

# TRATADO DE FERROCARRILES I VIA

**FERNANDO OLIVEROS RIVES**

Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
Director de Innovación de RENFE.  
Presidente de la Asociación de Investigación del Transporte.

**ANDRES LOPEZ PITA**

Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
Equipo de Investigación de Vía de la Dirección de Innovación.

**MANUEL J. MEGIA PUENTE**

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
Equipo de Investigación de Vía de la Dirección de Innovación.

APARTADO 43.001  
MADRID

*Editorial Rueda*



# Indice

	<u>Págs.</u>
Presentación .....	5
Prólogo .....	7
Capítulo 1. GEOMETRIA DE LA VIA .....	29
1. Introducción .....	29
2. Conceptos característicos del ferrocarril .....	30
2.1. Apoyado .....	30
2.2. Guiado .....	30
2.3. Unidireccional .....	30
2.4. Adherencia .....	31
2.5. Ancho de vía .....	31
3. Elementos que definen la geometría de la vía .....	33
4. Componentes del trazado .....	35
4.1. Alineaciones en planta .....	35
4.1.1. <i>Alineaciones rectas</i> .....	35
4.1.2. <i>Alineaciones curvas</i> .....	36
4.1.2.1. <i>Necesidad de las curvas</i> .....	36
4.1.2.2. <i>Caracterización de las curvas</i> .....	36
4.1.2.3. <i>Relación entre el radio y la flecha de un arco de circunferencia</i> .....	37
4.1.2.4. <i>Relación entre el grado de curva y la flecha de un arco de circunferencia</i> .....	37
4.1.2.5. <i>Diagrama de curvaturas y flechas</i> .....	38
4.1.2.6. <i>Elementos de una curva circular</i> .....	39
4.1.2.7. <i>Diversos tipos de curvas circulares</i> .....	39
4.2. Alineaciones en alzado .....	40
4.2.1. <i>Alineaciones rectas</i> .....	41
4.2.2. <i>Alineaciones curvas</i> .....	41
5. Influencia de la función de la vía en sus características geométricas ..	41
5.1. Alineaciones en planta .....	41
5.1.1. <i>Peralte</i> .....	42

5.1.1.1.	<i>Fuerza centrífuga</i> .....	42
5.1.1.2.	<i>Peralte teórico</i> .....	44
5.1.1.3.	<i>Peralte práctico</i> .....	45
5.1.1.4.	<i>Limitación del peralte</i> .....	45
5.1.2.	<i>Insuficiencia de peralte</i> .....	46
5.1.2.1.	<i>Aceleración transversal soportada por el viajero</i> .....	47
5.1.3.	<i>Velocidad máxima admisible en función del radio y el peralte</i> .....	48
5.1.4.	<i>Curvas de transición</i> .....	49
5.1.4.1.	<i>Necesidad de las curvas de transición</i> .....	49
5.1.4.2.	<i>Características básicas de las curvas de transición</i> .....	50
5.1.4.3.	<i>Tipos de curvas de transición</i> .....	51
5.1.4.4.	<i>Longitud de la curva de transición</i> .....	53
5.2.	<i>Alineación en alzado</i> .....	55
5.2.1.	<i>Limitación de inclinación de las rasantes</i> .....	55
5.2.2.	<i>Curvas de acuerdo</i> .....	56
5.3.	<i>Entrevía</i> .....	57
5.3.1.	<i>Vía en recta</i> .....	58
5.3.2.	<i>Vía en curva</i> .....	58
5.3.2.1.	<i>Sobreancho de la entrevía</i> .....	58
5.4.	<i>Sobreancho de la vía en curva</i> .....	61
5.5.	<i>Radios mínimos</i> .....	61
6.	<i>Características del camino de rodadura</i> .....	61
6.1.	<i>Descripción de los parámetros que caracterizan a la vía como camino de rodadura</i> .....	62
6.1.1.	<i>Nivelación longitudinal</i> .....	63
6.1.2.	<i>Nivelación transversal</i> .....	63
6.1.3.	<i>Ancho de vía</i> .....	64
6.1.4.	<i>Alineación</i> .....	64
6.2.	<i>Tolerancias geométricas</i> .....	65
	<i>Bibliografía</i> .....	67
<b>Capítulo 2. CARRIL</b>		
1.	<i>Introducción</i> .....	69
2.	<i>Función</i> .....	69
3.	<i>Características</i> .....	70
3.1.	<i>Material</i> .....	71
3.1.1.	<i>Composición química</i> .....	71
3.1.2.	<i>Propiedades físicas</i> .....	73
3.1.3.	<i>Textura</i> .....	77
3.2.	<i>Forma</i> .....	80
3.2.1.	<i>Perfil</i> .....	81
3.2.2.	<i>Longitud</i> .....	84
3.3.	<i>Peso</i> .....	88
3.3.1.	<i>Determinación del peso óptimo del carril</i> .....	90
4.	<i>Fabricación</i> .....	92
4.1.	<i>Fabricación del acero</i> .....	92
4.2.	<i>Laminación</i> .....	93

