

TRATADO DE FERROCARRILES I

VICI

FERNANDO OLIVEROS RIVES
ANDRES LOPEZ PITA
MANUEL MEJIA PUENTE

**ROBERTO PIRAZOLI L.
FERRONOR S.A.**

«La verdad siempre se impone en la Ciencia a pesar de la ignorancia.»

FORG

Tratado de Ferrocarriles I
Vía

FRANCISCO ESTAY BARRERA
ING. CIVIL U. DE CHILE
Jefe Servicio Operaciones
Superior, Explot. Ferros

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



Copyright © 1977 - Editorial Rueda
Apartado 43.001 - Teléfono 619 27 29
Madrid (España)

I.S.B.N.: 84-7207-005-0
Depósito legal: M. 10762-1977

Artes Gráficas MAG, S. L. - Burgos, 12 - Madrid-29 - 33576

Presentación

La publicación de un Tratado completo de Ferrocarriles no es un hecho frecuente. Compendiar en una obra con visión general unitaria la compleja y variada técnica ferroviaria es una tarea ingente que sólo puede y debe acometerse en circunstancias especiales. Ellas concurren en este momento en que el ferrocarril ha superado una etapa de idolización de su propio y espléndido pasado y con vocación de servicio de futuro se apresta, a través de un proceso de innovación tecnológica, a dar adecuada respuesta a una demanda cuyas características en cantidad y calidad han evolucionado en los últimos tiempos de manera radical por la evolución de la sociedad en general y el desarrollo de nuevos medios de transporte en particular.

La necesidad de un tratado de la naturaleza del que presentamos se hacía cada vez más acuciante, y su aparición cubre un campo tecnológico que, por evolucionar rápidamente cada día, demanda una mayor atención de los estudiosos.

El análisis de los tres sectores que integran el dominio de la temática ferroviaria: Vía, Ingeniería Civil e Instalaciones, y Material Rodante, en un marco técnico científico de palpitante actualidad, ha sido el oportuno objetivo que se planteó el Dr. Oliveros, al acometer la confección del Tratado de Ferrocarriles, del cual presentamos el primer tomo, dedicado a la Vía. Con él han colaborado dos jóvenes, pero ya prestigiosos especialistas Ingenieros de RENFE, López Pita y Megía Puente que, formados bajo su dirección, en un período breve, han alcanzado cotas de relieve internacional en estas materias.

El libro se centra en el estudio de la estructura del ferrocarril, efectuando un amplio análisis de los elementos que lo integran y de su comportamiento mecánico en el campo de los procesos físicos que componen su problemática. Sería muy interesante que la temática correspondiente a la moderna explotación pudiera ser asimismo una pronta realidad a disposición de los especialistas.

La colaboración que el Dr. Oliveros, como delegado de RENFE, presta en los Organismos internacionales que realizan estudios avanzados del ferrocarril le ha permi-

tido mantenerse en esa ventana del futuro y enmarcar los conceptos que en el libro se vierten, dentro de una auténtica punta de tecnología.

Aparte de las características singulares de la obra, en cuanto a las fuentes, ordenación de conocimiento y metodología de la exposición, queremos destacar de la misma: el capítulo dedicado a las sujeciones carril-traviesa, en la que se realiza un análisis nuevo y completo de la cuestión; la inclusión, en el capítulo dedicado a la plataforma, de un estudio de sus características, bajo el marco específicamente ferroviario; se incorpora por primera vez en un Tratado un capítulo dedicado a la Vía en placa, con datos y resultados de investigación originales, realizados por nuestra Dirección de Innovación; un replanteamiento del análisis de los esfuerzos sobre la vía, dentro del estudio mecánico del comportamiento de la misma, presentando soluciones de carácter concreto y original al cálculo y dimensionamiento de algunos de los elementos de la Vía; se dedica un capítulo a los equipos especiales de Vía, ofreciendo una presentación homogénea y actualizada de los mismos, ya que hasta el momento se había considerado de forma parcial y dispersa en las revistas y estudios de investigación; finalmente se ofrecen en sendos capítulos ideas compendiadas y originales, que comportan en el marco referido la realización de Proyectos y Construcción de una línea ferroviaria.

