

Índice general

Resumen	i
Resum	iii
Abstract	v
Agradecimientos	ix
Índice general	xi
1 Introducción	1
1.1 Antecedentes y motivación de la Tesis.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Estructura y alcance de la Tesis.....	3
2 Contribuciones de otros investigadores en el ámbito experimental	7
2.1 Introducción.....	7
2.2 Clasificaciones y tipología de la corrugación en carriles.....	8
2.3 Otros trabajos basados en la observación del defecto.....	18
2.4 Pérdida de redondez de la banda de rodadura de la rueda.....	22
2.5 Otros defectos de la superficie de rodadura de los carriles que pueden desencadenar la formación de corrugación.....	25
2.6 Conclusiones.....	30
3 Revisión de estudios teóricos sobre la corrugación en carriles	33
3.1 Introducción.....	33
3.2 Revisión de modelos de interacción dinámica vehículo-vía.....	34
3.2.1 Modelos de vehículo.....	35
3.2.2 Modelos de vía.....	37
3.2.3 Modelos de contacto.....	41
3.2.4 Modelos de excitación.....	49
3.2.5 Revisión de modelos de interacción dinámica vehículo-vía en el dominio de la frecuencia.....	50
3.2.6 Revisión de modelos de interacción dinámica vehículo-vía en el dominio del tiempo.....	55

3.3 Revisión de modelos para estimar el desgaste.....	58
3.3.1 Modelo de desgaste de Archard.....	59
3.3.2 Modelo de desgaste proporcional a la energía disipada por fricción.....	61
3.3.3 Modelo de desgaste basado en el índice de desgaste $T\gamma/A$	62
3.4 Revisión de modelos matemáticos para simular la corrugación en carriles.....	64
3.4.1 Estudios sobre corrugación en los años 80.....	64
3.4.2 Estudios sobre corrugación en la década de los 90.....	66
3.4.3 Estudios sobre corrugación entre los años 2000 y 2007.....	71
3.4.4 Estudios sobre corrugación entre el año 2008 y la actualidad.....	79
3.5 Conclusiones.....	87
4 Modelos de contacto rueda-carril tridimensionales no estacionarios.....	91
4.1 Introducción.....	91
4.2 El contacto de rodadura rueda-carril.....	92
4.2.1 Formulación del problema normal.....	95
4.2.2 Formulación del problema tangencial.....	97
4.2.3 Relaciones constitutivas: ecuaciones de Boussinesq-Cerruti.....	101
4.3 Modelo de contacto tangencial tridimensional no estacionario.....	105
4.3.1 Algoritmo numérico.....	106
4.3.2 Modelo cinemático.....	107
4.3.3 Modelo elástico.....	107
4.3.4 Método de resolución del problema tangencial de contacto.....	108
4.3.5 Análisis del proceso no estacionario de contacto.....	109
4.4 Modelo de contacto no herciano y no estacionario basado en la Teoría Variacional de Kalker.....	118
4.4.1 Resolución del problema normal de contacto.....	119
4.4.2 Resolución del problema tangencial de contacto.....	122
4.4.3 Modelo elástico. Cálculo de los coeficientes de influencia elástica para elementos triangulares con distribución de tensión lineal.....	125
4.4.4 Análisis de la influencia del contacto no herciano y del proceso no estacionario en las fuerzas y distribuciones de tensiones en el contacto.....	142
4.5 Conclusiones.....	167

5 Método de cálculo del desgaste en la superficie de rodadura del carril.....	171
5.1 Introducción.....	171
5.2 Modelo de desgaste.....	172
5.3 Método de estimación del desgaste en la superficie de rodadura del carril.....	173
5.3.1 Modelo de contacto Hertz/FASTSIM y modelo no estacionario.....	173
5.3.2 Modelo de contacto no herciano y no estacionario.....	176
5.4 Resultados del método de estimación del desgaste con el modelo de contacto herciano y no estacionario.....	177
5.4.1 Estudio de la convergencia a la solución estacionaria. Versión tridimensional del problema “de Cattaneo a Carter”.....	178
5.4.2 Resultados correspondientes a la variación de la fuerza normal.....	180
5.4.3 Resultados correspondientes a la variación de la fuerza longitudinal.....	183
5.5 Resultados del método de estimación del desgaste con el modelo no herciano y no estacionario.....	185
5.5.1 Influencia del valor de la fuerza normal en el nivel de desgaste uniforme... ..	186
5.5.2 Influencia del valor del pseudodeslizamiento longitudinal en el nivel de desgaste uniforme.....	186
5.5.3 Efecto de la variación de la fuerza normal.....	187
5.5.4 Efecto de la variación del pseudodeslizamiento longitudinal.....	188
5.5.5 Efecto de las variación simultánea de la fuerza normal y del pseudodeslizamiento longitudinal.....	190
5.5.6 Efecto del contacto no herciano producido por la rodadura sobre superficies corrugadas.....	192
5.6 Conclusiones.....	197
6 Modelo de interacción dinámica vehículo-vía.....	201
6.1 Introducción.....	201
6.2 Generación del modelo de interacción vehículo-vía mediante técnicas de subestructuración.....	203
6.3 Modelo de vehículo.....	205
6.3.1 Formulación del modelo de eje flexible rotatorio.....	205
6.3.2 Influencia de la velocidad de rotación en la respuesta libre del eje flexible rotatorio.....	209
6.4 Modelo de vía.....	216
6.4.1 El carril.....	217

6.4.2 Las traviesas.....	223
6.4.3 Las fuerzas en las placas de asiento.....	228
6.4.4 Las fuerzas en el contacto rueda-carril.....	229
6.5 Método de resolución temporal de la interacción vehículo-vía.....	229
6.6 Conclusiones.....	230
7 Aplicación de los modelos al análisis del crecimiento de la corrugación.....	233
7.1 Introducción.....	233
7.2 Estudio del crecimiento del desgaste ondulatorio en condiciones de rodadura libre del eje mediante Hertz/FASTSIM.....	235
7.2.1 Excitación del sistema vehículo-vía mediante rugosidad pseudoaleatoria.....	236
7.2.2 Excitación del sistema vehículo-vía mediante corrugación sinusoidal.....	241
7.3 Estudio del crecimiento del desgaste ondulatorio en curvas de radio elevado mediante el modelo de contacto no herciano y no estacionario.....	250
7.3.1 Excitación del sistema vehículo-vía mediante corrugación sinusoidal.....	251
7.3.2 Excitación del sistema vehículo-vía mediante rugosidad pseudoaleatoria.....	260
7.4 Análisis del efecto de la interacción bogie-vía en el crecimiento de la corrugación en curvas de radio elevado.....	274
7.5 Influencia de la presencia de un <i>squat</i> en la superficie de rodadura de los carriles en la formación de corrugación.....	283
7.6 Conclusiones.....	289
8 Conclusiones.....	295
ANEXO 1 Ecuaciones de Boussinesq-Cerruti.....	307
ANEXO 2 Coeficientes de influencia elástica para carga uniforme sobre elementos rectangulares.....	317
ANEXO 3 Artículos publicados vinculados a la Tesis.....	321
Bibliografía.....	333