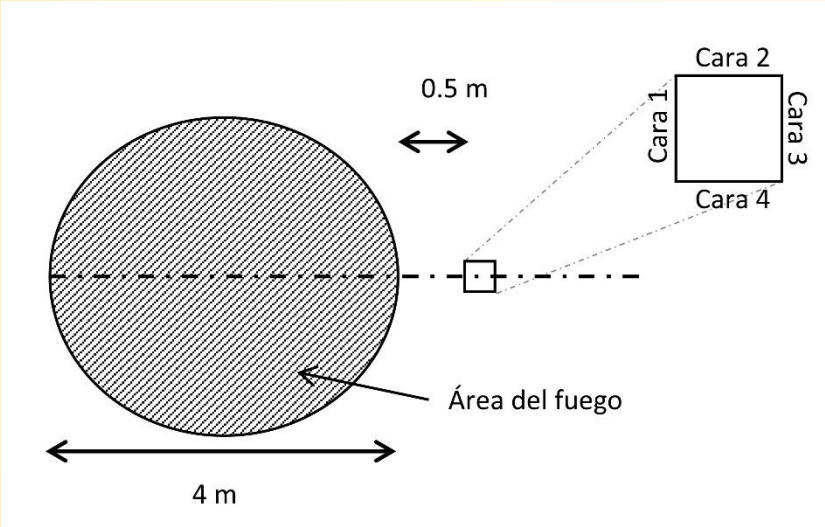
LOCAFI+

Evaluación de la temperatura de un elemento vertical sometido a un fuego localizado
Difusión
Grant Agreement n° 754072

7. Ejemplos de cálculo

7. Ejemplos de cálculo

7.1. Ejemplo 1 : Flujos de radiación bajo fuego localizado



Sección de la columna: HEB 300

Diámetro del fuego: 4m

Distancia entre el fuego y la columna: 0.5m

Tasa de liberación de calor: 1000 kW.m^{-2}

Llama cónica

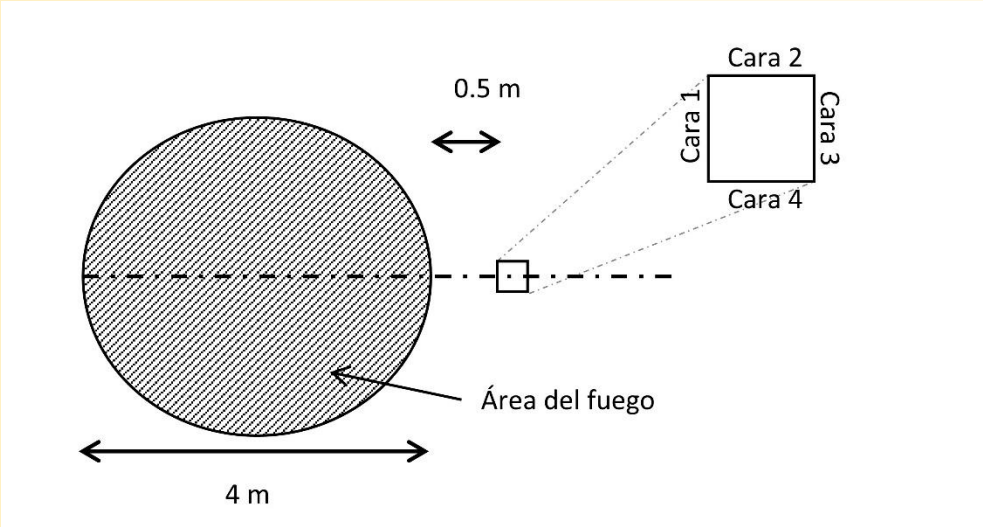
Columna situada fuera del fuego y de la capa de humos

No existe techo

Cálculo realizado para z = 1.0m

7. Ejemplos de cálculo

7.1. Ejemplo 1 : Flujos de radiación bajo fuego localizado



$$D = 4\ m$$

$$Q = RHR * \frac{\pi}{4} * D^2 = 12566371\ W$$

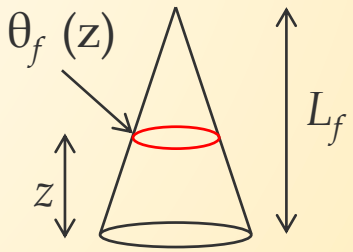
$$L_f = -1.02\ D + 0.0148\ Q^{0.4} = 6.15\ \text{m}$$

$$z_0 = -1.02\ D + 0.00524\ Q^{0.4} = -0.48\ \text{m}$$

Temperatura de la llama

$$\theta_f(z) = \min\left(900; 20 + 0.25\left(0.8Q(t)\right)^{2/3}(z - z_0)^{-5/3}\right)$$

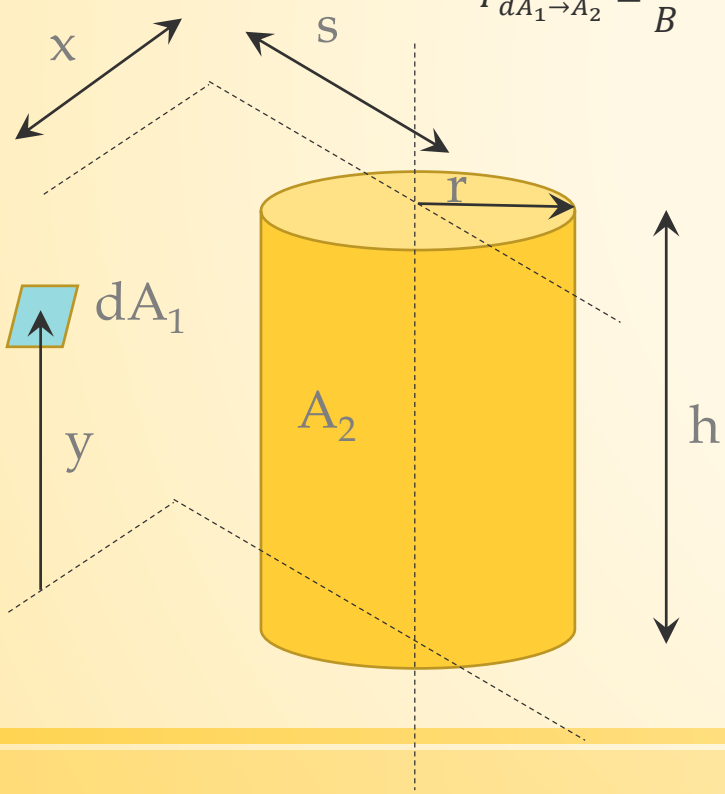
z (m)	T (°C)
0	900
0.5	900
1	900
1.5	900
2	900
2.5	900
3	900
3.5	900
4	900
4.5	827.9
5	708.4
5.5	614.8
6	540.0
6.5	479.3
7	429.1
7.5	387.2



7. Ejemplos de cálculo

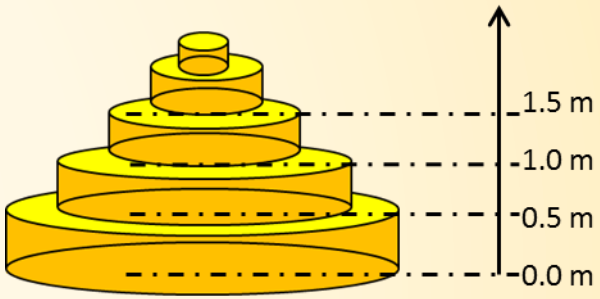
7.1. Ejemplo 1 : Flujos de radiación bajo fuego localizado

Cara 1



$$F_{dA_1 \to A_2} = \frac{S}{B} - \frac{S}{2B\pi}\left\{\begin{array}{l} cos^{-1}\left(\frac{Y^2 - B + 1}{A - 1}\right) + cos^{-1}\left(\frac{C - B + 1}{C + B - 1}\right) \\ -Y\left[\frac{A + 1}{\sqrt{(A-1)^2 + 4Y^2}} cos^{-1}\left(\frac{Y^2 - B + 1}{\sqrt{B}(A - 1)}\right)\right] \\ -\sqrt{C}\frac{C + B + 1}{\sqrt{(C + B - 1)^2 + 4C}} cos^{-1}\left(\frac{C - B + 1}{\sqrt{B}(C + B - 1)}\right) \\ +H cos^{-1}\left(\frac{1}{\sqrt{B}}\right) \end{array}\right\}$$

$$S = s/r$$
$$X = x/r$$
$$H = h/r$$
$$A = X^2 + Y^2 + S^2$$
$$B = S^2 + X^2$$
$$C = (H - Y)^2$$



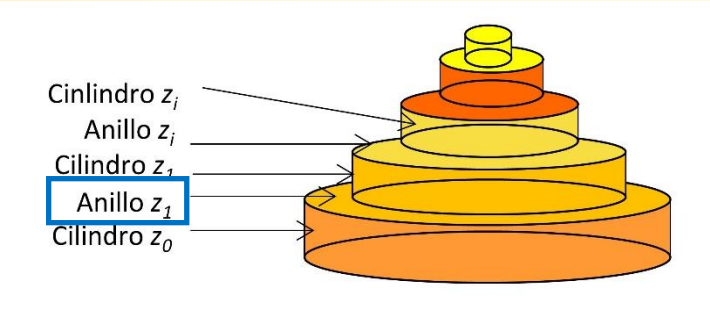
$$F_i = F_{dA_1 \to A_2}\left(s = s_f, x = x_f, r = r_i, h = |z_i - z_f|\right)$$
$$F_{i+1} = F_{dA_1 \to A_2}\left(s = s_f, x = x_f, r = r_i, h = |z_{i+1} - z_f|\right)$$

$$if\ z_i \geq z_f\ then\ F = F_{i+1} - F_i$$
$$else\ F = F_i - F_{i+1}$$

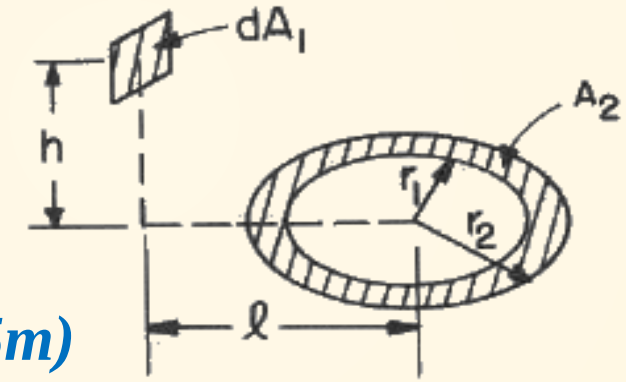
7. Ejemplos de cálculo

7.1. Ejemplo 1 : Flujos de radiación bajo fuego localizado

Cara 1



$$F_{dA_1 \to A_2} = \frac{H}{2}\left(\frac{H^2 + R_2^2 + 1}{\sqrt{(H^2 + R_2^2 + 1)^2 - 4R_2^2}} - \frac{H^2 + R_1^2 + 1}{\sqrt{(H^2 + R_1^2 + 1)^2 - 4R_1^2}}\right)$$



$$H = h/l = (1 - 0.5)/2.5 = 0.2$$
$$R_2 = r_2/l = 2/2.5 = 0.8$$
$$R_1 = r_1/l = 1.84/2.5 = 0.73$$

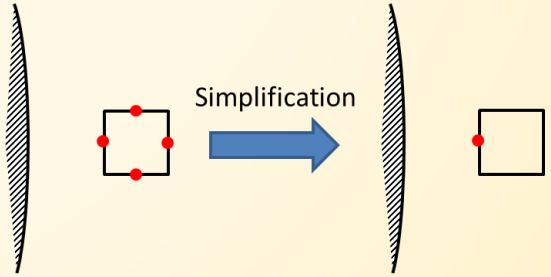
z_f = 1.0m

→ Sólo un anillo a considerar (z_i = 0.5m)

Radio externo r_2 = 2.0m

Radio interno r_1 = (6.15-0.5)/6.15*2.0m = 1.84m

Simplificación: l = 2.5m



7. Ejemplos de cálculo

7.1. Ejemplo 1 : Flujos de radiación bajo fuego localizado

Cara 1

Input data				
HRR	Dfire	Q	Q	hf
kW/m²	m	W	MW	m
1000	4	12566370.6	12.57	6.15

Constant	
σ	Tabs
5.67E-08	273.15

Section coordinate		
sf	xf	zf
m	m	m
2.5	0	1

Intermediate variables	
z_{virt}	l
-0.46	2.5

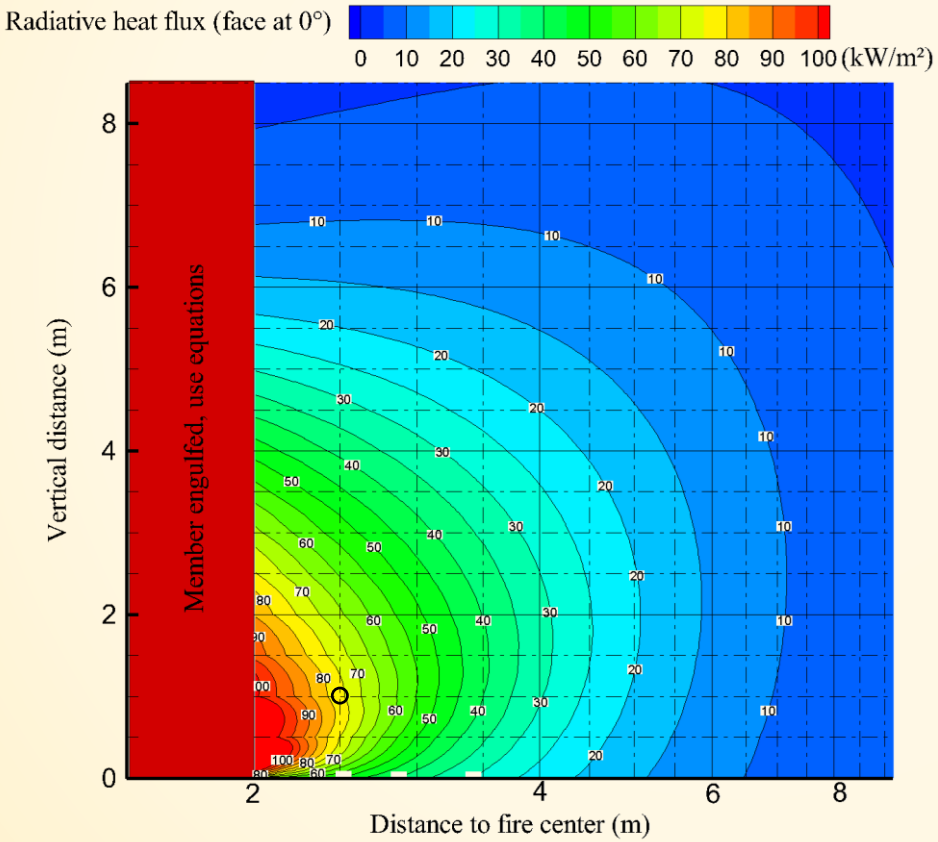
						Cylinder									Ring		
zi	Tf	ri	$F_{cylinder_zi}$	F_{ring_zi}	$Flux_{face1}$	Fi	Fi+1	S	X	A	Hi	Hi+1	|zi-zf|	|zi+1-zf|	H	Ri	Ri+1
m	°C	m	-	-	kW/m²	-	-	-	-	-	-	-	m	m	-	-	-
0	900	2.00	0.0726	0	7.79	0.3705	0.2979	1.25	0	1.56	0.50	0.25	1.00	0.50	0	0.00	0.00
0.5	900	1.84	0.2374	0.0555	31.45	0.2374	0.0000	1.36	0	1.85	0.27	0.00	0.50	0.00	0.20	0.80	0.73
1	900	1.67	0.1893	0	20.33	0.0000	0.1893	1.49	0	2.23	0.00	0.30	0.00	0.50	0	0.73	0.67
1.5	900	1.51	0.0823	0	8.84	0.1514	0.2337	1.65	0	2.73	0.33	0.66	0.50	1.00	0	0.67	0.60
2	900	1.35	0.0361	0	3.88	0.1953	0.2315	1.85	0	3.43	0.74	1.11	1.00	1.50	0	0.60	0.54
2.5	900	1.19	0.0177	0	1.91	0.1958	0.2136	2.11	0	4.43	1.26	1.68	1.50	2.00	0	0.54	0.47
3	900	1.02	0.0095	0	1.02	0.1797	0.1893	2.44	0	5.95	1.95	2.44	2.00	2.50	0	0.47	0.41
3.5	900	0.86	0.0054	0	0.58	0.1564	0.1618	2.90	0	8.41	2.90	3.48	2.50	3.00	0	0.41	0.34
4	900	0.70	0.0031	0	0.34	0.1296	0.1328	3.57	0	12.77	4.29	5.00	3.00	3.50	0	0.34	0.28
4.5	828	0.54	0.0018	0	0.15	0.1009	0.1027	4.66	0	21.68	6.52	7.45	3.50	4.00	0	0.28	0.21
5	708	0.37	0.0010	0	0.05	0.0711	0.0720	6.68	0	44.58	10.68	12.02	4.00	4.50	0	0.21	0.15
5.5	615	0.21	0.0004	0	0.02	0.0405	0.0409	11.80	0	139.24	21.24	23.60	4.50	5.00	0	0.15	0.08
6	540	0.05	0.0001	0	0.00	0.0095	0.0096	50.71	0	2571.11	101.41	111.55	5.00	5.50	0	0.08	0.02
6.5	479	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.50	6.00	0	0.02	0
7	429	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.00	6.50	0	0	0
7.5	387	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.50	1.00	0	0	0

Incident heat flux on face 1	76.36	kW/m²
Absorbed heat flux on face 1	53.45	kW/m²

7. Ejemplos de cálculo

7.1. Ejemplo 1 : Flujos de radiación bajo fuego localizado

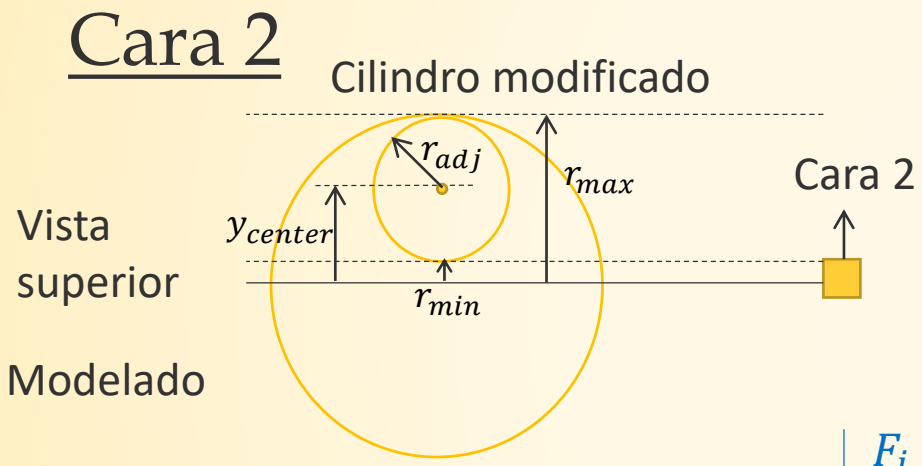
Cara 1



$$\text{Flujo absorbido} = \varepsilon * \varphi_{tot}$$
$$= 0.7*77 \text{ kW/m2}$$
$$= 53.9 \text{ kW/m2}$$

7. Ejemplos de cálculo

7.1. Ejemplo 1 : Flujos de radiación bajo fuego localizado



z = 0

$$r_{min} = max(-r_i, x_f) = 0$$

$$r_{max} = r_i = 2.0 \text{ m}$$

$$y_{center} = \frac{r_{min}+r_{max}}{2} = 1.0 \text{ m}$$

$$r_{adjusted} = \frac{r_{max}-r_{min}}{2} = 1.0 \text{ m}$$

$$F_i = F_{dA_1 \to A_2}(s = y_{center} - x_f, x = s_f, r = r_{adjusted}, h = |z_i - z_f|)$$

$$F_{i+1} = F_{dA_1 \to A_2}(s = y_{center} - x_f, x = s_f, r = r_{adjusted}, h = |z_{i+1} - z_f|)$$

7. Ejemplos de cálculo

7.1. Ejemplo 1 : Flujos de radiación bajo fuego localizado

Cara 2

						Ring		
zi	Tf	ri	$F_{cylinder_zi}$	F_{ring_zi}	$Flux_{face2}$	H	Ri	Ri+1
m	°C	m	-	-	kW/m²	-	-	-
0	900	2.00	0.0175	0	1.88	0	0.00	0.00
0.5	900	1.84	0.0193	0.0060	2.71	0.20	0.40	0.37
1	900	1.67	0.0160	0	1.72	0	0.37	0.33
1.5	900	1.51	0.0103	0	1.10	0	0.33	0.30
2	900	1.35	0.0056	0	0.60	0	0.30	0.27
2.5	900	1.19	0.0028	0	0.30	0	0.27	0.24
3	900	1.02	0.0014	0	0.15	0	0.24	0.20
3.5	900	0.86	0.0006	0	0.07	0	0.20	0.17
4	900	0.70	0.0003	0	0.03	0	0.17	0.14
4.5	828	0.54	0.0001	0	0.01	0	0.14	0.11
5	708	0.37	0.0000	0	0.00	0	0.11	0.07
5.5	615	0.21	0.0000	0	0.00	0	0.07	0.04
6	540	0.05	0.0000	0	0.00	0	0.04	0.01
6.5	479	0	0	0	0	0	0.01	0.00
7	429	0	0	0	0	0	0	0
7.5	387	0	0	0	0	0	0	0