En consecuencia, estimamos que este libro facilitará a todos los ferroviarios la consideración en forma condensada y ordenada de los modernos conceptos que comprende el campo científico de la Vía, facilitándole la tarea de hacer frente a los problemas que ésta plantea.

Por todo ello, como Presidente de la Red, constituye para mí una satisfacción presentar esta obra dedicada al mundo ferroviario y que, por haber sido realizada por sus especialistas, pone de relieve el elevado nivel técnico-científico de RENFE.

PLACIDO ALVAREZ FIDALGO

Febrero 1977

Presidente del Consejo de Administración de RENFE

Prólogo

Tarde empezó a desarrollarse el ferrocarril en nuestro país y, en consecuencia, el devenir de nuestra historia ferroviaria se ha producido a un ritmo más lento que el correspondiente a los países que figuran en vanguardia en este campo y que, generalmente, coincidieron con los de mayor potencia industrial.

Los magníficos Ingenieros que en el pretérito configuraron nuestras redes permitieron acortar distancias y los senderos fueron recorridos con mayor celeridad. Pero como el ferrocarril no se rige sólo por las leyes físicas, los imperativos sociopolíticos, ya entrado nuestro siglo, afectaron radicalmente a las estructuras financieras de las Compañías, obligando a ceder en entusiasmo a aquéllos.

A partir de entonces el ferrocarril ha sufrido períodos de aletargamiento técnico coincidiendo con la falta de atención oficial, pero, cuando ésta se ha manifestado, la reacción ha sido inmediata, rebrota con fuerza inusitada y siempre ha sabido devolver a los poderes públicos una amplia y generosa rentabilidad y no sólo social a las inversiones concedidas.

El ferrocarril que hoy contemplamos es el resultado de más de ciento veinticinco años de batallar. Quizá esa lucha ha servido para forjar el carácter peculiar que impregna a la familia ferroviaria, entregada siempre con ilusión al quehacer cotidiano de perfeccionar nuestra Red.

El ferrocarril ofrece en estos momentos un futuro cargado de esperanzas, configurándose como el modo que acusará el menor riesgo ante los cambios que se intuyen. Por ello es preciso potenciarlo, idea que es compartida por todos los países, incluso por los más motorizados, como EE. UU., y actualmente por Venezuela.

El transporte ferroviario ha de ser contemplado dentro del marco de la coordinación modal, para que la utilización y aprovechamiento económico de cada medio tenga su misión idónea, en beneficio del interés nacional. Las fortalezas del ferrocarril (consumo energético, ocupación de espacio, contaminación, velocidad, etc.) le aseguran un lugar destacado en tal concierto.

Cuando Heidegger afirma que la filosofía está acabada, que ha sido sustituida por las Ciencias y que su puesto es ocupado por la cibernética, me recuerda a la transformación que asimismo está sufriendo el ferrocarril, al convertirse en un compendio de Ciencia y Técnica que se manifiesta en forma cibernetzada.

Esta metamorfosis explica ampliamente la gran sensibilidad de la ciencia ferroviaria ante los avances tecnológicos de cada época. El veloz desarrollo de los tiristores, de los microprocesadores, de los ordenadores, de las aplicaciones de las matemáticas a la resolución de los complejos modelos de simulación de sistemas... impulsan al ferrocarril hacia insospechadas cotas tecnológicas.

Consecuente con esta evolución, la investigación ferroviaria corrige su metodología y al poder utilizar las potentes armas que las modernas técnicas ponen a su disposición sintetiza sus procesos concentrándolos en:

- conocimiento de los parámetros básicos que configuran los sistemas;*
- estudio teórico de tales sistemas mediante modelos de simulación,*

que le permitirán seleccionar la solución óptima.

Ello nos está llevando al diseño y utilización de modernos equipos, al estudio y divulgación de materiales y estructuras optimizadas según su función y sobre todo a una cibernetzación masiva de la explotación.

