

# Índice general

## PARTE 1 FUNDAMENTOS DE LOS CONTROLADORES LÓGICOS

### CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN A LOS CONTROLADORES LÓGICOS

<b>1.1</b>	<b>CONCEPTOS GENERALES</b> .....	3
<b>1.2</b>	<b>CONTROLADORES LÓGICOS SIN UNIDAD OPERATIVA</b> .....	7
1.2.1	CONTROLADORES LÓGICOS COMBINACIONALES .....	7
1.2.2	CONTROLADORES LÓGICOS SECUENCIALES.....	10
1.2.2.1	Introducción.....	10
1.2.2.2	Descripción de los sistemas secuenciales.....	12
	<i>Especificación mediante niveles de las variables de entrada</i> .....	12
	<i>Especificación mediante cambios de nivel de las variables de entrada</i> .....	14
1.2.2.3	Controladores lógicos implementados con sistemas secuenciales síncronos ..	21
	<i>Controladores lógicos cableados</i> .....	21
	<i>Controladores lógicos programables de arquitectura fija</i> .....	21
	<i>Controladores lógicos programables de arquitectura configurable</i> .....	23
<b>1.3</b>	<b>CONTROLADORES LÓGICOS CON UNIDAD OPERATIVA</b> .....	25
1.3.1	INTRODUCCIÓN.....	26
1.3.2	AUTÓMATAS PROGRAMABLES CON UNA UNIDAD LÓGICA.....	26
1.3.2.1	Introducción.....	26
1.3.2.2	Conceptos básicos .....	26
	<i>Unidades de entrada y salida</i> .....	28
	<i>Unidad Central</i> .....	30
1.3.3	AUTÓMATAS PROGRAMABLES BASADOS EN UN COMPUTADOR.....	33
1.3.3.1	Introducción.....	33
1.3.3.2	Características generales de los computadores.....	34
	<i>Unidad de control</i> .....	35
	<i>Unidad de memoria</i> .....	37

1.3.3.3 Características generales de los autómatas programables basados en un computador .....	41
1.3.3.3.1 Unidades de acoplamiento de entrada y salida de variables digitales y analógicas.....	44
1.3.3.3.2 Unidades de entrada/salida especiales.....	44
1.3.3.3.3 Procesadores de comunicaciones .....	44
1.3.3.3.4 Memoria de programa .....	44
1.3.3.3.5 Memoria de datos.....	45
1.3.3.4 Recursos físicos ( <i>Hardware</i> ) y de programación ( <i>Software</i> ) de los autómatas programables basados en un computador.....	46
<i>Unidad Central</i> .....	48
<i>Capacidad de memoria de programa/datos</i> .....	48
<i>Capacidad de entradas y salidas digitales</i> .....	49
<i>Modularidad de entradas y salidas</i> .....	49
<i>Módulos específicos de entrada/salida</i> .....	53
<i>Capacidad de interrupción</i> .....	54
<i>Interfaz máquina-usuario</i> .....	56
<i>Recursos de Comunicaciones</i> .....	58
<i>Protección ante sabotajes y averías</i> .....	60
<i>Lenguajes de programación</i> .....	61
<b>Bibliografía</b> .....	61

## **PARTE 2 SISTEMAS DE PROGRAMACIÓN DE LOS AUTÓMATAS PROGRAMABLES**

### **CAPÍTULO 2 SISTEMA STEP7 DE PROGRAMACIÓN DE AUTÓMATAS PROGRAMABLES**

<b>2.1 INTRODUCCIÓN</b> .....	65
<b>2.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE STEP7</b> .....	65
2.2.1 TIPOS DE DATOS .....	66
2.2.2 UNIDADES DE ORGANIZACIÓN DEL PROGRAMA.....	67
2.2.3 VARIABLES .....	70
<b>2.3 LENGUAJE DE LISTA DE INSTRUCCIONES (AWL) DE STEP7</b> .....	70
2.3.1 CONCEPTOS GENERALES.....	70
2.3.2 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES.....	70
2.3.3 INSTRUCCIONES.....	72
2.3.4 INSTRUCCIONES QUE OPERAN CON VARIABLES LÓGICAS .....	74

2.3.4.1	Introducción.....	74
2.3.4.2	Instrucciones de selección, de entrada y salida o de operación.....	75
	<i>Instrucciones sin paréntesis</i> .....	75
	<i>Instrucciones con paréntesis</i> .....	80
2.3.4.3	Instrucciones de memorización .....	87
2.3.4.4	Instrucciones que operan con flancos.....	90
2.3.5	INSTRUCCIONES QUE OPERAN CON COMBINACIONES BINARIAS.....	94
2.3.5.1	Introducción.....	94
2.3.5.2	Instrucciones de carga y transferencia.....	94
2.3.5.3	Instrucciones aritméticas .....	98
2.3.5.4	Instrucciones de comparación .....	101
2.3.5.5	Instrucciones de conversión .....	102
2.3.5.6	Instrucciones de desplazamiento y rotación.....	104
2.3.5.7	Instrucciones lógicas con combinaciones binarias.....	105
2.3.6	INSTRUCCIONES DE TEMPORIZACIÓN.....	107
2.3.7	INSTRUCCIONES DE CONTAJE.....	119
2.3.8	INSTRUCCIONES DE CONTROL DEL PROGRAMA.....	125
2.3.8.1	Instrucciones de salto .....	126
2.3.8.2	Instrucciones de control de bloque.....	132
2.3.8.3	Instrucciones de control de la ejecución de un grupo de instrucciones.....	135
<b>2.4</b>	<b>LENGUAJE DE ESQUEMA DE CONTACTOS (KOP) DE STEP7.....</b>	<b>136</b>
2.4.1	CONCEPTOS GENERALES.....	136
2.4.2	IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES.....	138
2.4.3	OPERACIONES CON CONTACTOS.....	138
2.4.3.1	Operaciones lógicas.....	140
2.4.3.2	Operaciones de memorización .....	144
2.4.3.3	Operación de inversión.....	146
2.4.4	OPERACIONES CON CONTACTOS Y BLOQUES.....	146
2.4.4.1	Operaciones con flancos.....	146
2.4.4.2	Operaciones de temporización .....	149
2.4.4.3	Operaciones de contaje.....	151
<b>2.5</b>	<b>LENGUAJE DE DIAGRAMA DE FUNCIONES (FUP) DE STEP7 .....</b>	<b>153</b>
2.5.1	CONCEPTOS GENERALES.....	153
2.5.2	IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES.....	153
2.5.3	OPERACIONES LÓGICAS .....	153
2.5.4	OPERACIONES DE MEMORIZACIÓN.....	158
2.5.5	OPERACIONES CON FLANCOS .....	161
2.5.6	OPERACIONES DE TEMPORIZACIÓN.....	163

