

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|---|----|
| RESUMEN | 15 |
| ABSTRACT | 17 |
| 1.INTRODUCCIÓN Y OBJETO DEL ESTUDIO | 19 |
| 2.APROXIMACIÓN AL ESCENARIO DE LA ALTA VELOCIDAD | 23 |
| 2.1. El ferrocarril de alta velocidad: una necesidad para la movilidad sostenible.. | 23 |
| 2.2. Descripción de la red de ferrocarriles de alta velocidad en el mundo | 24 |
| 2.2.1. Sinopsis histórica: las primeras líneas de alta velocidad | 24 |
| 2.2.2. Situación actual: magnitudes y conceptos generales..... | 30 |
| 2.2.3. Descripción de la red actual de alta velocidad por países | 33 |
| 2.2.4. Perspectivas de futuro del ferrocarril de alta velocidad en Europa | 41 |
| 2.3. Demanda de los servicios de alta velocidad..... | 43 |
| 3.CARACTERIZACIÓN TÉCNICA DE LOS VEHÍCULOS QUE CIRCULAN POR LÍNEAS DE ALTA VELOCIDAD | 47 |
| 3.1. El avance en las prestaciones | 47 |
| 3.2. Características generales del material rodante de alta velocidad | 49 |
| 3.3. Tipología de las líneas de alta velocidad..... | 56 |
| 3.4. Características generales del material convencional que circula por líneas de alta velocidad | 59 |
| 4.CARACTERIZACIÓN TÉCNICA DE LAS LÍNEAS DE ALTA VELOCIDAD..... | 65 |
| 4.1. El trazado y la infraestructura de una línea de alta velocidad | 65 |
| 4.1.1. Generalidades | 65 |
| 4.1.2. El radio de las alineaciones curvas | 66 |
| 4.1.3. La caracterización de las rampas..... | 67 |
| 4.2. La sección transversal de la vía | 68 |
| 4.2.1. Sección a cielo abierto sobre plataforma natural | 68 |
| 4.2.2. Sección en viaducto | 69 |
| 4.2.3. Sección en túnel..... | 71 |
| 4.3. Requerimientos a la infraestructura..... | 72 |
| 4.4. La superestructura de la vía | 74 |
| 4.4.1. La vía sobre balasto | 75 |
| 4.4.2. La vía en placa | 82 |
| 5.EL PROCESO DE DETERIORO DE LA VÍA DEBIDO A ESFUERZOS VERTICALES: ESTADO DEL ARTE..... | 85 |
| 5.1. Fundamentos..... | 85 |
| 5.2. Solicitaciones dinámicas ejercidas por los vehículos | 86 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 5.2.1. | Compatibilidad entre un mantenimiento de vía ordinario y el aumento de las prestaciones de los vehículos..... | 86 |
| 5.2.2. | Formulación acerca de las solicitaciones verticales ejercidas por los vehículos sobre la vía..... | 88 |
| 5.2.3. | Consecuencias de la formulación de las solicitaciones dinámicas..... | 94 |
| 5.3. | Deterioro de la vía como consecuencia de la deformación de las capas de asiento y de la plataforma | 100 |
| 5.3.1. | Descripción conceptual del fenómeno..... | 100 |
| 5.3.2. | 5.3.2. Primeros ensayos de laboratorio y estudios teóricos | 104 |
| 5.3.3. | Ensayos de laboratorio basados en modelos a escala reducida..... | 111 |
| 5.3.4. | Resumen de las leyes de deterioro de la calidad geométrica de la vía y reflexiones para su extrapolación a la alta velocidad | 113 |
| 5.4. | Formulación de los costes de mantenimiento de vía..... | 116 |
| 5.4.1. | Estudios generales | 116 |
| 5.4.2. | Experiencia recogida de las líneas convencionales y extrapolación a las líneas de alta velocidad | 119 |
| 5.5. | Experiencia de la evolución del deterioro de la vía y de los costes de mantenimiento en líneas de alta velocidad existentes | 122 |
| 6. | CARACTERIZACIÓN DEL TRAZADO, DEL TRÁFICO Y DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA LÍNEA DEL AVE MADRID – SEVILLA..... | 131 |
| 6.1. | Descripción del trazado de la línea del AVE Madrid – Sevilla | 131 |
| 6.2. | Evolución del tráfico de la línea del AVE Madrid – Sevilla..... | 143 |
| 6.3. | Descripción de la infraestructura de la línea del AVE Madrid – Sevilla | 143 |