4.3.	Acabado .....	96
4.4.	Tensiones internas residuales .....	96
4.5.	Defectos .....	99
4.6.	Control de calidad .....	100
4.6.1.	<i>Ensayos más frecuentes</i> .....	100
4.6.2.	<i>Contraensayos</i> .....	102
4.6.3.	<i>Tolerancias</i> .....	103
4.6.4.	<i>Identificación</i> .....	104
5.	Carril continuo soldado (CCS) .....	106
5.1.	Origen y filosofía .....	106
5.2.	Fabricación de las barras largas (BL) .....	109
5.2.1.	<i>Soldadura eléctrica</i> .....	109
5.2.1.1.	<i>Por arco</i> .....	109
5.2.1.2.	<i>Por resistencia</i> .....	110
5.2.2.	<i>Soldadura aluminotérmica (Thermit)</i> .....	111
5.2.2.1.	<i>Por fusión</i> .....	111
5.2.2.2.	<i>A presión</i> .....	114
5.2.3.	<i>Soldadura oxiacetilénica</i> .....	115
6.	Desgastes en servicio .....	115
6.1.	Causas y evolución del desgaste .....	116
6.2.	Tipos de desgastes .....	116
6.2.1.	<i>Desgastes ordinarios</i> .....	117
6.2.1.1.	<i>Desgaste vertical</i> .....	117
6.2.1.2.	<i>Desgaste lateral</i> .....	118
6.2.1.3.	<i>Deformación plástica</i> .....	118
6.2.1.4.	<i>Influencia de la corrosión en el desgaste de los carriles</i> .....	119
6.2.2.	<i>Desgaste ondulatorio</i> .....	121
	Bibliografía .....	123
<b>Capítulo 3. PEQUEÑO MATERIAL DE VIA</b>		
1.	Introducción .....	127
2.	Sujeciones de carriles .....	127
2.1.	Generalidades .....	127
2.2.	Funciones .....	127
2.3.	Características .....	128
2.4.	Placas de asiento .....	131
2.4.1.	<i>Función</i> .....	131
2.4.2.	<i>Características</i> .....	132
2.5.	Tipos de sujeciones .....	133
2.5.1.	<i>Sujeciones rígidas clásicas</i> .....	133
2.5.1.1.	<i>Escarpías</i> .....	133
2.5.1.2.	<i>Tirafondos</i> .....	135
2.5.2.	<i>Clavos elásticos</i> .....	137
2.5.2.1.	<i>Clavos Dörken</i> .....	138
2.5.2.2.	<i>Clavos tipos A y T</i> .....	139
2.5.2.3.	<i>Clavos J-flex, T-flex y Elastic-flex</i> .....	141
2.5.2.4.	<i>Sujeción BR2</i> .....	143
2.5.2.5.	<i>Sujeción Lockspike</i> .....	143