2.5.7 OPERACIONES DE CONTAJE .....	165
<b>2.6 LENGUAJE DE DIAGRAMA FUNCIONAL DE SECUENCIAS (S7-GRAPH) DE STEP7 .....</b>	<b>166</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>166</b>
<b>CAPÍTULO 3 SISTEMA NORMALIZADO IEC 61131-3 DE PROGRAMACIÓN DE AUTÓMATAS PROGRAMABLES</b>	
<b>3.1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>167</b>
<b>3.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SISTEMA NORMALIZADO IEC 61131-3 .....</b>	<b>168</b>
3.2.1 TIPOS DE DATOS .....	168
3.2.2 UNIDADES DE ORGANIZACIÓN DEL PROGRAMA DE UN PROYECTO.....	168
3.2.2.1 Subprogramas .....	169
3.2.2.2 Funciones.....	170
3.2.2.3 Bloques funcionales .....	171
3.2.2.4 Variables .....	172
<b>3.3 LENGUAJE NORMALIZADO DE LISTA DE INSTRUCCIONES .....</b>	<b>173</b>
3.3.1 CONCEPTOS GENERALES.....	173
3.3.2 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES.....	174
3.3.3 INSTRUCCIONES.....	175
3.3.4 INSTRUCCIONES QUE OPERAN CON VARIABLES LÓGICAS.....	176
3.3.4.1 Introducción.....	176
3.3.4.2 Instrucciones de selección, de entrada y salida o de operación.....	177
3.3.4.3 Instrucciones de memorización .....	184
3.3.4.4 Instrucciones que operan con flancos.....	184
3.3.5 INSTRUCCIONES QUE OPERAN CON COMBINACIONES BINARIAS.....	185
3.3.5.1 Introducción.....	185
3.3.5.2 Instrucciones de selección .....	185
3.3.5.3 Instrucciones aritméticas .....	185
3.3.5.4 Instrucciones de comparación .....	186
3.3.5.5 Instrucciones lógicas con combinaciones binarias .....	188
3.3.6 INSTRUCCIONES DE CONTROL.....	189
3.3.6.1 Instrucciones de salto .....	189
3.3.6.2 Instrucciones de llamada y retorno de módulo.....	190
3.3.7 FUNCIONES.....	192
3.3.8 BLOQUES FUNCIONALES .....	195
3.3.8.1 Introducción.....	195

3.3.8.2 Bloques funcionales de memorización.....	195
3.3.8.3 Bloques funcionales de detección de flanco.....	197
3.3.8.4 Bloques funcionales temporizadores.....	198
3.3.8.5 Bloques funcionales contadores.....	200
3.3.8.6 Bloques funcionales de usuario.....	205
<b>3.4 LENGUAJE NORMALIZADO DE ESQUEMA DE CONTACTOS .....</b>	<b>205</b>
3.4.1 CONCEPTOS GENERALES.....	205
3.4.2 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES.....	206
3.4.3 OPERACIONES CON CONTACTOS.....	207
3.4.3.1 Operaciones lógicas.....	208
3.4.3.2 Operaciones de memorización.....	210
3.4.3.3 Operaciones con flancos.....	211
3.4.4 BLOQUES FUNCIONALES.....	214
3.4.4.1 Bloques funcionales normalizados.....	214
3.4.4.2 Bloques funcionales de usuario.....	215
3.4.5 FUNCIONES.....	216
<b>3.5 LENGUAJE NORMALIZADO DE DIAGRAMA DE FUNCIONES .....</b>	<b>216</b>
3.5.1 CONCEPTOS GENERALES.....	216
3.5.2 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES.....	216
3.5.3 OPERACIONES LÓGICAS.....	217
3.5.4 BLOQUES FUNCIONALES.....	218
<b>3.6 DIAGRAMA FUNCIONAL DE SECUENCIAS.....</b>	<b>220</b>
<b>3.7 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA NORMALIZADO IEC 61131-3.....</b>	<b>220</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>231</b>

## **PARTE 3 CONTROLADORES ELECTRÓNICOS**

### **CAPÍTULO 4 FUNDAMENTOS DE LOS CONTROLADORES ELECTRÓNICOS**

<b>4.1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>235</b>
<b>4.2 CLASIFICACIÓN Y FUNDAMENTOS DE LOS CONTROLADORES ELECTRÓNICOS .....</b>	<b>236</b>
4.2.1 CLASIFICACIÓN DE LOS CONTROLADORES ELECTRÓNICOS SEGÚN LA FORMA DE LLEVAR A CABO EL CONTROL.....	238
4.2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS CONTROLADORES ELECTRÓNICOS SEGÚN EL TIPO DE VARIABLES DE ENTRADA.....	240

4.2.2.1	Introducción.....	240
4.2.2.2	Controladores lógicos.....	241
4.2.2.3	Controladores de procesos continuos .....	241
4.2.2.3.1	<i>Introducción y clasificación</i> .....	241
4.2.2.3.2	<i>Clasificación de los controladores de procesos según el tipo de señales internas</i> .....	242
	<i>Controladores analógicos de procesos</i> .....	242
	<i>Controladores digitales de procesos</i> .....	242
4.2.2.3.3	<i>Clasificación de los controladores de procesos según el algoritmo de control</i> .....	244
4.2.3	CLASIFICACIÓN DE LOS CONTROLADORES ELECTRÓNICOS SEGÚN LA ESTRUCTURA ORGANIZATIVA.....	248
4.2.4	CLASIFICACIÓN LOS CONTROLADORES ELECTRÓNICOS SEGÚN EL NIVEL DE RIESGO.....	248
4.2.5	CLASIFICACIÓN DE LOS CONTROLADORES ELECTRÓNICOS DIGITALES SEGÚN EL TIPO DE PROCESADOR .....	249
<b>Bibliografía</b>	.....	252

## **CAPÍTULO 5 DISEÑO DE CONTROLADORES LÓGICOS CON AUTÓMATAS PROGRAMABLES**

<b>5.1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	257
<b>5.2</b>	<b>HERRAMIENTAS DE DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADOR DE LOS CONTROLADORES LÓGICOS BASADOS EN AUTÓMATAS PROGRAMABLES</b> .....	257
5.2.1	INTRODUCCIÓN.....	257
5.2.2	ADMINISTRACIÓN DE UN PROYECTO STEP7 .....	258
5.2.3	RECURSOS Y REQUISITOS NECESARIOS PARA DESARROLLAR UN PROGRAMA STEP7.....	261
<b>5.3</b>	<b>MÉTODOS CLÁSICOS DE DISEÑO DEL PROGRAMA DE CONTROL</b> .....	262
5.3.1	DISEÑO DE SISTEMAS COMBINACIONALES CON UN AUTÓMATA PROGRAMABLE .....	263
5.3.2	DISEÑO DE CONTROLADORES LÓGICOS SECUENCIALES IMPLEMENTADOS CON UN AUTÓMATA PROGRAMABLE .....	268
5.3.2.1	Método de diseño basado en la emulación de biestables RS.....	268
5.3.2.2	Método del algoritmo compacto de emulación del diagrama de estados.....	285
<b>5.4</b>	<b>MÉTODOS DE DISEÑO DE CONTROLADORES LÓGICOS SECUENCIALES COMPLEJOS</b> .....	289
5.4.1	MÉTODO DE DISEÑO BASADO EN LA PARTICIÓN DEL ALGORITMO EN FASES.....	291