Cuando se habla de la investigación ferroviaria es preciso rendir un especial tributo al ORE, Organización de la U. I. C., verdadero motor que desarrolla sus programas de investigación con gran eficacia mediante el estudio y desarrollo de prototipos.

Es muy importante el desarrollo que las Administraciones están efectuando en el campo de la investigación ferroviaria. Pequeños pero potentes grupos de especialistas seleccionados facilitan la posibilidad de introducir modificaciones en los métodos o en el material, que les aportan grandes beneficios. Queremos destacar, en este sentido, los esfuerzos realizados por la P. K. P., SNCF, DB., BR., y los EE. UU. La construcción de los gigantescos laboratorios de dinámica ferroviaria en Pueblo pueden constituir una especie de la Florencia de la tecnología ferroviaria.

Desgraciadamente, y esto es de aplicación internacional, la innovación se encuentra siempre con la repulsa del medio en que se produce, tanto en los campos de la cultura como del progreso tecnológico. Recuerdo haber leído que Valle Inclán ve rechazada una de sus obras por Pérez Galdós para ser representada en el teatro Español, de Madrid; precisamente este último autor había pasado por el mismo trance unos años antes.

El desarrollo que está experimentando RENFE en estos últimos años no tiene precedentes (establecimiento de uno de los sistemas de señalización más avanzados del mundo; mejora de la catenaria actual, adaptándola para circulaciones a 200 kilómetros/hora; técnica de basculación de cajas del material de transporte en su vertiente de basculación y pendulación; estudios para la alta velocidad, etc...). En estos campos ha tenido la satisfacción de contar con la colaboración de los especialistas de la Asociación de Investigación del Transporte (A. I. T.) y de TALGO.

Sin embargo, desde mi punto de vista, creo que la visión de RENFE se está caracterizando por haber formado a un equipo de hombres capaces de introducir en

nuestra Red la tecnología más avanzada de ámbito internacional, que le facilitará elevados dinteles de rentabilidad.

El desarrollo vertiginoso que las técnicas ferroviarias han experimentado en estos últimos años obligaba a considerar la elaboración de un Tratado que estableciera conexión con el magnífico libro que el profesor García Lomas, maestro de nuestra generación, había publicado hace algunos años. Dado que ningún intento serio se había hecho desde entonces, se hacía preciso cubrir tal laguna.

En este Tratado, cuya presentación ha tenido la amabilidad de hacer el Presidente de RENFE, se ha pretendido mostrar la temática del Ferrocarril, relativa a su morfología, al estudio de sus componentes, al análisis de su estructura en los tres grandes campos de la Vía, Ingeniería Civil e Instalaciones, y Material Rodante, dejando aparte, por el momento, los aspectos de la Explotación.

Nuestro deseo ha sido movernos dentro del marco de la seriedad científica, con un rigor metodológico, tratando de armonizar la solidez del conocimiento con la agilidad expositiva.

Hemos partido del conocimiento de la situación actual y realizando la prospección de las tecnologías de futuro. A continuación nos hemos replanteado en forma novel las premisas sustantivas y configurado la nueva imagen del ferrocarril. Todo ello nos ha permitido establecer el horizonte de objetivos que integran el reto que actualmente tiene planteado y a los cuales hemos subordinado los criterios que manifestamos en este libro.

Hemos buceado en la literatura actual, que ha estado a nuestro alcance, relativa a los diferentes sectores de la estructura del ferrocarril. Se ha procedido a analizar dicha información con toda atención. Su examen nos ha facilitado la realización de una síntesis del conocimiento actual sobre cada tema, que, unido a nuestros criterios sobre las distintas cuestiones características, se han materializado en una toma de posición, en cuanto a las líneas de penetración en el campo científico ferroviario. La síntesis de estos procesos constituye los diversos capítulos que exponemos, dejando constancia de su tratamiento a través de las correspondientes referencias bibliográficas utilizadas más características, que quedan relacionadas al final de cada uno.