2.5.3.	<i>Sujeciones elásticas de lámina o grapa</i>	144
2.5.3.1.	<i>Sujeciones RN, CIL, Kowa Kasei, IB y D4</i>	144
2.5.3.2.	<i>Sujeción Springlock CS</i>	150
2.5.3.3.	<i>Sujeciones K y KB</i>	151
2.5.3.4.	<i>Sujeción Hayback</i>	152
2.5.3.5.	<i>Sujeción Hambo</i>	154
2.5.4.	<i>Sujeciones elásticas de clip</i>	155
2.5.4.1.	<i>Sujeción Pandrol</i>	155
2.5.4.2.	<i>Sujeción Delta</i>	159
2.5.4.3.	<i>Sujeción DE</i>	160
2.5.4.4.	<i>Sujeción HM</i>	160
2.5.4.5.	<i>Sujeción S</i>	161
2.5.4.6.	<i>Sujeción SKL2</i>	161
2.5.4.7.	<i>Sujeción Fist</i>	161
2.5.5.	<i>Sujeciones de cuña y cojinete</i>	162
2.5.5.1.	<i>Sujeción para carril Bull-Head</i>	163
2.5.5.2.	<i>Sujeción para carril Vignole</i>	164
2.5.6.	<i>Análisis comparativo</i>	164
2.6.	<i>Sujeciones para vía sobre placa de hormigón</i>	164
2.7.	<i>Ensayos sobre las sujeciones</i>	167
3.	<i>Juntas de carriles</i>	170
3.1.	<i>Generalidades</i>	170
3.2.	<i>Bridas y tornillos para las mismas</i>	172
3.3.	<i>Juntas aislantes</i>	175
3.4.	<i>Juntas especiales</i>	175
4.	<i>Antideslizantes</i>	176
	<i>Bibliografía</i>	180
<b>Capítulo 4. TRAVIESAS</b>		
1.	<i>Introducción</i>	183
2.	<i>Función</i>	184
3.	<i>Clasificación</i>	185
3.1.	<i>Material de las traviesas</i>	185
3.2.	<i>Forma de las traviesas</i>	187
4.	<i>Traviesa de madera</i>	190
4.1.	<i>Material</i>	190
4.2.	<i>Forma y dimensiones</i>	190
4.3.	<i>Fabricación</i>	193
4.4.	<i>Tipos de traviesas de madera</i>	199
5.	<i>Traviesa metálica</i>	200
5.1.	<i>Material</i>	200
5.2.	<i>Forma y dimensiones</i>	200
5.3.	<i>Fabricación</i>	203
5.4.	<i>Tipos de traviesas metálicas</i>	205
5.4.1.	<i>Traviesa de los FS (Ferrocarriles italianos)</i>	205
5.4.2.	<i>Traviesa bávara</i>	205
5.4.3.	<i>Traviesa doble de junta</i>	205
5.4.4.	<i>Traviesa en V</i>	205

5.4.5.	<i>Traviesa hueca</i> .....	206
5.4.6.	<i>Traviesa BG 90 R</i> .....	207
5.4.7.	<i>Traviesa de dos cuencos</i> .....	207
5.4.8.	<i>Traviesa CST 9</i> .....	207
5.4.9.	<i>Traviesas CST 10, CST 11, CST 12 y CST 13</i> .....	208
6.	<i>Traviesa de hormigón</i> .....	208
6.1.	<i>Materiales</i> .....	210
6.2.	<i>Forma y dimensiones</i> .....	211
6.2.1.	<i>Traviesas monobloc</i> .....	211
6.2.2.	<i>Traviesas de dos rótulas</i> .....	213
6.2.3.	<i>Traviesa de dos bloques</i> .....	214
6.2.4.	<i>Apoyos independientes o semitraviesas</i> .....	214
6.2.5.	<i>Dimensiones</i> .....	215
6.3.	<i>Fabricación</i> .....	215
6.3.1.	<i>Fabricación de traviesas de dos bloques</i> .....	216
6.3.2.	<i>Fabricación de traviesas monobloc pretensadas</i> .....	218
6.3.3.	<i>Fabricación de traviesas monobloc postensadas</i> .....	219
6.3.4.	<i>Otros procedimientos de transferencia de compresión al hormigón</i> .....	220
6.4.	<i>Tipos de traviesas de hormigón</i> .....	220
6.4.1.	<i>Realizaciones en traviesas de dos bloques</i> .....	221
6.4.1.1.	<i>Traviesa Vagneux</i> .....	222
6.4.1.2.	<i>Traviesa RS</i> .....	223
6.4.1.3.	<i>Traviesa SL</i> .....	224
6.4.1.4.	<i>Traviesa Zig-Zag</i> .....	225
6.4.1.5.	<i>Traviesa Pretube</i> .....	225
6.4.2.	<i>Realizaciones en traviesas monobloc</i> .....	226
6.4.2.1.	<i>Traviesas húngaras</i> .....	227
6.4.2.2.	<i>Traviesas soviéticas</i> .....	228
6.4.2.3.	<i>Traviesas francesas</i> .....	231
6.4.2.4.	<i>Traviesas de Alemania Federal</i> .....	232
6.4.2.5.	<i>Traviesas de Alemania Democrática</i> .....	235
6.4.2.6.	<i>Traviesas inglesas</i> .....	236
6.4.2.7.	<i>Traviesas monobloc en RENFE</i> .....	236
6.4.2.8.	<i>Otras traviesas monobloc</i> .....	237
7.	<i>Traviesas de material sintético</i> .....	238
8.	<i>Ensayos sobre las traviesas</i> .....	239
8.1.	<i>Ensayos de recepción</i> .....	239
8.2.	<i>Ensayos estructurales</i> .....	240
8.3.	<i>Ensayos en vía</i> .....	242
	<i>Bibliografía</i> .....	245
<b>Capítulo 5. BALASTO</b>		
1.	<i>Introducción</i> .....	247
2.	<i>El balasto como elemento estructural</i> .....	248
2.1.	<i>Función</i> .....	248
2.2.	<i>Características</i> .....	248
3.	<i>Reología del balasto</i> .....	254
3.1.	<i>Influencia de las características del balasto en su deformabilidad</i> .....	254

