

ÍNDICE

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	3
1.2 Aspectos científicos y tecnológicos	5
1.3 Protección contra el incendio	6
Protección pasiva	7
Protección activa	7
Zonas de seguridad	7
1.1 Objetivos	8
CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN DEL FENÓMENO	11
2.1 Definición y clasificación de los incendios forestales	13
2.1.1. Incendios de subsuelo	13
2.1.2. Incendios de superficie	13
2.1.3. Incendios de copas	13
Incendios de copas pasivos	14
Incendios de copas activos	14
Incendios de copas independientes	14
2.2 Características físicas	14
2.2.1. Morfología y partes de un incendio	14
Incendios de forma circular	15
Incendios de forma elíptica	16
Incendios de forma irregular	16
2.2.2. Características físicas del frente de un incendio	17
Velocidad de propagación	17
Intensidad lineal	17
Tiempo de residencia del frente de llama	18
Temperatura	20
2.2.3. Características geométricas de la llama en el frente del incendio	21
Altura de la llama	21
Longitud de la llama	22
Espesor o profundidad de la llama	22
Ángulo de la llama	22
Correlaciones para incendios de superficie	23
Correlaciones para incendios de copas	27
2.2.4. Transferencia de calor	28
Conducción	28
Convección	34
Radiación	36

2.3 Factores que influyen en el comportamiento de los incendios	44
2.3.1. Características del combustible	44
Carga de combustible	44
Forma y tamaño del combustible	45
Compactación y densidad aparente	45
Disposición del combustible	45
2.3.2. Clima y meteorología	47
Radiación solar	47
Humedad relativa	48
Viento	48
2.3.3. Topografía	48
Pendiente	49
Exposición	49
Configuración o relieve	50
Elevación	51
2.4 Consideración final	51
2.5 Nomenclatura	53
CAPÍTULO 3. ESTUDIO DE LA TEMPERATURA DE LLAMA EN INCENDIOS FORESTALES	55
3.1 Introducción	57
3.2 Temperatura de llama	57
3.3 Características de las quemaduras o ensayos llevados a cabo	58
3.4 Obtención de perfiles de temperatura mediante el uso de la cámara termográfica	59
3.4.1. Sistema experimental del Centre d'Estudis del Risc Tecnològic	59
Cámara termográfica	59
Programa ThermaCAM researcher 2001	60
3.5 Imágenes termográficas, histogramas y gráficas	61
3.5.1. Quema prescrita en el delta del Ebro	62
3.5.2. Ensayos de laboratorio en la mesa de combustión	70
3.5.3. Resumen de los resultados obtenidos	78
3.5 Análisis de los resultados	79
3.6 Nomenclatura	80

CAPÍTULO 4. MODELOS MATEMÁTICOS DE LOS INCENDIOS FORESTALES: ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO	81
4.1 Introducción	83
4.2 Modelos matemáticos de predicción de los efectos térmicos en un incendio	84
4.2.1. Modelos diferenciales	84
4.2.2. Modelos integrales	85
4.2.3. Modelos semiempíricos	85
4.3 Análisis bibliográfico de los modelos físicos de propagación	85
4.3.1 Modelo de Fons	89
4.3.2. Modelos de Hottel, Williams y Steward	90
4.3.3. Modelo de Rothermel	91
4.3.4. Modelo de Pagni y Peterson	94
4.3.5. Modelo de Cekirge	98
4.3.6. Modelo de Albini	100
4.3.7. Modelo de de Mestre, Catchpole, Anderson y Rothermel	104
4.3.8. Modelo de Weber	106
4.3.9. Modelo de Dupuy	108
4.3.10. Modelo de Morandini	111
4.4 Consideración final	113
4.5 Nomenclatura	114
CAPÍTULO 5. MODELIZACIÓN MATEMÁTICA	119
5.1 Introducción	121
5.2 Modelización matemática	121
5.2.1. Modelo de fuente puntual	125
5.2.2. Modelo del cuerpo sólido	126
Poder Emisivo de la llama	127
Transmisividad atmosférica	127
Factor de vista	128
5.3. Características de la llama de un incendio forestal	129
Temperatura	129
Emisividad	130
Geometría	130
Poder emisorio (E_p)	131