| 6.3.1. | Caracterización de las obras de tierra | 143 |
| 6.3.2. | Caracterización de las obras de fábrica | 145 |
| 7. | EXPERIENCIA DEDUCIDA DE LOS REGISTROS DE AUSCULTACIÓN EN LA LÍNEA DEL AVE MADRID – SEVILLA | 151 |
| 7.1. | Auscultación de vía en la línea del AVE Madrid – Sevilla..... | 151 |
| 7.1.1. | Auscultación geométrica de la vía | 151 |
| 7.1.2. | Auscultación dinámica de la vía | 154 |
| 7.1.3. | Otro tipo de auscultaciones | 156 |
| 7.1.4. | Proceso de gestión de los trabajos de mantenimiento | 156 |
| 7.2. | Análisis de los registros de auscultación dinámica | 162 |
| 7.2.1. | Consideraciones generales | 162 |
| 7.2.2. | Aceleración vertical medida en caja de grasa | 170 |
| 7.2.3. | Aceleración lateral medida en el bogie..... | 181 |
| 7.2.4. | Aceleración vertical medida en la caja del vehículo | 187 |
| 7.2.5. | Aceleración lateral medida en la caja del vehículo..... | 193 |

| | | |
|------------|---|-----|
| 7.3. | Análisis de los registros de auscultación geométrica | 195 |
| 7.4. | Estimación de leyes generales de defectos de vía..... | 203 |
| 7.5. | Posible extensión de los resultados a otras líneas de alta velocidad..... | 217 |
| 8. | EXPERIENCIA DE LOS TRABAJOS DE MANTENIMIENTO SOBRE LA VÍA EN LA LÍNEA DEL AVE MADRID – SEVILLA..... | 221 |
| 8.1. | Infraestructura del mantenimiento de las líneas de alta velocidad..... | 221 |
| 8.2. | Infraestructura del mantenimiento en la línea del AVE Madrid – Sevilla | 227 |
| 8.2.1. | Situación actual del sistema de explotación y mantenimiento | 227 |
| 8.2.2. | Situación futura del sistema de explotación y mantenimiento..... | 231 |
| 8.2.3. | Recursos de mantenimiento de vía | 233 |
| 8.3. | Trabajos de mantenimiento de vía llevados a cabo en la línea del AVE Madrid – Sevilla..... | 236 |
| 8.3.1. | Distribución de los trabajos a lo largo de la línea | 236 |
| 8.3.2. | Evolución en el tiempo | 239 |
| 8.3.3. | Análisis de los datos según características del tráfico y de la línea..... | 239 |
| 8.4. | Deducciones de necesidades de mantenimiento para otros escenarios..... | 243 |
| 9. | CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN | 257 |
| | BIBLIOGRAFÍA | 263 |
| | ANEJO I. DISTRIBUCIÓN DE LA CARGA DINÁMICA A LO LARGO DE LA LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD ENTRE MADRID Y SEVILLA EN FUNCIÓN DEL TRÁFICO CIRCULADO | 275 |
| | ANEJO II. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS RESULTADOS DE LA AUSCULTACIÓN DINÁMICA EN LA LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD ENTRE MADRID Y SEVILLA | 279 |
| A-II.1. | Distribución de las aceleraciones verticales medidas en caja de grasa..... | 279 |
| A-II.2. | Distribución de las aceleraciones laterales medidas en bastidor de bogie .. | 285 |
| A-II.3. | Distribución de las aceleraciones laterales medidas en caja de vehículo | 288 |
| A-II.4. | Distribución de las aceleraciones verticales medidas en caja de vehículo .. | 291 |
| | ANEJO III. EVOLUCIÓN DE LOS REGISTROS DE LA AUSCULTACIÓN DINÁMICA EN LA LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD ENTRE MADRID Y SEVILLA | 295 |
| A-III.1. | Resultados de la auscultación dinámica en cuanto a la medición de aceleraciones verticales en la caja de grasa | 295 |
| A-III.1.1. | Tramo de Mora | 295 |
| A-III.1.2. | Tramo de Calatrava | 297 |
| A-III.1.3. | Tramo de Hornachuelos | 299 |
| A-III.2. | Resultados de la auscultación dinámica en cuanto a la medición de aceleraciones laterales en bastidor de bogie | 301 |
| A-III.3. | Resultados de la auscultación dinámica en cuanto a medición de aceleraciones laterales en caja de vehículo | 302 |