3.2. Módulo de deformación del balasto .....	259
3.3. La ley de superposición .....	263
4. La distribución de tensiones .....	263
4.1. Formulaciones empíricas .....	264
4.2. Formulaciones cuasi-empíricas .....	264
4.3. Formulaciones experimentales .....	265
5. Análisis de las especificaciones sobre el balasto de las principales Administraciones ferroviarias .....	268
Bibliografía .....	273
<b>Capítulo 6. VIA EN PLACA</b>	
1. Introducción .....	275
2. Características y funciones de los componentes de la vía en placa ...	278
2.1. Plataforma .....	279
2.2. Placa de base .....	280
2.3. Placa principal .....	280
2.4. Elastómero .....	281
2.5. Traviesa .....	282
2.6. Sujeción elástica .....	283
2.7. Carril .....	283
3. Tipología .....	283
3.1. Vía en placa de elementos prefabricados .....	283
3.1.1. <i>Vía de balasto con traviesas a tope</i> .....	283
3.1.2. <i>Vía sobre losas</i> .....	284
3.2. Vía en placa construida «in situ» sin elementos prefabricados ...	284
3.2.1. <i>Placa continua de hormigón armado</i> .....	284
3.2.2. <i>Placa continua de hormigón pretensado</i> .....	285
3.3. Vía en placa mixta .....	285
3.3.1. <i>Elemento prefabricado rígidamente unido a la placa</i> ...	285
3.3.1.1. <i>Bloques aislados</i> .....	285
3.3.1.2. <i>Elementos transversales</i> .....	285
3.3.2. <i>Elemento prefabricado libre o unido elásticamente a la placa</i> .....	285
3.3.2.1. <i>Elementos longitudinales</i> .....	285
3.3.2.2. <i>Elementos transversales</i> .....	285
4. Consideraciones sobre el cálculo .....	286
5. Consideraciones críticas .....	290
6. Ensayos en relación con las placas .....	291
6.1. Ensayos previos .....	291
6.2. Ensayos de control .....	292
7. Realizaciones más caracterizadas .....	293
7.1. Japón .....	293
7.1.1. <i>Vía tipo A</i> .....	293
7.1.2. <i>Vía tipo M</i> .....	294
7.1.3. <i>Vía tipo RA</i> .....	294
7.2. Alemania .....	294
7.2.1. <i>Tramos entre Forchneim y Bamberg</i> .....	294
7.2.2. <i>Tramo de Oelde-Westfalia</i> .....	295
7.2.3. <i>Tramo de Rheda-Westfalia</i> .....	296

