

CONTENIDO

Prólogo	XXIII
1. La vía y el material entre 1825-1850.....	1
1.1. Referencia histórica sobre la vía.....	2
1.2. La vía en las minas.....	2
1.3. La vía en las primeras líneas de ferrocarril.....	5
1.4. Las primeras locomotoras.....	9
1.5. Adecuación del peso del carril al de las locomotoras.....	11
Referencias.....	12
2. La resistencia de materiales y el ferrocarril en sus primeros años. . .	13
2.1. Preliminares.....	14
2.2. Los estudios de Galileo y Hooke.....	15
2.3. Los estudios de Bernoulli y Euler.....	19
2.4. La fórmula de Navier (1826).....	22
2.5. Cálculo de vías continuas. El teorema de Clapeyron (1857).....	27
Referencias.....	28

3. La flexión vertical de una vía bajo la acción del material (1867-1935).	29
3.1. Preliminares.....	30
3.2. Aportaciones de Winkler (1867).....	30
3.2.1. En relación con la deformada de carril.....	30
3.2.2. En relación con el comportamiento de una traviesa.....	35
3.3. Puntualizaciones de Hetenyi sobre las constantes de proporcionalidad de Winkler.....	36
3.4. El desarrollo de Schwedler (1882) para una vía sobre longrinas....	37
3.5. La contribución de Zimmermann (1887).....	40
3.5.1. Consideraciones iniciales.....	40
3.5.2. Cálculo de esfuerzos sobre vías con traviesas mediante la teoría de apoyos discontinuos.....	41
3.5.3. Cálculo de esfuerzos en vías con longrinas.....	44
3.5.4. Los valores del coeficiente de balasto: Hantzschel (1878)....	47
3.6. Las aportaciones de Wasiutynski al conocimiento del coeficiente de balasto.....	47
3.7. Módulo de vía.....	51
3.8. Cálculo de los esfuerzos en una vía con traviesas mediante la teoría de la fundación elástica.....	55
Referencias.....	60
4. Efecto de la velocidad en los esfuerzos verticales sobre el carril (1871-1969).	63
4.1. Preliminares.....	64
4.2. La reflexión teórica de Winkler.....	65
4.3. Expresiones propuestas en el periodo 1930-1950.....	67
4.3.1. Fórmula de Driessen (1935).....	67
4.3.2. Fórmula de Schramm (1943).....	67
4.3.3. Formula de Talbot (1920).....	68
4.3.4. Análisis comparado de coeficientes de mayoración dinámica hasta 1950.....	68
4.4. La sistematización de la investigación ferroviaria en el ámbito europeo.....	69
4.5. Principales características de locomotoras y vagones.....	70
4.5.1. Locomotoras.....	70

4.5.2. Vagones de mercancías.	79
4.6. La formulación propuesta por el Comité D-71 del ORE (1966). ...	81
4.7. Fórmula de Eisenmann para líneas clásicas (1969).	85
4.8. Fórmula general de Eisenmann.	88
4.9. Solicitaciones específicas por causa de defectos en ruedas y carriles.	90
4.9.1. Planos en las ruedas.	91
4.9.2. Defectos en la superficie del carril.	92
4.10. Sobrecargas por circular en curva.	94
Referencias.	96
5. El análisis de la flexión vertical de una vía en la segunda mitad del siglo XX.	99
5.1. La modernización de las líneas de ferrocarril en los años 50 del siglo XX.	100
5.2. El potencial de la metodología de Zimmermann.	101
5.3. Influencia del carril.	102
5.4. Influencia del área de apoyo de las traviesas.	104
5.5. Influencia del coeficiente de balasto.	107
5.6. Elementos principales de la deformada de la vía.	113
5.7. Influencia de la danza de las traviesas.	121
5.8. Flexión secundaria del carril.	125
5.9. Flexión de la cabeza del carril sobre el alma.	126
5.10. Influencia de la velocidad de circulación en la deformada del carril.	127
5.11. La deformada del carril bajo carga móvil.	128
5.11.1. Ecuación diferencial.	128
5.11.2. Ecuación de la deformada. Aplicación práctica.	133
5.11.3. Los ensayos de Las Landas.	134
Referencias.	136
6. Dimensionamiento de los componentes de la vía clásica.	139
6.1. Esfuerzos sobre la vía.	140
6.2. Solicitaciones sobre el carril.	141
6.3. Dimensionamiento del carril frente a tensiones normales.	142
6.3.1. Evaluación de las tensiones sobre el carril.	142

6.3.1.1.	Tensiones internas.	143
6.3.1.2.	Tensiones debidas a variaciones térmicas.	143
6.3.1.3.	Tensiones debidas a la flexión de la vía.	145
6.3.1.4.	Ecuación global de tensiones.	146
6.3.2.	Tensión admisible en el carril y fenómeno de fatiga.	146
6.3.3.	Los estudios sobre fatiga.	146
6.3.4.	Diagrama de Wohler.	147
6.3.4.1.	Forma general.	147
6.3.4.2.	Representación analítica de la curva de Wohler.	151
6.3.4.3.	Introducción del aspecto probabilístico.	152
6.3.5.	Solicitaciones a considerar en el estudio de fatiga.	154
6.3.6.	Influencia de la tensión media.	156
6.3.7.	Diagrama de Haigh.	158
6.3.8.	Diagrama de Smith o de Goodman-Smith.	162
6.3.9.	Aplicación práctica del criterio de fatiga al diseño del carril.	163
6.3.10.	Fatiga bajo cargas de amplitud variable. Ley de Miner.	166
6.4.	Dimensionamiento del carril frente a tensiones tangenciales.	169
6.4.1.	Teoría de Hertz.	169
6.4.1.1.	Contacto entre dos esferas.	172
6.4.1.2.	Contacto entre dos cilindros.	173
6.4.2.	Tensión en el contacto rueda-carril.	174
6.4.3.	Elementos de la teoría de la elasticidad.	177
6.4.3.1.	Introducción.	177
6.4.3.2.	Ecuaciones de equilibrio interno.	178
6.4.3.3.	El tetraedro de Cauchy.	181
6.4.3.4.	Tensiones principales.	183
6.4.3.5.	Elipsoide de tensiones.	184
6.4.3.6.	Tensión tangencial máxima.	185
6.4.3.7.	Tensión octaédrica.	186
6.4.3.8.	Relación tensión normal-deformación.	188
6.4.3.9.	Relación esfuerzo cortante-deformación.	190
6.4.3.10.	Ecuaciones de Lamé.	191
6.4.4.	Semiespacio indefinido de Boussinesq.	192
6.4.5.	Distribución de tensiones en el carril por causa del contacto con la rueda.	195
6.4.6.	Teorías de fallo para materiales dúctiles.	197
6.4.6.1.	Criterio de Tresca (1864).	197

