

# CONTENIDOS

<b>1 Introducción</b>	11
1.1 Antecedentes	11
1.1.1 Los Robots de la última generación	11
1.1.2 Agentes y Sistema Multiagente	20
1.1.3 Tolerancia a fallos en robot móviles	22
1.2 Justificación	24
1.3 Objetivos	24
1.3.1 Objetivo General	24
1.3.2 Objetivos Específicos	25
1.4 Alcances y limitaciones	25
1.5 Estructura del trabajo de investigación	25
<b>2 Sistemas Multiagente</b>	27
2.1 Introducción	27
2.2 Cuándo usar un Sistema Multiagente	28
2.3 Características de los Sistemas Multiagente	29
2.3.1 Los agentes modelos y características	29
2.4 Interacciones entre agentes en los Sistemas Multiagente	31
2.4.1 Técnicas de Interacción	33
2.4.2 Colaboración, coordinación y comunicación entre agentes	34
2.4.3 Protocolos de comunicación	37
2.5 Aprendizaje y razonamiento	37
2.5.1 Redes neuronales artificiales	38
2.5.2 Razonamiento basado en caso	38
2.5.3 Algoritmos genéticos	38
2.5.4 Lógica difusa	39
2.6 Modelado de un Sistema Multiagente	39
2.6.1 Formalismos para el modelado de un Sistema Multiagente	39
2.7 Aplicación de los Sistemas Multiagente	40
2.7.1 Ventajas del uso de los Sistemas Multiagente	42
2.8 Metodologías orientadas a modelar Sistemas Multiagente	42
2.8.1 Diferentes tipos de metodologías utilizadas para el análisis y diseño de los Sistema Multiagente	43
2.9 Características de metodologías orientadas agentes	44
2.9.1 VOWEL	46
2.9.2 GAIA	46
2.9.3 MAS-CommonKADS	48
2.9.4 BDI	48
2.9.5 MaSE	49
2.9.6 MESSAGE	50
2.9.7 TROPOS	51
2.9.8 AUML	52
2.9.9 INGENIAS	53
2.10 Conclusión del capítulo	54
<b>3 Tolerancia a fallos en robot móviles</b>	56
3.1 Introducción	56
3.2 Antecedentes	58
3.2.1 Metodología para realizar el diseño de un sistema tolerante a fallos	61
3.2.1.1 Análisis del sistema	62