	<u>Págs.</u>
7.3. Inglaterra .....	297
7.4. Francia .....	298
7.5. España .....	299
7.5.1. <i>Tramo de Ricla-Calatorao</i> .....	299
7.5.1.1. <i>Descripción</i> .....	299
7.5.1.2. <i>Características</i> .....	300
7.6. Holanda .....	303
7.7. Suiza .....	304
7.8. Dinamarca .....	305
7.9. Experiencias ORE .....	305
7.9.1. <i>Fase I</i> .....	305
7.9.2. <i>Fase II</i> .....	306
7.9.3. <i>Fase III</i> .....	307
 Bibliografía .....	 308
 Capítulo 7. PLATAFORMA	
1. Introducción .....	313
2. Función .....	314
3. Características geotécnicas .....	315
4. Tipos .....	322
4.1. Suelo natural .....	322
4.2. Trinchera .....	322
4.3. Terraplén .....	323
5. La capacidad portante .....	326
5.1. Tensiones admisibles en la plataforma .....	327
5.2. Estudios ORE sobre plataformas arcillosas .....	330
6. Deformaciones y asentamientos .....	332
6.1. Deformaciones causadas por movimientos externos a la plataforma .....	332
6.2. Deformaciones y asentamientos debidos a inestabilidad de la propia plataforma .....	341
6.2.1. <i>Causas</i> .....	341
6.2.2. <i>Efectos</i> .....	343
6.2.3. <i>Métodos de atenuación</i> .....	345
6.2.3.1. <i>Ley de filtro</i> .....	346
6.2.3.2. <i>Resistencia a la helada</i> .....	347
6.2.3.3. <i>Fenómeno capilar</i> .....	349
6.2.3.4. <i>Derivación del agua de lluvia</i> .....	349
7. Protección y tratamiento de la plataforma .....	349
7.1. Protección contra movimientos externos que puedan afectarle .....	350
7.2. Tratamiento de la plataforma propiamente dicha .....	351
 Bibliografía .....	 357
 Capítulo 8. ORIGEN Y EVALUACION DE LOS ESFUERZOS	
1. Introducción .....	361
2. Clasificación .....	362
3. Esfuerzos verticales .....	364

3.1.	Esfuerzos debidos a la vía .....	365
3.2.	Esfuerzos debidos al vehículo .....	367
3.3.	Esfuerzos debidos a la dinámica vía-vehículo .....	370
3.4.	Criterios prácticos .....	374
4.	Esfuerzos horizontales .....	375
4.1.	Esfuerzos transversales .....	375
4.1.1.	<i>Esfuerzos ejercidos por una rueda</i> .....	375
4.1.2.	<i>Esfuerzos ejercidos por un eje</i> .....	378
4.2.	Esfuerzos longitudinales .....	380
4.2.1.	<i>Esfuerzos debidos a los vehículos y la vía</i> .....	380
4.2.2.	<i>Esfuerzos debidos a la temperatura</i> .....	381
	Bibliografía .....	387
<b>Capítulo 9. ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO MECANICO DE LA VIA</b>		
1.	Introducción .....	389
2.	Análisis del comportamiento mecánico de una vía férrea sometida a cargas verticales .....	390
2.1.	Solicitaciones en los elementos de la vía por flexión del emparrillado en la capa de balasto .....	391
2.1.1.	<i>Métodos basados en la hipótesis de apoyo discreto del carril</i> .....	391
2.1.2.	<i>Métodos basados en la hipótesis de apoyo continuo y uniforme del carril</i> .....	394
2.1.2.1.	<i>Método de Zimmermann</i> .....	394
2.1.2.2.	<i>Método de Talbot</i> .....	397
2.1.2.3.	<i>Método de Timoshenko</i> .....	400
2.1.2.4.	<i>Método de Timoshenko-Saller-Hanker</i> .....	401
2.1.3.	<i>Consideraciones críticas sobre la aplicación práctica de los métodos de Zimmermann y Talbot</i> .....	402
2.1.3.1.	<i>Método de Zimmermann</i> .....	402
2.1.3.2.	<i>Método de Talbot</i> .....	406
2.1.4.	<i>Tensiones en el contacto rueda carril</i> .....	407
2.1.5.	<i>Tensiones en el carril por flexión de la cabeza sobre el alma</i> .....	410
3.	Análisis general del comportamiento mecánico de una vía férrea sometida a cargas horizontales .....	411
3.1.	Análisis mecánico de una vía sometida a esfuerzos horizontales transversales .....	412
3.1.1.	<i>Análisis mecánico de la deformabilidad transversal de una vía sometida a un esfuerzo longitudinal y a un esfuerzo transversal de carácter puntual</i> .....	413
3.1.2.	<i>Análisis mecánico de la deformabilidad transversal de una vía sometida a un esfuerzo vertical, transversal y longitudinal</i> .....	418
3.2.	Análisis mecánico de una vía sometida a esfuerzos longitudinales .....	424
3.2.1.	<i>Estabilidad elástica de la vía en el plano horizontal</i> ...	424
3.2.1.1.	<i>Exposición general del problema</i> .....	425
3.2.1.2.	<i>Planteamiento teórico del fenómeno</i> .....	428

