

Lista de figuras

Capítulo 2

Fig. 2.3.1	Fisuración en piel de cocodrilo	24
Fig. 2.3.2	Fisuración en bloque	25
Fig. 2.3.3	Fisuras longitudinales	26
Fig. 2.3.4	Fisuras transversales en un pavimento asfáltico	27
Fig. 2.3.5	Hundimiento de la superficie de un firme bituminoso	28
Fig. 2.4.1	Tren de reciclado en caliente in situ	36

Capítulo 3

Fig. 3.2.1	Volúmenes de MBR producido y reutilizado por algunos de los países con mayor experiencia en el reciclado de pavimentos asfálticos	49
Fig. 3.3.1	Obtención de MBR mediante el fresado de pavimentos	53
Fig. 3.4.1	Demolición mecánica de un firme	63
Fig. 3.4.2	Fresado de capas bituminosas envejecidas	64
Fig. 3.4.3	Alimentación de planta con proceso de Machaqueo	65
Fig. 3.4.4	Trituradora de MBR de una sola criba	66
Fig. 3.4.5	Trituradora de MBR para obtener dos fracciones distintas	66
Fig. 3.4.6	Trituradora de MBR para obtener diferentes fracciones	67
Fig. 3.4.7	Procedimiento para el diseño de mezclas recicladas en Australia	75
Fig. 3.4.8	Nomograma para el cálculo de la penetración final de la mezcla de dos ligantes de diferente penetración	80
Fig. 3.4.9	Planta discontinua con ingreso de MBR en elevador caliente	85
Fig. 3.4.10	Planta discontinua con quinta tolva caliente de la torre dosificadora	86
Fig. 3.4.11	Planta discontinua con alimentación controlada a la tolva de pesaje	87
Fig. 3.4.12	Planta discontinua con doble tambor secador para calentamiento del MBR de la empresa PABASA	88
Fig. 3.4.13	Planta discontinua con doble tambor secador para calentamiento del MBR	88
Fig. 3.4.14	Planta continua con secador de flujo paralelo con mezclador separado (DMC)	89
Fig. 3.4.15	Planta continua con secador de contraflujo con mezclador separado (DMC II)	90
Fig. 3.4.16	Planta continua con tambor secador-mezclador de contraflujo	90
Fig. 3.4.17	Planta continua con tambor secador-mezclador de doble tambor	91
Fig. 3.4.18	Planta continua con tambor secador-mezclador Double Barrel	91

