

Índice de contenidos

Dedicatoria	VII
Agradecimientos.....	IX
Resumen	XI
Resum.....	XIII
Abstract	XV
Glosario de términos.....	XVII
Índice de contenidos.....	XIX
Índice de figuras	XXVII
Índice de tablas	XXXIX
1) Introducción.....	1
1.1 Hipótesis.....	4
1.2 Estructura de la tesis.	4
2) Estado del arte	7
2.1 Contexto medioambiental	7
2.2 La industria del neumático	8
2.2.1 Generación y gestión del neumático fuera de uso.....	11
2.2.2 El recauchutado de neumáticos	14
2.2.2.1 Proceso de recauchutado.	15
2.2.2.2 El raspado en el recauchutado.....	16
2.2.3 Alternativas a la gestión de neumáticos	16
2.3 Matrices cementicias fibroreforzadas.....	20
2.4 Conglomerantes con residuos de NFU	21
2.4.1 Trabajabilidad	21
2.4.2 Densidad.....	22

2.4.3	Propiedades mecánicas	22
2.4.4	Comportamiento acústico.....	24
2.4.5	Comportamiento térmico	24
2.5	La industria del cemento y la activación alcalina.....	25
2.5.1	Matrices de CAA fibroreforzadas.....	28
2.5.2	Conglomerantes en base CAA con residuos de NFU	28
2.6	Valorización de residuos industriales en la construcción	29
2.6.1	Elementos prefabricados: ladrillos, bloques, placas y tejas de microconcreto.....	30
2.6.1.1	Tejas de microconcreto. (TMC)	32
3)	Objetivos	35
3.1	Objetivo General.....	35
3.2	Objetivos específicos.....	35
4)	Metodología Experimental	37
4.1	Materiales.....	37
4.1.1	Fibra de neumático (FN)	37
4.1.2	Cemento Portland (CP)	39
4.1.3	Áridos.....	39
4.1.3.1	Árido silíceo	40
4.1.3.2	Árido calizo	40
4.1.4	Agua	40
4.1.5	Catalizador de Craqueo Catalítico del Petróleo (FCC)	40
4.1.6	Ceniza de cáscara de arroz (CCA).....	42
4.1.7	Escoria de alto horno (SC)	43
4.1.8	Carbonato de sodio (Na ₂ CO ₃).....	45
4.1.9	Hidróxido de sodio (NaOH)	45
4.1.10	Otros reactivos Químicos	45

4.2	Equipos y procedimientos experimentales.....	46
4.2.1	Toma de muestra insitu.....	46
4.2.2	Granulometría.....	46
4.2.2.1	Granulometría de las fibras de neumático.....	48
4.2.2.2	Granulometría de los áridos.....	50
4.2.3	Determinación de la densidad.....	51
4.2.3.1	Densidad de los áridos.....	51
4.2.3.2	Densidad de la fibra de neumático.....	53
4.2.4	Molienda.....	55
4.2.4.1	Molino de bolas.....	56
4.2.5	Peso específico – densidad.....	56
4.2.6	Preparación de la disolución activadora.....	59
4.2.6.1	Activador usado con FCC.....	59
4.2.6.2	Activador usado con el precursor escoria de alto horno (SC)	61
4.2.7	Dosificación.....	61
4.2.7.1	Probetas prismáticas.....	62
4.2.7.1.1	Morteros de cemento portland para probetas de 4x4x16 cm ³	62
4.2.7.1.2	Morteros de activación alcalina usando como precursor FCC para probetas de 4x4x16 cm ³	64
4.2.7.1.3	Morteros de activación alcalina usando como precursor SC para probetas de 4x4x16 cm ³	66
4.2.7.2	Placas.....	67
4.2.7.2.1	Morteros de cemento portland - placa.....	68
4.2.7.2.2	Morteros de activación alcalina usando como precursor FCC – placa.....	70