Incident heat flux on face 2	8.57	kW/m²
Absorbed heat flux by face 2	6.00	kW/m²

Input data				
HRR	Dfire	Q	Q	hf
kW/m²	m	W	MW	m
1000	4	12566370.6	12.57	6.15

Section coordinate		
sf	xf	zf
m	m	m
2.5	0	1

Constant	
σ	Tabs
5.67E-08	273.15

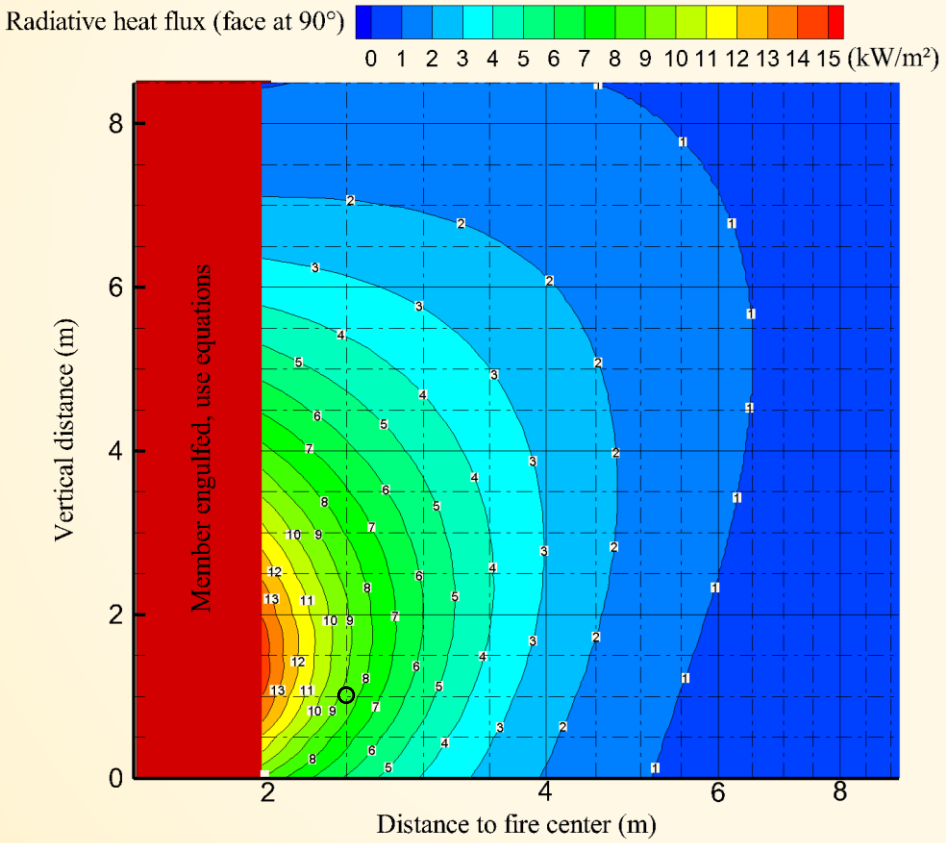
Intermediate variables	
z_{virt}	l
-0.46	2.5

Modified cylinder / ring				Cylinder									
rmin	rmax	$ri_{_adjusted}$	y_{center}	Fi	Fi+1	s	S	X	A	Hi	Hi+1	$\lvert z_i-z_f \rvert$	$\lvert z_{i+1}-z_f \rvert$
m	m	m	m	-	-	-	-	-	-	-	-	m	m
0	2.00	1.00	1.00	0.0403	0.0229	1.00	1.00	2.50	7.25	1.00	0.50	1.00	0.50
0	1.84	0.92	0.92	0.0193	0.0000	0.92	1.00	2.72	8.40	0.54	0.00	0.50	0.00
0	1.67	0.84	0.84	0.0000	0.0160	0.84	1.00	2.99	9.91	0.00	0.60	0.00	0.50
0	1.51	0.76	0.76	0.0130	0.0233	0.76	1.00	3.31	11.93	0.66	1.32	0.50	1.00
0	1.35	0.67	0.67	0.0185	0.0241	0.67	1.00	3.70	14.72	1.48	2.22	1.00	1.50
0	1.19	0.59	0.59	0.0187	0.0215	0.59	1.00	4.21	18.74	2.53	3.37	1.50	2.00
0	1.02	0.51	0.51	0.0161	0.0174	0.51	1.00	4.88	24.81	3.90	4.88	2.00	2.50
0	0.86	0.43	0.43	0.0124	0.0130	0.43	1.00	5.80	34.64	5.80	6.96	2.50	3.00
0	0.70	0.35	0.35	0.0086	0.0089	0.35	1.00	7.15	52.09	8.58	10.01	3.00	3.50
0	0.54	0.27	0.27	0.0053	0.0054	0.27	1.00	9.31	87.70	13.04	14.90	3.50	4.00
0	0.37	0.19	0.19	0.0026	0.0027	0.19	1.00	13.35	179.33	21.37	24.04	4.00	4.50
0	0.21	0.11	0.11	0.0009	0.0009	0.11	1.00	23.60	557.97	42.48	47.20	4.50	5.00
0	0.05	0.02	0.02	0.0000	0.0000	0.02	1.00	101.41	10285.43	202.82	223.11	5.00	5.50
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.50	6.00
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.00	6.50
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.50	1.00

7. Ejemplos de cálculo

7.1. Ejemplo 1 : Flujos de radiación bajo fuego localizado

Cara 2



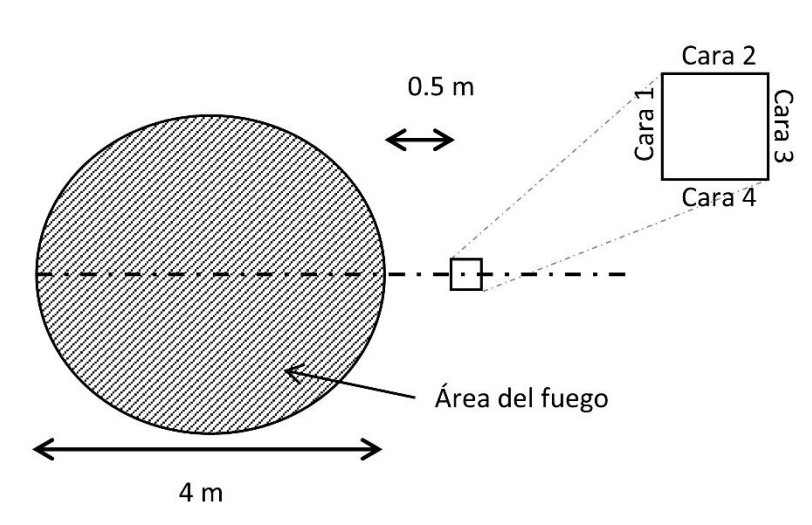
Flujo absorbido $= \varepsilon * \varphi_{tot}$

$= 0.7*8.7$ kW/m2

$= 6.1$ kW/m2

7. Ejemplos de cálculo

7.1. Ejemplo 1 : Flujos de radiación bajo fuego localizado



Flujo de calor absorbido por cada cara (suponiendo $\varepsilon = 0.7$)

Cara 1 : 53.45 kW/m²

Cara 2 : 6.00 kW/m²

Cara 3 : 0.00 kW/m²

Cara 4 : 6.00 kW/m²

→ Flujo de calor promedio = 16.36 kW/m²

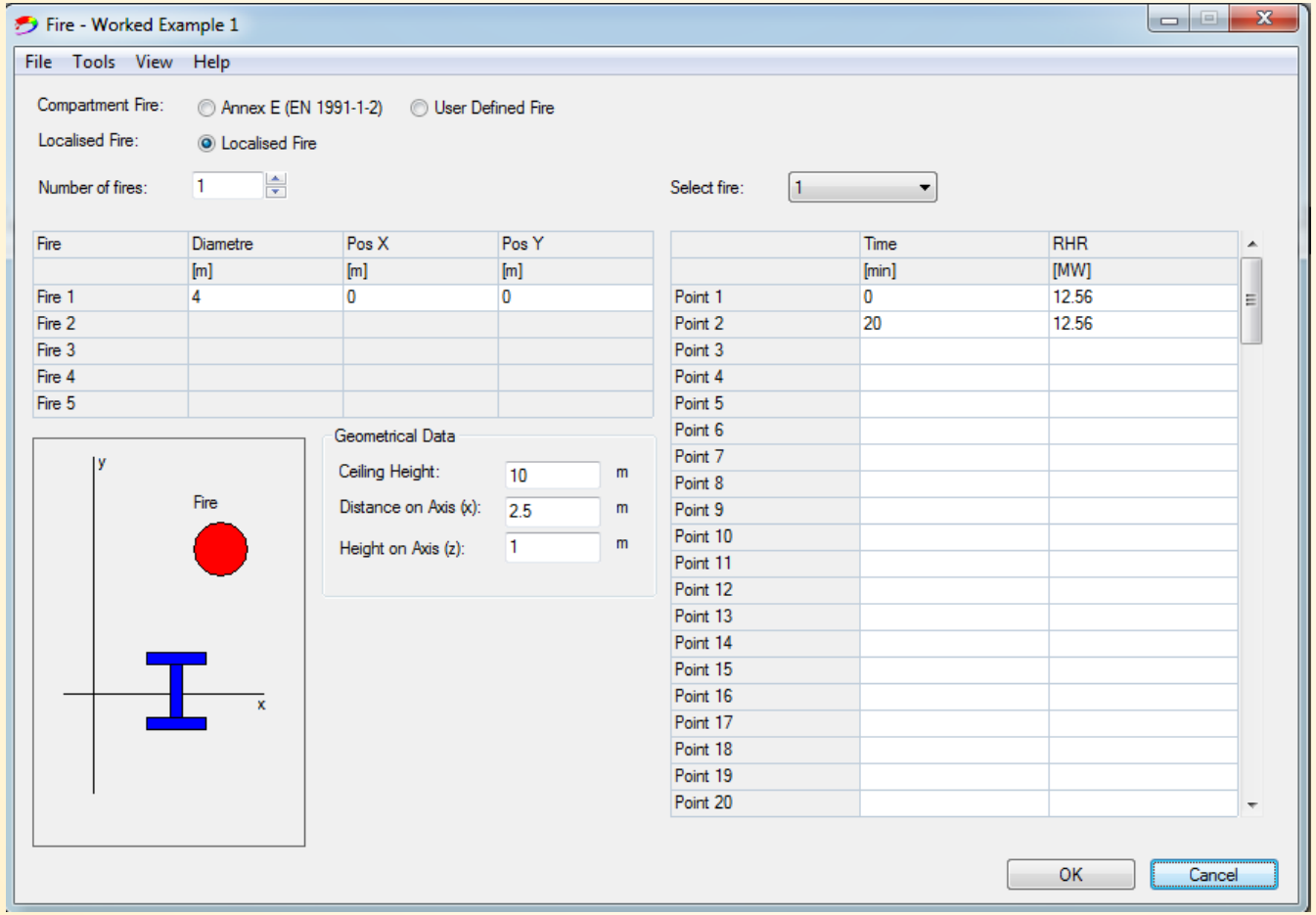
θ (°C)	Flujo emitido W/m²
20	0
30	392.03
40	788.42
50	1189.49
…	…
280	12519.26
290	13145.11
300	13786.06
310	14442.65
320	15115.43
330	15804.96
340	16511.80
350	17236.55
360	17979.78

$$0 = \underbrace{h(\theta - 20)}_{\text{Flujo neto de calor convectivo emitido}} + \underbrace{\sigma\varepsilon[(\theta + 273)^4 - (20 + 273)^4]}_{\text{Flujo neto de calor radiativo emitido}} - \underbrace{\varepsilon * \varphi_{tot}}_{\text{Flujo absorbido}}$$

$$h = 35\, W.m^{-2}.K^{-1};\ \sigma = 5.67 * 10^{-8}\, W.m^{-2}.K^{-4}$$

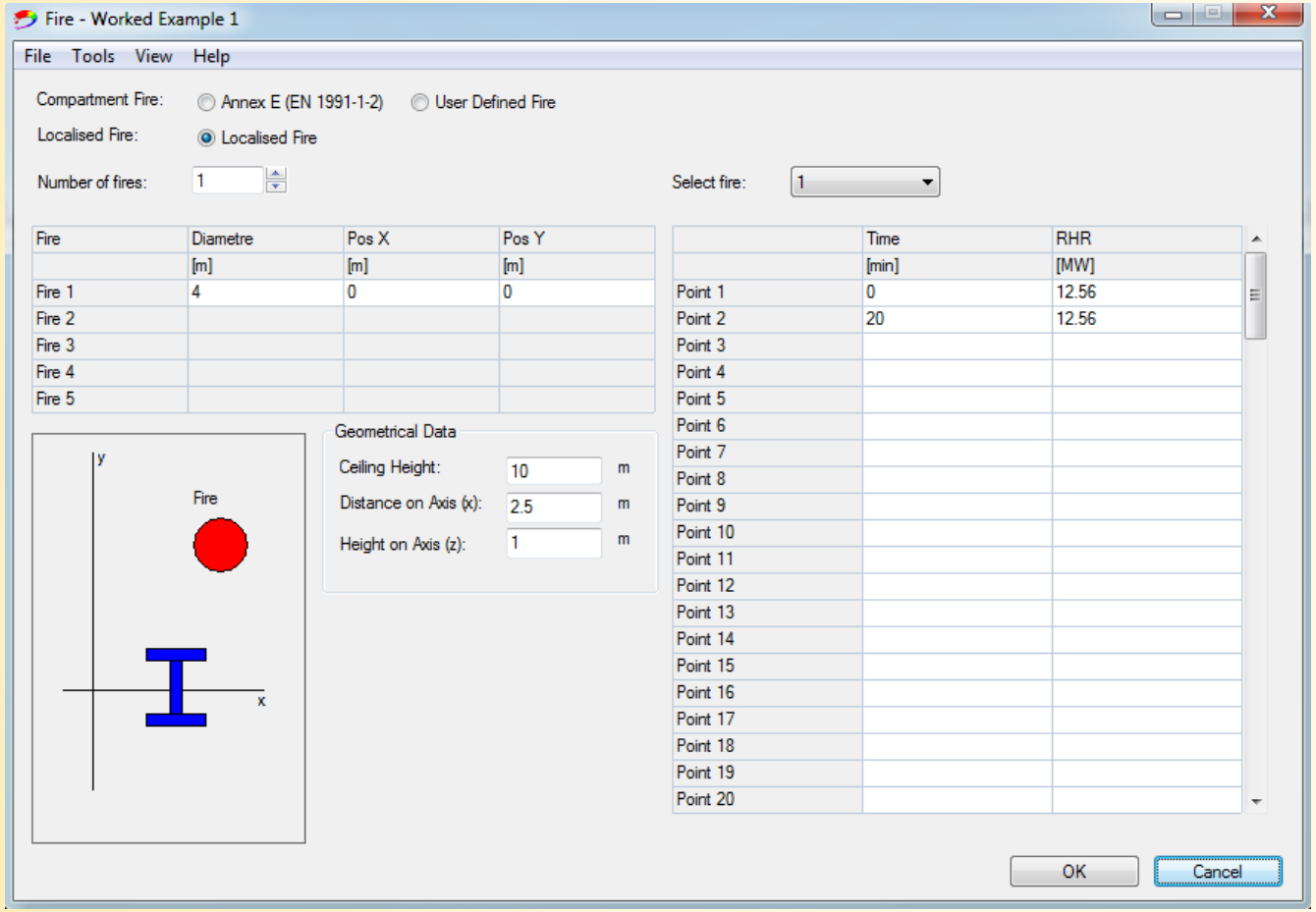
7. Ejemplos de cálculo

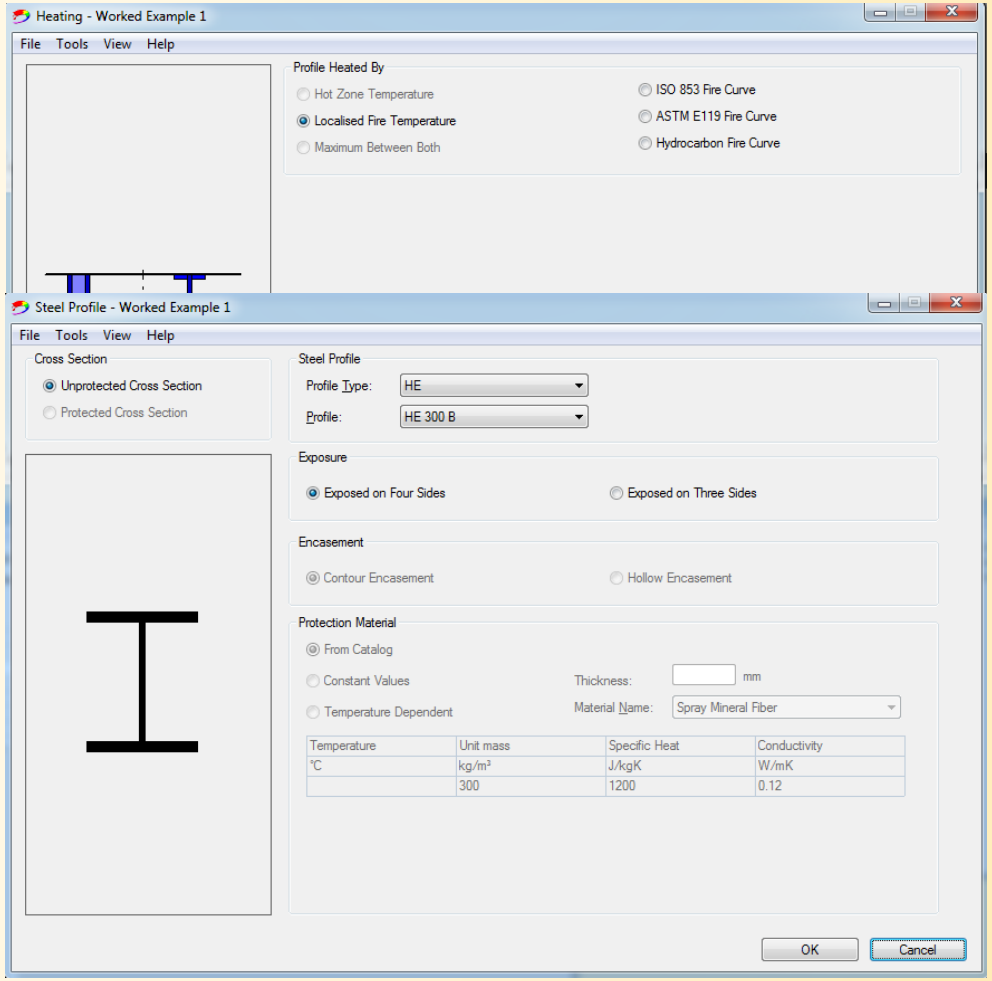
7.1. Ejemplo 1 : Flujos de radiación bajo fuego localizado



7. Ejemplos de cálculo

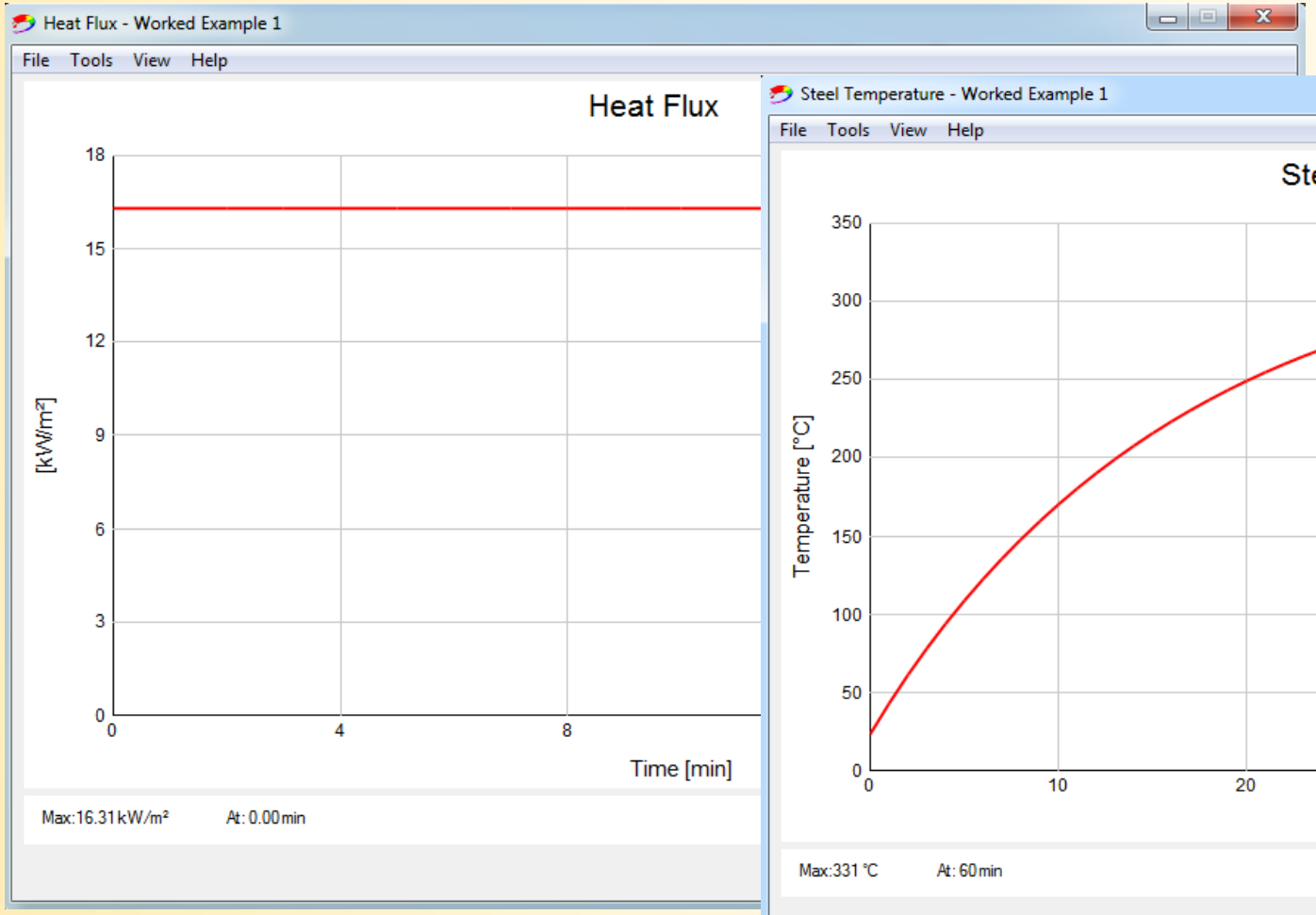
7.1. Ejemplo 1 : Flujos de radiación bajo fuego localizado