5.4.2 MÉTODO DE DISEÑO BASADO EN EL DIAGRAMA FUNCIONAL DE SECUENCIAS .....	298
5.4.2.1 Introducción.....	298
5.4.2.2 Conceptos básicos del lenguaje S7-Graph .....	299
<i>Etapas</i> .....	299
<i>Transiciones</i> .....	300
<i>Evolución</i> .....	300
5.4.2.2.1 <i>Reglas de evolución del lenguaje S7-Graph</i> .....	301
<i>Ramas alternativas</i> .....	301
<i>Saltos</i> .....	301
<i>Fin de cadena</i> .....	302
<i>Ramas simultáneas</i> .....	304
5.4.2.2.2 <i>Operaciones permanentes</i> .....	307
5.4.2.3 Conceptos avanzados de S7-Graph .....	307
5.4.2.3.1 <i>Denominación de las etapas</i> .....	307
5.4.2.3.2 <i>Acciones asociadas a etapas</i> .....	308
<i>Acciones normalizadas (Standar)</i> .....	309
<i>Acciones con enclavamiento (Interlock)</i> .....	309
5.4.2.3.3 <i>Supervisión de la evolución entre etapas</i> .....	309
5.4.2.3.4 <i>Eventos y acciones asociadas</i> .....	310
5.4.2.3.5 <i>Acciones para activar y desactivar otras etapas</i> .....	311
5.4.2.3.6 <i>Transiciones condicionadas por etapas o por otras transiciones</i> .....	312
5.4.2.3.7 <i>Temporizadores, contadores y operaciones aritméticas en acciones</i> .....	313
5.4.2.4 Integración de cadenas secuenciales programadas en S7-Graph .....	316
<i>Juego de parámetros de los bloques funcionales de S7-Graph</i> .....	316
<i>Modos de operación del controlador secuencial</i> .....	317
5.4.2.5 Ejemplos de diseño de controladores lógicos con el lenguaje S7-Graph .....	318
5.4.2.6 Ejemplos típicos de automatización realizados con el lenguaje S7-Graph .....	327
<b>5.5 COMPARACIÓN DEL MÉTODO DE DISEÑO BASADO EN S7-GRAPH Y EL BASADO EN EL DIAGRAMA DE PARTICIÓN EN FASES</b> .....	337
<b>5.6 COMPARACIÓN ENTRE EL LENGUAJE SFC Y EL S7-GRAPH</b> .....	343
<b>Bibliografía</b> .....	349





6.3.6 IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL CONTINUO PID MEDIANTE UN AUTÓMATA PROGRAMABLE.....	385
6.3.6.1 Introducción.....	385
6.3.6.2 Bloques funcionales y lenguajes .....	387
6.3.6.3 Lenguaje <i>CFC</i> de descripción de controladores de procesos continuos .....	389
<b>Bibliografía</b> .....	402

## **PARTE 4 CONTROLADORES ELECTRÓNICOS Y GESTIÓN DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS**

### **CAPÍTULO 7 SENSORES Y SISTEMAS DE RADIOIDENTIFICACIÓN INDUSTRIALES**

<b>7.1 INTRODUCCIÓN</b> .....	407
<b>7.2 CLASIFICACIÓN DE LOS SENSORES INDUSTRIALES</b> .....	408
7.2.1 INTRODUCCIÓN.....	408
7.2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS SENSORES INDUSTRIALES SEGÚN EL PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL ELEMENTO SENSOR.....	410
7.2.3 CLASIFICACIÓN DE LOS SENSORES SEGÚN EL TIPO DE SEÑAL ELÉCTRICA QUE GENERAN .....	410
7.2.3.1 Sensores analógicos.....	411
7.2.3.2 Sensores digitales .....	413
7.2.3.3 Sensores temporales .....	415
7.2.4 CLASIFICACIÓN DE LOS SENSORES SEGÚN EL RANGO DE VALORES ...	418
7.2.4.1 Sensores de medida .....	418
7.2.4.2 Sensores todo-nada.....	418
7.2.5 CLASIFICACIÓN DE LOS SENSORES INDUSTRIALES SEGÚN EL MODO DE OPERACIÓN .....	419
7.2.6 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS SENSORES SEGÚN LA FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA.....	419
7.2.7 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS SENSORES SEGÚN EL NIVEL DE INTEGRACIÓN.....	420
Sensores discretos.....	420
Sensores integrados .....	420
Sensores inteligentes .....	420
7.2.8 CLASIFICACIÓN DE LOS SENSORES SEGÚN LA VARIABLE FÍSICA MEDIDA.....	423

<b>7.3 CARACTERÍSTICAS DE ENTRADA DE LOS SENSORES INDUSTRIALES</b> .....	425
7.3.1 CAMPO O RANGO DE MEDIDA.....	425
7.3.2 FORMA DE VARIACIÓN DE LA MAGNITUD DE ENTRADA.....	425
Datos estáticos ( <i>Static data</i> ) .....	425
Datos dinámicos ( <i>Dynamic data</i> ) .....	426
Datos transitorios ( <i>Transient data</i> ) .....	426
Datos aleatorios ( <i>Random data</i> ).....	426
<b>7.4 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS</b> .....	427
7.4.1 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE SALIDA.....	427
7.4.1.1 Sensores de salida analógica .....	427
7.4.1.2 Sensores de salida digital .....	428
7.4.1.3 Sensores de salida todo-nada.....	429
<i>Sensores todo-nada de salida del tipo relé</i> .....	430
<i>Sensores todo-nada de salida electrónica</i> .....	430
<i>Sensores todo-nada de salida electrónica de dos hilos</i> .....	432
<i>Sensores todo-nada de salida electrónica de tres hilos</i> .....	434
<i>Sensores todo-nada de salida electrónica de cuatro hilos</i> .....	436
7.4.1.4 Sensores de salida temporal.....	438
7.4.2 CARACTERÍSTICAS DE ALIMENTACIÓN .....	438
7.4.3 CARACTERÍSTICAS DE AISLAMIENTO.....	439
<b>7.5 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS</b> .....	439
7.5.1 CONCEPTOS GENERALES.....	439
7.5.2 GRADO DE PROTECCIÓN AMBIENTAL DE LOS SENSORES INDUSTRIALES.....	440
<b>7.6 CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO</b> .....	441
7.6.1 INTRODUCCIÓN.....	441
7.6.2 CARACTERÍSTICAS ESTÁTICAS .....	442
7.6.2.1 Exactitud.....	442
7.6.2.2 Precisión, repetibilidad y reproducibilidad.....	443
7.6.2.3 Calibración .....	443
7.6.2.4 Histéresis .....	443
7.6.2.5 Linealidad.....	445
7.6.2.6 Mínimo valor medible .....	446
7.6.2.7 Resolución.....	446
7.6.2.8 Sensibilidad .....	446
7.6.3 CARACTERÍSTICAS DINÁMICAS .....	447
7.6.3.1 Introducción.....	447

