

# Tabla de Contenido

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Motivación . . . . .	1
1.2. Hipótesis . . . . .	4
1.3. Objetivos . . . . .	5
1.4. Estructura de la tesis . . . . .	5
1.5. Notaciones y definiciones básicas . . . . .	6
<b>2. Control Predictivo basado en modelos</b>	<b>8</b>
2.1. Control predictivo clásico - MPC . . . . .	9
2.1.1. Formulación del problema . . . . .	9
2.1.2. Condiciones para estabilidad . . . . .	11
2.2. Control predictivo robusto - RMPC . . . . .	14
2.2.1. RMPC para sistemas con incerteza multiplicativa . . . . .	14
2.2.1.1. Sistemas con incerteza multiplicativa . . . . .	14
2.2.1.2. Estrategia de RMPC para sistemas con incerteza multiplicativa	15
2.2.1.3. Estrategia de RMPC con dinámica optimizada para sistemas con incerteza multiplicativa . . . . .	19
2.2.2. RMPC para sistemas con incerteza aditiva y multiplicativa . . . . .	24
2.2.2.1. Sistema con incerteza aditiva y multiplicativa . . . . .	24
2.2.2.2. Estrategia de RMPC con dinámica optimizada para sistemas con incerteza aditiva y multiplicativa . . . . .	25
2.3. Control predictivo basado en modelos difusos . . . . .	29
2.3.1. Modelos difusos Takagi-Sugeno . . . . .	30
2.3.2. FMPC para sistemas con modelos locales lineales . . . . .	31
2.3.3. FRMPC para sistemas con modelos locales no lineales con incerteza aditiva . . . . .	38
2.4. Desigualdades matriciales lineales difusas . . . . .	43
2.4.1. Aplicaciones de las relajaciones de Pólya a FLMIIs . . . . .	46
2.5. Discusión . . . . .	48
<b>3. MPC con dinámica optimizada basado en LMIs para sistemas difusos Takagi-Sugeno</b>	<b>50</b>
3.1. Ley de control con dinámica optimizada difusa sin incerteza (DOPDC) . . . . .	51
3.1.1. Formulación del problema . . . . .	51
3.1.2. Estrategia de control . . . . .	52
3.1.3. Análisis de estabilidad . . . . .	59
3.1.4. Análisis del tamaño del conjunto estabilizante . . . . .	60

3.2.	Casos particulares de la ley de control predicha . . . . .	64
3.2.1.	Formulación del Problema . . . . .	64
3.2.1.1.	Ley de control predicha KD-LND . . . . .	66
	Estrategia de control . . . . .	66
	Análisis del tamaño del conjunto estabilizante . . . . .	68
3.2.1.2.	Ley de control predicha KND-LD . . . . .	68
	Estrategia de control . . . . .	68
	Análisis del tamaño del conjunto estabilizante . . . . .	70
3.2.1.3.	Ley de control predicha KND-LND . . . . .	70
	Estrategia de control . . . . .	70
	Análisis del tamaño del conjunto estabilizante . . . . .	72
3.3.	Discusión . . . . .	72
<b>4.</b>	<b>RMPC con dinámica optimizada basado en LMIs para sistemas difusos Takagi-Sugeno con incerteza aditiva</b>	<b>74</b>
4.1.	Ley de control con dinámica optimizada difusa con incerteza aditiva (DOPDC-I)	75
4.1.1.	Formulación del problema . . . . .	75
4.1.2.	Estrategia de control . . . . .	76
4.1.3.	Análisis de estabilidad . . . . .	84
4.2.	Casos particulares de la ley de control predicha . . . . .	85
4.2.1.	Formulación del problema . . . . .	85
4.2.1.1.	Ley de control predicha KD-LND . . . . .	87
4.2.1.2.	Ley de control predicha KND-LD . . . . .	89
4.2.1.3.	Ley de control predicha KND-LND . . . . .	91
4.3.	Discusión . . . . .	93
<b>5.</b>	<b>Resultados de Simulación</b>	<b>94</b>
5.1.	Sistema benchmark difuso Takagi-Sugeno . . . . .	94
5.1.1.	Primer caso de estudio . . . . .	96
5.1.2.	Segundo caso de estudio . . . . .	103
5.2.	Discusión . . . . .	111
<b>6.</b>	<b>Caso de Estudio: Sistemas de Climatización HVAC</b>	<b>112</b>
6.1.	Sistemas HVAC . . . . .	112
6.1.1.	Unidad de tratamiento de aire de un sistema HVAC . . . . .	113
6.2.	Modelo difuso de la unidad de tratamiento de aire de un sistema de climatización HVAC . . . . .	115
6.3.	Simulaciones . . . . .	118
6.3.1.	Resultados de simulación . . . . .	119
6.4.	Discusión . . . . .	124
<b>7.</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>126</b>
	Trabajo Futuro . . . . .	127
<b>8.</b>	<b>Glosario</b>	<b>128</b>
	<b>Bibliografía</b>	<b>129</b>

<b>Anexo A. Conjuntos Invariantes</b>	<b>133</b>
<b>Anexo B. Estabilidad Lyapunov</b>	<b>135</b>
<b>Anexo C. Desigualdades Matriciales Lineales</b>	<b>137</b>
<b>Anexo D. Procedimiento S</b>	<b>138</b>
D.1. El procedimiento S para funciones cuadráticas y desigualdades no estrictas .	138
D.2. El procedimiento S para formas cuadráticas y desigualdades estrictas . . . .	138
<b>Anexo E. Estabilidad de leyes de control de realimentación difusas con y sin incerteza aditiva</b>	<b>139</b>
<b>Anexo F. Diseño de leyes de realimentación difusas</b>	<b>141</b>
Sistema difuso sin incerteza . . . . .	141
Sistema difuso con incerteza aditiva . . . . .	142
<b>Anexo G. Algoritmos de control predictivo con dinámica optimizada para modelos difusos Takagi-Sugeno con y sin incerteza aditiva</b>	<b>144</b>
G.1. MPC con dinámica optimizada para sistemas difusos Takagi-Sugeno . . . . .	144
G.2. RMPC con dinámica optimizada para sistemas difusos Takagi-Sugeno con incerteza aditiva . . . . .	146