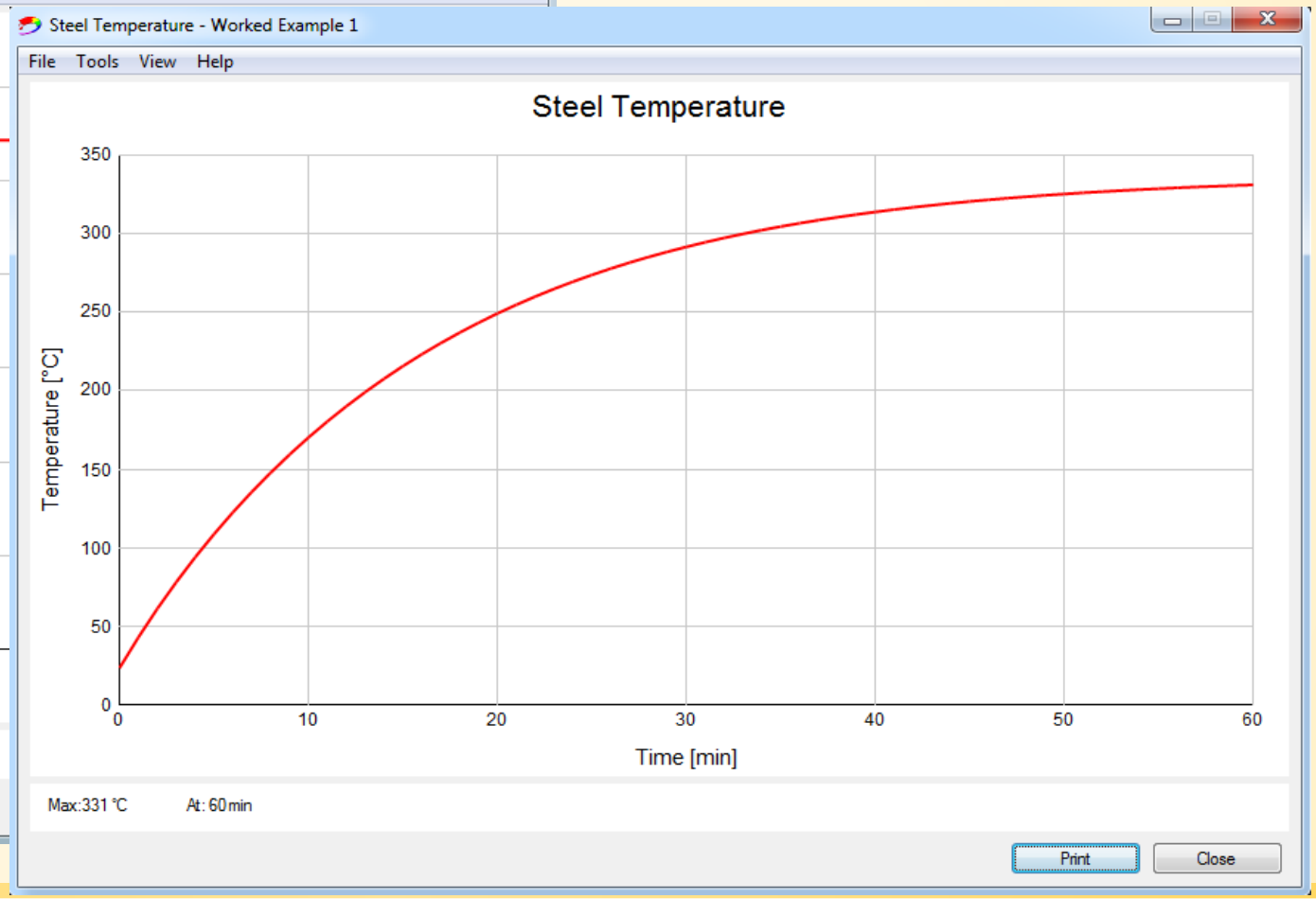




7. Ejemplos de cálculo

7.1. Ejemplo 1 : Flujos de radiación bajo fuego localizado



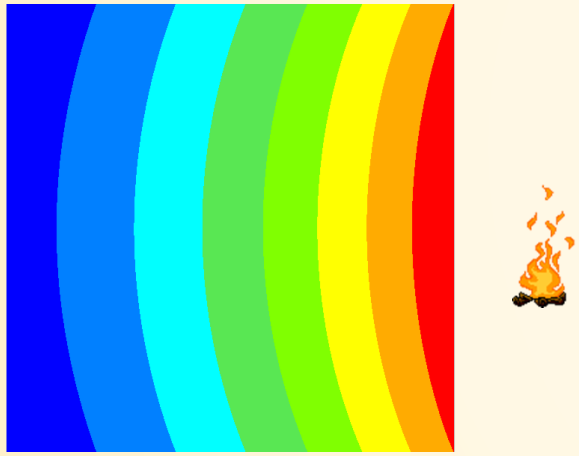


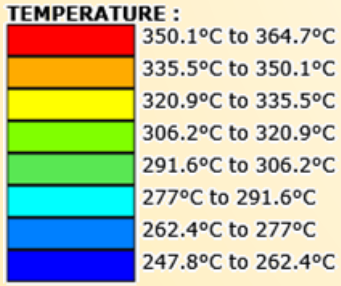
7. Ejemplos de cálculo

7.1. Ejemplo 1 : Flujos de radiación bajo fuego localizado

Distribución de temperatura alcanzado el equilibrio (LOCAFI)

Cuadrada 300x300

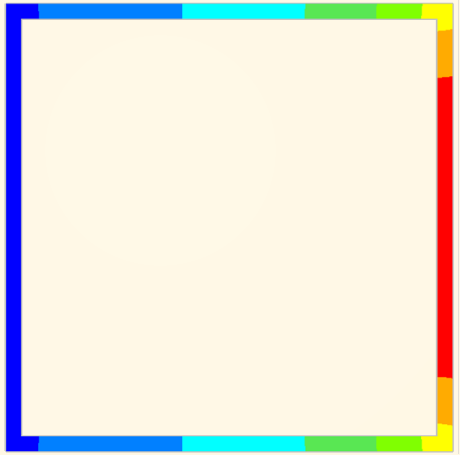


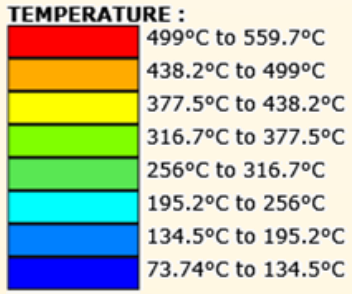


$(T_{max} + T_{min})/2$

$= 306°C$

Tubo 300x300x10



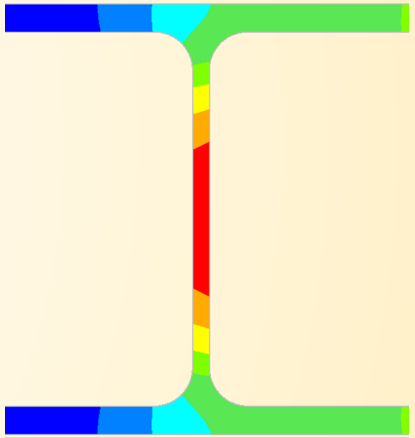


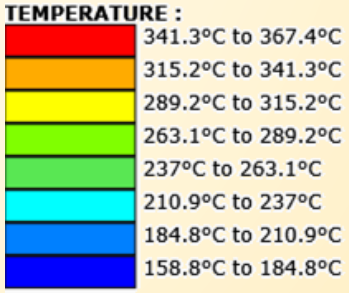
$(T_{max} + T_{min})/2 =$

$317°C$

Gran variación a lo largo de la sección

HEB 300





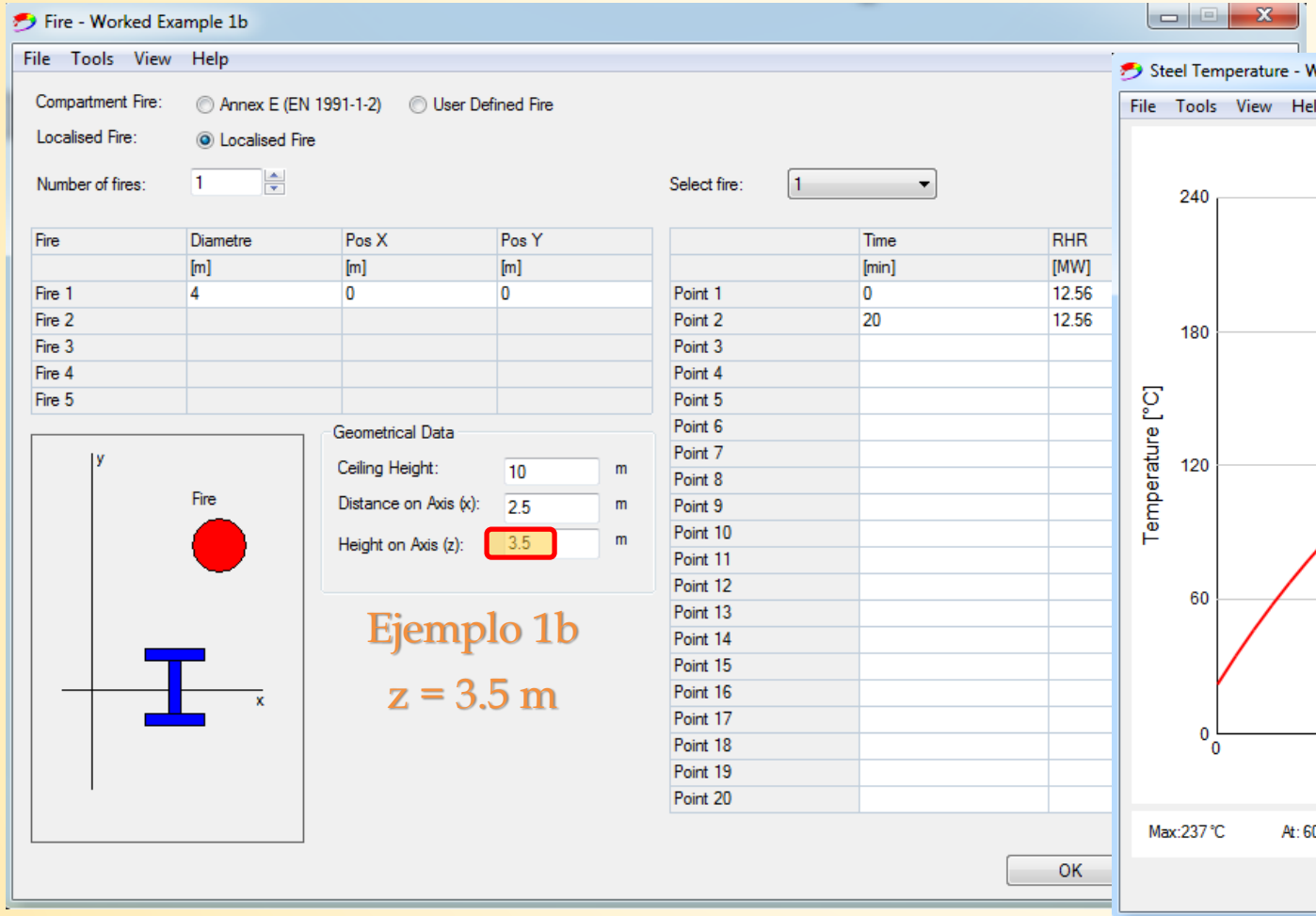
$(T_{max} + T_{min})/2 =$

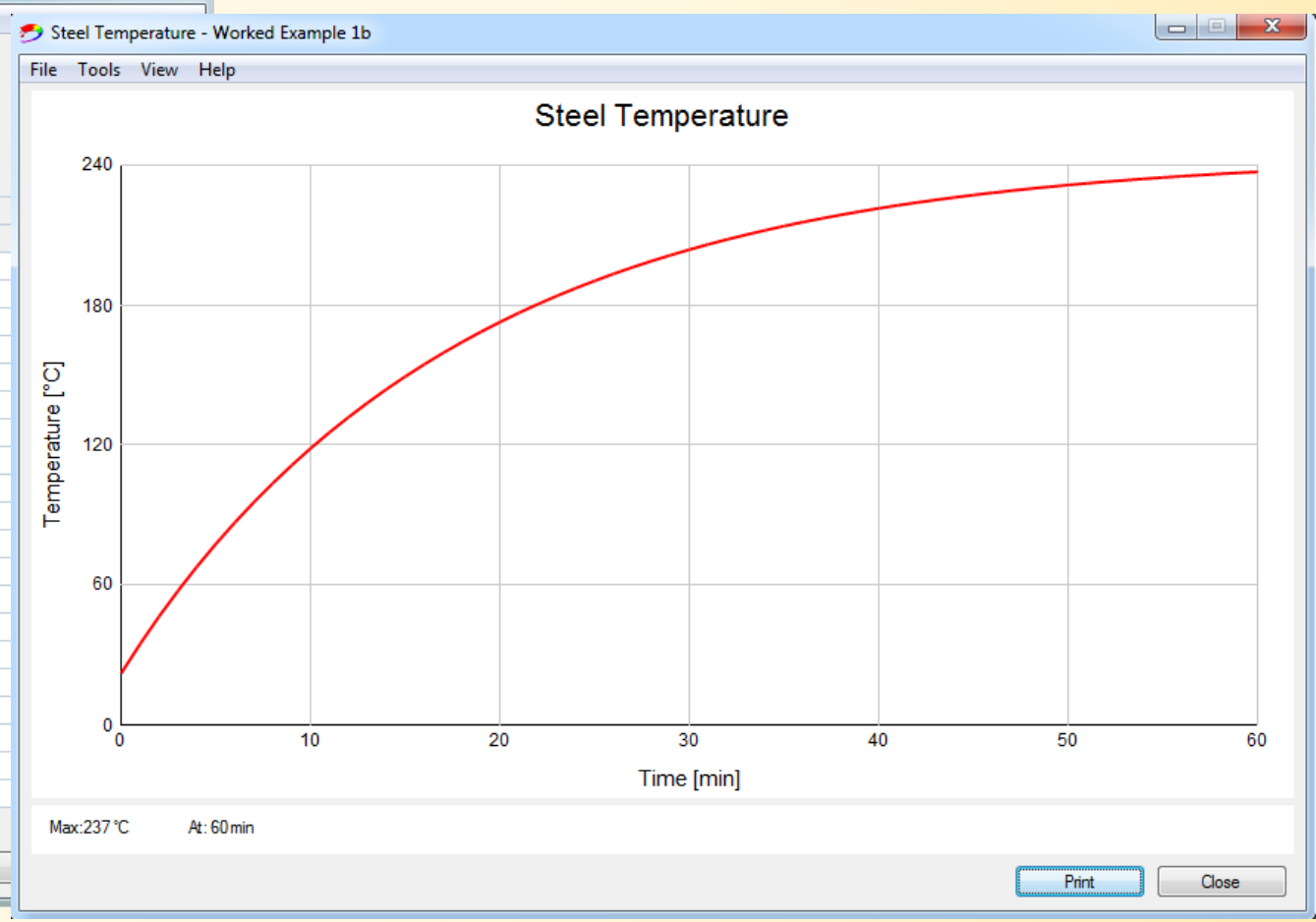
$262°C$

El modelo tiene en cuenta el efecto sombra

7. Ejemplos de cálculo

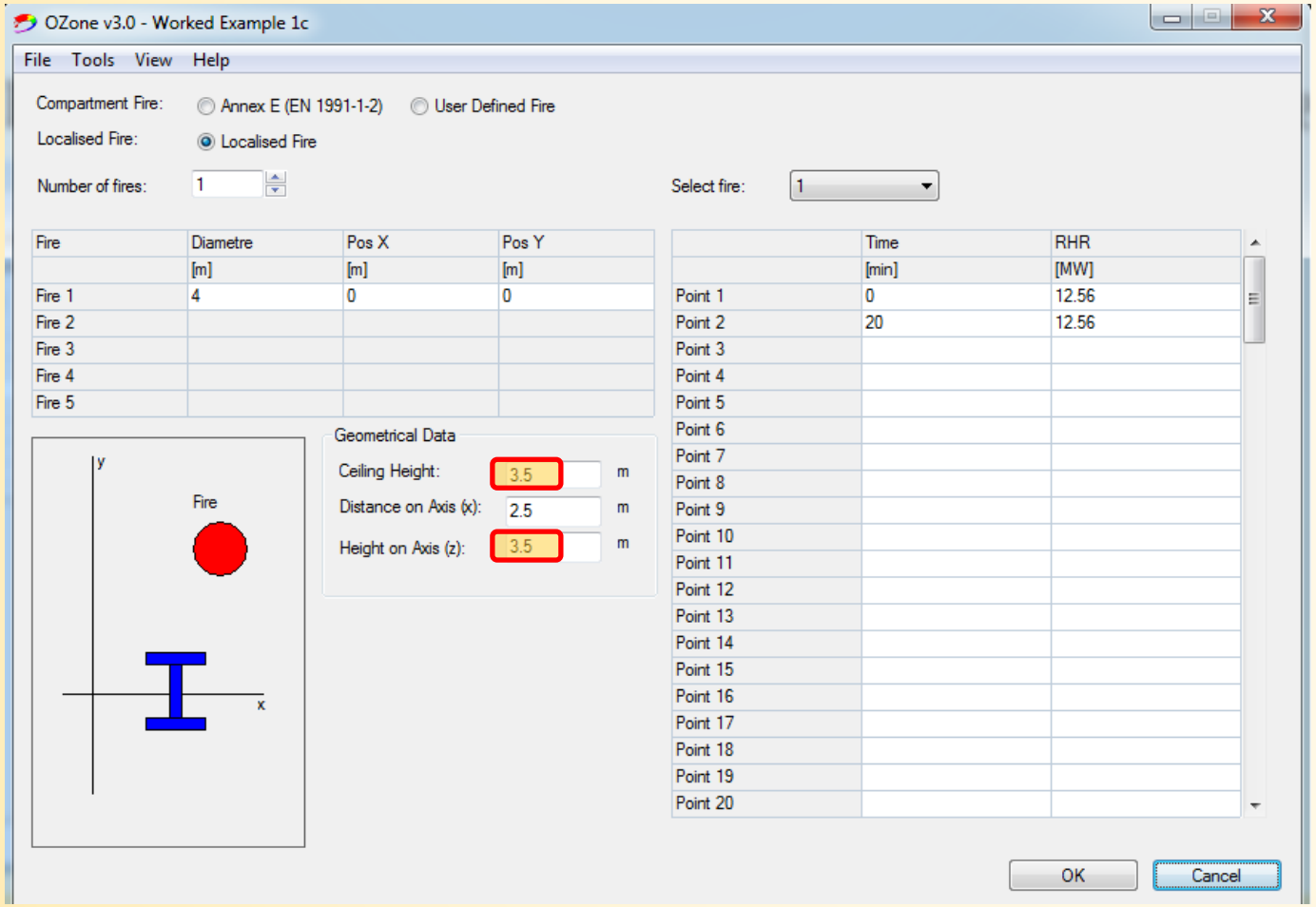
7.1. Ejemplo 1 : Flujos de radiación bajo fuego localizado





7. Ejemplos de cálculo

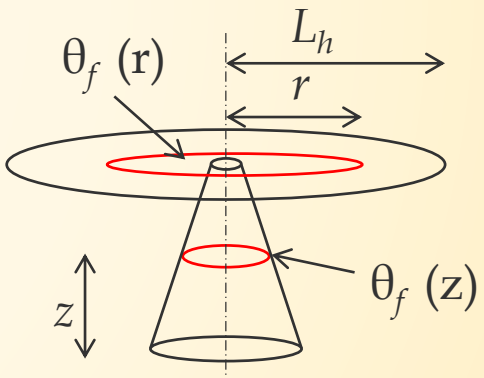
7.1. Ejemplo 1 : Flujos de radiación bajo fuego localizado