7.6.3.2	Respuesta en frecuencia .....	447
7.6.3.3	Tiempo de respuesta .....	447
7.6.3.4	Tiempo de subida y de bajada .....	448
7.6.3.5	Constante de tiempo .....	448
7.6.3.6	Amortiguación o sobreoscilación ( $\Delta V$ ) .....	448
7.6.4	CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES .....	449
7.6.4.1	Efectos térmicos .....	449
7.6.4.2	Efectos de la aceleración y las vibraciones .....	450
7.6.4.3	Efectos de la presión ambiental .....	450
7.6.4.4	Efectos de las perturbaciones eléctricas .....	451
7.6.4.5	Otros efectos .....	451
7.6.5	CARACTERÍSTICAS DE FIABILIDAD .....	452
<b>7.7</b>	<b>SENSORES INDUSTRIALES DE APLICACIÓN GENERAL EN PROCESOS DE FABRICACIÓN Y EN PROCESOS CONTINUOS</b> .....	<b>453</b>
7.7.1	INTRODUCCIÓN .....	453
7.7.2	SENSORES DETECTORES DE OBJETOS .....	453
7.7.2.1	Introducción .....	453
7.7.2.2	Sensores de proximidad con contacto .....	455
7.7.2.2.1	<i>Introducción</i> .....	455
7.7.2.2.2	<i>Finales de carrera</i> .....	456
	<i>Introducción</i> .....	456
	<i>Elementos de un final de carrera</i> .....	457
	<i>Modo de operación</i> .....	460
	<i>Contactos eléctricos</i> .....	461
	<i>Características técnicas de los contactos</i> .....	462
	<i>Criterios de selección de los finales de carrera</i> .....	465
7.7.2.2.3	<i>Microrruptores</i> .....	468
7.7.2.3	Sensores de proximidad sin contacto .....	469
7.7.2.3.1	<i>Conceptos generales</i> .....	469
7.7.2.3.2	<i>Símbolos normalizados</i> .....	470
	<i>Símbolos de los sensores de proximidad de dos hilos</i> .....	472
	<i>Símbolos de los sensores de proximidad de tres hilos</i> .....	473
	<i>Símbolos de los sensores de proximidad de cuatro hilos</i> .....	475
7.7.2.3.3	<i>Sensores de proximidad optoelectrónicos</i> .....	475
	<i>Introducción</i> .....	475
	<i>Características constructivas de las fotocélulas</i> .....	478
	<i>Características técnicas de las fotocélulas</i> .....	480
	<i>Sensores de proximidad optoelectrónicos de barrera de luz</i> .....	484

<i>Sensores de proximidad optoelectrónicos de reflexión sobre espejo</i> .....	488
<i>Sensores de proximidad optoelectrónicos de reflexión sobre objeto</i> .....	494
<i>Sensores de marcas</i> .....	499
<i>Fotocélulas de fibra óptica</i> .....	499
7.7.2.3.4 <i>Sensores de proximidad electromagnéticos</i> .....	503
<i>Sensores de láminas de contacto</i> .....	503
<i>Sensores de efecto Hall</i> .....	503
<i>Sensores inductivos</i> .....	504
7.7.2.3.5 <i>Sensores de proximidad inductivos</i> .....	505
<i>Conceptos generales</i> .....	505
<i>Tipos de sensores de proximidad inductivos</i> .....	507
<i>Campo de trabajo</i> .....	509
<i>Características técnicas</i> .....	512
<i>Normas de instalación</i> .....	517
7.7.2.3.6 <i>Sensores de proximidad capacitivos</i> .....	518
7.7.2.3.6.1 <i>Conceptos generales</i> .....	518
7.7.2.3.6.2 <i>Tipos de sensores de proximidad capacitivos</i> .....	521
7.7.2.3.6.3 <i>Campo de trabajo</i> .....	522
7.7.2.3.6.4 <i>Características técnicas</i> .....	526
7.7.2.3.6.5 <i>Normas de instalación</i> .....	527
7.7.2.3.7 <i>Sensores de proximidad ultrasónicos</i> .....	528
7.7.2.3.7.1 <i>Introducción</i> .....	528
7.7.2.3.7.2 <i>Características de los ultrasonidos</i> .....	529
7.7.2.3.7.3 <i>Sensores ultrasónicos de barrera</i> .....	538
7.7.2.3.7.4 <i>Sensores ultrasónicos detectores de eco</i> .....	539
<i>Influencia del objeto</i> .....	541
<i>Influencia de la temperatura</i> .....	545
<i>Influencia de las condiciones ambientales</i> .....	546
<i>Características técnicas</i> .....	547
<i>Normas de instalación</i> .....	548
7.7.3 <b>SENSORES DE MEDIDA DE DISTANCIA</b> .....	551
7.7.3.1 <b>Sensores de medida de distancias magnéticos</b> .....	551
7.7.3.1.1 <i>Sensores de medida de distancia de inductancia variable</i> .....	552
7.7.3.1.2 <i>Sensores de medida de distancia de transformador diferencial</i> .....	555
7.7.3.1.3 <i>Sensores de medida de distancia de efecto Hall</i> .....	556

7.7.3.2 Sensores de medida de distancia optoelectrónicos.....	557
7.7.3.3 Sensores de medida distancia ultrasónicos.....	560
7.7.4 SENSORES DE MEDIDA DE DESPLAZAMIENTO.....	560
7.7.4.1 Introducción.....	560
7.7.4.2 Codificadores optoelectrónicos rotativos.....	560
7.7.4.2.1 Codificadores optoelectrónicos rotativos absolutos.....	560
7.7.4.2.2 Codificadores optoelectrónicos rotativos incrementales.....	561
7.7.5 SENSORES DE NIVEL.....	562
7.7.6 SENSORES DE MEDIDA DE FUERZA Y PRESIÓN.....	563
7.7.6.1 Introducción.....	563
7.7.6.2 Sensores de medida de fuerza y presión resistivos.....	565
7.7.6.3 Sensores de medida de fuerza y presión piezoeléctricos.....	566
7.7.7 SENSORES DE MEDIDA DE ACELERACIÓN Y VIBRACIONES.....	566
7.7.8 SENSORES DE CAUDAL.....	567
7.7.9 SENSORES DE MEDIDA DE TEMPERATURA.....	569
7.7.9.1 Introducción.....	569
7.7.9.2 Sensores termorresistivos.....	569
7.7.9.2.1 Introducción.....	569
7.7.9.2.2 Sensores bimetalicos todo nada.....	570
7.7.9.2.3 Sensores termorresistivos metálicos.....	570
7.7.9.2.4 Sensores termorresistivos de óxidos metálicos.....	571
7.7.9.3 Sensores de temperatura basados en la unión P-N.....	573
7.7.9.4 Sensores de temperatura termoeléctricos.....	573
7.7.9.5 Sensores de temperatura piroeléctricos.....	574
<b>7.8 SISTEMAS DE AUTOIDENTIFICACIÓN.....</b>	<b>575</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>576</b>