3.2.1.2 <i>Diseño del sistema de diagnóstico de fallos</i>	63
3.2.1.3 <i>Diseño de los mecanismos de tolerancia a fallos</i>	69
3.2.1.4 <i>Diseño del supervisor</i>	72
<b>3.3 Diagnóstico de fallos en un robot móvil</b>	74
3.3.1 <i>Influencia de fallos de los sensores y actuadores en el funcionamiento del robot móvil</i>	77
<b>3.4. Robots con implementación de mecanismos tolerantes a fallos</b>	78
3.4.1 <i>El robot Hannibal</i>	78
3.4.1.1 <i>Replicación de hardware</i>	78
3.4.1.2 <i>Redundancia de comportamientos</i>	79
3.4.1.3 <i>Sensores virtuales robustos</i>	79
3.4.1.4 <i>Restricción de fallos</i>	81
3.4.2 <i>El robot Xavier</i>	81
3.4.2.1 <i>Situación de fallo y situación de excepción</i>	82
3.4.2.2 <i>Modelos de tolerancia a fallos implementados en el robot Xavier</i>	83
3.4.3 <i>Robot soldador</i>	86
<b>3.5 Conclusiones del capítulo</b>	88
<b>4 Análisis del sistema tolerante a fallos</b>	90
4.1 <b>Introducción</b>	90
4.2 <b>Diseño modificado del sistema de control distribuido para un robot móvil</b>	90
4.2.1 <i>Clasificación de los dispositivos de entrada y salida que integran el sistema de control del robot</i>	91
4.2.2 <i>Distribución y tipo de conexión de los dispositivos en los nodos que integran el sistema de control</i>	91
4.2.3 <i>Diferentes tipos de tareas existentes en los nodos del sistema de control</i>	92
4.3 <b>Tipo de agentes tolerantes a fallos del SMA y su distribución en el sistema de control</b>	93
4.3.1 <i>Distribución del agente nodo en sistema de control</i>	93
4.3.2 <i>Distribución del agente sistema en sistema del control</i>	94
4.3.3 <i>Distribución del agente tarea en el sistema de control</i>	95
4.3.4 <i>Distribución del agente sistema, agente tarea y agente nodo en un determinado nodo del sistema de control</i>	95
4.3.5 <i>Localización de los dispositivos, tareas y los diferentes tipos de agentes en el sistema de control distribuido del robot móvil</i>	98
4.4 <b>Conocimiento y funciones de los agentes tolerante a fallos</b>	100
4.4.1 <i>Conocimiento que debe poseer el agente sistema y sus copias</i>	100
4.4.2 <i>Funciones del agente sistema activo</i>	100
4.4.3 <i>Funciones del agente sistema pasivo</i>	103
4.4.4 <i>Conocimiento que debe tener el agente nodo</i>	104
4.4.5 <i>Funciones del agente nodo</i>	105
4.4.6 <i>Conocimiento que debe tener el agente tarea</i>	106
4.4.7 <i>Funciones del agente tarea</i>	106
4.5 <b>Comunicación entre los agentes tolerante a fallos</b>	107
4.6 <b>Descripción formal del sistema tolerante a fallos</b>	110
4.6.1 <i>Agente Nodo (ANi)</i>	110
4.6.2 <i>Agente Tarea (ATj)</i>	113
4.6.3 <i>Agente Sistema (AS)</i>	114
4.6.4 <i>Variables de comunicación entre agentes</i>	116
4.6.4.1 <i>Comunicación entre el Agente Nodo (ANi) y el Agente Sistema (AS)</i>	116
4.6.4.2 <i>Comunicación entre el Agente Nodo (ANi) y el Agente Tarea (ATj)</i>	116
4.6.4.3 <i>Comunicación entre el Agente Sistema (AS) y el Agente Nodo (ANi)</i>	117
4.6.4.4 <i>Comunicación entre el Agente Sistema(AS) y el Agente Tarea (ATj)</i>	117
4.6.4.5 <i>Comunicación entre el Agente Tarea (ATj) y el Agente Sistema (AS)</i>	117
4.6.4.6 <i>Comunicación entre el Agente Tarea (ATj) y el Agente Nodo (ANi)</i>	117
4.6.4.7 <i>Comunicación entre el Agente Tarea (ATj) y el Agente Tarea (ATk)</i>	118
4.6.4.8 <i>Comunicación entre el Agente Tarea (ATk) y el Agente Tarea (ATj)</i>	118
4.6.4.9 <i>Comunicación entre el Agente Tarea Copia (ATCj) y el Agente Sistema (AS)</i>	118
4.6.4.10 <i>Comunicación entre el Agente Tarea Copia (ATCj) y el Agente Nodo (Ni)</i>	118