Ejemplo 1c

z = 3.5 m

$z_{ceiling}$ = 3.5 m



$$L_h = H\left(2.9Q_H^{0.33} - 1\right) = 4.54\ m$$

7. Ejemplos de cálculo

7.1. Ejemplo 1 : Flujos de radiación bajo fuego localizado

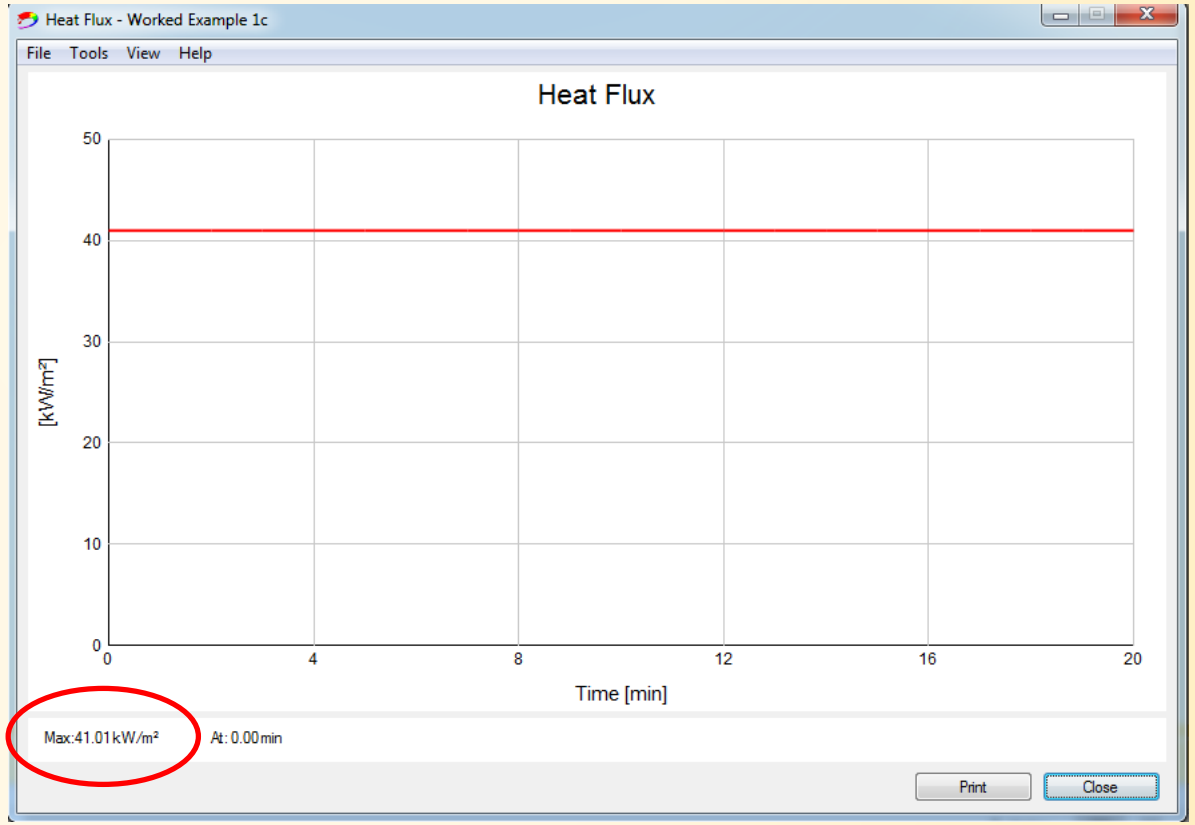
HASEMI (EN 1991-1-2 – Anexo C)

$$Q_D^* = \frac{Q}{1.11*10^6*D^{2.5}} = 0.3536$$

$$z' = 2.4*D*\left(Q_D^{*\,2/5} - Q_D^{*\,2/3}\right) = 1.535$$

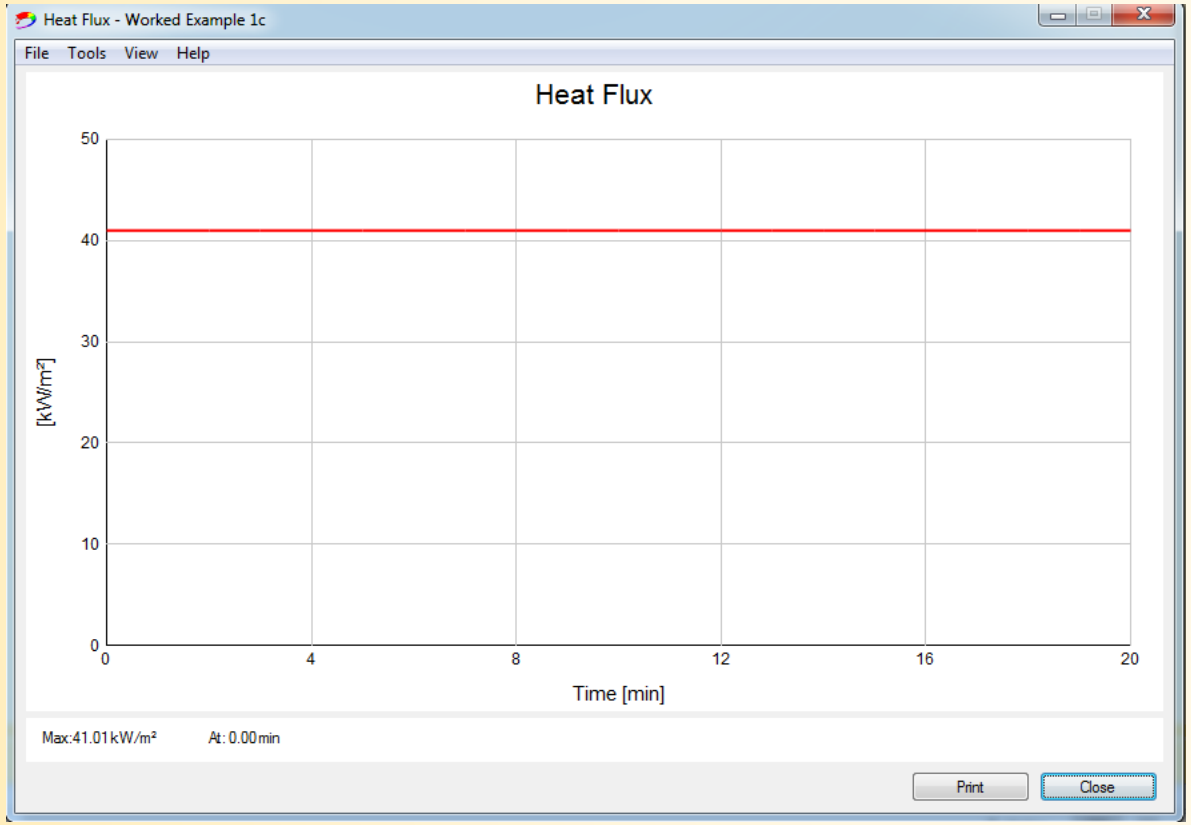
$$y = \frac{r + H + z'}{L_h + H + z'} = 0.787$$

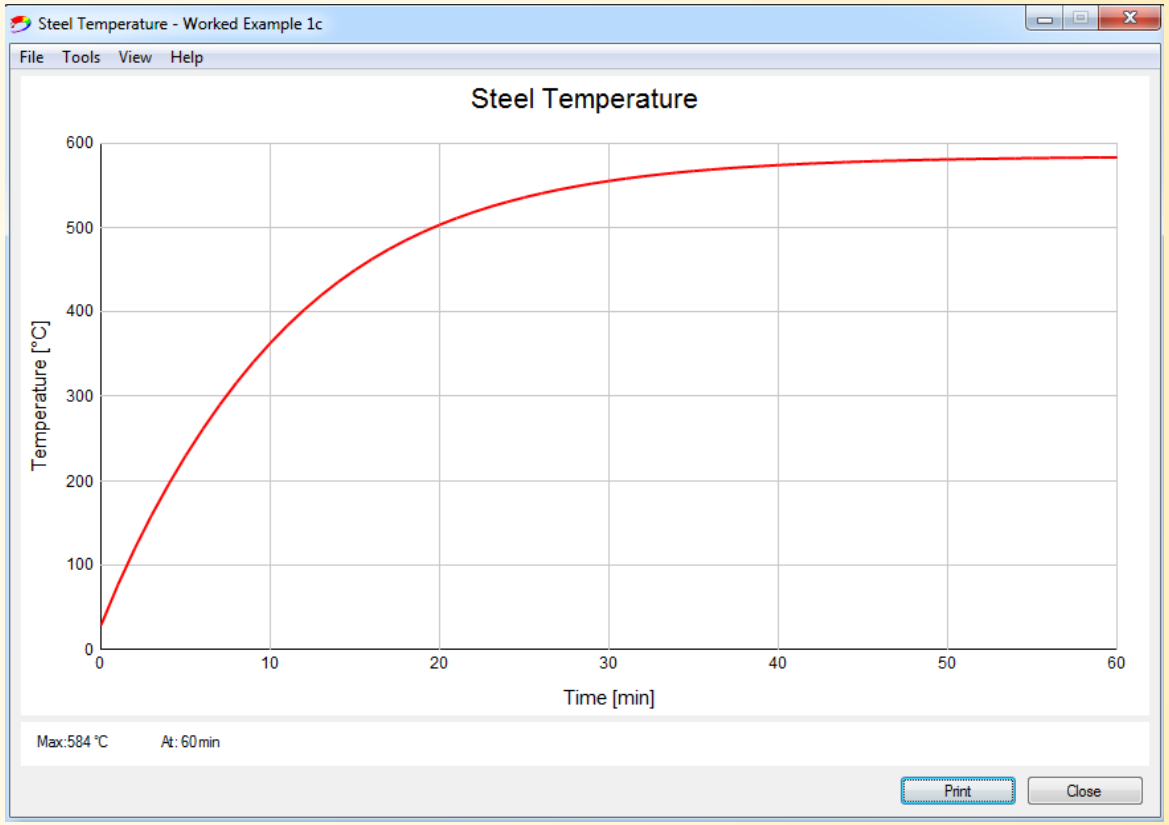
$$0.3 < y < 1 \rightarrow \dot{h} = 136300 - 121000\, y$$
$$\rightarrow \dot{h} = 41073\ W/m^2$$



7. Ejemplos de cálculo

7.1. Ejemplo 1 : Flujos de radiación bajo fuego localizado



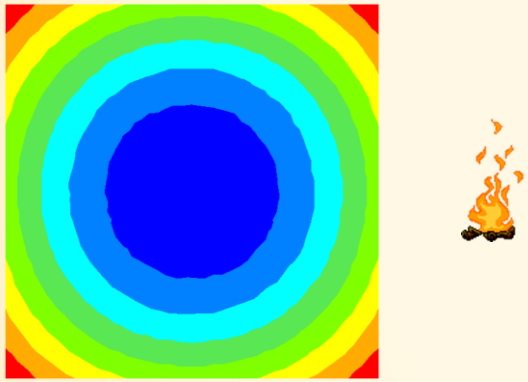


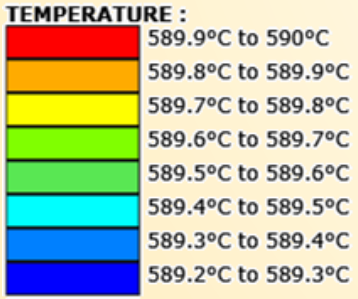
7. Ejemplos de cálculo

7.1. Ejemplo 1 : Flujos de radiación bajo fuego localizado

Distribución de temperatura alcanzado el equilibrio (HASEMI)

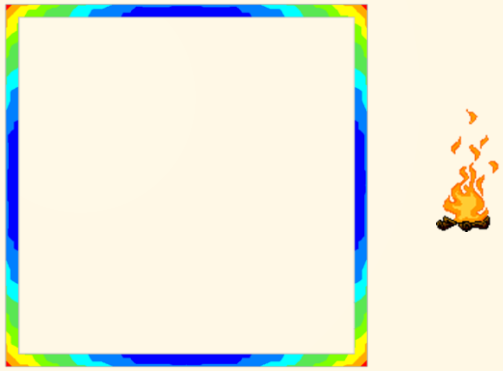
Cuadrada 300x300

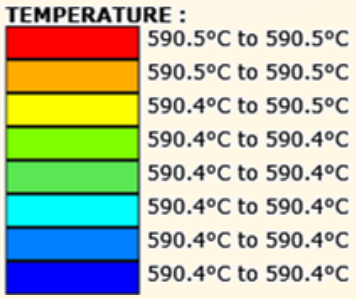




T_{aver} = 589°C

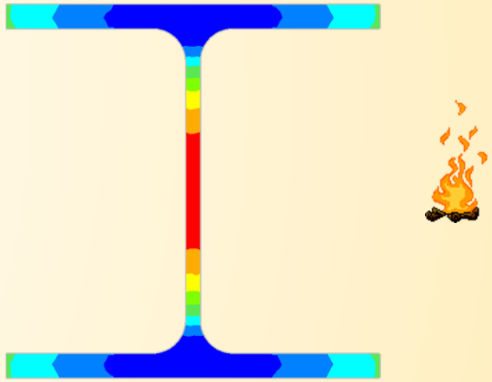
Tubo 300x300x10

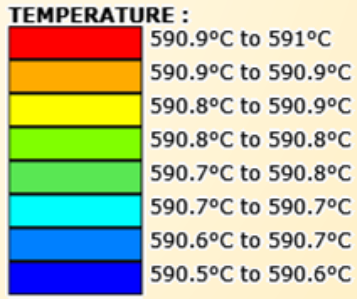




T_{aver} = 590°C

HEB 300

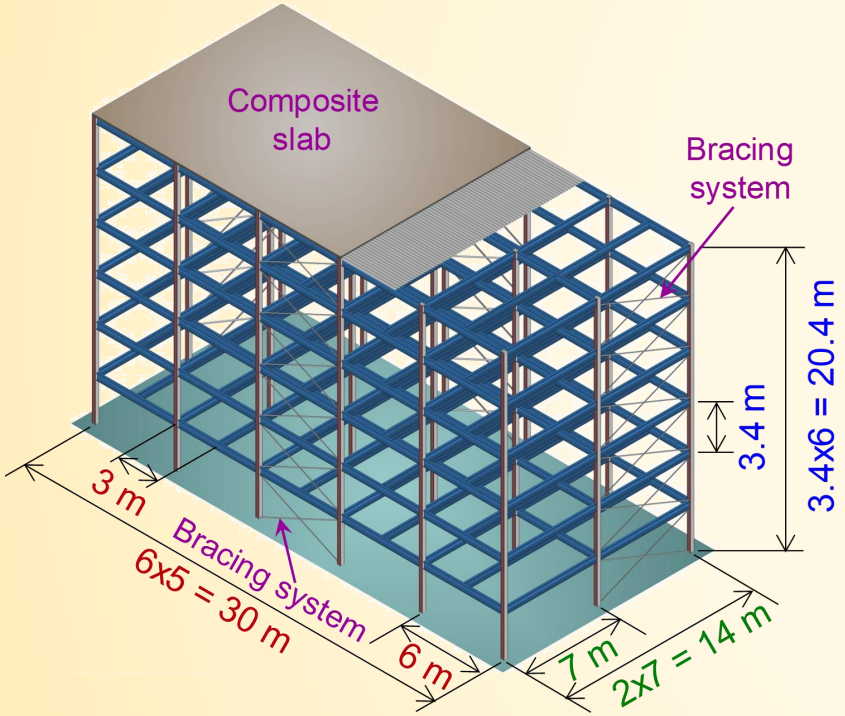




T_{aver} = 591°C

7. Ejemplos de cálculo

7.2. Ejemplo 2 : Columna en un edificio de oficinas

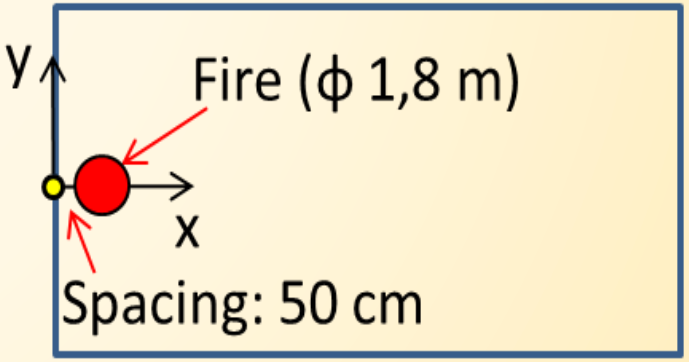


Foco del incendio situado a una distancia de 0.5 m desde la columna

Nivel de techo: 3.5 m

Fuente del incendio: 500 kg de papel (17.5 MJ/kg) en una superficie de 2.5m²

RHR_{max} = 1000 kW/m²



7. Ejemplos de cálculo

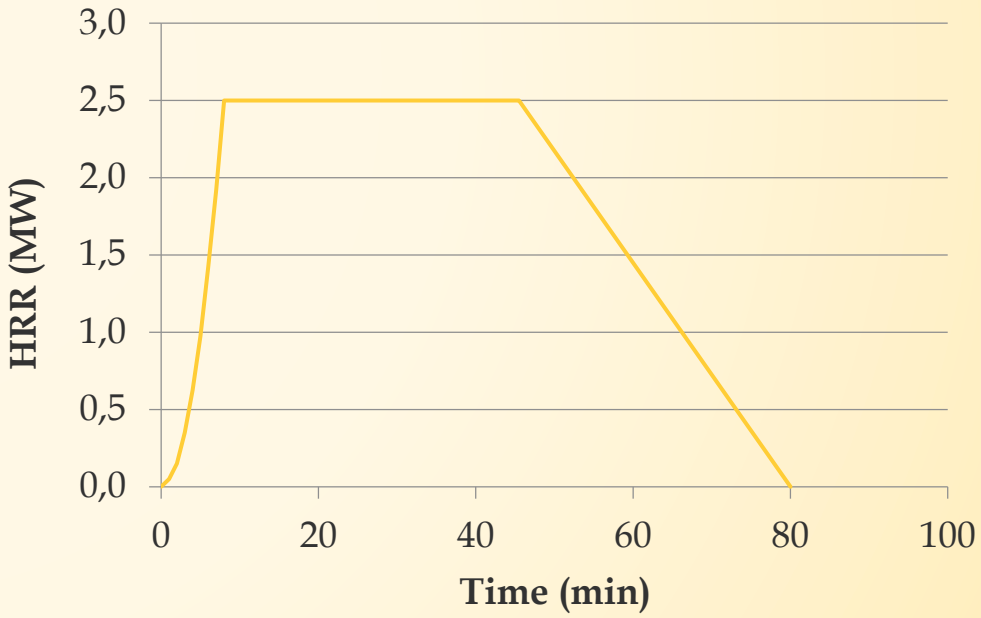
7.2. Ejemplo 2 : Columna en un edificio de oficinas

Desarrollo del fuego según el Anexo E del EN 1991-1-2

- *Fase de desarrollo:* $Q(t) = 10^6 * (t/t_\alpha)^2$
- *Rapidez de desarrollo: Media*

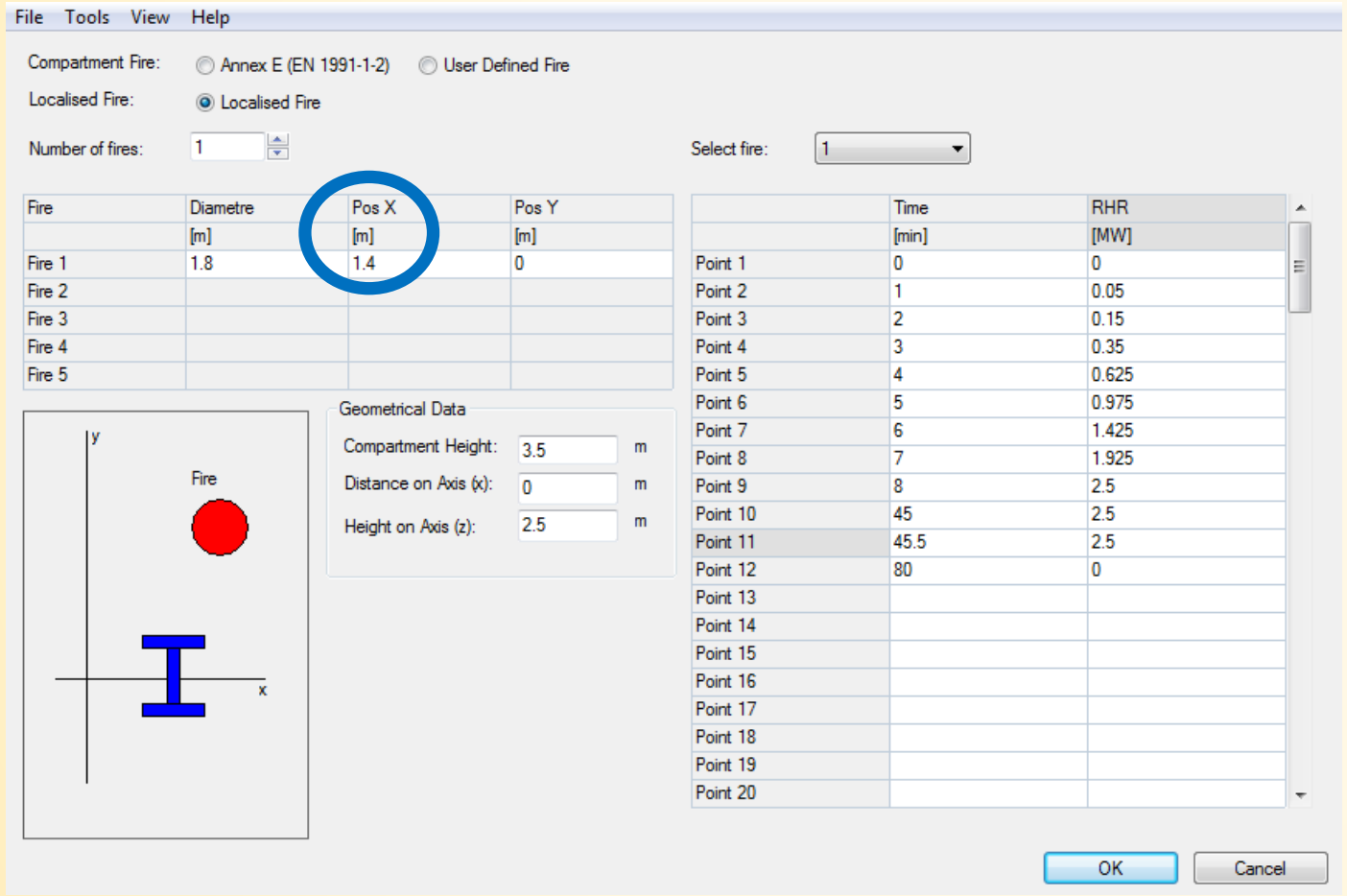
→ *RHR = 1 MW tras* t_α *= 300 sec*

- $RHR_{max} = 2.5m^2 * 1000kW/m^2 = 2.5\ MW$
- *La fase decreciente comienza tras consumirse el 70% del combustible*