5.4. Determinación del factor de vista	131
Elementos diferenciales	132
De área finita a elemento diferencial	132
De área finita a área finita	133
5.4.1. Ecuaciones analíticas para la determinación del factor de vista	134
5.4.1.1. Fuente emisora de área finita vertical y paralela a un elemento receptor (TNO, 1977)	134
5.4.1.2. Fuente emisora de forma rectangular paralela a un elemento diferencial con posibilidades de inclinación con respecto a la normal (Hollands, 1995)	135
5.4.1.3. Fuente emisora de forma rectangular paralela a un elemento receptor (McGuire, 1953)	136
5.4.1.4. Fuente emisora de forma rectangular con un elemento diferencial receptor. Caso general (McGuire, 1953)	138
5.4.1.5. Fuente emisora de forma cilíndrica con elementos receptores diferenciales paralelos a la base del cilindro o a la sección transversal situada a la mitad de la altura del mismo (Kay, 1994)	139
5.4.1.6. Fuente emisora de forma cilíndrica con elementos receptores diferenciales (TNO, 1977)	140
5.4.1.7. Fuente emisora diferencial con respecto a una persona estándar (Dunkle, 1963)	143
5.4.2. Determinación del factor de vista (casos prácticos)	144
5.4.2.1. Resultados del factor de vista para un frente de llama supuesto de forma rectangular	145
Elemento receptor a nivel del suelo	145
Elemento receptor situado a la mitad de la altura del frente de llama	147
Análisis de los resultados de un frente de llama considerado de forma rectangular	150
5.4.2.2. Resultados para un frente de llama supuesto de forma cilíndrica	153
Elemento receptor a nivel del suelo (Caso 1)	154
Elemento receptor situado a la mitad de la altura del frente de llama (Caso 2)	156

	Análisis de los resultados de un frente de llama considerado de forma cilíndrica	157
	5.4.2.3. Elemento diferencial en algún punto a una altura de interés del frente de llama con respecto a una persona	160
5.5	Consideraciones finales	162
5.6	Nomenclatura	163
CAPITULO 6. ESTABLECIMIENTO DE ZONAS DE SEGURIDAD PARA PREVENCIÓN Y EMERGENCIAS		165
6.1	Introducción	167
6.2	Vulnerabilidad al flujo térmico	168
6.3	Determinación del flujo de radiación térmica mediante el modelo del cuerpo sólido	169
	6.3.1. Determinación del flujo de radiación térmica para un frente de llama considerado de forma rectangular	170
	6.3.2. Determinación del flujo de radiación térmica para un frente de llama considerado de forma cilíndrica	172
	6.3.3. Discusión y análisis	174
6.4.	Análisis de sensibilidad	178
6.5	Establecimiento de zonas de seguridad	181
	6.5.1. Distancias de seguridad para posibles incendios en los modelos de combustible de Rothermel	181
	6.5.2. Distancias de seguridad para la protección en posibles incendios de copas considerando diversas especies forestales típicas de la zona Mediterránea	182
6.6	Consideraciones finales	184
6.7	Nomenclatura	185
CAPITULO 7. CONCLUSIONES		187
BIBLIOGRAFÍA		191

ANEXO I. FACTORES DE VISTA	203
A I.1. Factores de vista y flujo de energía de radiación para un frente de llama supuesto de forma rectangular	205
A I.2. Factores de vista para un frente de llama supuesto de forma cilíndrica	213
ANEXO II. COMPARACIÓN DE FACTORES DE VISTA Y DE FLUJOS DE RADIACIÓN TÉRMICA	225
A II.1. Comparación de los factores de vista para un frente de llama supuesto de forma rectangular mediante las ecuaciones de McGuire, TNO y Hollands	227
A II.2. Comparación de los factores de vista para un frente de llama supuesto de forma cilíndrica mediante las ecuaciones de Kay (1994) y TNO (1997)	229
A II.3. Comparación de radiación térmica para un frente de llama supuesto de forma cilíndrica	231
A II.4. Comparación de resultados de flujo de radiación térmica con valores encontrados en bibliografía	233