Capítulo 4

Fig. 4.2.1	Resumen del plan de trabajo de los estudios experimentales	98
Fig. 4.3.1	Aparato de destilación	100
Fig. 4.3.2	Granulometría del árido del MBR después de la extracción del ligante	101
Fig. 4.3.3	Granulometría de los áridos de las diferentes mezclas estudiadas después de extracción del ligante	104
Fig. 4.3.4	Densidades medias de las probetas Marshall fabricadas con las diferentes mezclas	107
Fig. 4.3.5	Estabilidades medias de diferentes mezclas en el ensayo Marshall	107
Fig. 4.3.6	Deformaciones medias de diferentes mezclas en el ensayo Marshall	108
Fig. 4.3.7	Módulos Marshall de diferentes mezclas	109
Fig. 4.3.8	Ensayo de tracción indirecta	110
Fig. 4.3.9	Curva carga-deformación típica de mezclas bituminosas en el ensayo a Tracción Indirecta	111
Fig. 4.3.10	Resistencia a tracción indirecta de las diferentes mezclas ensayadas	112
Fig. 4.3.11	Fabricación y detalle de probetas para el Ensayo a Tracción Directa BTD	114
Fig. 4.3.12	Ensayo BTD	114
Fig. 4.3.13	Curvas carga-deformación en el Ensayo BTD a 5°C de diferentes mezclas fabricadas con un 5% de betún total	117
Fig. 4.3.14	Curvas carga-deformación en el Ensayo BTD a 5°C de diferentes mezclas fabricadas con un 5% de betún total	117
Fig. 4.3.15	Curvas carga-deformación en el Ensayo BTD a 5°C de diferentes mezclas fabricadas con un 100% de MBR	118
Fig. 4.3.16	Curvas carga-deformación en el Ensayo BTD a 5°C de diferentes mezclas fabricadas con un 100% de MBR	118
Fig. 4.3.17	Curvas carga-deformación en el Ensayo BTD a 5°C de diferentes mezclas fabricadas con un 50% de MBR	119
Fig. 4.3.18	Curvas carga-deformación en el Ensayo BTD a 5°C de diferentes mezclas fabricadas con un 50% de MBR	119
Fig. 4.3.19	Curvas carga-deformación en el Ensayo BTD a 5°C de diferentes mezclas de referencia	120
Fig. 4.3.20	Curvas carga-deformación en el Ensayo BTD a 5°C de diferentes mezclas de referencia	120
Fig. 4.3.21	Resistencia a tracción en el Ensayo BTD a 5°C de diferentes mezclas	121
Fig. 4.3.22	Deformación de rotura dR en el Ensayo BTD a 5°C obtenida por diferentes mezclas	122
Fig. 4.3.23	Resistencia a tracción en el Ensayo BTD a 5°C obtenida por diferentes mezclas fabricadas con un 5% de betún total	123
Fig. 4.3.24	Resistencia a tracción en el Ensayo BTD a 5°C obtenida por diferentes fabricadas con un 5% de betún total	124
Fig. 4.4.1	Granulometría del MBR antes y después de la extracción del ligante	126
Fig. 4.4.2	Granulometría S-12 de trabajo empleada para todos los casos estudiados	128
Fig. 4.4.3	Resistencia a tracción indirecta en seco y tras inmersión de mezclas recicladas tipo S-12 fabricadas con un 4.5% de betún total y con betún de aportación B-60/70	132

Fig. 4.4.4	Resistencia a tracción indirecta en seco y tras inmersión de mezclas recicladas tipo S-12 fabricadas con un 4.5% de betún total y con betún de aportación B-150/200	132
Fig. 4.4.5	Resistencia conservada a tracción indirecta de mezclas recicladas tipo S-12 fabricadas con 4.5% de betún total	133
Fig. 4.4.6	Curvas carga-deformación en el ensayo BTD a 20°C obtenida por diferentes mezclas tipo S-12 fabricadas con un betún de aportación B-60/70 y un 4.5% de betún total	135
Fig. 4.4.7	Curvas carga-deformación en el ensayo BTD a 20°C obtenida por diferentes mezclas tipo S-12 fabricadas con un betún de aportación B-150/200 y un 4.5% de betún total	135
Fig. 4.4.8	Resistencia a tracción en el ensayo BTD a 20°C obtenida por diferentes mezclas recicladas tipo S-12 fabricadas con un 4.5% de betún total	137
Fig. 4.4.9	Deformación de rotura dR en el ensayo BTD a 20°C obtenida por diferentes mezclas recicladas tipo S-12 fabricadas con un 4.5% de betún total	137
Fig. 4.5.1	Granulometría de los áridos de los diferentes materiales fresados después de la extracción del ligante	141
Fig. 4.5.2	Granulometría S-20 con los diferentes tipos de fresado y de áridos de aportación	145
Fig. 4.5.3	Granulometría G-20 con los diferentes tipos de fresado y de áridos de aportación	148
Fig. 4.5.4	Granulometría G-25 con los diferentes tipos de fresado y de áridos de aportación	150
Fig. 4.5.5	Densidades medias de las probetas Marshall	157
Fig. 4.5.6	Estabilidades medias de las diferentes mezclas en el ensayo Marshall	158
Fig. 4.5.7	Deformaciones medias de las probetas en el ensayo Marshall	159
Fig. 4.5.8	Porcentaje de huecos en mezcla medios de las probetas Marshall	159
Fig. 4.5.9	Módulos Marshall de las diferentes mezclas estudiadas	160
Fig. 4.5.10	Resistencia a Tracción Indirecta en seco a 5°C de las diferentes mezclas estudiadas	166
Fig. 4.5.11	Resistencia a Tracción Indirecta tras inmersión a 5°C de las diferentes mezclas estudiadas	167
Fig. 4.5.12	Resistencia Conservada a Tracción Indirecta de las diferentes mezclas estudiadas	168
Fig. 4.6.1	Granulometría de los áridos del material fresado después de la extracción del ligante	171
Fig. 4.6.2	Huso granulométrico S-20 y granulometría de trabajo utilizada	173
Fig. 4.6.3	Huso granulométrico G-20 y granulometría de trabajo utilizada	173
Fig. 4.6.4	Densidades medias obtenidas por las diferentes mezclas fabricadas en este trabajo	176
Fig. 4.6.5	Montaje del ensayo a flexotracción dinámica	178
Fig. 4.6.6	Ejemplo de gráfica de las funciones de carga y desplazamiento obtenida por el sistema de adquisición de datos de la prensa para un ciclo del ensayo a flexotracción	179
Fig. 4.6.7	Leyes de fatiga en el ensayo a flexotracción obtenidas por las mezclas S-20 de referencia y S-20 reciclada con un 30% de MBR, ambas fabricadas con un 100% de energía de compactación	188
Fig. 4.6.8	Leyes de fatiga en el ensayo a flexotracción obtenidas por las mezclas G-20 de referencia y G-20 reciclada con un 30% de MBR, ambas fabricadas con un 100% de energía de compactación	189
Fig. 4.6.9	Leyes de fatiga en el ensayo a flexotracción obtenidas por las mezclas S-20 recicladas con un 30% de MBR, y diferentes energías de compactación	190
Fig. 4.6.10	Leyes de fatiga en el ensayo a flexotracción obtenidas por las mezclas G-20 recicladas con un 30% de MBR, y diferentes energías de compactación	190