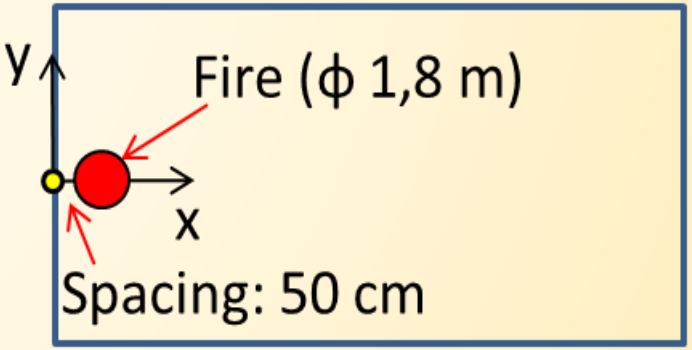


7. Ejemplos de cálculo

7.2. Ejemplo 2 : Columna en un edificio de oficinas

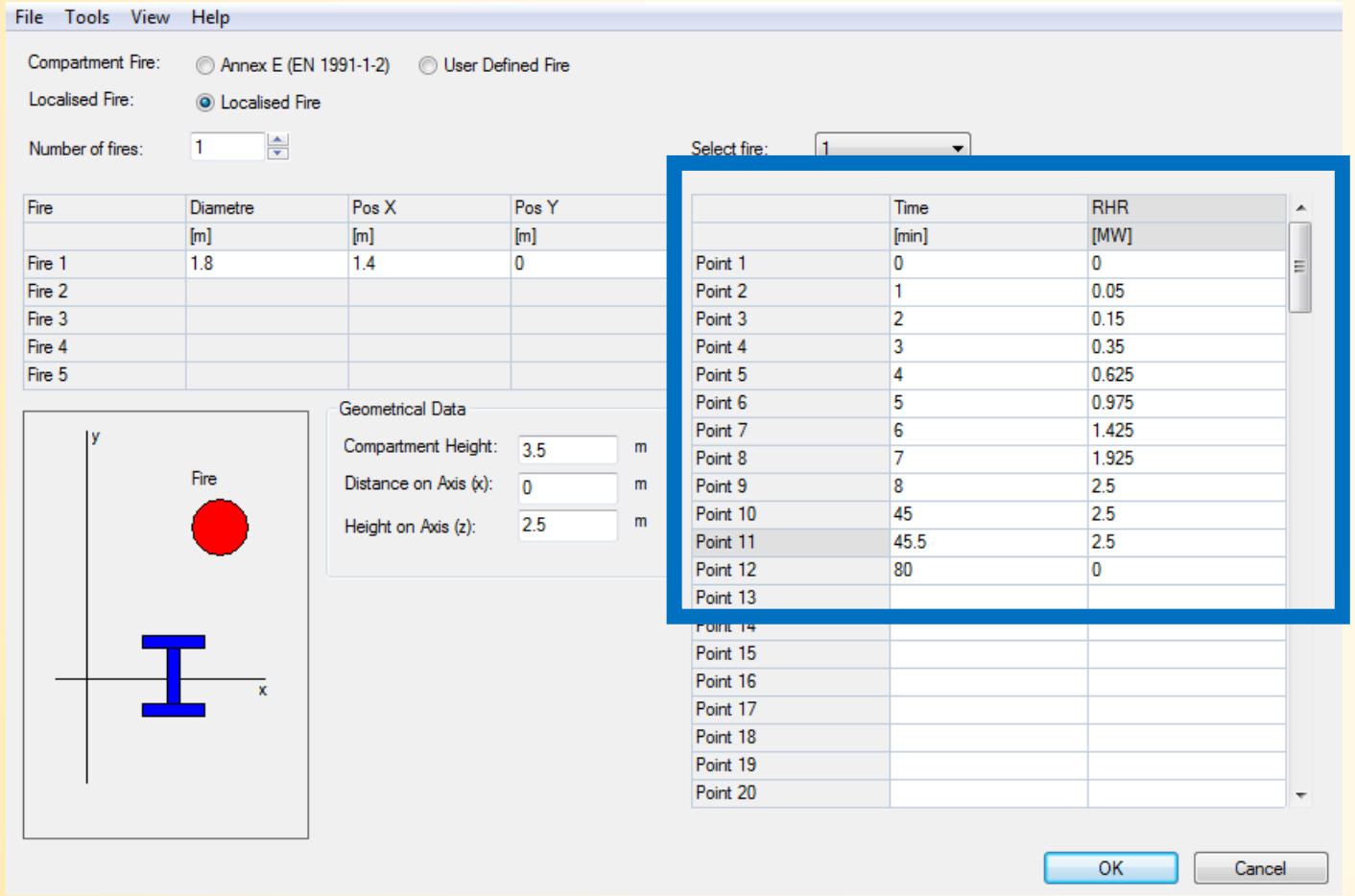


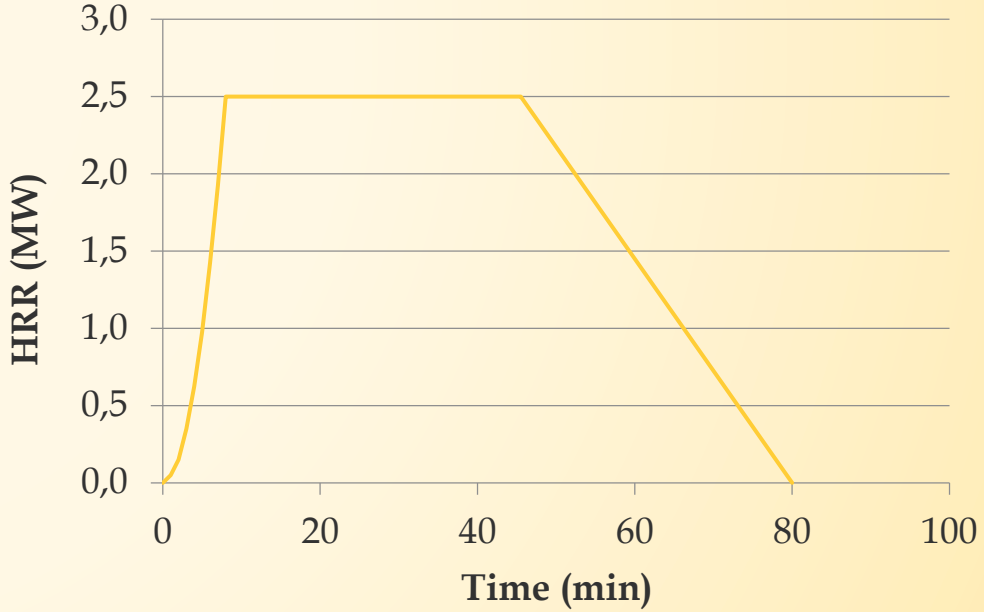
Pos x : 0.5m + 1.8m/2 = 1.4m



7. Ejemplos de cálculo

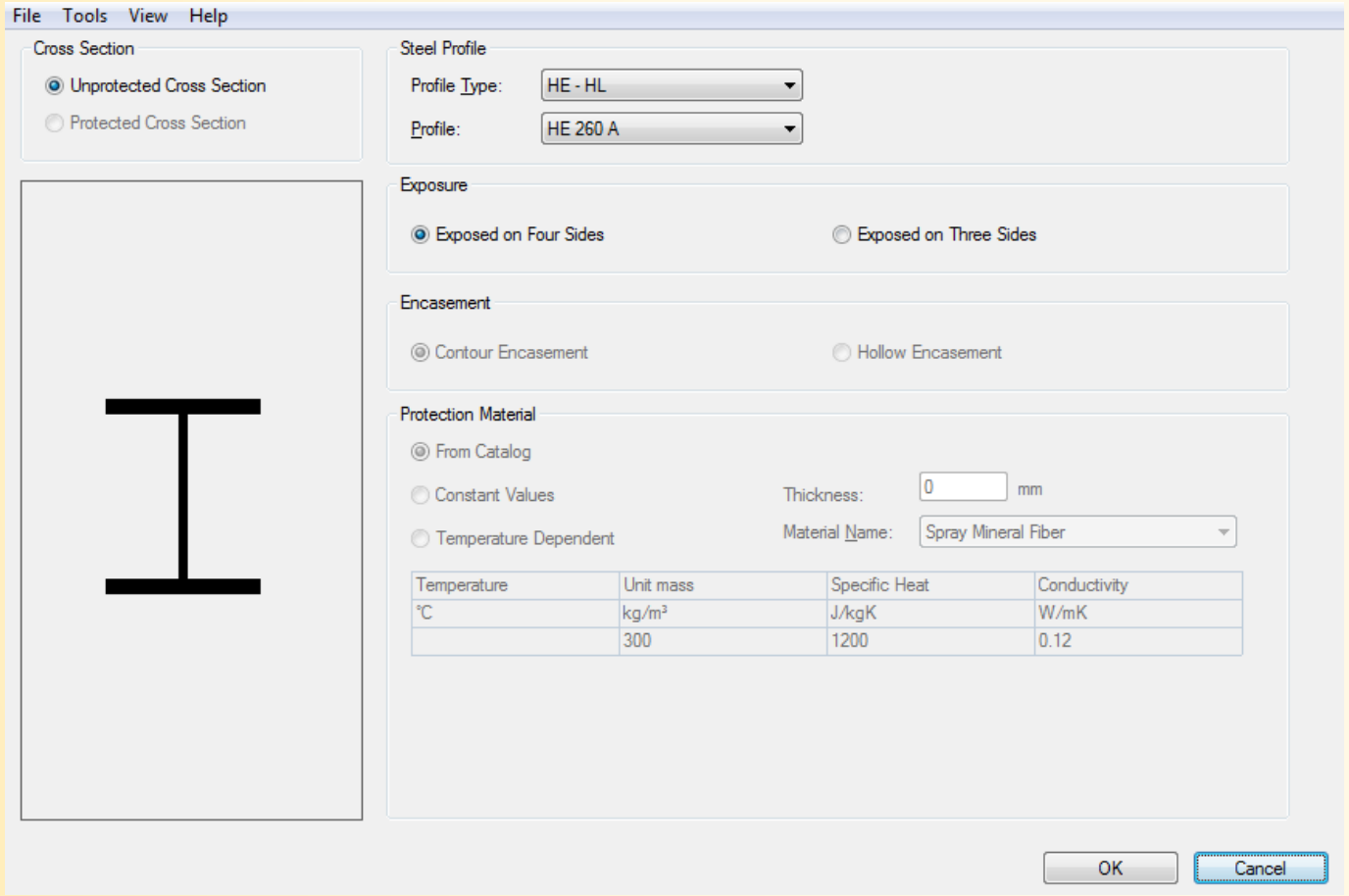
7.2. Ejemplo 2 : Columna en un edificio de oficinas





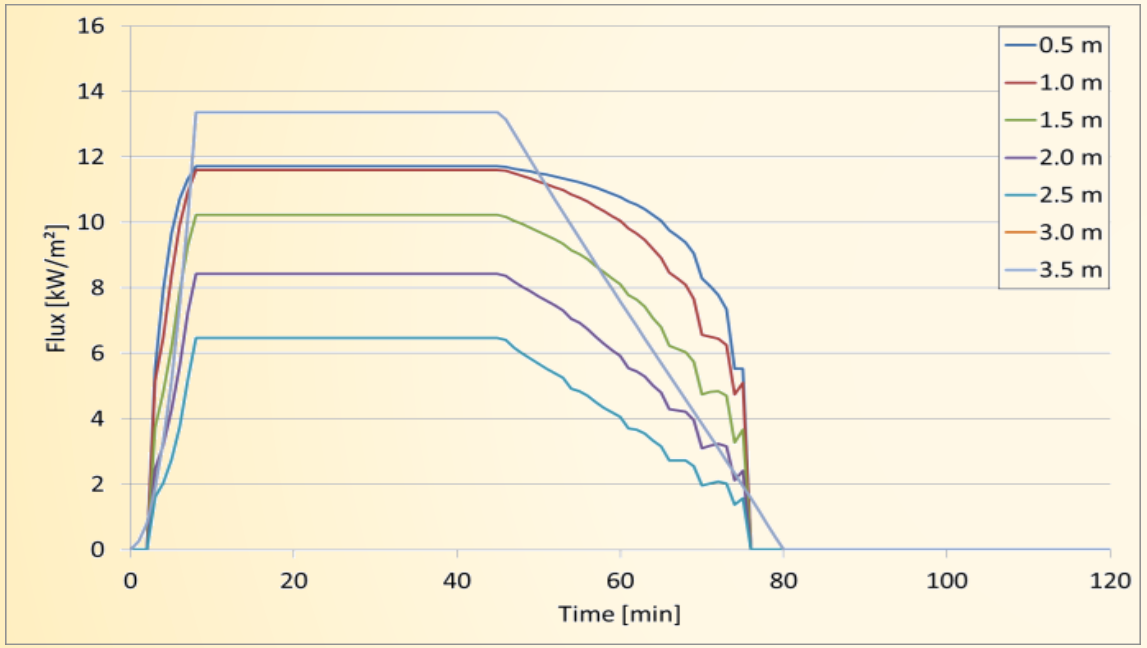
7. Ejemplos de cálculo

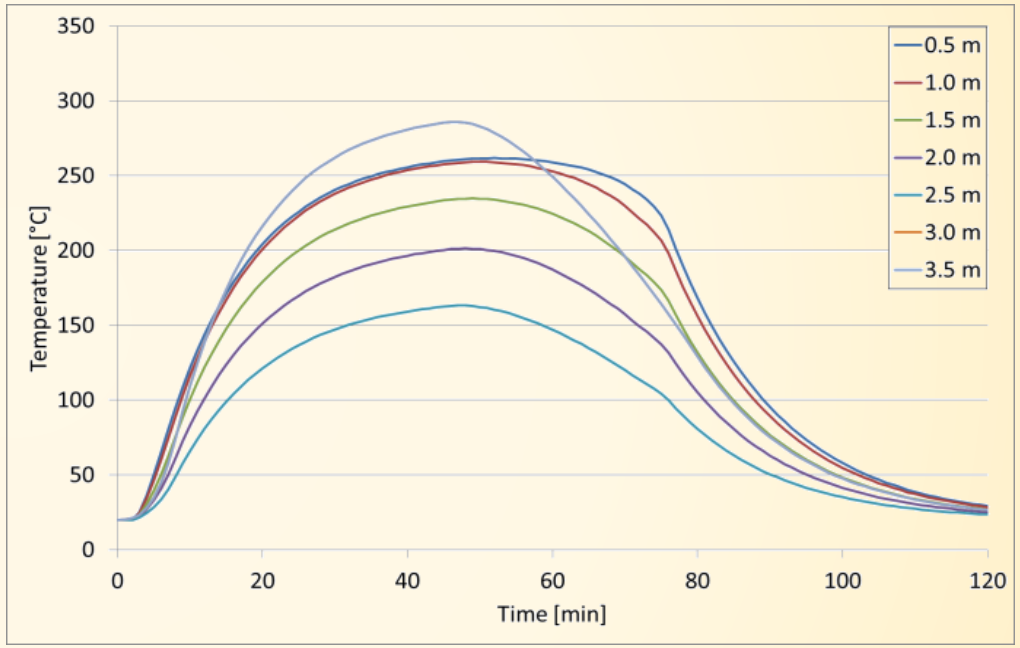
7.2. Ejemplo 2 : Columna en un edificio de oficinas



7. Ejemplos de cálculo

7.2. Ejemplo 2 : Columna en un edificio de oficinas

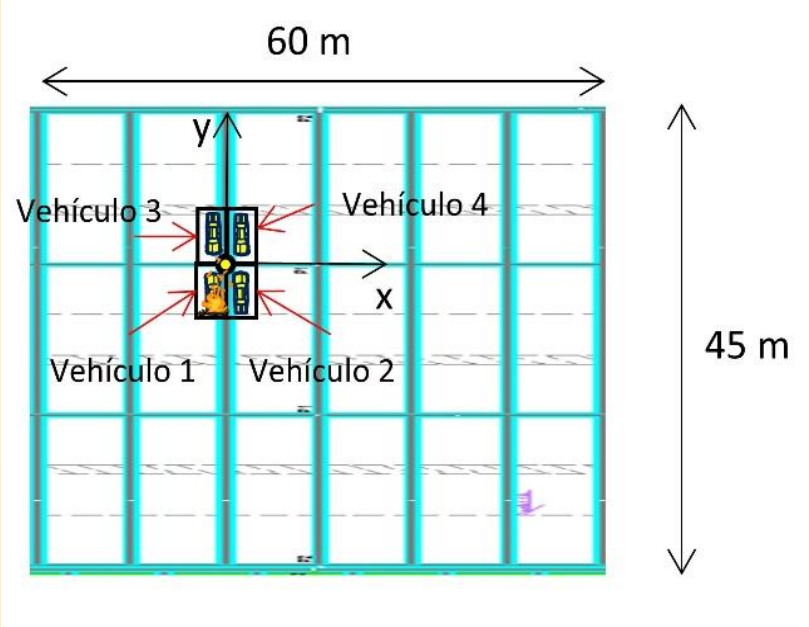


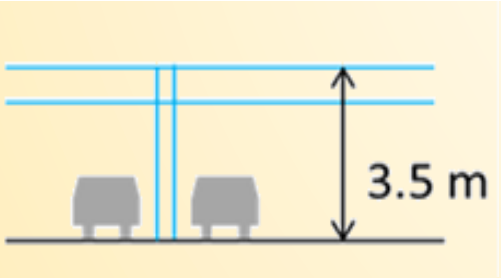


- Máximo flujo de calor por radiación absorbido en la capa de humos calientes
- Capa de humos calientes (z = 3.5m) : la temperatura alcanza 290°C
- Fuera de la capa de humos (z = 0.5m y z = 1m) : ~250°C

7. Ejemplos de cálculo

7.3. Ejemplo 3 : Columna en un aparcamiento





Columna HEA 300

Altura del techo: 3.5 m

Dimensiones de la plaza de parking: 2.5m*5m

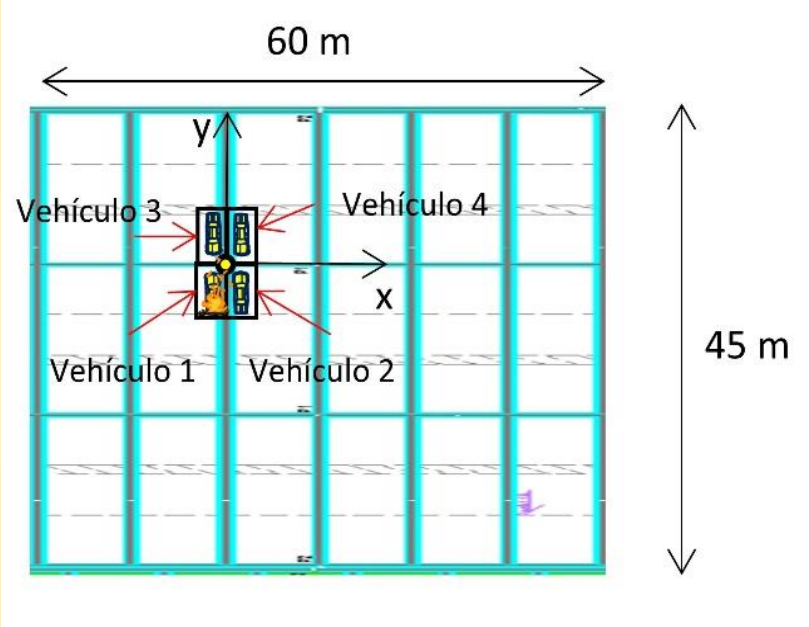
→ Diámetro equivalente del fuego: 4 m

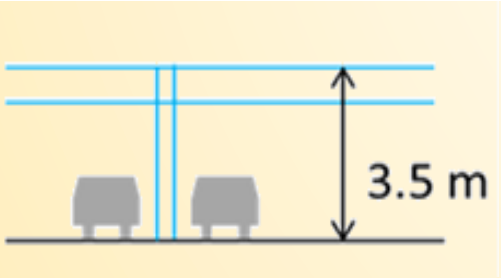
Escenario de incendio: 3 coches + 1 furgoneta (análisis de riesgos – consideración muy severa)

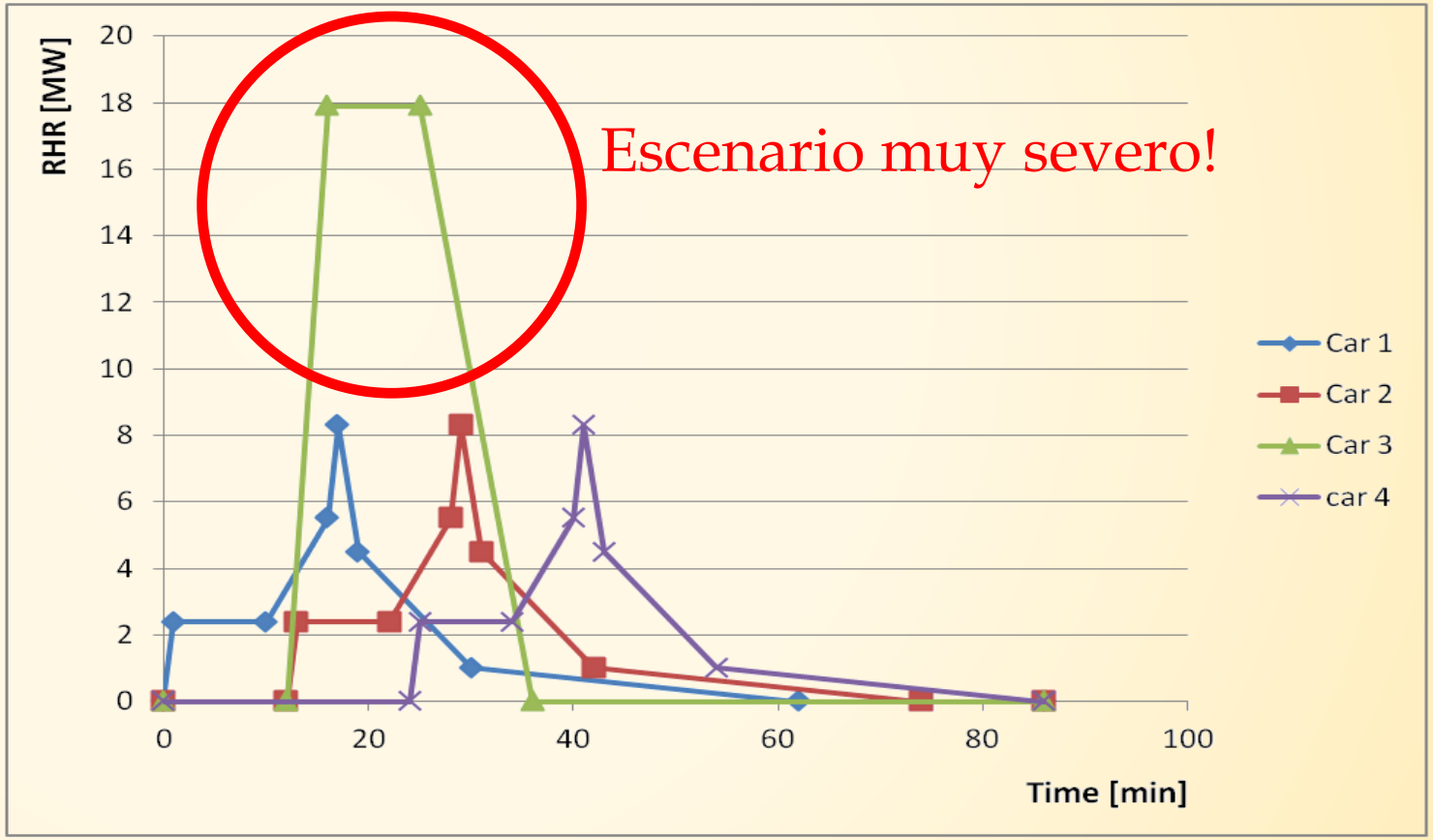
Tiempo de ignición entre dos vehículos consecutivos: 12 minutos