| | |
|--|------------|
| A-III.4. Resultados de la auscultación dinámica en cuanto a la medición de aceleraciones verticales en caja de vehículo | 303 |
| ANEJO IV. EVOLUCIÓN DE LOS REGISTROS DE LA AUSCULTACIÓN GEOMÉTRICA EN LA LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD ENTRE MADRID Y SEVILLA | 305 |
| A-IV.1. La calidad geométrica en el tramo de Mora | 305 |
| A-IV.2. La calidad geométrica en el tramo de calatrava..... | 307 |
| A-IV.3. La calidad geométrica en el tramo de Hornachuelos | 309 |
| ANEJO V. EVOLUCIÓN DE LOS TRABAJOS DE CONSERVACIÓN DE VÍA EN LA LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD ENTRE MADRID Y SEVILLA | 311 |
| ANEJO VI. CALIDAD EXIGIDA A LA GEOMETRÍA DE UNA VÍA DE UNA LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD | 317 |
| A-VI.1. Generalidades | 317 |
| A-VI.2. Modos de funcionamiento | 318 |
| A-VI.3. Descripción de los defectos de la vía | 319 |
| A-VI.3.1. Descripción geométrica | 319 |
| A-VI.3.2. Análisis espectral..... | 321 |
| A-VI.3.3. Función de distribución de probabilidad | 324 |
| A-VI.3.4. Función de distribución espacial | 324 |
| A-VI.4. Análisis de los defectos de la vía | 324 |
| A-VI.5. Cuantificación de los defectos de la vía y criterios para su corrección | 327 |
| ANEJO VII. SISTEMAS DE AUSCULTACIÓN DE LA VÍA: GENERALIDADES Y DESCRIPCIÓN TECNOLÓGICA | 335 |
| A-VII.1. Los fundamentos del mantenimiento en líneas de alta velocidad: la auscultación | 335 |
| A-VII.2. Referencias topográficas..... | 335 |
| A-VII.2.1. Implantación y medición de las bases para el replanteo de la vía | 335 |
| A-VII.2.2. Implantación y medición de los puntos de marcaje y otros para el replanteo de la vía | 336 |
| A-VII.2.3. Definición de cuerdas largas y división en intervalos inferiores (5 m) | 338 |
| A-VII.3. Tipología de métodos de auscultación..... | 341 |
| A-VII.4. Métodos directos de medición de la geometría de la vía | 343 |
| A-VII.4.1. Clasificación de los métodos directos | 343 |
| A-VII.4.2. Sistemas de palpado | 345 |
| A-VII.4.3. Medidas perpendiculares al plano de rodadura de la vía..... | 347 |
| A-VII.4.4. Medidas en el plano de rodadura de la vía | 354 |
| A-VII.5. Métodos indirectos de medición de la geometría de la vía | 358 |
| A-VII.6. Vehículos de registro..... | 358 |
| A-VII.6.1. Vehículos de auscultación geométrica | 358 |

| | |
|---|-----|
| A-VII.6.2. Vehículos de auscultación dinámica | 362 |
| A-VII.7. Frecuencia de los trabajos de auscultación | 362 |
| ANEJO VIII. LOS TRABAJOS DE MANTENIMIENTO SOBRE LA VÍA PARA CORREGIR SU GEOMETRÍA: DESCRIPCIÓN Y REPERCUSIONES ECONÓMICAS | 365 |
| A-VIII.1. El concepto de mantenimiento | 365 |
| A-VIII.2. Evolución histórica del mantenimiento de vía | 368 |
| A-VIII.2.1. El primer mantenimiento de vía: “la puntada a tiempo” | 368 |
| A-VIII.2.2. La introducción del mantenimiento sistemático | 369 |
| A-VIII.2.3. El “mantenimiento según estado” | 371 |
| A-VIII.3. Generalidades de los trabajos de mantenimiento de vía | 372 |
| A-VIII.3.1. Operaciones de nivelación | 373 |
| A-VIII.3.2. Operaciones de alineación | 383 |
| A-VIII.3.3. Operaciones de bateo | 390 |
| A-VIII.3.4. Operaciones de estabilización dinámica | 395 |
| A-VIII.3.5. Operaciones de extendido de balasto y perfilado de la banqueta de la vía | 398 |
| A-VIII.3.6. Otros trabajos de mantenimiento de vía relacionados con su geometría | 399 |
| A-VIII.3.7. Rendimiento de los trabajos de mantenimiento de vía | 400 |
| A-VIII.4. Incidencia económica de los trabajos de mantenimiento | 402 |
