

Índice

<i>Dedicatoria</i>	I
<i>Agradecimientos</i>	III
RESUMEN	V
RESUM	VII
ABSTRACT	IX
Índice	XI
Introducción	1
1.1. Motivación	1
1.2. Objetivos	5
1.2.1. Objetivo general.....	5
1.2.2. Objetivos específicos	5
1.3. Estructura de la investigación.....	6
1.4. Aportaciones de la investigación.....	8
Panorama científico	9
2.1. La investigación de incendios	9
2.2. El cobre	12

2.2.1.	Influencia de la temperatura en la microestructura del cobre.....	13
2.2.2.	Influencia de la atmósfera en la microestructura del cobre	15
2.3.	Dinámica del fuego.....	21
2.4.	Condiciones ambientales desarrolladas en los incendios.....	24
2.4.1.	Temperatura	24
2.4.2.	Humos	27
2.4.3.	Llamas.....	28
2.5.	Efectos sobre materiales y sobre el cobre.....	30
2.6.	Causas de incendios.....	32
2.6.1.	El calor eléctrico	32
2.6.2.	Formas de generar calor eléctrico	32
2.6.3.	El calor en las instalaciones eléctricas, los fallos eléctricos.....	34
2.7.	Consideraciones sobre el estado del arte	44
Planificación de la investigación		47
3.1.	Fase I: Selección y caracterización de materiales de partida.....	49
3.2.	Fase II: Estudio de la influencia de la temperatura, tiempo de tratamiento y atmósfera en la microestructura, degradación y propiedades mecánicas de los conductores de cobre.....	50
3.2.1.	Selección de temperaturas y tiempo para el tratamiento térmico en horno de los conductores de cobre	51
3.2.2.	Selección de atmósferas para el tratamiento térmico en horno de los conductores de cobre.....	52
3.3.	Fase III: Simulación experimental de cortocircuitos dentro de horno con atmósfera controlada	54
3.3.1.	Cortocircuito simulado al aire	54
3.3.2.	Cortocircuito simulado con control de temperatura, tiempo y atmósfera..	55
3.4.	Fase IV: Estudio de la influencia de atmósferas combinadas sobre la microestructura y degradación de conductores de cobre con cortocircuitos experimentales.....	57
3.5.	Fase V: Selección y análisis de muestras de conductores de cobre provenientes de incendios reales	58
3.5.1.	CASO 1	60
3.5.2.	CASO 2.....	61

3.5.3.	CASO 3.....	62
3.5.4.	CASO 4.....	63
3.5.5.	CASO 5.....	64
3.6.	Fase VI: Comparación de los resultados obtenidos experimentalmente con los análisis de casos de incendios reales en conductores eléctricos	65
Desarrollo experimental y metodología.....		67
4.1.	Selección de tipos de conductores eléctricos a emplear	67
4.2.	Caracterización de los materiales de partida	69
4.2.1.	Caracterización microestructural	69
4.2.2.	Preparación metalográfica de los conductores de cobre	69
4.2.3.	Microscopía óptica.....	70
4.2.4.	Microscopía electrónica de barrido con emisión de campo	71
4.3.	Medición de propiedades mecánicas	72
4.4.	Montaje experimental para tratamiento térmico de cables en atmósferas controladas	74
4.5.	Montaje experimental para la realización de cortocircuitos simulados con control de temperatura, tiempo y atmósferas	76
Resultados		79
5.1.	Caracterización de los conductores de cobre en estado de entrega	79
5.1.1.	Microdureza.....	79
5.1.2.	Ensayos de tracción	81
5.1.3.	Microestructura.....	82
5.2.	Evaluación de la influencia de la temperatura, tiempo y atmósfera en la microestructura y propiedades mecánicas de los conductores de cobre.....	85
5.2.1.	Microestructura y propiedades de los conductores tratados en bajo vacío 85	
5.2.2.	Microestructura y propiedades de los conductores tratados al aire.....	93
5.2.3.	Microestructura y propiedades de los conductores tratados en atmósferas combinadas de reducción/oxidación	104
5.2.4.	Microestructura y propiedades de los conductores tratados en atmósferas combinadas de oxidación/reducción.....	116
5.3.	Evaluación de muestras de conductores de cobre obtenidas de cortocircuitos simulados	126
5.3.1.	Cortocircuitos al aire.....	126

5.3.2.	Cortocircuitos primarios.....	129
5.3.3.	Cortocircuitos secundarios	134
5.4.	Evaluación de muestras de cables de cobre tomadas de incendios reales... 141	
5.4.1.	Microestructura del cableado del CASO 1	141
5.4.2.	Microestructura del cableado del CASO 2	145
5.4.3.	Microestructura del cableado del CASO 3	147
5.4.4.	Microestructura del cableado del CASO 4	155
5.4.5.	Microestructura del cableado del CASO 5	164
Análisis de resultados y su discusión		171
6.1.	Influencia de la temperatura, tiempo y atmósferas de tratamiento, en la microestructura y propiedades mecánicas de los conductores de cobre..... 171	
6.1.1.	Ensayos a bajo vacío	172
6.1.2.	Ensayos en aire estático.....	176
6.1.3.	Ensayos en secuencia de atmósferas de oxidación/reducción	180
6.1.4.	Ensayos en secuencia de atmósferas de reducción/oxidación	185
6.1.5.	Resumen.....	188
6.2.	Influencia de arcos eléctricos, producto de cortocircuitos primarios y secundarios simulados en condiciones controladas, en la microestructura de los conductores de cobre	190
6.2.1.	Cortocircuitos al aire	190
6.2.2.	Cortocircuitos primarios.....	191
6.2.3.	Cortocircuitos secundarios	193
6.2.4.	Resumen.....	195
6.3.	Estudio del cableado extraído de incendios reales.....	196
6.3.1.	Análisis del CASO 1	196
6.3.2.	Análisis del CASO 2	197
6.3.3.	Análisis del CASO 3	197
6.3.4.	Análisis del CASO 4	199
6.3.5.	Análisis del CASO 5	200
6.3.6.	Resumen.....	202
Conclusiones		203
Futuras líneas de investigación		205

Referencias bibliográficas.....	207
Publicaciones en revistas y participaciones en congresos derivadas de la tesis	213