7. Ejemplos de cálculo

7.3. Ejemplo 3 : Columna en un aparcamiento

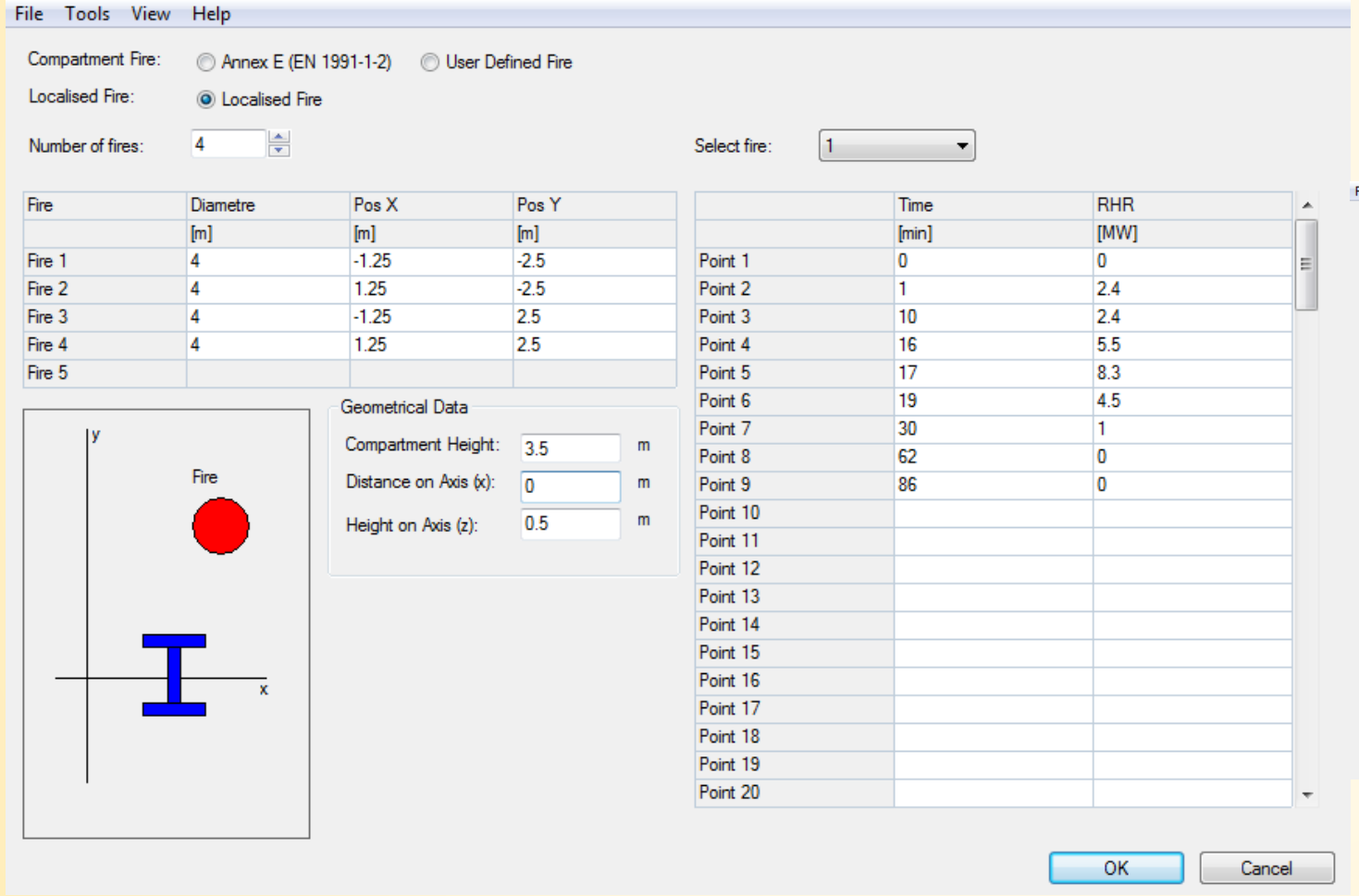


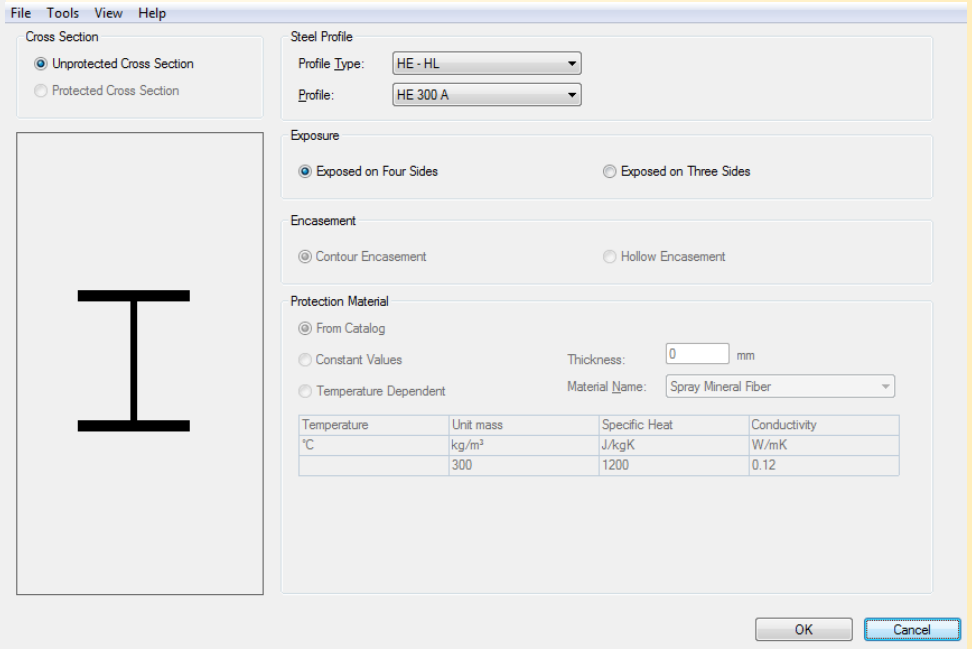




7. Ejemplos de cálculo

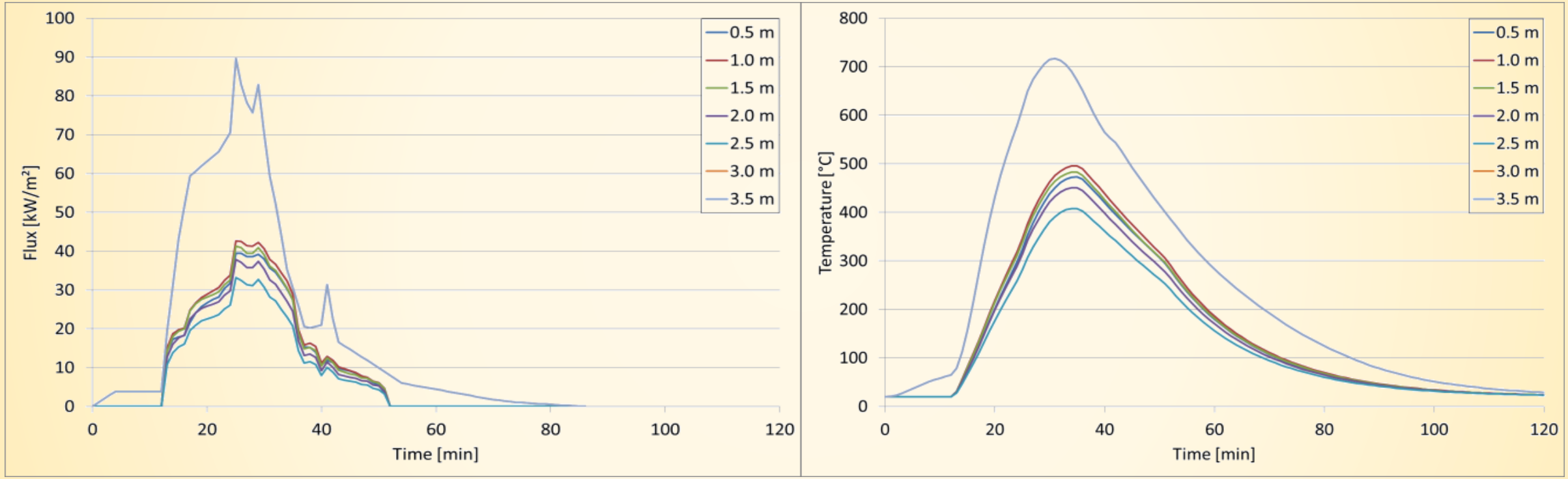
7.3. Ejemplo 3 : Columna en un aparcamiento





7. Ejemplos de cálculo

7.3. Example 3 : Column of a car park

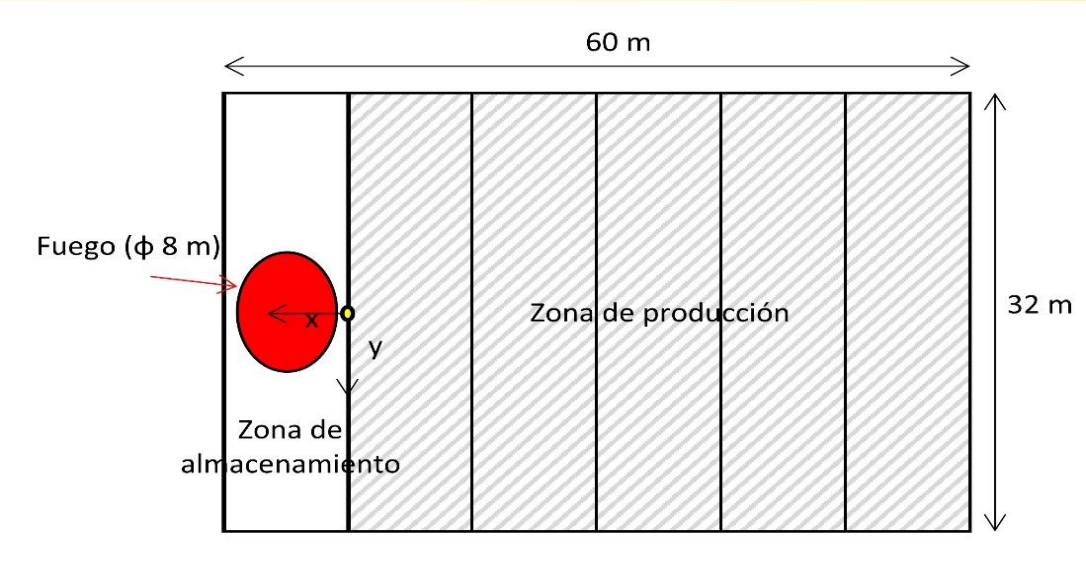


- Fuera de la capa de humos calientes (z = 1 m) : t_{max} = 500°C
- Dentro de la capa de humos calientes (z = 3.5 m) : t_{max} = 718°C

7. Ejemplos de cálculo

7.4. Ejemplo 4 : Celosía en un edificio industrial

Descripción de la estructura:

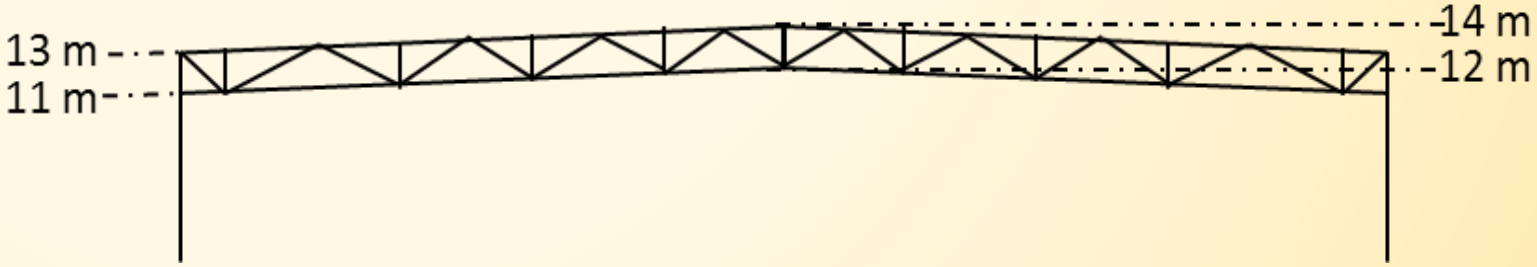


Sección de los cordones: HEA 220

Sección de las diagonales: 2 L60*60*6

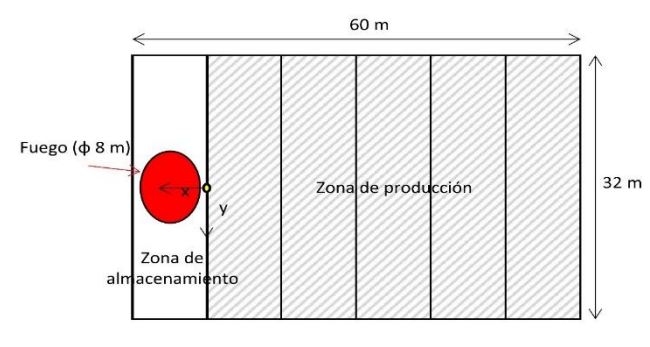
Distancia entre 2 pórticos: 10 m

Altura de cumbrera: 14 m



7. Ejemplos de cálculo

7.4. Ejemplo 4 : Celosía en un edificio industrial



Escenario de incendio:

Área del fuego: 50 m² (centrado en la zona de almacenamiento)

→ Diámetro equivalente: 8 m

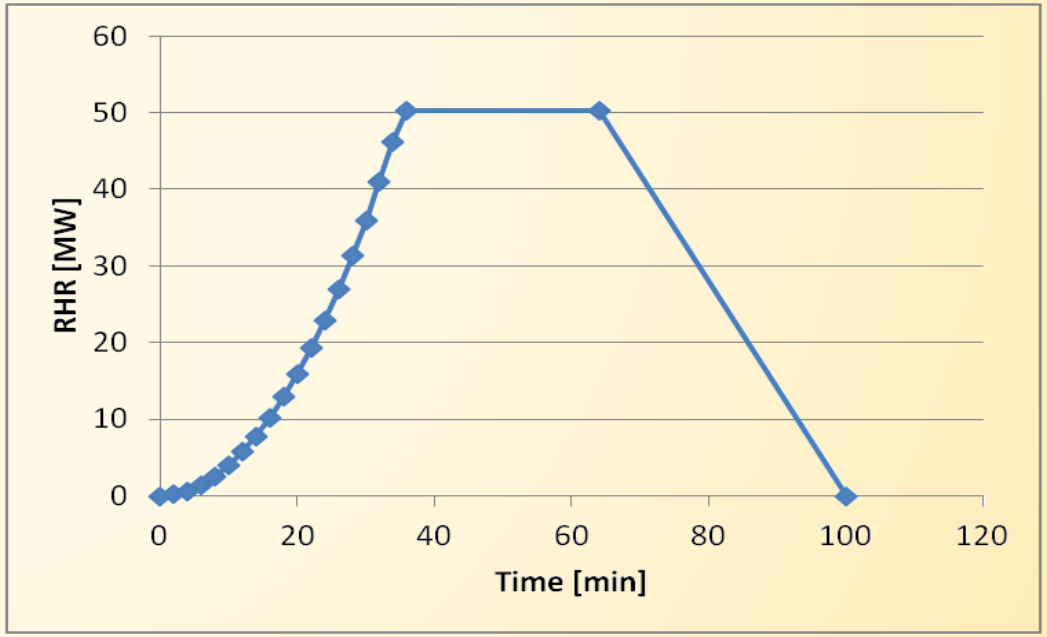
Velocidad de desarrollo: Media

→ RHR = 1 MW tras t_α = 300 sec

*RHR_{max} = 1000 kW/m²*50m² = 50 MW*

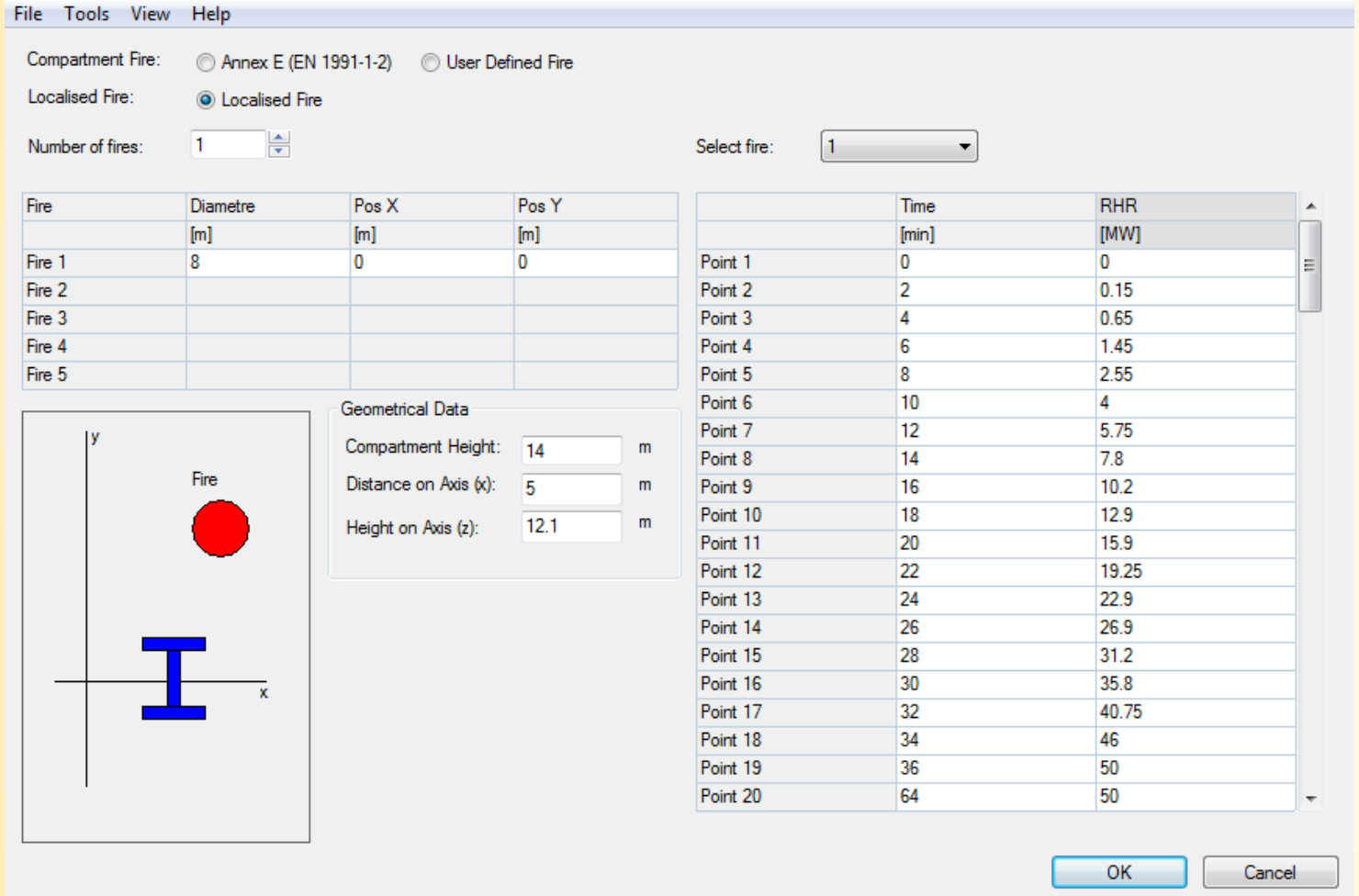
Carga de fuego: 10 To (celulósico)

