

Índice general

Resumen	I
Abstract	III
Resum	V
Agradecimientos	IX
Nomenclatura	XI
Índice general	XV
1. Introducción	1
1.1. Motivación y antecedentes	3
1.2. Objetivos	6
1.3. Organización de esta Tesis	8
2. Modelo analítico de una viga de Rayleigh rotatoria	11
2.1. Introducción	13
2.2. Modelos analíticos de vigas	13
2.3. Ecuaciones generales del movimiento	14
2.4. Ecuaciones del movimiento de flexión de una viga cilíndrica	25
2.5. Particularización para una viga biarticulada	28
2.6. Vibraciones libres	33
2.6.1. Condiciones iniciales en coordenadas generalizadas	37
2.6.2. Órbitas modales	38

2.7. Vibraciones forzadas	46
2.7.1. Inertancias modales	47
2.8. Estabilidad del sistema	49
2.9. Conclusiones	52
3. Método general para cuerpos elásticos en rotación	55
3.1. Introducción	57
3.2. Modelo cinemático	58
3.3. Ecuación del movimiento	60
3.4. Limitación del método	63
3.5. Conclusiones	63
4. Cuerpos elásticos de revolución en rotación sobre su propio eje	65
4.1. Introducción	67
4.2. Cuerpos de revolución: la transformación modal	70
4.3. Interpretación física de la transformación modal	82
4.4. Síntesis modal mixta lagrangiana–euleriana	85
4.5. Ecuación del movimiento en coordenadas modales mixtas	87
4.6. Ecuación del movimiento en coordenadas modales lagrangianas	89
4.7. Conclusiones	90
5. Modelos analíticos de un cilindro rotatorio	93
5.1. Introducción	95
5.2. Modelos tridimensionales lineales	95
5.3. Funciones de forma tridimensionales	99
5.4. Obtención analítica de los términos de las ecuaciones	102
5.5. Ecuaciones del movimiento	106
5.6. Equivalencia entre los modelos lagrangiano y mixto	108
5.7. Limitación de los modelos lineales	109
5.8. Conclusiones	115
6. Método computacional	117
6.1. Introducción	119

6.2. Interpolación en el MEF	119
6.3. Formulación mediante el MEF	120
6.4. Modelo de un cilindro biarticulado	122
6.4.1. Modelado analítico	123
6.4.2. Modelado mediante el MEF	126
6.4.3. Comparación entre modelos	128
6.5. Modelo de un cilindro libre	134
6.6. Conclusiones	141
7. Respuesta dinámica de un cilindro rotatorio	143
7.1. Introducción	145
7.2. Formulación de las receptancias	145
7.3. Cilindro biarticulado	147
7.4. Cilindro libre	152
7.5. Conclusiones	157
8. Aplicación a un eje de vehículo ferroviario	167
8.1. Introducción	169
8.2. Modelo numérico	169
8.3. Respuesta a condiciones iniciales modales	171
8.4. Receptancias	175
8.5. Conclusiones	176
9. Aplicación a modelos de interacción vehículo ferroviario-vía	183
9.1. Introducción	185
9.2. Modelo de interacción de la UPV	186
9.2.1. Modelado de la vía	186
9.2.2. Obtención de las ecuaciones del movimiento de la vía	188
9.2.3. Modelo del vehículo	189
9.2.4. Fuerzas en el contacto rueda-carril	190
9.2.5. Placas de asiento	190
9.2.6. Solución del problema de interacción	191

9.3. Implementación del eje flexible rotatorio	191
9.4. Cálculos	192
9.4.1. Plano de bloqueo	192
9.4.2. Corrugación	193
9.5. Conclusiones	195
10. Conclusiones y desarrollos futuros	199
10.1. Conclusiones	201
10.2. Desarrollos futuros	203
A. Fundamentos de cinemática espacial	205
A.1. Introducción	207
A.2. Matriz de transformación entre sistemas de referencia	207
A.3. Ortonormalidad de la matriz de transformación	209
A.4. Rotación de vectores	210
A.5. Rotaciones simples	210
A.6. Rotaciones sucesivas	211
A.7. Velocidad angular y aceleración angular	213
A.7.1. En ejes fijos	213
A.7.2. En ejes móviles	214
A.8. Derivación temporal de vectores	215
A.9. Cinemática del sólido rígido	216
A.9.1. Cinemática absoluta	216
A.9.2. Cinemática relativa	218
A.10. Conclusiones	219