4.2.7.2.3 Morteros de activación alcalina usando como precursor SC - placa.....	71
4.2.7.3 Tejas de microconcreto	73
4.2.7.3.1 Morteros de cemento portland – teja.....	73
4.2.7.3.2 Morteros de activación alcalina usando como precursor FCC –Teja	75
4.2.7.3.3 Morteros de activación alcalina usando como precursor SC - teja.....	77
4.2.8 Fabricación de probetas prismáticas (4x4x16 cm ³) con morteros de CP y cemento activado alcalinamente.	80
4.2.8.1 Equipos usados en la fabricación de los morteros.....	80
4.2.8.1.1 Procedimientos de amasado morteros CP.	81
4.2.8.1.2 Procedimiento de amasado de morteros de FCC y morteros con SC.....	82
4.2.8.2 Equipos usados en la fabricación de probetas prismáticas (4x4x16 cm ³).....	83
4.2.8.2.1 Procedimientos de fabricación de probetas prismáticas de CP.	85
4.2.8.2.2 Procedimientos de fabricación de probetas prismáticas de FCC y probetas de SC.....	85
4.2.8.3 Curado	86
4.2.8.3.1 Baño térmico.....	86
4.2.8.3.2 Cámara húmeda.	87
4.2.9 Fabricación de tejas con morteros de CP y cemento activado alcalinamente.	88
4.2.9.1 Equipos usados en la fabricación de tejas.....	88
4.2.9.1.1 Procedimientos de fabricación de tejas de CP y cemento activado alcalinamente.....	89

4.2.10	Fabricación de placas con morteros de CP y cemento activado alcalinamente.	91
4.2.10.1	Equipos usados en la fabricación de placas.....	91
4.2.10.1.1	Procedimientos de fabricación de placas de CP y cemento activado alcalinamente.....	92
4.2.11	Determinación de la trabajabilidad.	93
4.2.12	Caracterización mecánica	94
4.2.12.1	Probetas prismáticas de 4 x 4 x 16 cm ³	94
4.2.12.2	Tejas	95
4.2.13	Densidad aparente en seco y absorción de agua.....	96
4.2.14	Velocidad de ultrasonido	97
4.2.15	Conductividad térmica.....	98
4.2.16	Caracterización Microestructural (FESEM).....	99
4.2.17	Ensayos de Termografía	101
4.2.18	Tejas. Ensayos de impermeabilidad al agua	105
4.2.19	Tejas. Ensayos de resistencia al impacto.....	106
5)	Resultados y discusión	109
5.1	Trabajabilidad – caracterización en estado fresco ..	110
5.1.1	Morteros de cemento portland - CP.....	110
5.1.2	Morteros de escoria de alto horno - SC.....	112
	Conclusiones de trabajabilidad – caracterización en estado fresco.	114
5.2	Densidad aparente en seco y absorción en porcentaje	115
5.2.1	Dap y Abs de morteros de CP.....	115
5.2.2	Dap y Abs de morteros de activación FCC - CCA ...	119
5.2.3	Dap y Abs de morteros de SC.....	122
	Conclusiones de densidad aparente en seco y absorción en porcentaje.....	131

5.3	Resistencia mecánica	132
5.3.1	Resistencia mecánica de morteros de CP.....	132
5.3.2	Resistencia mecánica de morteros de FCC - CCA..	141
5.3.3	Resistencia mecánica de morteros de SC.....	151
5.3.4	Comparación de las resistencias mecánicas de los morteros	159
	Conclusiones Resistencias mecánicas	169
5.4	Estudios microestructurales mediante microscopía electrónica - FESEM.....	170
5.4.1	Microestructura de morteros de CP.....	170
5.4.2	Microestructura de morteros de activación alcalina (FCC – SC).....	173
5.4.2.1	Microestructura de morteros de activación alcalina usando como precursor FCC.....	174
5.4.2.2	Microestructura de morteros de activación alcalina usando como precursor SC	175
	Conclusiones Microestructura SEM -FESEM.....	177
5.5	Velocidad de ultrasonido.....	177
	Conclusiones de los ensayos de velocidad de ultrasonido....	182
5.6	Conductividad térmica	183
	Conclusiones de los ensayos de conductividad térmica.....	189
5.7	Termografía	189
	Conclusiones de los ensayos de termografía.....	192
5.8	Tejas – Esfuerzo de flexión.....	192
5.8.1	Tejas de mortero de CP. Esfuerzo de flexión.	193
5.8.2	Tejas de mortero de CAA con precursor de FCC. Esfuerzo de flexión.	196
5.8.3	Tejas de mortero de CAA con precursor de SC. Esfuerzo de flexión.	197
5.8.4	Comparación del esfuerzo de flexión de las tejas....	198

5.9	Tejas. Ensayo de peso y espesor.....	199
5.9.1	Pesos.....	199
5.9.2	Espesor.....	204
5.10	Tejas. Resistencia al impacto	205
5.11	Tejas. Ensayos de permeabilidad	212
	Conclusiones de los ensayos en tejas	213
6)	Conclusiones.....	215
6.1	Conclusión general.....	219
7)	Líneas futuras de investigación	221
8)	Referencias	223