## **CAPÍTULO 8 ACTUADORES**

<b>8.1 FUNDAMENTOS Y DEFINICIÓN.....</b>	<b>581</b>
<b>8.2 CIRCUITO DE CONTROL.....</b>	<b>583</b>
8.2.1 COMPONENTES ELÉCTRICOS.....	583
8.2.1.1 Relés electromagnéticos.....	583
8.2.1.2 Contactores.....	585
8.2.2 COMPONENTES ELECTRÓNICOS.....	586
8.2.2.1 Componentes electrónicos pasivos.....	586
8.2.2.2 Dispositivos electrónicos.....	587
8.2.2.2.1 Introducción.....	587

8.2.2.2.2	<i>Dispositivos electrónicos pasivos</i> .....	589
	<i>Introducción</i> .....	589
	<i>Diodo semiconductor de potencia</i> .....	590
	<i>Diodo luminiscente</i> .....	592
8.2.2.2.3	<i>Dispositivos electrónicos de potencia activos sin memoria</i> .....	592
	<i>Introducción</i> .....	592
	<i>Transistor bipolar</i> .....	593
	<i>Transistor de efecto de campo MOSFET</i> .....	596
	<i>Transistor bipolar de puerta aislada</i> .....	596
8.2.2.2.4	<i>Dispositivos electrónicos de potencia activos con memoria</i> .....	598
	<i>Rectificador controlado de silicio</i> .....	598
	<i>Tiristor con control de apertura</i> .....	600
	<i>Tiristor bidireccional (Triac)</i> .....	600
8.2.2.2.5	<i>Relé de estado sólido</i> .....	602
<b>8.3</b>	<b>CONVERTIDORES DE ENERGÍA</b> .....	<b>603</b>
8.3.1	INTRODUCCIÓN .....	603
8.3.2	CONVERTIDORES ELECTRÓNICOS ESTÁTICOS.....	603
8.3.3	CONVERTIDORES ELÉCTRICOS .....	606
8.3.3.1	Introducción.....	606
8.3.3.2	Solenoides .....	607
8.3.3.3	Máquinas eléctricas .....	608
8.3.3.4	Motores eléctricos .....	611
	8.3.3.4.1 <i>Introducción</i> .....	611
	8.3.3.4.2 <i>Motores de corriente continua</i> .....	612
	8.3.3.4.3 <i>Motores de corriente alterna</i> .....	615
8.3.4	CONVERTIDORES DE ENERGÍA MECÁNICOS .....	619
8.3.5	CONVERTIDORES DE ENERGÍA NEUMÁTICOS .....	621
8.3.6	CONVERTIDORES DE ENERGÍA HIDRÁULICOS .....	621
<b>Bibliografía</b>	.....	<b>623</b>
 <b>CAPÍTULO 9 INTERFACES DE ENTRADA Y SALIDA</b>		
<b>9.1</b>	<b>INTRODUCCIÓN Y CLASIFICACIÓN</b> .....	<b>625</b>
<b>9.2</b>	<b>INTERFAZ DE CONEXIÓN CON EL PROCESO</b> .....	<b>626</b>
9.2.1	INTRODUCCIÓN.....	626
9.2.2	INTERFACES DE APLICACIÓN GENERAL DE CONEXIÓN CON EL PROCESO .....	628
9.2.2.1	Introducción.....	628

9.2.2.1.1	<i>Interfaces de variables todo-nada</i> .....	628
9.2.2.1.2	<i>Interfaces de sensores de salida analógica</i> .....	630
9.2.2.2	Interfaz de sensores todo-nada sin aislamiento galvánico.....	632
9.2.2.3	Interfaz de sensores todo-nada con aislamiento galvánico.....	632
9.2.2.3.1	<i>Introducción</i> .....	632
9.2.2.3.2	<i>Interfaces de sensores todo-nada con aislamiento galvánico y alimentación en continua</i> .....	632
	<i>Sensores todo-nada con salida del tipo contacto</i> .....	632
	<i>Sensores todo-nada de dos hilos</i> .....	636
	<i>Sensores todo-nada de tres hilos</i> .....	638
9.2.2.3.3	<i>Interfaz de sensores todo-nada con aislamiento galvánico y alimentación en alterna</i> .....	638
9.2.2.4	Interfaces de variables de salida todo-nada con alimentación en continua ..	640
9.2.2.4.1	<i>Clasificación y descripción</i> .....	640
	<i>Interfaces de variables de salida todo-nada con relé</i> .....	641
	<i>Interfaces de variables de salida todo-nada con transistor NPN</i> ..	643
	<i>Interfaces de variables de salida todo-nada con transistor PNP</i> ..	644
	<i>Interfaces de variables de salida todo-nada con tiristor o triac</i> ..	644
9.2.2.4.2	<i>Protección de las salidas todo-nada</i> .....	645
	<i>Introducción</i> .....	645
	<i>Salida con carga inductiva</i> .....	645
	<i>Salida con carga resistiva del tipo lámpara de incandescencia</i> ..	647
	<i>Salida con carga resistiva del tipo diodo luminiscente</i> .....	647
9.2.2.5	Interfaces de sensores analógicos.....	648
	<i>Interfaces de sensores analógicos por tensión</i> .....	649
	<i>Interfaces de sensores analógicos por corriente</i> .....	649
	<i>Interfaces de sensores analógicos mediante informaciones digitales</i> .....	651
9.2.2.6	Interfaces de variables analógicas de salida .....	651
	<i>Interfaz de variables analógicas de salida por tensión</i> .....	652
	<i>Interfaz de variables analógicas de salida por corriente</i> .....	654
9.2.3	INTERFACES DE APLICACIÓN ESPECÍFICA DE CONEXIÓN CON EL PROCESO .....	655
9.2.3.1	Unidades de entrada de medida de temperatura .....	655
9.2.3.2	Unidades de entrada de conteo .....	657
9.2.3.3	Unidades de entrada/salida remotas .....	658
9.2.3.4	Unidades de posicionamiento.....	660
	<i>Módulos de control en bucle cerrado</i> .....	660
	<i>Módulos de control en bucle abierto</i> .....	660
9.2.3.5	Unidades de regulación .....	661

<b>9.3 INTERFACES DE CONEXIÓN CONTROLADOR-USUARIO</b> .....	664
9.3.1 UNIDADES DE PROGRAMACIÓN .....	665
9.3.2 EQUIPOS DE INTERFAZ USUARIO-MÁQUINA.....	665
9.3.2.1 Introducción.....	665
9.3.2.2 Características de los equipos de visualización y actuación .....	667
9.3.3 SISTEMAS DE SUPERVISIÓN Y ADQUISICIÓN DE DATOS (SCADA).....	670
9.3.3.1 Conceptos generales .....	670
9.3.3.2 Técnicas de gestión <i>OLE</i> y <i>OPC</i> .....	672
9.3.3.3 Técnica de gestión <i>OPC-UA</i> .....	673
<b>Bibliografía</b> .....	674

