = 33,53 / 66,67 = 0,503$

$$Q_S = k_r k_a H = 9464 \cdot 0,503 = 4.460,39 \text{ MJ/m}^2$$

3ª fila de la tabla

$$Q_V = k_r k_a V = 3380 \cdot 0,503 \cdot 66,67 = 113.343 \text{ MJ}$$

≈ 113.333 MJ: 1ª columna de la tabla.

Tercera fila + Primera columna = **Riesgo Bajo**.

El resultado sobrepasa ligeramente el límite (0,01 ‰) debido a los redondeos.

Probando $V_{1\max}+1$: $k_a = (33,53 + 1) / 66,67 = 0,518$

$$Q_S = k_r k_a H = 9464 \cdot 0,518 = 4.902,35 \text{ MJ/m}^2$$

3ª fila de la tabla

$$Q_V = k_r k_a V = 3380 \cdot 0,518 \cdot 66,67 = 116.723 \text{ MJ}$$

> 113.333 MJ: 2ª columna de la tabla.

Tercera fila + Segunda columna = **Riesgo Medio**.

Un incremento de 1 m³ supera claramente el límite.

- Archivo:

$$k_r H = 12376 > 3400 \text{ MJ/m}^2$$

$$V_{1\max_riesgo_medio} = \min \{V; \max \{ 13600 \cdot 10^2 / (3 \cdot k_r); 3400 \cdot V / (k_r H) \} \}.$$

$$V_{1\max} = \min \{66,67; \max \{ 13600 \cdot 10^2 / (3 \cdot 4420); 3400 \cdot 66,67 / 12376 \} \}.$$

$$V_{1\max} = \min \{66,67; \max \{ 102,56; 18,32 \} \}.$$

$$V_{1\max} = \min \{66,67; 102,56 \} = \mathbf{66,67 \text{ m}^3}.$$

Ni ocupando la totalidad del recinto se alcanza el riesgo alto.

Comprobación: $k_a = 66,67 / 66,67 = 1$

$$Q_S = k_r k_a H = 12376 \cdot 1 = 12.376 \text{ MJ/m}^2$$

3ª fila de la tabla

$$Q_V = k_r k_a V = 4420 \cdot 1 \cdot 66,67 = 294.667 \text{ MJ}$$

< 453.333 MJ: 2ª columna de la tabla.

Tercera fila + Segunda columna = **Riesgo Medio**.

2b) Utilización del Cuadro Auxiliar (Diagrama 5):

- Aparatos electrónicos para clasificación *sin riesgo*:
 $k_r H = 1.456 > 200 \text{ MJ/m}^2$. Valores del Cuadro Auxiliar:

Almacenamiento	Cuadro Auxiliar	
	$V_{\max QT}$ sin riesgo	$V_{\max QS}$ sin riesgo ·H/V
Aparatos eléctricos o electrónicos	54	0,38

$$V_{1\max QT} = 54 \text{ m}^3;$$

$$V_{1\max QS} = 0,38 \cdot V/H = 0,38 \cdot 66,67/2,80 = 9,05$$

$$V_{1\max_sin_riesgo} = \min \{V; \max \{ V_{1\max QT}; V_{1\max QS} \}\}.$$

$$V_{1\max_sin_riesgo} = \min \{66,67; \max \{ 54; 9,05 \}\} = \mathbf{54 \text{ m}^3}.$$

- Almacén de material de oficina para clasificación de *riesgo bajo*:
 $k_r H = 9464 > 850 \text{ MJ/m}^2$. Valores del Cuadro Auxiliar:

Almacenamiento	Cuadro Auxiliar	
	$V_{\max QT}$ riesgo BAJO	$V_{\max QS}$ riesgo BAJO ·H/V
Oficina (material)	34	0,25

$$V_{1\max QT} = 34 \text{ m}^3;$$

$$V_{1\max QS} = 0,25 \cdot V/H = 0,25 \cdot 66,67/2,80 = 5,95.$$

$$V_{1\max_riesgo_bajo} = \min \{V; \max \{ V_{1\max QT}; V_{1\max QS} \}\}.$$

$$V_{1\max_riesgo_bajo} = \min \{66,67; \max \{ 34; 5,95 \}\} = \mathbf{34 \text{ m}^3}.$$

- Archivo para clasificación de *riesgo medio*:
 $k_r H = 12376 > 3400 \text{ MJ/m}^2$. Valores del Cuadro Auxiliar:

Almacenamiento	Cuadro Auxiliar	
	$V_{\max QT}$ riesgo MEDIO	$V_{\max QS}$ riesgo MEDIO ·H/V
Archivos	103	0,77

$$V_{1\max QT} = 103 \text{ m}^3;$$

$$V_{1\max QS} = 0,77 \cdot V/H = 0,77 \cdot 66,67/2,80 = 18,33.$$

$$V_{1\max_riesgo_medio} = \min \{V; \max \{ V_{1\max QT}; V_{1\max QS} \}\}.$$

$$V_{1\max_riesgo_medio} = \min \{66,67; \max \{ 103; 18,33 \}\} = \mathbf{66,67 \text{ m}^3}.$$

Pedro J. Álvarez Morales es Jefe de Sección del Dpto. de Prevención de Incendios del Ayuntamiento de Madrid y colaborador habitual de CEPREVEN.