*→ Q = 17.5 MJ/kg*10000 kg = 175000 MJ*



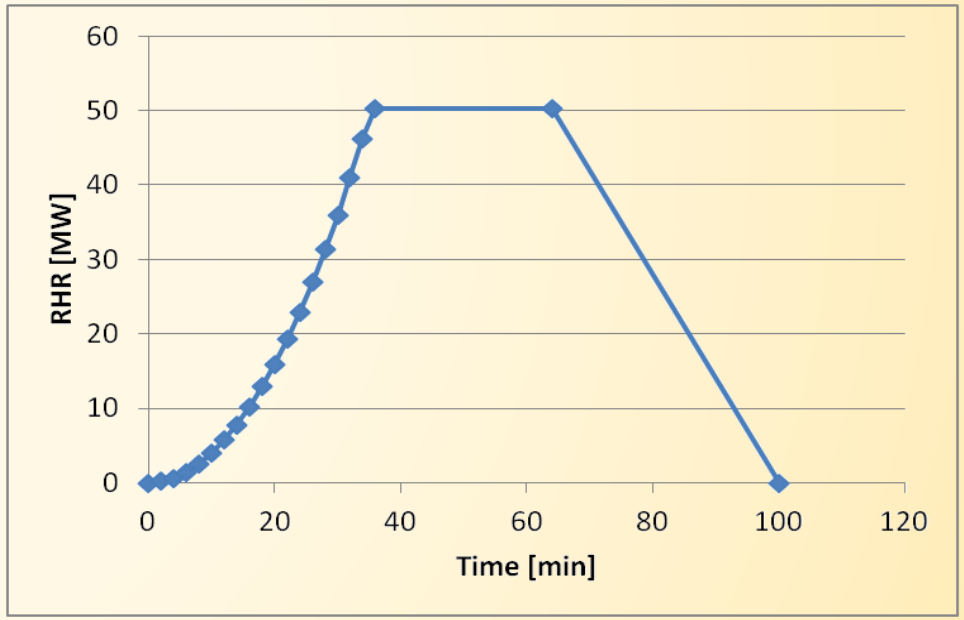
7. Ejemplos de cálculo

7.4. Ejemplo 4 : Celosía en un edificio industrial



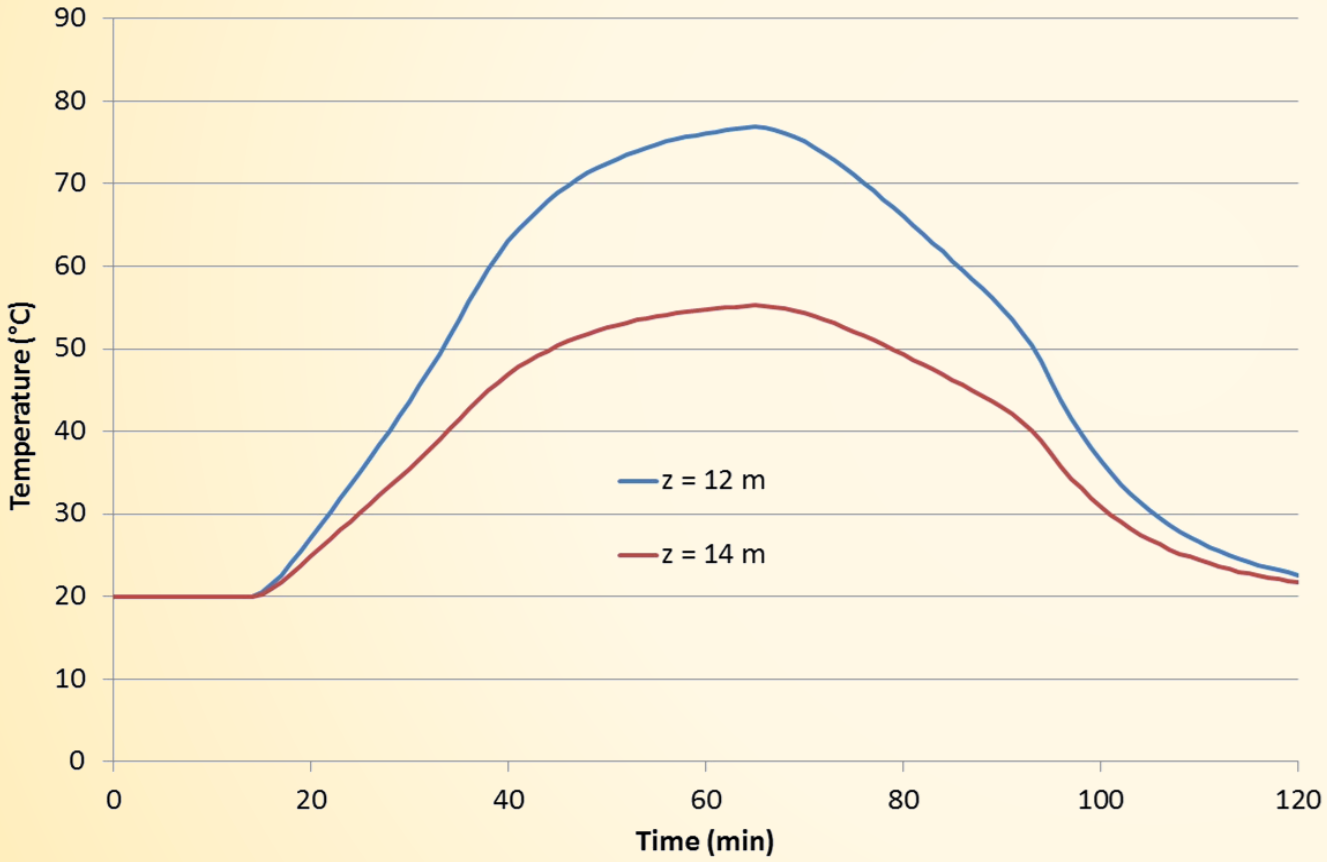
Fire	Diametre	Pos X	Pos Y
	[m]	[m]	[m]
Fire 1	8	0	0
Fire 2			
Fire 3			
Fire 4			
Fire 5			

	Time	RHR
	[min]	[MW]
Point 1	0	0
Point 2	2	0.15
Point 3	4	0.65
Point 4	6	1.45
Point 5	8	2.55
Point 6	10	4
Point 7	12	5.75
Point 8	14	7.8
Point 9	16	10.2
Point 10	18	12.9
Point 11	20	15.9
Point 12	22	19.25
Point 13	24	22.9
Point 14	26	26.9
Point 15	28	31.2
Point 16	30	35.8
Point 17	32	40.75
Point 18	34	46
Point 19	36	50
Point 20	64	50



7. Ejemplos de cálculo

7.4. Ejemplo 4 : Celosía en un edificio industrial



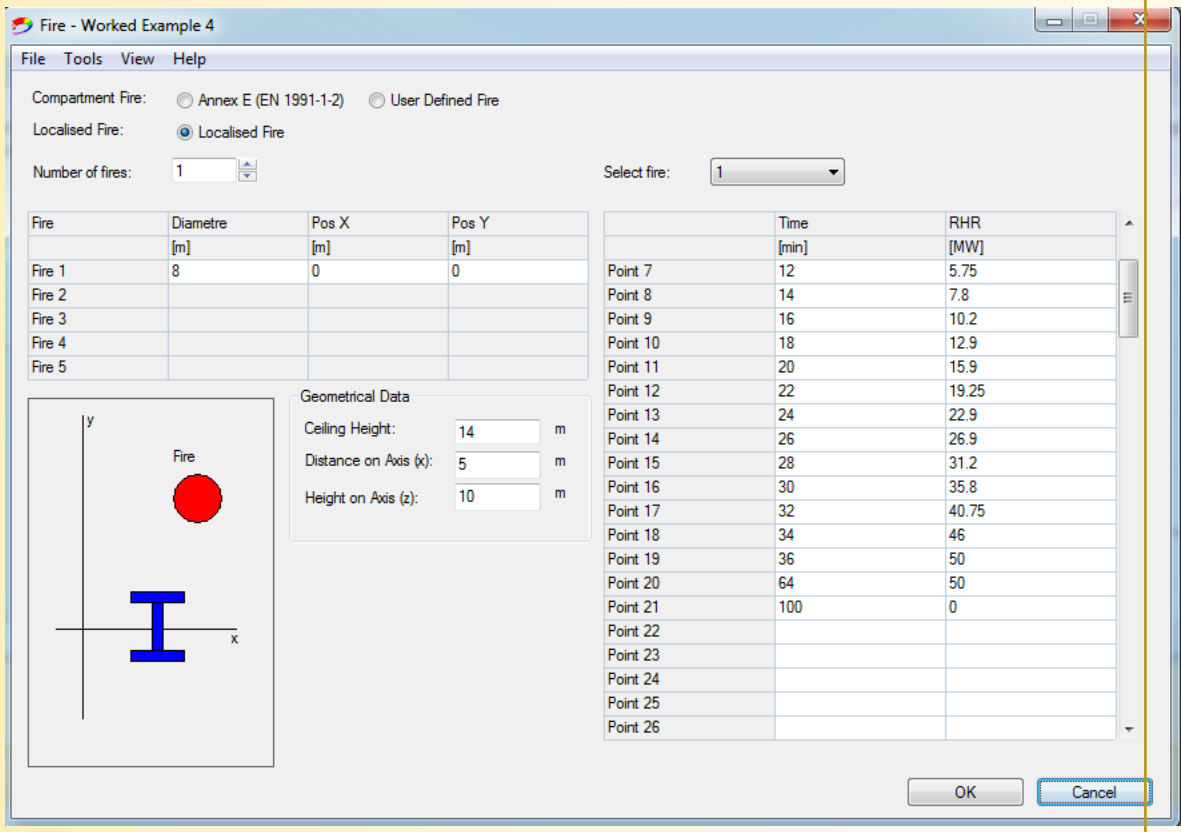
Altura de la llama = 9.7m

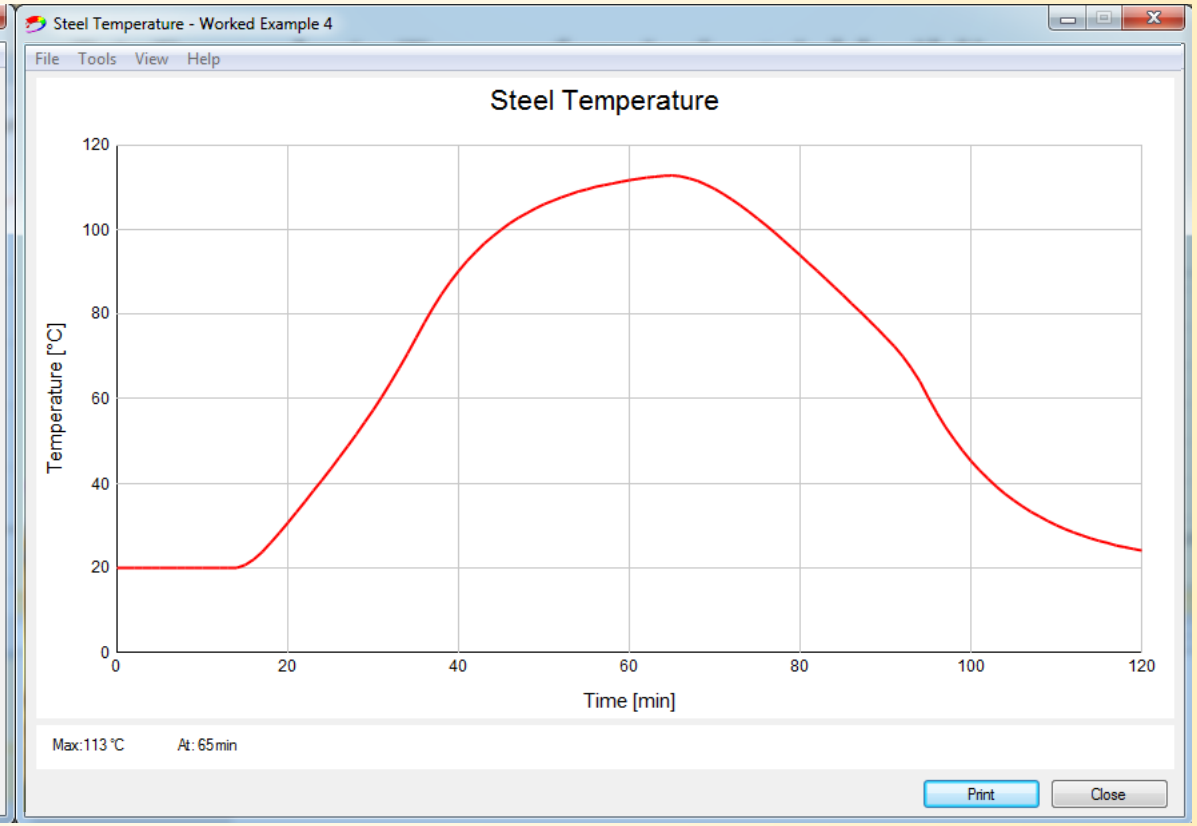
→ Elementos de la celosía situados sobre la llama sólida

Máx. temperatura de la celosía = 210°C

7. Ejemplos de cálculo

7.4. Ejemplo 4 : Celosía en un edificio industrial

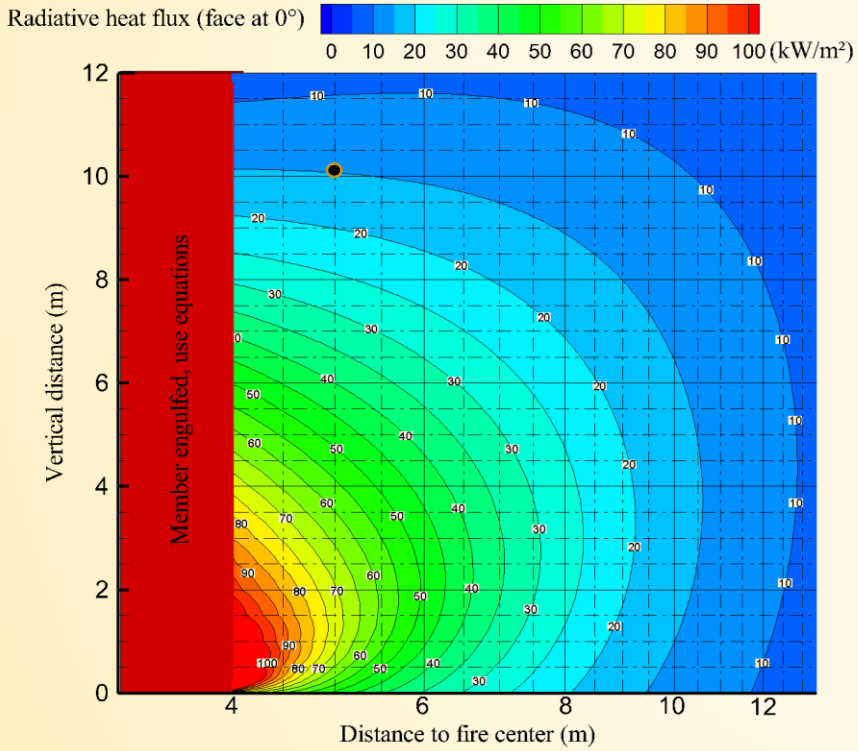




7. Ejemplos de cálculo

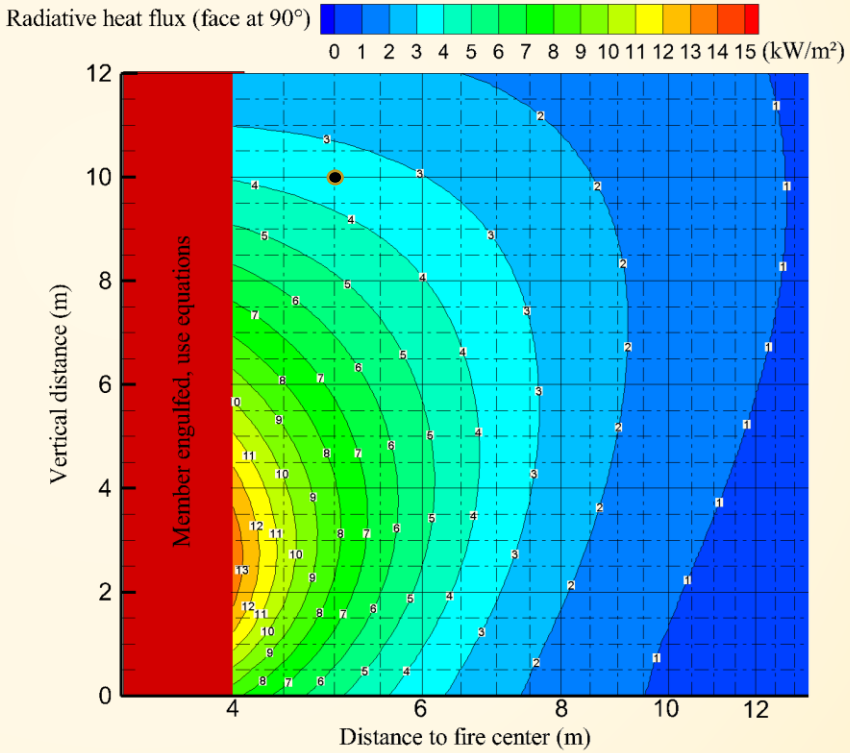
7.4. Ejemplo 4 : Celosía en un edificio industrial

Cara 1



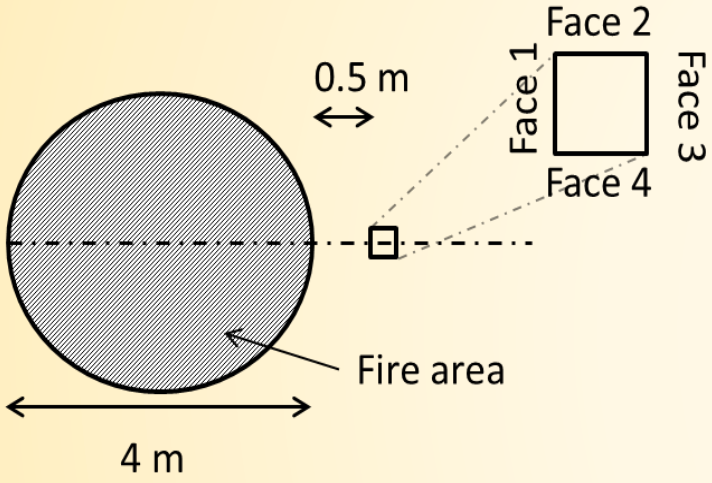
$\varepsilon * \varphi_{tot} = 0.7*15\ \mathrm{kW/m^2} = 10.5\ \mathrm{kW/m^2}$

Cara 2



$\varepsilon * \varphi_{tot} = 0.7*3.5\ \mathrm{kW/m^2} = 2.45\ \mathrm{kW/m^2}$

7.4. Ejemplo 4 : Celosía en un edificio industrial



Flujo de calor recibido por cada cara (suponiendo $\varepsilon = 0.7$)

Cara 1 : 10.5 kW/m²

Cara 2 : 2.45 kW/m²

Cara 3 : 0.00 kW/m²

Cara 4 : 2.45 kW/m²

→ Flujo de calor promedio = 3.85 kW/m²

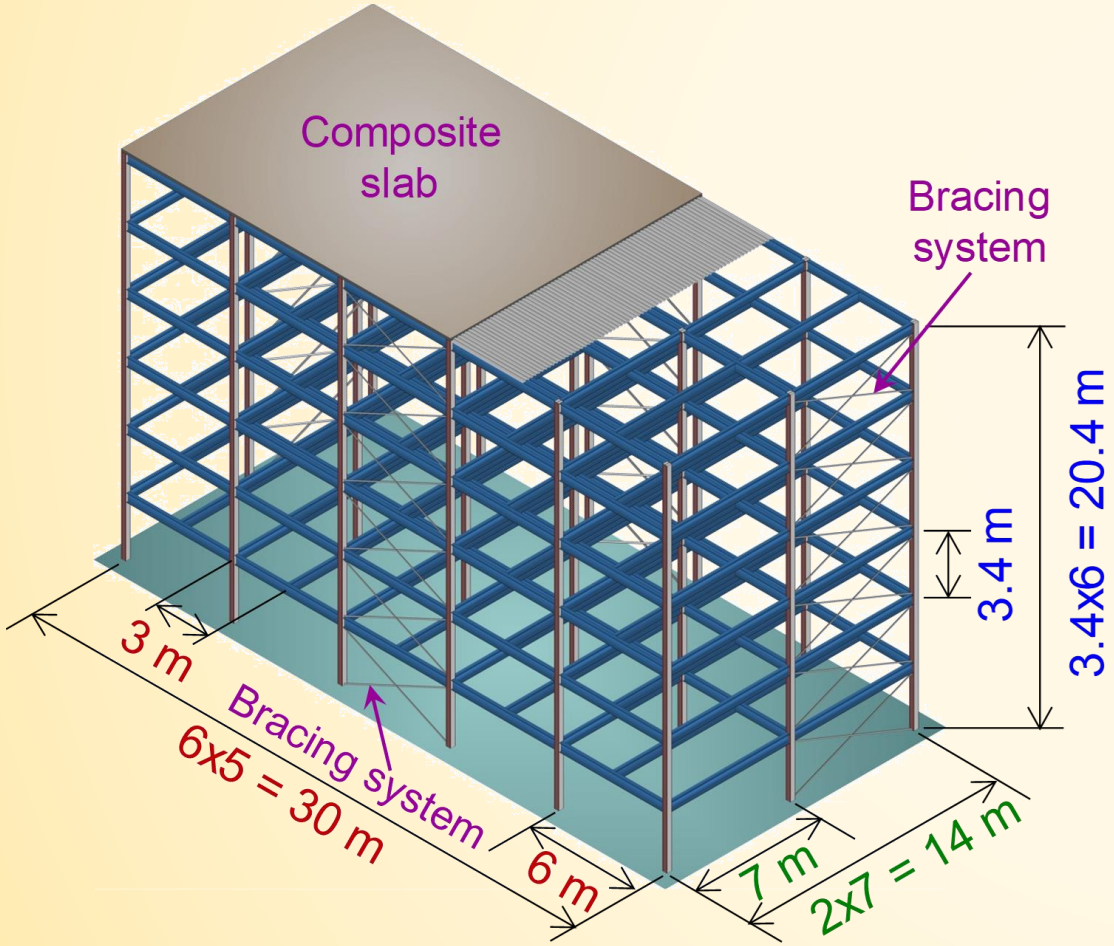
θ (°C)	Flujo emitido W/m²
20	0
30	392.03
40	788.42
50	1189.49
60	1595.53
70	2006.84
80	2423.77
90	2846.62
100	3275.76
110	3711.52
120	4154.27
130	4604.37
140	5062.21
150	5528.18