## **CAPÍTULO 10 AUTOMATIZACIÓN DE LOS PRODUCTOS Y LOS PROCESOS PRODUCTIVOS Y DE LA GESTIÓN DE LA TECNOLOGÍA**

<b>10.1 INTRODUCCIÓN</b> .....	677
<b>10.2 AUTOMATIZACIÓN DEL DISEÑO Y LA FABRICACIÓN DE LOS PRODUCTOS</b> .....	679
10.2.1 DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADOR .....	680
10.2.2 INGENIERÍA ASISTIDA POR COMPUTADOR .....	682
10.2.3 FABRICACIÓN ASISTIDA POR COMPUTADOR .....	682
10.2.3.1 Introducción.....	682
10.2.3.2 Clases de automatización de los procesos y sus características .....	683
10.2.3.2.1 <i>Introducción</i> .....	683
10.2.3.2.2 <i>Automatización fija</i> .....	684
10.2.3.2.3 <i>Automatización programable</i> .....	685
10.2.3.2.4 <i>Automatización flexible</i> .....	686
10.2.3.2.5 <i>Automatización integrada</i> .....	686
10.2.3.3 Planificación de los productos a fabricar .....	686
10.2.3.4 Controladores electrónicos digitales .....	688
10.2.3.4.1 <i>Introducción</i> .....	688
10.2.3.4.2 <i>Autómatas Programables y controladores digitales Programables</i> .....	688
10.2.3.4.3 <i>Computadores industriales</i> .....	690
10.2.3.4.3.1 <i>Introducción</i> .....	690
10.2.3.4.3.2 <i>Computador industrial y autómatas programable</i> .....	691
10.2.3.4.3.3 <i>Computador industrial y sistema operativo en tiempo real</i> .....	694



10.2.3.4.3.4	<i>Computador industrial y programa (Software) de emulación de un autómatas programable</i> .....	697
10.2.3.4.3.5	<i>Computador empotrado</i> .....	697
10.2.3.4.3.6	<i>Procesadores digitales integrados</i> .....	698
10.2.3.4.3.7	<i>Controladores electrónicos de procesos continuos</i> .....	699
10.2.3.4.3.8	<i>Sistemas CAD/CAM</i> .....	702
10.2.3.4.4	<i>Sistemas de control numérico</i> .....	702
10.2.3.4.4.1	<i>Introducción</i> .....	702
10.2.3.4.4.2	<i>Sistemas de control numérico en bucle cerrado</i> .....	703
10.2.3.4.4.3	<i>Sistemas de control numérico en bucle abierto</i> .....	708
10.2.3.5	<i>Sistemas de manipulación de elementos</i> .....	712
10.2.3.5.1	<i>Introducción</i> .....	712
10.2.3.5.2	<i>Conceptos básicos de un robot y su clasificación</i> .....	712
10.2.3.6	<i>Sistemas de fabricación flexible</i> .....	718
10.2.3.6.1	<i>Módulo de fabricación flexible</i> .....	719
10.2.3.6.2	<i>Celda de fabricación flexible</i> .....	719
10.2.3.6.3	<i>Línea de fabricación flexible</i> .....	722
10.2.3.6.4	<i>Taller flexible</i> .....	722
10.2.4	<b>FABRICACIÓN INTEGRADA POR COMPUTADOR. PIRÁMIDE CIM</b> .....	724
10.2.4.1	<i>Introducción</i> .....	724
10.2.4.2	<i>Implantación del modelo CIM</i> .....	726
<b>10.3</b>	<b>AUTOMATIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE LA TECNOLOGÍA</b> .....	728
10.3.1	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	728
10.3.2	<b>SISTEMAS DE INFORMACIÓN</b> .....	728
10.3.2.1	<i>Definición y evolución</i> .....	728
10.3.2.1.1	<i>Era del computador central</i> .....	729
10.3.2.1.2	<i>Era de los minicomputadores</i> .....	731
10.3.2.1.3	<i>Era del computador personal</i> .....	732
10.3.2.1.4	<i>Era cliente/servidor</i> .....	734
10.3.2.1.5	<i>Era de la computación en la nube y la movilidad</i> .....	735
10.3.2.2	<i>Sistema de gestión documental</i> .....	736
10.3.2.3	<i>Sistema de gestión del ciclo de vida de un producto</i> .....	739
10.3.2.4	<i>Sistema de gestión de los datos de un producto</i> .....	740
10.3.2.5	<i>Sistema de planificación de las necesidades de materiales</i> .....	741
10.3.2.6	<i>Sistema de ejecución de la fabricación</i> .....	741

10.3.2.7 Sistema de planificación de los recursos de la empresa .....	745
10.3.2.8 Seguridad de los sistemas de información .....	746
10.3.2.8.1 Introducción .....	746
10.3.2.8.2 Normas relativas a la seguridad ante sabotajes .....	748
10.3.2.8.3 Legislación .....	750
10.3.2.8.4 Metodología de tratamiento de los incidentes de seguridad ..	751
10.3.2.8.5 Análisis forense .....	755

<b>Bibliografía</b> .....	756
---------------------------	-----

## PARTE 5 COMUNICACIONES INDUSTRIALES

### CAPÍTULO 11 COMUNICACIONES INDUSTRIALES

<b>11.1 INTRODUCCIÓN</b> .....	769
<b>11.2 COMUNICACIONES INDUSTRIALES PUNTO A PUNTO</b> .....	771
11.2.1 INTRODUCCIÓN .....	771
11.2.2 ENLACES PUNTO A PUNTO DE SENSORES Y ACTUADORES .....	772
<b>11.3 REDES DE COMUNICACIONES INDUSTRIALES</b> .....	777
11.3.1 INTRODUCCIÓN .....	777
11.3.2 CLASIFICACIÓN DE LAS REDES DE COMUNICACIONES INDUSTRIALES .....	778
11.3.3 REDES DE DATOS .....	780
11.3.3.1 Redes de empresa y de fábrica .....	780
11.3.3.2 Redes de célula .....	781
11.3.4 REDES DE CONTROL .....	783
11.3.4.1 Conceptos generales .....	783
11.3.4.2 Redes de controladores .....	786
11.3.4.3 Redes de sensores-actuadores .....	786
<i>Conceptos generales</i> .....	786
<i>Redes de sensores-actuadores de capacidad funcional limitada</i> .....	787
<i>Redes de sensores-actuadores de capacidad funcional elevada</i> .....	787
11.3.5 FAMILIAS DE REDES INDUSTRIALES .....	787
11.3.6 REDES ETHERNET INDUSTRIAL .....	788
11.3.6.1 Introducción .....	788
11.3.6.2 Tipos de redes Ethernet Industrial .....	788
<b>11.4 EL AUTÓMATA PROGRAMABLE Y LAS COMUNICACIONES INDUSTRIALES</b> .....	790