Quisiera poner de manifiesto la personalidad de los Ings. Dipls. Sres. López Pita y Megía, que poseen unas características singulares en el marco de la investigación científica. Su capacidad intelectual de estudio, análisis y síntesis les ha permitido en poco más de tres años situarse en posiciones destacadas en el tratamiento de problemas de elevado relieve científico, efectuando ya aportaciones originales en el área internacional.

Dejando aparte mis veinte años de Enseñanza como Catedrático en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, diré que la vida de cualquier ferroviario siempre es apasionante, y la mía propia ha estado dedicada a RENFE. Mis primeros pasos fueron en la Informática y me correspondió el honor de implantar el primer ordenador en España; posteriormente, mi estancia en la Dirección de Explotación me introdujo en el campo difícil de los problemas operativos que demandan cada día soluciones inaplazables y, finalmente, mi paso al área de la Investigación y el Desarrollo me ha permitido ponerme en contacto con la proa del Ferrocarril.

El libro se inicia con un capítulo dedicado a la Geometría de la Vía, que además sirve para tomar contacto con el ámbito ferroviario. Se pasa al estudio de los elementos que componen la estructura de la Vía: carril, pequeño material, traviesa y balasto. Se dedica un capítulo al estudio de la moderna Vía en placa, de la cual la J. N. R. japonesa ya tiene más de 300 kilómetros construidos. A continuación se analiza el problema de la Plataforma ferroviaria. El estudio de los esfuerzos sobre la Vía. Análisis del comportamiento mecánico y Cálculo y dimensionamiento de la misma. constituyen el material de los tres siguientes capítulos. A continuación se estudian los Aparatos de Vía y se incorpora otro capítulo dedicado a los Equipos especiales sobre la Vía, para terminar con dos capítulos en los que se concreta el estudio de un Proyecto y la Construcción de una Línea ferroviaria en sus aspectos de Infraestructura y Estructura de la vía.

Desearíamos que esta publicación sea un eslabón en la línea evolutiva de la Ciencia ferroviaria. En ella hemos tratado de colaborar con nuestro acervo personal al desenvolvimiento del ferrocarril, propiciando el desarrollo de futuros estudios monográficos y reflexiones, a cargo de los investigadores, que así colaborarán en esa dura tarea de tallar sobre la Ciencia la mejor imagen ferroviaria.

Queremos agradecer al gran experto de Vía, señor Alonso, quien nos ha facilitado su documentación personal para el capítulo de Aparatos de Vía y que ha quedado integrada en este libro. Asimismo al señor Celades, que ha colaborado conmigo en los trabajos de Investigación de la Vía en Placa, los cuales son tratados en el capítulo 6.

Ha sido para nosotros una ayuda inestimable haber podido contar con la ardua labor realizada por los señores Aleixandre, Alonso, Sánchez González y Carrillo, quienes tuvieron la paciencia de sancionar los manuscritos de imprenta. Queremos también agradecer a la Dirección de Obras e Instalaciones la documentación aportada.

El clima de trabajo y estudio investigador de la Dirección de Innovación ha hecho posible el desarrollo de esta publicación, por lo que queremos expresar nuestro reconocimiento a todo su personal.

Desearíamos resaltar el esfuerzo realizado por Editorial Rueda al preparar esta edición en tan breve plazo de tiempo.

No queremos terminar el capítulo de agradecimientos sin testimoniar desde aquí nuestra gratitud a RENFE en general y al señor Carbonell en particular, quien en el desarrollo de esta penosa tarea siempre nos ha dado el aliento necesario para proseguirla y sin el cual este libro no hubiera podido salir a la luz.