	<u>Págs.</u>
3.2.2. Estabilidad elástica de la vía en el plano vertical .....	433
3.2.2.1. Discusión teórica general del fenómeno de deformación en el plano vertical .....	433
3.2.2.2. Análisis de la deformación de la vía considerada como una viga comprimida y apoyada sobre una base elástica continua .....	434
3.2.2.3. Análisis de la deformación de la vía considerada como una viga comprimida, apoyada sobre una base rígida .....	436
Bibliografía .....	439
<b>Capítulo 10. CALCULO Y DIMENSIONAMIENTO DE LA VIA Y SUS ELEMENTOS</b>	
1. Introducción .....	443
2. Dimensionamiento de los elementos de la vía .....	444
2.1. Carril .....	444
2.2. Sujeción .....	446
2.3. Traviesa .....	446
2.4. Espesor de balasto .....	456
2.4.1. Método de la SNCF .....	459
2.4.2. Método de clasificación de líneas .....	460
2.4.3. Método de la BR para plataformas arcillosas .....	460
2.4.4. Método de Eisenmann .....	461
2.4.5. Método de López Pita .....	464
2.5. Plataforma .....	467
3. Dimensionamiento del emparrillado de la vía .....	468
Bibliografía .....	471
<b>Capítulo 11. APARATOS DE VIA</b>	
1. Introducción .....	473
2. Función .....	473
3. Elementos básicos .....	473
4. Clasificación .....	474
5. Características .....	474
6. Cambios .....	475
6.1. Aspectos generales .....	475
6.2. Componentes .....	476
6.2.1. Contraagujas .....	476
6.2.2. Espadines o agujas .....	477
6.2.3. Dispositivo de anclaje .....	477
6.2.4. Otros elementos .....	479
6.3. Tipos .....	479
7. Cruzamientos .....	481
7.1. Aspectos generales .....	481
7.2. Componentes .....	483
7.3. Tipos .....	483
7.3.1. Cruzamiento recto .....	483
7.3.2. Cruzamiento curvo .....	483

	<i>Págs.</i>
7.3.3. <i>Cruzamiento de carriles</i> .....	484
7.3.4. <i>Cruzamiento de corazón fundido</i> .....	484
7.3.5. <i>Cruzamiento monolítico fundido</i> .....	484
7.3.6. <i>Cruzamiento especial</i> .....	484
8. Desvíos .....	485
8.1. Aspectos generales .....	485
8.2. Trazado de los desvíos .....	485
8.2.1. <i>Trazado teórico</i> .....	485
8.2.2. <i>Trazado práctico</i> .....	486
8.2.3. <i>Características especiales que definen un desvío</i> .....	488
8.3. Basamentos de los desvíos .....	489
8.3.1. <i>Cachas de madera</i> .....	489
8.3.2. <i>Cachas metálicas</i> .....	489
8.3.3. <i>Longrinas de hormigón armado</i> .....	489
8.3.4. <i>Losas de hormigón armado</i> .....	489
8.4. Velocidad de paso por los desvíos .....	490
8.5. Esfuerzos sobre los desvíos .....	490
8.5.1. <i>Estudio cinemático y dinámico de la entrada en un desvío</i> .....	491
8.6. Proyecto de desvíos .....	495
8.6.1. <i>El desvío como conjunto</i> .....	495
8.6.2. <i>Proyecto del cambio</i> .....	497
8.6.3. <i>Proyecto del cruzamiento</i> .....	498
8.6.4. <i>Basamento y sujeciones</i> .....	499
8.6.5. <i>Cálculo</i> .....	499
9. Travesías .....	502
9.1. Tipos de travesías .....	502
9.1.1. <i>Travesía rectangular</i> .....	502
9.1.2. <i>Travesía oblicua</i> .....	503
9.1.3. <i>Travesía de unión doble</i> .....	503
9.1.4. <i>Travesía curva</i> .....	504
9.2. Esfuerzos sobre las travesías .....	504
9.3. Proyecto de travesías .....	504
10. Combinaciones de aparatos .....	505
10.1. Desvíos dobles .....	505
10.2. Escapes entre vías .....	505
10.3. Diagonales o calles de agujas .....	507
11. Dispositivos de variación de sentido del material rodante .....	507
11.1. Placas o puentes giratorios .....	507
11.2. Lazos de vía .....	507
11.3. Triángulos de vía .....	507
12. Establecimiento de los aparatos de vía .....	508
12.1. Asiento .....	508
12.2. Sobreaño y peralte .....	508
12.3. Representación de los aparatos en los planos .....	510
Bibliografía .....	511