4.6.4.11 Comunicación entre el Agente Tarea (ATj) y el Agente Copia (ATCj)	118
4.6.4.12 Comunicación entre el Agente Tarea (ATCj) y el Agente Tarea (ATj)	119
4.6.4.13 Comunicación entre el Agente Nodo (ANi) y el Agente Tarea Copia (ATCj)	119
4.6.4.14 Comunicación entre el Agente Sistema (AS) y el Agente Tarea Copia (ATCj)	119
<b>4.7 Descripción esquemática de la arquitectura tolerante a fallos</b>	119
4.7.1 Comunicación y Cooperación	121
4.7.2 Ejemplos de arquitecturas de los sistemas de control en robots móviles	122
<b>4.8 Metodología seleccionada para modelar el SMA tolerante de fallos</b>	124
<b>4.9 Arquitectura software seleccionada para interconectar el SMA tolerante a fallos</b>	127
4.9.1 Arquitectura software 3+	128
4.9.1.1 Capa funcional	128
4.9.1.2 Capa de ejecución	129
4.9.1.3 Capa de decisión	129
4.9.1.4 Ventajas de la arquitectura 3+	130
4.9.1.5 Protocolo de comunicación	130
4.9.1.6 Estructura del protocolo de comunicación	131
4.9.1.7 Interfase entre la capa tolerante a fallos y la arquitectura software 3+	132
<b>4.10 Diseño de la interfase entre el SMA tolerante a de fallos propuesto y la arquitectura software 3+</b>	133
4.10.1 Tolerancia a fallos a nivel comportamiento	137
<b>4.11 Conclusiones del capítulo</b>	137
<b>5 Análisis de fiabilidad</b>	139
<b>5.1 Introducción</b>	140
5.2.1 Árboles de fallos	142
5.2.1.1 Descripción del método de análisis	143
5.2.1.2 Elaboración del árbol de fallos	143
5.2.1.3 Exploración del árbol	145
5.2.1.4 Evaluación cualitativa	146
5.2.1.5 Evaluación cuantitativa	147
5.2.1.6 Análisis de fiabilidad con árboles de fallos en sistemas robóticos	148
<b>5.3 Lógica difusa y posibilidad</b>	151
5.3.1 Conjuntos difusos	152
5.3.2 Funciones de pertenencia	153
5.3.3 Razonamiento difuso	155
5.3.4 Reglas heurísticas	156
5.3.5 Desfuzzificación	156
<b>5.4 Árbol de fallos difuso</b>	158
5.4.1 Requisitos para trabajar con árboles de fallos difusos	163
<b>5.5 Análisis de fiabilidad con árbol de fallos difuso para los componentes que integran el sistema robótico</b>	164
<b>5.6 Conclusiones del capítulo</b>	165
<b>6 Modelo de la arquitectura tolerante a fallos mediante un SMA</b>	165
<b>6.1 Introducción</b>	166
<b>6.2 Modelando el Sistema Multiagente propuesto en su fase de análisis</b>	170
6.2.1 Introducción a la metodología MaSE	
6.2.2 La captura de metas	
6.2.3 Aplicando casos de meta	
6.2.3.1 Casos de meta para SMA que tolera los fallos en el sistema de control distribuido en un robot móvil (SCDRM)	170
6.2.3.2 Diagramas de secuencia para el SMA que tolera los fallos en el SCDRM	171
6.2.3.3 Diagramas de secuencia para el SMA que tolera los fallos en el SCDRM	172
6.2.4 Redefiniendo roles	173
6.2.4.1 Transformar metas en roles	176
6.2.4.2 Tareas concurrentes	176
<b>6.3 Modelando el Sistema Multiagente en su fase de diseño</b>	182
6.3.1 Creación de las clases de agentes	182

6.3.2	<i>Construyendo conversaciones en SMA que tolera los fallos en el SCDRM</i>	182
6.3.3	<i>Ensamblando clases de agentes en SCDRM</i>	186
6.3.4	<i>Diagrama de despliegue del SMA que tolera los fallos en el SCDRM</i>	187
6.4	<b>Transformación de la fase de análisis a la fase de diseño</b>	189
6.4.1	<i>Punto de partida del proceso de transformación</i>	189
6.4.2	<i>Primera etapa del proceso de transformación: Add Agent Components</i>	194
6.4.2.1	<i>Determinando los protocolos para los eventos externos</i>	194
6.4.2.2	<i>Determinando el modo para los protocolos</i>	196
6.4.2.3	<i>Componentes del agente</i>	196
6.4.3	<i>Segunda etapa del proceso de transformación: Annotating Component State Diagrams</i>	197
6.4.3.1	<i>Concordando los primeros mensajes de las conversaciones</i>	197
6.4.3.2	<i>Anotando los diagramas de estado de los componentes</i>	200
6.4.4	<i>Tercera etapa del proceso de transformación: Create Conversation</i>	202
6.5	<b>Verificación formal de las conversaciones en MaSE</b>	206
6.6	<b>Conclusiones del capítulo</b>	207
<b>7</b>	<b>Conclusiones y trabajos futuros</b>	208
7.1	<b>Conclusiones</b>	208
7.2	<b>Resultados destacables</b>	208
7.2.1	<i>Arquitectura distribuida</i>	209
7.2.2	<i>Análisis de fiabilidad</i>	209
7.2.3	<i>Agentes para cada componente</i>	209
7.3	<b>Trabajo y líneas de investigación futuras</b>	210
	<b>Referencias</b>	211
	<b>Apéndice A</b>	219
	<b>Apéndice B</b>	224
	<b>Apéndice C</b>	228
	<b>Apéndice D</b>	235