Fernando OLIVEROS

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

	<u>Págs.</u>
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
 Capítulo 2. CARRIL	
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

	<u>Págs:</u>
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
Capítulo 3. PEQUEÑO MATERIAL DE VIA	127
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>Escarpias</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

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

	<u>Págs.</u>
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
 Bibliografía	 245
 Capítulo 5. BALASTO	 247
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

	<u>Págs.</u>
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
Capítulo 6. VIA EN PLACA	
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. Travesía	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 asientos	332
6.1. Deformaciones causadas por movimientos externos a la plataforma	332
6.2. Deformaciones y asientos 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

	<u>Págs.</u>
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
Capítulo 9. ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO MECANICO DE LA VIA	
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 emparillado 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
Capítulo 10. CALCULO Y DIMENSIONAMIENTO DE LA VIA Y SUS ELEMENTOS	
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
Capítulo 11. APARATOS DE VIA	
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. Contraaguas	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

	<u>Págs.</u>
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. Sobreancho 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 sismos</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
Bibliografía	566
Capítulo 13. PROYECTO	
1. Introducción	567

	<i>Págs.</i>
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
Capítulo 14. CONSTRUCCION	
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

Indice de Tablas

	<u>Pags.</u>
1. GEOMETRIA DE LA VIA	
1.1. Anchos de vía de algunas administraciones importantes	32
1.2. Elementos que definen la geometría de la vía	35
1.3. Radios mínimos de algunos ferrocarriles en vía general de grandes líneas y mínimos absolutos	62
2. CARRIL	
2.1. Composición química del acero para carriles según UNE 25.122	73
2.2. Composición química de los aceros de carril en varios países ...	74
2.3. Composición química del acero para carriles en la URSS	75
2.4. Composición química del acero para carriles en función de su peso métrico, dada por el AREA en 1948	75
2.5. Composición del acero para carriles según norma UIC 860-0	75
2.6. Características dimensionales de algunos perfiles de carril actuales .	87
2.7. Comparación de los resultados obtenidos con la aplicación de diversas fórmulas para el cálculo del peso métrico del carril	91
3. PEQUEÑO MATERIAL DE VIA	
3.1. Relaciones posibles entre los tipos básicos de sujeciones	130
3.2. Tipos de anclajes posibles según la clase de sujeción	131
3.3. Diversas modalidades de materialización de los anclajes posibles y esfuerzos que pueden intervenir	132
3.4. Tabla comparativa de características básicas de algunas sujeciones	165
4. TRAVIESAS	
4.1. Tabla general de características estructurales básicas de las traviesas	188
4.2. Correspondencia posible entre materiales y forma de traviesas ..	189

	<u>Págs.</u>
4.3. Características de las maderas españolas empleadas en la fabricación de traviesas	192
4.4. Dimensiones de las secciones transversales de las maderas utilizadas en Renfe	194
4.5. Esquema del proceso de la fabricación de traviesas de madera ..	198
4.6. Composición normal del acero de traviesas metálicas (Janiche, 1955)	201
4.7. Características de algunos tipos de traviesas metálicas	203
4.8. Esquema del proceso de fabricación de traviesas de dos bloques	217
4.9. Esquema del proceso de fabricación de traviesas pretensadas ...	219
4.10. Esquema del proceso de fabricación de traviesas postensadas ...	219
5. BALASTO	
5.1. Clasificación de rocas basada en la resistencia a compresión simple según Deere y Miller (1966)	250
5.2. Influencia del tamaño del balasto en la resistencia lateral de la vía (ORE, 1976)	251
5.3. Resultados de Kjellman y Jacobson sobre la deformabilidad del balasto	255
5.4. Valores del módulo de elasticidad del balasto (López Pia, 1976)	262
5.5. Análisis granulométrico de los materiales de balasto procedentes de piedras machacadas en distintas Administraciones	270
5.6. Normas granulométricas de los materiales de balasto procedentes de piedras machacadas en la URSS	270
5.7. Ensayos de recepción de balasto en algunas Administraciones ...	272
Bibliografía	273
6. VIA EN PLACA	
7. PLATAFORMA	
7.1. Descripción típica de los distintos tipos de suelos	315
7.2. Identificación en laboratorio de un suelo	316
7.3. Identificación in situ de un suelo	317
7.4. Clasificación de suelos de Casagrande	318
7.5. Clasificación de suelos del Public Road Administration (PRA) ...	320
7.6. Clasificación de los suelos para su utilización en terraplenes en la JNR (Ito e Iwasaki, 1973)	324
7.7. Criterios de la Instrucción de carreteras española para la utilización de suelos como material de terraplén	325
7.8. Norma alemana para las plataformas ferroviarias	328
7.9. Clasificación de niveles de riesgo de caída de materiales a la vía .	335
7.10. Normas de determinación de los niveles de riesgo	336
7.11. Agentes productores de movimientos del terreno, según Terzaghi ..	337
7.12. Influencia del período de heladas en el coeficiente de balasto ...	345
7.13. Clasificación de los suelos susceptibles a la helada (Corps of Engineers, E. E. U. U.)	348
7.14. Dimensionamiento de zanjas de recogida de bloques. (Castañeda, 1976)	352