## Capítulo 12. EQUIPOS ESPECIALES EN VÍA

1.	Introducción .....	513
2.	Función .....	516
3.	Análisis de los equipos .....	516
3.1.	Equipos complementarios para la vía .....	516
3.1.1.	<i>Aparatos de dilatación</i> .....	516
3.1.2.	<i>Calentadores de agujas</i> .....	517
3.1.3.	<i>Engrasadores de deslizadores de agujas</i> .....	520
3.1.4.	<i>Engrasadores de carriles</i> .....	521
3.1.5.	<i>Encarriladores</i> .....	522
3.2.	Equipos que modifican la rodadura .....	524
3.2.1.	<i>Limpiadores de la superficie del carril</i> .....	524
3.2.2.	<i>Eyectores de arena</i> .....	525
3.2.3.	<i>Frenos de vía</i> .....	526
3.3.	Equipos de protección de las circulaciones .....	529
3.3.1.	<i>Pedales</i> .....	529
3.3.2.	<i>Circuito de vía</i> .....	530
3.3.3.	<i>Contadores de ejes</i> .....	532
3.3.4.	<i>Balizas para repetición de señales y frenado automático</i> .....	533
3.3.5.	<i>Dispositivos de control de gálibo</i> .....	534
3.3.6.	<i>Advertidores</i> .....	535
3.3.7.	<i>Alarma contra seísmos</i> .....	536
3.3.8.	<i>Descarriladores</i> .....	536
3.3.9.	<i>Parachoques</i> .....	537
3.3.10.	<i>Pasos a nivel</i> .....	538
3.4.	Equipos detectores de las características del material rodante .....	538
3.4.1.	<i>Detectores de cajas de grasa calientes</i> .....	538
3.4.2.	<i>Detectores de ruedas bloqueadas</i> .....	540
3.4.3.	<i>Detectores de grietas en la superficie de rodadura</i> .....	542
3.4.4.	<i>Detectores de planos en las ruedas</i> .....	543
3.4.5.	<i>Detector de la distancia de calado de ruedas</i> .....	545
3.4.6.	<i>Detector de la carga por rueda</i> .....	547
3.4.7.	<i>Detector de incendios</i> .....	549
3.4.8.	<i>Identificación automática de vagones</i> .....	550
3.5.	Equipos que proporcionan servicios auxiliares del material rodante .....	552
3.5.1.	<i>Equipos de abastecimiento</i> .....	552
3.5.2.	<i>Equipos de cambio de ancho de la vía</i> .....	554
3.5.3.	<i>Equipos de carga y descarga</i> .....	559
3.5.4.	<i>Calentadores de material remolcado</i> .....	561
3.5.5.	<i>Equipo de lavado de vehículos</i> .....	561
3.5.6.	<i>Revisión del material</i> .....	562
3.6.	Equipos de aplicación múltiple .....	562
3.6.1.	<i>Radar</i> .....	562
3.6.2.	<i>Equipo de televisión</i> .....	563
3.6.3.	<i>Identificación de un punto de vía</i> .....	564
	<b>Bibliografía</b> .....	566

