

Índice general

Resumen	VII
Resum	IX
Summary	XI
Índice general	XIII
Lista de figuras	XIX
Lista de tablas	XXIX
Lista de acrónimos	XXXIII
Notaciones	XXXV
1 Introducción y Objetivos	1
1.1 Planteamiento del problema	1
1.2 Objetivos y contribuciones de la tesis	4
1.3 Estructura de la tesis	5
2 Estado del arte	7
2.1 Incendios en túneles	8
2.1.1 Proyecto relevantes de seguridad en túneles	13

2.1.2 Mecánica de los incendios en túneles	15
2.1.3 Curvas para el diseño de túneles a fuego	18
2.1.4 Ensayos de fuego y modelos de mecánica de los fluidos	25
2.1.5 Consecuencias de incendios en túneles	28
2.1.6 Degradación del hormigón en función de la temperatura.	28
2.1.7 Evaluación de daños en túneles sometidos a fuego	34
2.1.8 Sistemas de detección de incendios en túneles.	36
2.2 Monitorización estructural (SHM)	39
2.2.1 Conceptos generales	39
2.2.2 Componentes de un sistema de SHM	41
2.2.3 Proceso de monitorización estructural	41
2.2.4 Monitorización estructural en túneles	44
2.2.5 Los sensores ópticos y la monitorización estructural	47
2.3 Medición de alta temperatura	49
2.3.1 Termopares	50
2.3.2 Sensores infrarrojos	51
2.3.3 Sensores ópticos	52
2.3.4 Investigaciones relativas a la degradación térmica de las FBG y al desarrollo de sensores ópticos de altas temperaturas.	54
2.3.5 Sensores ópticos comerciales de altas temperaturas	56
2.4 Conclusiones.	59
3 Diseño y desarrollo de un sensor puntual de altas temperaturas basado en RFBG	61
3.1 Introducción	61
3.2 Encapsulado del sensor	62
3.3 Hornos utilizados en los ensayos	64
3.4 Redes de difracción de Bragg Regeneradas	67
3.5 Calibraciones	70
3.5.1 Encapsulado A	72
3.5.2 Encapsulado B	75
3.5.3 Encapsulado C	78
3.5.4 Comparación de las calibraciones	80
3.6 Temperaturas máximas y tiempos de exposición estudiados	80
3.6.1 Encapsulado A	81
3.6.2 Encapsulado B	84

3.6.3 Encapsulado C	86
3.7 Multiplexación	88
3.8 Conductividad del encapsulado	89
3.8.1 Ensayo experimental.	89
3.8.2 Modelo numérico	91
3.9 Tiempos de respuesta	94
3.9.1 Encapsulado A	97
3.9.2 Encapsulado B	97
3.9.3 Encapsulado C	99
3.9.4 Comparación de los resultados.	99
3.10 Conclusiones	103
4 Validación del sensor en ensayos de fuego	105
4.1 Introducción	105
4.2 Cableado	106
4.2.1 Ensayos de cableado.	106
4.2.2 Conclusiones de los ensayos	109
4.3 Aplicación a probetas de hormigón sometidas a fuego	109
4.3.1 Descripción de los sensores ensayados	110
4.3.2 Descripción del ensayo	111
4.3.3 Modelo numérico de transferencia de calor.	114
4.3.4 Resultados	115
4.3.5 Conclusiones del ensayo en probetas de hormigón	122
4.4 Aplicación a un elemento estructural: pilar metálico relleno de hormigón	123
4.4.1 Descripción de los sensores ensayados	124
4.4.2 Descripción del ensayo	125
4.4.3 Modelo numérico de transferencia de calor.	126
4.4.4 Resultados	130
4.4.5 Conclusiones del ensayo del pilar metálico relleno de hormigón	132
4.5 Conclusiones.	133
5 Monitorización de temperaturas en túneles sometidos a fuego	135
5.1 Introducción	135

5.2 Pautas para el diseño de una configuración de sensores para la monitorización de temperaturas en túneles	138
5.2.1 Paso 1: Recopilación de información	139
5.2.2 Paso 2: Definición de los escenarios de fuego	140
5.2.3 Paso 3: Modelos de mecánica de los fluidos	141
5.2.4 Paso 4: Planteo de configuraciones de sensores	142
5.2.5 Paso 5: Evaluación de las configuraciones propuestas	142
5.2.6 Paso 6: Comparación de los errores de las configuraciones y sus costos	149
5.3 Definición del sistema y del programa de monitorización	150
5.4 Gestión de datos del sistema de monitorización de temperaturas.	151
5.5 Conclusiones.	152
6 Deducción del escenario de incendio y validación de modelos de FDS a partir de datos de monitorización de temperaturas. Aplicación al caso del túnel Virgolo.	155
6.1 Introducción	155
6.2 Ensayo de fuego en el túnel Virgolo	158
6.2.1 Descripción del túnel	160
6.2.2 Sensores colocados en el ensayo	160
6.2.3 Datos obtenidos en el ensayo	162
6.3 Modelos de mecánica de los fluidos	165
6.3.1 Descripción del modelo e incógnitas del problema	166
6.3.2 Análisis de la pendiente longitudinal del túnel	169
6.3.3 Análisis de la tasa de liberación de calor máxima	171
6.3.4 Análisis de la altura de las bateas	174
6.3.5 Análisis de la función de crecimiento de la tasa de liberación de calor	176
6.3.6 Análisis de la geometría de las bateas	179
6.3.7 Estudio de la distancia entre bateas.	186
6.3.8 Análisis de la posición de las bateas respecto a la sección transversal	190
6.3.9 Limitaciones del modelo	197
6.4 Conclusiones.	199
7 Aplicación de las pautas de diseño de configuraciones de sensores para la monitorización de temperatura al caso del túnel Virgolo	201
7.1 Introducción	201
7.2 Paso 1: Recopilación de información.	201

7.3 Paso 2: Definición de los Escenarios de fuego	202
7.4 Paso 3: Modelos de mecánica de los fluidos	203
7.5 Paso 4: Planteo de las configuraciones de sensores	206
7.6 Paso 5: Evaluación de las configuraciones propuestas	208
7.6.1 Cálculo de las temperaturas en todos los puntos de la cuadrícula	209
7.6.2 Definición y evaluación de errores	211
7.6.3 Elección del método de interpolación	212
7.7 Paso 6: Comparación de los errores de las configuraciones y sus costos	214
7.7.1 Selección de una configuración para cada grupo	214
7.7.2 Comparación de las configuraciones seleccionadas	221
7.8 Comparación de las configuraciones óptimas con cantidad total de sensores entre 400 y 600	227
7.9 Envoltorio de temperaturas para cada línea de sensores	232
7.10 Conclusiones	232
8 Conclusiones y futuras líneas de investigación	235
8.1 Conclusiones	235
8.2 Futuras líneas de investigación	238
8.2.1 Sensores de alta temperatura	238
8.2.2 Monitorización de estructuras a fuego	239
A Listado de publicaciones del autor ligadas a la tesis	241
B Estudio del volumen de control y del tamaño de celda del modelo de FDS del túnel Virgolo	243
B.1 Estudio del Volumen de control	243
B.2 Estudio del mallado y tamaño de celda	245
C Gráficas complementarias Pautas túnel Virgolo	249