	<u>Págs.</u>
8. ORIGEN Y EVALUACION DE LOS ESFUERZOS	
8.1. Tabla comparativa de los coeficientes de mayoración dinámica de las cargas verticales	375
9. ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO MECANICO DE LA VIA	
9.1. Estudios realizados sobre la base de viga con apoyos equidistantes para la obtención del momento flector máximo en el carril (López Pita, 1975)	392
9.2. Valores propuestos por el Prof. Eisenmann para el coeficiente de balasto	405
9.3. Resultado del MIT (URSS, 1967) sobre los valores del módulo de vía.	407
9.4. Tabla-resumen sobre la influencia de los diferentes factores en la resistencia lateral de la vía (Dogneton, 1975)	419
10. CALCULO Y DIMENSIONAMIENTO DE LA VIA Y SUS ELEMENTOS	
10.1. Resumen de metodologías para el dimensionamiento de las traviesas	457
10.2. Resumen de la metodología de cálculo de la distribución de presiones en la capa de balasto y del espesor necesario (López Pita, 1976)	458
10.3. Clasificación de líneas en Inglaterra	461
10.4. Clasificación de líneas en la URSS	462
10.5. Método de Eisenmann para el cálculo del espesor teórico necesario del balasto	463
10.6. Módulos de elasticidad de distintos tipos de suelos	467
10.7. Valor del espesor de la capa de sub-balasto (Togno, 1973)	468
10.8. Disposición estructural de la sección transversal de una vía férrea para líneas de Alta Velocidad, en el caso de plataforma de débil capacidad portante (SNCF, 1973)	469
11. APARATOS DE VIA	
11.1. Cálculos de desvíos en curva. Ficha de datos	500
11.2. Notación empleada en el cálculo de desvíos en curva	501
12. EQUIPOS ESPECIALES EN VIA	
12.1. Clasificación de los equipos especiales en vía	514
12.2. Esquema del principio de funcionamiento del sistema MBB ...	546
13. PROYECTO	
13.1. Fases para la definición del trazado	587
13.2. Estudio de la fase preliminar del trazado en zona rural	589
13.3. Equipos de compactación apropiados para distintos tipos de terreno	592
13.4. Indicación sobre elección de equipos de compactación (Rico, 1974)	593
13.5. Definición por ordenador de la traza definitiva	598
13.6. Metodología de los estudios geológicos-geofísicos-geotécnicos	601

	<u>Págs.</u>
14. CONSTRUCCION	
14.1. Obras elementales de drenaje superficial e interno	627
14.2. Esquema del proceso de replanteo de la estructura de la vía ..	633
14.3. Esquema del proceso de montaje de vía con materiales sueltos ..	648
14.4. Esquema del proceso de montaje de vía por parrillas	656
14.5. Características principales de algunas máquinas de nivelación y alineación de vía	659
14.6. Características principales de algunas máquinas compactadoras y perfiladoras	672
14.7. Tolerancias para montaje de vía nueva	675
14.8. Tolerancias para conservación de vía	676
14.9. Cuadro de tolerancias para vía RENFE montada sobre traviesas de hormigón tipo monobloc con sujeciones elásticas	677