## Capítulo 13. PROYECTO

1.	Introducción .....	567
----	--------------------	-----

2.	Documentación básica .....	571
3.	Estudio económico .....	572
3.1.	Consideraciones de base .....	572
3.2.	Consideraciones de desarrollo .....	577
3.2.1.	<i>Variables socio-económicas</i> .....	578
3.2.2.	<i>Area económica de influencia</i> .....	579
3.2.3.	<i>Situación actual del mercado. Demanda y oferta</i> .....	579
3.2.4.	<i>Prospectiva del mercado. Demanda y oferta</i> .....	580
3.2.5.	<i>Análisis de alternativas y selección de la óptima</i> .....	581
3.2.6.	<i>Rentabilidad</i> .....	581
4.	Estudio Técnico .....	581
4.1.	Consideraciones básicas .....	581
4.2.	Consideraciones de desarrollo .....	586
4.2.1.	<i>Características generales de la línea</i> .....	586
4.2.2.	<i>Definición del trazado</i> .....	586
4.2.2.1.	<i>Criterios determinantes para la elección de obras de tierra, puentes, viaductos y túneles</i> .....	591
4.2.2.2.	<i>Definición por ordenador de la traza definitiva</i> .....	596
4.2.2.3.	<i>Estudios sobre Geología, Geofísica y Geotecnia</i> .....	600
4.2.2.4.	<i>Estudios de Climatología</i> .....	602
4.2.3.	<i>Definición de la infraestructura</i> .....	603
4.2.4.	<i>Definición de la estructura de la Vía</i> .....	604
5.	Composición del Proyecto .....	604
5.1.	Documentos anteriores al Proyecto .....	606
5.2.	Documentos del Proyecto .....	606
	Bibliografía .....	616
<b>Capítulo 14. CONSTRUCCION</b>		
1.	Introducción .....	619
2.	Construcción de la infraestructura .....	621
2.1.	Replanteo de la explanación .....	621
2.1.1.	<i>Reconocimiento del terreno</i> .....	621
2.1.2.	<i>Estaquillado</i> .....	622
2.1.3.	<i>Localización de las obras de fábrica</i> .....	622
2.2.	Establecimiento de la plataforma .....	623
2.2.1.	<i>Obras previas</i> .....	623
2.2.2.	<i>Infraestructura en suelo natural</i> .....	625
2.2.3.	<i>Infraestructura en trinchera</i> .....	625
2.2.4.	<i>Infraestructura en terraplén</i> .....	628
3.	Construcción de la estructura de la vía .....	629
3.1.	Replanteo .....	629
3.1.1.	<i>Estaquillado</i> .....	630
3.1.2.	<i>Piqueteado</i> .....	631
3.2.	Transporte, manipulación y acopio de materiales .....	632
3.2.1.	<i>Carriles</i> .....	632
3.2.1.1.	<i>Barra corta</i> .....	634
3.2.1.2.	<i>Barra larga</i> .....	636
3.2.2.	<i>Pequeño material</i> .....	637
3.2.3.	<i>Traviesas</i> .....	637

	<u>Págs.</u>
3.2.4. <i>Balasto</i> .....	639
3.3. Establecimiento de la vía .....	640
3.3.1. <i>Montaje con materiales sueltos</i> .....	642
3.3.1.1. <i>Equipos de montaje</i> .....	642
3.3.1.2. <i>Proceso</i> .....	646
3.3.2. <i>Montaje con parejas</i> .....	649
3.3.2.1. <i>Parque</i> .....	650
3.3.2.2. <i>Equipos de montaje</i> .....	653
3.3.2.3. <i>Proceso</i> .....	653
3.3.3. <i>Nivelación y alineación</i> .....	657
3.3.4. <i>Establecimiento del carril continuo soldado (CCS)</i> ....	660
3.3.4.1. <i>Condiciones de la vía para constituir el CCS</i> .....	660
3.3.4.2. <i>Soldadura</i> .....	661
3.3.4.3. <i>Neutralización de tensiones</i> .....	662
3.3.5. <i>Montaje de aparatos de vía</i> .....	667
3.3.5.1. <i>Construcción en parque</i> .....	668
3.3.5.2. <i>Construcción en vía</i> .....	668
3.3.5.3. <i>Nivelación y alineación</i> .....	669
3.3.6. <i>Montaje de equipos especiales en vía</i> .....	670
3.3.7. <i>Operaciones de acabado</i> .....	670
3.3.7.1. <i>Compactado y perfilado</i> .....	670
3.3.7.2. <i>Perfilado de paseos y limpieza de cunetas</i> ...	672
3.3.7.3. <i>Otras operaciones</i> .....	673
3.3.8. <i>Recepción</i> .....	673
3.3.8.1. <i>Tolerancias</i> .....	674
3.3.8.2. <i>Control de calidad</i> .....	674
4. Obras complementarias .....	677
Bibliografía .....	679
Índice de Autores .....	681
Glosario .....	685