Fig. 4.6.11	Leyes de fatiga en el ensayo a flexotracción obtenidas por las mezclas S-20 y G-20 recicladas con un 30% de MBR, y fabricadas con diferentes energías de compactación	191
Fig. 4.6.12	Comparativa del número de ciclos N necesarios para llegar a la rotura por fatiga de las capas bituminosas de diferentes secciones fabricadas con mezclas S-20 recicladas y convencionales	200
Fig. 4.6.13	Comparativa del número de ciclos N necesarios para llegar a la rotura por fatiga de las capas bituminosas de diferentes secciones fabricadas con mezclas G-20 recicladas y convencionales	201
Fig. 4.6.14	Comparativa del número de ciclos N necesarios para llegar a la rotura por fatiga de las capas bituminosas de diferentes secciones fabricadas con mezclas recicladas tipo S-20 fabricadas con diferentes grados de compactación	202
Fig. 4.6.15	Comparativa del número de ciclos N necesarios para llegar a la rotura por fatiga de las capas bituminosas de diferentes secciones fabricadas con mezclas recicladas tipo G-20 fabricadas con diferentes grados de compactación	202
Fig. 4.7.1	Curva granulométrica de los áridos que formarán las probetas Marshall para el método UCL [®]	207
Fig. 4.7.2	Máquina para el ensayo de Los Ángeles y probetas ensayadas mediante el método UCL [®]	209
Fig. 4.7.3	Curvas de estado para las probetas fabricadas con un 4.5% de betún total y ensayadas al Cántabro mediante el método UCL [®] a diferentes temperaturas	214
Fig. 4.7.4	Curvas de estado para las probetas fabricadas con un 3.5% de betún total y ensayadas al Cántabro mediante el método UCL [®] a diferentes temperaturas	215
Fig. 4.7.5	Curvas de estado para las probetas fabricadas con un 3.5% de betún total y ensayadas al Cántabro mediante el método UCL [®] con diferentes tiempos de envejecimiento	217