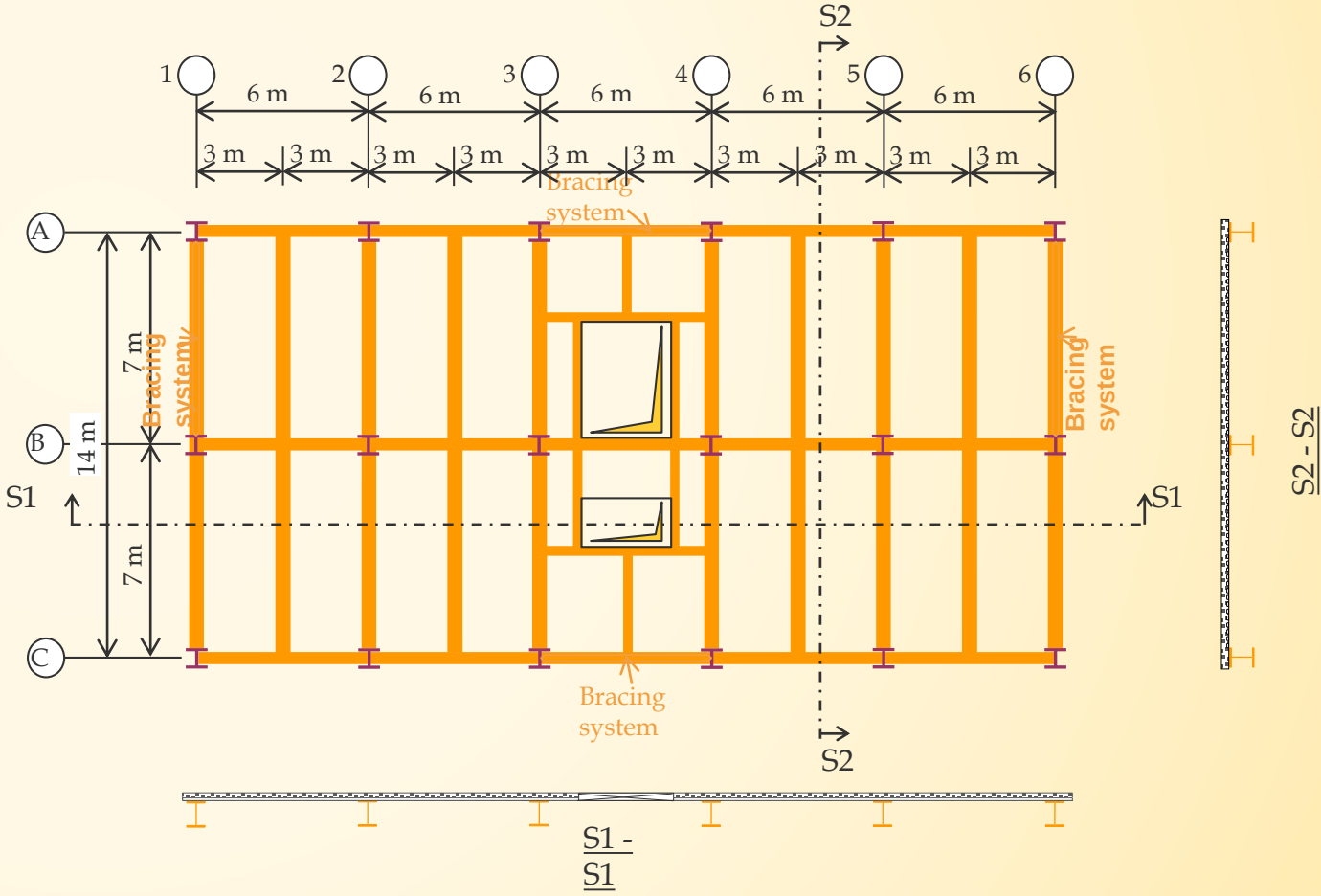
$$0 = \underbrace{h(\theta - 20)}_{\text{Flujo convectivo emitido}} + \underbrace{\sigma\varepsilon[(\theta + 273)^4 - (20 + 273)^4]}_{\text{Flujo radiativo emitido}} - \underbrace{\varepsilon * \varphi_{tot}}_{\text{Flujo absorbido}}$$

$$h = 35\, W.m^{-2}.K^{-1};\ \sigma = 5.67 * 10^{-8}\, W.m^{-2}.K^{-4}$$

7. Ejemplos de cálculo

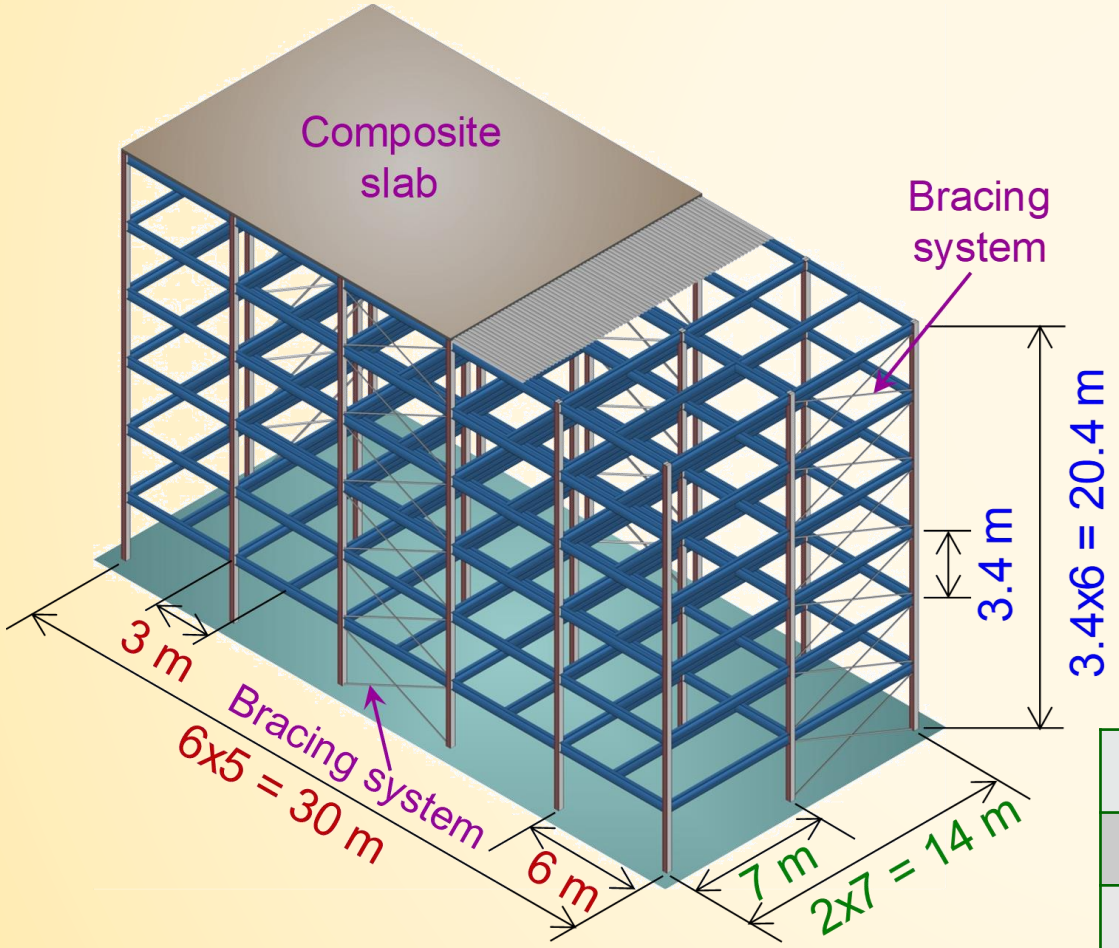
7.5. Ejemplo 5 : Resistencia a pandeo de una columna





38

7.5. Ejemplo 5 : Resistencia a pandeo de una columna



Acciones (para cada planta)

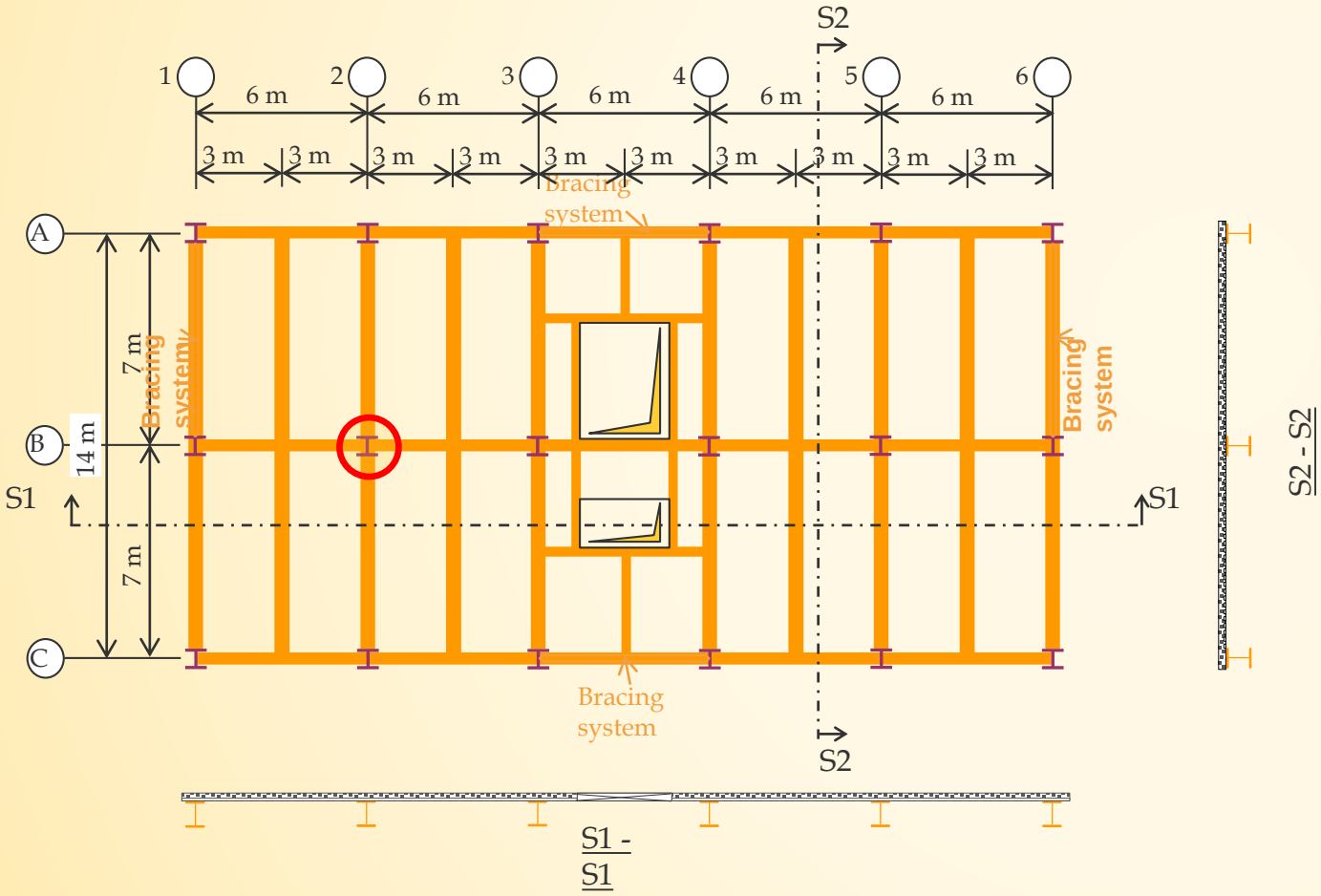
- Peso propio G1:
  - ✓ Peso del forjado mixto: 2.12 kN/m²
  - ✓ Elementos de acero:
    dependiendo de sus dimensiones
- Carga permanente G2:
  - ✓ acabados, servicios, particiones: 1.50 kN/m²
- Carga permanente G3:
  - ✓ Carga del revestimiento de fachada: 2.00 kN/m
- Valores característicos de las cargas variables y coefs. ψ

Tipo	q_k	ψ_1	ψ_2
Sobrecarga de uso	4.0 kN/m²	0.7	0.6
Nieve en tejado	1.7 kN/m²	0.2	0.0

39

7. Ejemplos de cálculo

7.5. Ejemplo 5 : Resistencia a pandeo de una columna

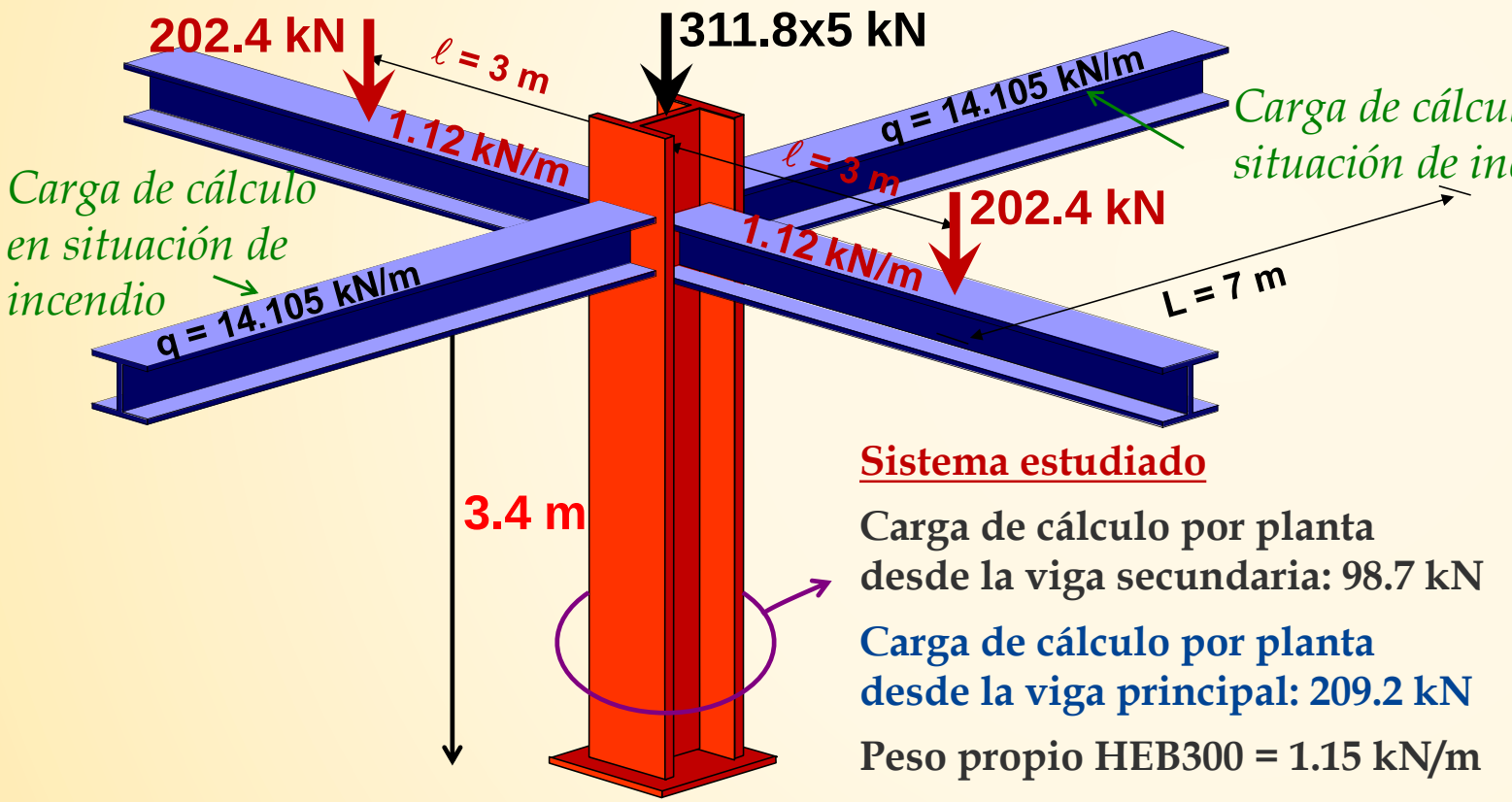


Elementos estructurales

- Forjado mixto:
  - ✓ Espesor total: 12 cm
  - ✓ Chapa de acero grecada : COFRAPLUS60
  - ✓ Espesor de la chapa grecada: 0.75 mm
  - ✓ Losa continua sobre 2 vanos
- Vigas secundarias:
  - ✓ IPE360 - S275
- Vigas principales:
  - ✓ HEA360 - S275
- Columnas en planta de suelo:
  - ✓ Columnas perimetrales: HEA300 - S275
  - ✓ **Columnas centrales: HEB300 - S275**

40

7.5. Ejemplo 5 : Resistencia a pandeo de una columna



Sistema estudiado

Carga de cálculo por planta desde la viga secundaria: 98.7 kN

Carga de cálculo por planta desde la viga principal: 209.2 kN

Peso propio HEB300 = 1.15 kN/m

Nota : Dependiendo del país, se debe emplear $\psi_{1,1}$ o $\psi_{2,1}$.

Paso 1: Acción de cálculo en fuego

- Carga de cálculo en situación de incendio

$$E_{fi,d,t} = \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \Psi_{2,1}\, Q_{k,1} + \sum_{i \geq 2} \Psi_{2,i}\, Q_{k,i}$$

- Peso propio de la columna

$$q_{fi,d,t} = 1.15\, kN/m$$

- Carga total concentrada desde las vigas

$$P_{fi,d,t} = \sum \left(G_{k,1} + \psi_{2,1} Q_{k,1} \right)$$

$$= \underbrace{14.105 \times 7}_{\text{viga secundaria}} + \underbrace{202.4 + 1.13 \times 6}_{\text{Viga principal + columnas}}$$

$$\approx 307.9\, kN$$

7.5. Ejemplo 5 : Resistencia a pandeo de una columna

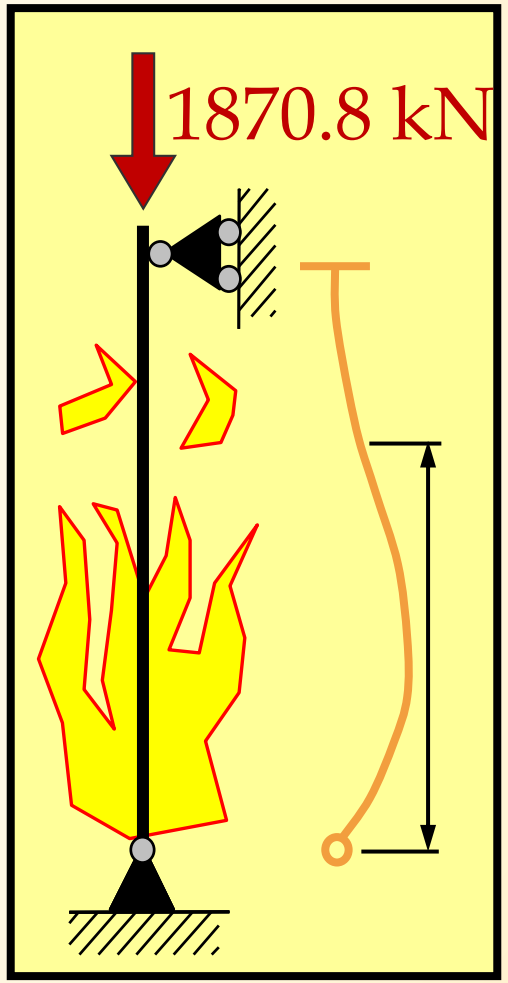
Paso 1: Acción de cálculo en fuego

- Carga total de cálculo en situación de incendio

$$N_{fi,d,t} = (307.9 + 3.9) \times 6 = 1870.8\ kN$$

- Longitud de pandeo en situación de incendio
  - Extremo inferior de la columna articulado

$$L_{fi} = 0.7L = 0.7 \times 3.4 = 2.38\ m$$



42

7.5. Ejemplo 5 : Resistencia a pandeo de una columna

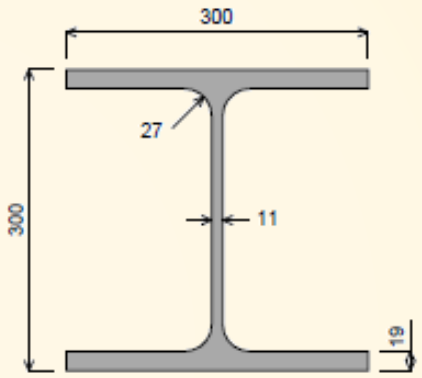
Paso 2: Clasificación de la sección

- Partes comprimidas

Ecuación 4.2 del Eurocódigo 3 parte 1-2

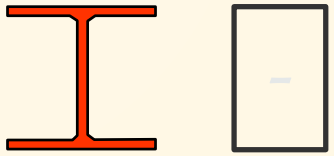
$$\varepsilon = 0.85\sqrt{235/f_y} = 0.786$$

S275



HEB300

Tabla 5.2 del Eurocódigo 3 parte 1-1



Compresión

$c/t_w \leq 33\varepsilon$ → *Alma clase 1*

= 18.9 *= 25.9*

$c/t_f \leq 9\varepsilon$ → *Alas clase 1*

= 6.2 *= 7.07*

Sección clase 1

43

7.5. Ejemplo 5 : Resistencia a pandeo de una columna

Paso 3: Resistencia de cálculo en el instante 0 (a temperatura ambiente)

Resistencia de cálculo en el instante 0 (temperatura ambiente) según Eurocódigo 3 parte 1-2

- Resistencia a compresión seccional

$$N_{pl,fi,0} = A \times f_y / \gamma_{M,fi} = 4099.7 \ \ kNm$$

- Esbeltez adimensional

$$\bar{\lambda}_{fi,0} = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr}}} = \frac{L_{fi}}{i_z} \frac{1}{93.9\varepsilon} = 0.362$$

HEB300	
A (cm²)	149.08
I_z (cm)	7.58

7.5. Ejemplo 5 : Resistencia a pandeo de una columna

Paso 4: Grado de utilización para datos tabulados

$$\mu_0 = \frac{N_{fi,d,t}}{N_{pl,fi,0}} = 0.452$$

Paso 5: Temperatura crítica

Interpolación lineal en tablas

$$\bar{\lambda}_{fi,0} = 0.362$$

$\bar{\lambda}_{fi,0}$	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
μ_0											
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
0.40	629	603	578	544	499						
0.42	621	595	569	535	477						
0.44	613	588	561	525	455						
0.46	604	581	553	516	433						
0.48	597	573	545	506	411						
0.50	590	566	536	494	367						
0.52	584	559	528	477							

$$\theta_{cr} \approx 560 \ °C$$