11.4.1 INTRODUCCIÓN.....	790
11.4.2 COMUNICACIÓN ENTRE EL AUTÓMATA PROGRAMABLE Y LOS DISPOSITIVOS DE CAMPO.....	792
11.4.3 COMUNICACIÓN ENTRE AUTÓMATAS PROGRAMABLES Y OTROS CONTROLADORES ELECTRÓNICOS.....	794
11.4.4 DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMAS DE CONTROL DISTRIBUIDO, BASADOS EN AUTÓMATAS PROGRAMABLES .....	796
11.4.4.1 Introducción.....	796
11.4.4.2 Metodología de diseño de sistemas de control distribuido.....	796
<i>Elección de los controladores electrónicos</i> .....	796
<i>Elección de las redes de comunicaciones</i> .....	796
<i>Configuración del sistema</i> .....	797
<b>Bibliografía</b> .....	800

## **CAPÍTULO 12 RED AS-i DE SENSORES-ACTUADORES**

<b>12.1 INTRODUCCIÓN</b> .....	803
<b>12.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES</b> .....	805
<b>12.3 CAPA FÍSICA DE LA RED AS-i</b> .....	806
12.3.1 CABLE DE CONEXIÓN AS-i.....	806
12.3.2 MÉTODO DE CONEXIÓN AS-i.....	807
12.3.3 PROCESO DE MODULACIÓN DE LA SEÑAL .....	807
<b>12.4 CAPA DE ENLACE DE LA RED AS-i</b> .....	809
12.4.1 CONTROL DE ACCESO AL MEDIO.....	809
12.4.2 CONTROL LÓGICO .....	809
12.4.2.1 Identificación de los subordinados .....	810
12.4.2.2 Parametrización de los subordinados .....	811
12.4.2.3 Funcionamiento del procesador principal de comunicaciones.....	811
12.4.2.3.1 <i>Operaciones básicas</i> .....	811
12.4.2.3.2 <i>Modos de funcionamiento</i> .....	812
12.4.2.3.3 <i>Etapas de funcionamiento</i> .....	813
12.4.2.4 Formato de los mensajes .....	814
12.4.2.5 Órdenes del protocolo de enlace de la red AS-i .....	816
<i>Orden de intercambio de datos</i> .....	816
<i>Orden de escritura de los parámetros</i> .....	816
<i>Orden de asignación de dirección</i> .....	816
<i>Orden de inicialización</i> .....	817
<i>Orden de supresión de dirección</i> .....	817
<i>Orden de lectura de la configuración de E/S</i> .....	817

<i>Orden de lectura del código de identificación</i> .....	818
<i>Orden de lectura del estado</i> .....	818
<i>Orden de lectura y puesta a cero de los bits de estado</i> .....	818
<b>12.5 CAPA DE APLICACIÓN DE LA RED AS-i</b> .....	818
TABLAS DE DATOS DE USUARIO.....	819
TABLAS DE DATOS DE CONFIGURACIÓN.....	820
TABLAS DE DATOS DE CONFIGURACIÓN PERMANENTE.....	820
TABLAS DE INDICADORES DE ESTADO AS-i.....	820
<b>12.6 COMPONENTES DE UNA RED AS-i</b> .....	821
12.6.1 FUENTE DE ALIMENTACIÓN AS-i.....	821
12.6.2 MÓDULOS DE CONEXIÓN.....	822
12.6.3 MÓDULOS DE USUARIO.....	822
12.6.4 SENSORES/ACTUADORES CON CIRCUITO INTEGRADO AS-i.....	824
12.6.5 MÓDULO PRINCIPAL.....	825
12.6.6 MÓDULOS PASARELA AS-i.....	825
12.6.7 CONEXIÓN DE SENSORES SEGUROS ANTE AVERÍAS.....	826
<b>Bibliografía</b> .....	826

## CAPÍTULO 13 FAMILIA DE REDES DE CAMPO PROFIBUS

<b>13.1 INTRODUCCIÓN</b> .....	827
<b>13.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES</b> .....	827
<b>13.3 RED PROFIBUS-DP</b> .....	831
13.3.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	831
13.3.2 CAPA FÍSICA DE LA RED PROFIBUS-DP.....	832
13.3.2.1 Medio de transmisión.....	832
<i>Transmisión mediante señales eléctricas (norma EIA RS-485)</i> .....	833
<i>Transmisión mediante señales ópticas</i> .....	834
13.3.2.2 Método de codificación de las señales.....	835
13.3.2.3 Capa de enlace de PROFIBUS-DP.....	835
13.3.2.4 Control de acceso al medio.....	835
13.3.2.5 Control lógico.....	839
13.3.2.5.1 <i>Formato de los mensajes</i> .....	839
13.3.2.5.2 <i>Servicios de transferencia de datos</i> .....	840
13.3.2.5.3 <i>Funcionamiento de los procesadores de comunicaciones</i> .....	842
13.3.2.5.4 <i>Tratamiento de los errores de transmisión</i> .....	844
13.3.3 CAPA DE APLICACIÓN DE LA RED PROFIBUS-DP.....	844

Funciones de diagnóstico .....	845
Descripción y configuración de una red PROFIBUS-DP .....	845
<b>13.4 RED PROFIBUS-PA .....</b>	<b>849</b>
<b>13.5 PRINCIPALES ELEMENTOS DE UNA RED PROFIBUS.....</b>	<b>851</b>
13.5.1 UNIDADES DE ENTRADA-SALIDA REMOTA .....	851
13.5.2 SENSORES/ACTUADORES CON RECURSOS DE COMUNICACIÓN PROFIBUS INTEGRADOS.....	853
13.5.3 MÓDULOS PRINCIPALES PROFIBUS .....	853
13.5.4 MÓDULOS PASARELA PROFIBUS .....	855
13.5.5 REPETIDORES Y MÓDULOS DE ENLACE PROFIBUS .....	856
<b>13.6 COMPARACIÓN DE LAS REDES PROFIBUS Y AS-i.....</b>	<b>856</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>856</b>
 <b>CAPÍTULO 14 RED INDUSTRIAL UNIVERSAL PROFINET</b>	
<b>14.1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>859</b>
<b>14.2 TOPOLOGÍA DE PROFINET.....</b>	<b>860</b>
14.2.1 REDES EHERNET INDUSTRIAL DE TOPOLOGÍA ESTRELLA.....	863
14.2.2 REDES EHERNET INDUSTRIAL DE TOPOLOGÍA ÁRBOL .....	865
14.2.3 REDES EHERNET INDUSTRIAL DE TOPOLOGÍA LINEAL .....	865
<b>14.3 SISTEMAS COMPONENTES DE PROFINET.....</b>	<b>866</b>
14.3.1 INTRODUCCIÓN.....	866
14.3.2 PROFINET IO.....	866
14.3.3 PROFINET CBA .....	869
<b>14.4 COMPATIBILIDAD ENTRE PROFINET Y PROFIBUS .....</b>	<b>871</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>871</b>

## **PARTE 6 GARANTÍA DE FUNCIONAMIENTO DE LAS MÁQUINAS Y LOS CONTROLADORES ELECTRÓNICOS**

### **CAPÍTULO 15 CONFIABILIDAD. CONCEPTOS BÁSICOS**

<b>15.1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>875</b>
<b>15.2 CONCEPTOS RELACIONADOS CON EL FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA .....</b>	<b>875</b>
15.2.1 INTRODUCCIÓN.....	875

