

Índice general

1. Introducción	1
2. Antecedentes	5
2.1. Conceptos básicos de control	5
2.2. Tipos de modelado	6
2.2.1. Variables de estado	6
2.2.2. Método de Euler-Lagrange	8
2.3. Discretización	9
2.4. Linealización	10
2.5. Estabilidad en el sentido de Lyapunov	11
2.6. Control óptimo lineal	12
2.7. Incertidumbre paramétrica	17
2.8. Sistemas difusos	17
2.8.1. Lógica difusa	17
2.8.2. Operadores lógicos difusos	19
2.8.3. Sistemas Difusos Takagi-Sugeno	20
3. Análisis del sistema péndulo-carro-balancín	23
3.1. Parámetros del sistema	23
3.2. Identificación de parámetros y caracterización del sistema	24
3.2.1. Coeficiente de fricción estática y coeficiente de fricción viscosa	24
3.2.2. Acondicionamiento del motor	26
3.2.3. Conversión par-voltaje	28
3.2.4. Filtros derivativos	30
3.3. Modelado matemático	32
3.3.1. Balancín	32
3.3.2. Péndulo	35
3.3.3. Sistema péndulo-carro-balancín	37
3.4. Tarjeta de Adquisición	41
4. Diseño de controladores	43
4.1. Diseño de controladores lineales	43
4.1.1. Balancín	43

4.1.2. Péndulo	45
4.1.3. Sistema péndulo-carro-balancín	47
4.2. Diseño de controladores no lineales	50
4.2.1. Control difuso para el balancín	50
4.2.2. Control difuso para el péndulo invertido	55
5. Resultados experimentales	61
5.1. Acondicionamiento de las señales	61
5.2. LQR balancín	62
5.3. Control difuso para el balancín	64
5.4. LQR péndulo	65
5.5. Control difuso para el péndulo invertido	66
6. Conclusiones	69
A. Anexos	71
A.1. Regresión lineal	71
A.2. Interpolación lineal y multilínea	72
A.3. Filtros analógicos	74