15.2.2	CONCEPTOS BÁSICOS RELATIVOS A LA CONFIABILIDAD .....	876
15.2.2.1	Imperfecciones de un sistema y sus consecuencias .....	876
15.2.2.2	Atributos de un sistema en relación con la confiabilidad.....	877
15.2.2.2.1	<i>Fiabilidad</i> .....	877
15.2.2.2.2	<i>Mantenibilidad</i> .....	879
15.2.2.2.3	<i>Disponibilidad</i> .....	880
15.2.2.2.4	<i>Seguridad</i> .....	881
	<i>Seguridad ante averías</i> .....	881
	<i>Seguridad ante sabotajes</i> .....	883
15.2.2.2.5	<i>Nivel de comportamiento</i> .....	884
15.2.2.2.6	<i>Predecibilidad</i> .....	884
15.2.2.2.7	<i>Verificabilidad</i> .....	884
15.2.3	CONCEPTOS RELATIVOS A LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ELEVADA CONFIABILIDAD .....	885
15.2.3.1	Métodos de realización de sistemas para proporcionar confiabilidad elevada .....	885
15.2.3.1.1	<i>Prevención de fallos</i> .....	885
15.2.3.1.2	<i>Enmascaramiento de fallos</i> .....	885
15.2.3.1.3	<i>Control de fallos</i> .....	886
15.2.3.2	Métodos para comprobar y reparar los sistemas de confiabilidad elevada.....	886
15.2.4	CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONFIABILIDAD ELEVADA...	886
15.2.4.1	Sistemas de aplicación general de prestaciones elevadas .....	887
15.2.4.2	Sistemas utilizados en aplicaciones peligrosas .....	888
15.2.4.3	Sistemas de disponibilidad elevada.....	888
15.2.4.4	Sistemas de fiabilidad elevada .....	888
<b>15.3</b>	<b>VERIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS</b> .....	<b>889</b>
15.3.1	INTRODUCCIÓN.....	889
15.3.2	VERIFICACIÓN ESTÁTICA.....	890
15.3.3	VERIFICACIÓN DINÁMICA.....	890
15.3.4	VERIFICACIÓN EXTERNA.....	890
15.3.5	AUTOVERIFICACIÓN .....	891
<b>15.4</b>	<b>TOLERANCIA A FALLOS DE LOS SISTEMAS</b> .....	<b>891</b>
15.4.1	INTRODUCCIÓN.....	891
15.4.2	CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS TOLERANTES A FALLOS DE ACUERDO CON LA REDUNDANCIA.....	893
15.4.2.1	Tipo de elemento redundante .....	893
15.4.2.2	Cantidad de redundancia .....	894

15.4.2.3 Estrategia de utilización de la redundancia .....	894
<i>Redundancia estática</i> .....	894
<i>Redundancia dinámica</i> .....	895
<i>Redundancia híbrida</i> .....	896
<b>15.5 LOS CONTROLADORES ELECTRÓNICOS Y LA SEGURIDAD ANTE AVERÍAS</b> .....	897
15.5.1 INTRODUCCIÓN .....	897
15.5.2 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS ELECTRÓNICOS EN RELACIÓN CON LA SEGURIDAD ANTE AVERÍAS .....	897
15.5.2.1 Introducción .....	897
15.5.2.2 Sistemas electrónicos independientes de seguridad .....	898
<i>SIS no programables por el usuario</i> .....	899
<i>SIS programables por el usuario</i> .....	899
15.5.2.3 Controladores electrónicos seguros ante averías.....	900
15.5.2.4 Controladores electrónicos seguros ante averías y de disponibilidad elevada.....	901
15.5.3 NORMAS RELATIVAS A LOS SISTEMAS DE SEGURIDAD ANTE AVERÍAS .....	901
15.5.3.1 Introducción .....	901
15.5.3.2 Normas de seguridad relativas a las máquinas.....	904
15.5.3.2.1 <i>Introducción</i> .....	904
15.5.3.2.2 <i>Norma UNE-EN ISO 13849-1</i> .....	906
15.5.3.2.3 <i>Norma UNE-EN IEC 62061</i> .....	907
15.5.3.3 Normas de seguridad relativas a los procesos.....	909
15.5.3.3.1 <i>Introducción</i> .....	909
15.5.3.3.2 <i>Norma UNE-EN IEC 61508</i> .....	910
15.5.3.3.3 <i>Norma ANSI/ISA-84.01</i> .....	916
15.5.3.3.4 <i>Norma MIL-STD-882D</i> .....	917
15.5.3.4 Normas ferroviarias.....	917
15.5.3.5 Normas de automoción.....	918
15.5.4 PROCEDIMIENTO GENERAL DE DISEÑO DE UN <i>SIS</i> .....	918
<b>15.6 LOS CONTROLADORES ELECTRÓNICOS Y LA SEGURIDAD ANTE SABOTAJES</b> .....	921
<b>Bibliografía</b> .....	921
<b>CAPÍTULO 16 CONFIABILIDAD DE LOS CONTROLADORES ELECTRÓNICOS</b>	
<b>16.1 INTRODUCCIÓN</b> .....	927

<b>16.2 SISTEMAS ELECTRÓNICOS INDEPENDIENTES DE SEGURIDAD</b> .....	929
16.2.1 DEFINICIÓN Y DESCRIPCIÓN.....	929
16.2.2 SENSORES DE SEGURIDAD .....	930
16.2.2.1 Sensores de proximidad de actuación mecánica de seguridad.....	931
16.2.2.2 Sensores de posición magnéticos de seguridad.....	933
16.2.2.3 Sensores detectores de objeto optoelectrónicos de seguridad.....	933
<i>Cortinas fotoeléctricas</i> .....	934
<i>Rejillas fotoeléctricas de seguridad</i> .....	935
<i>Bordes de seguridad</i> .....	936
<i>Barrera fotoeléctrica de seguridad</i> .....	936
<i>Barrera con sistema de exclusión formado por 4 sensores</i> .....	938
<i>Barrera con sistema de exclusión formado por 2 sensores cruzados</i> ...	939
16.2.3 MÓDULOS DE SEGURIDAD .....	940
16.2.3.1 Definición y características generales.....	940
16.2.3.2 Módulos de seguridad configurables.....	942
16.2.3.3 Módulos de seguridad programables.....	943
<b>16.3 CONFIABILIDAD DE LOS AUTÓMATAS PROGRAMABLES</b> .....	944
16.3.1 INTRODUCCIÓN.....	944
16.3.2 CONFIABILIDAD DE LOS AUTÓMATAS PROGRAMABLES DE APLICACIÓN GENERAL .....	945
16.3.2.1 Introducción .....	945
16.3.2.2 Recursos internos de diagnóstico .....	945
16.3.2.2.1 <i>Circuito de vigilancia</i> .....	945
16.3.2.2.2 <i>Circuito de comprobación de la batería</i> .....	947
16.3.2.2.3 <i>Entradas de seguridad</i> .....	947
16.3.2.2.4 <i>Instrucciones del tipo MCR</i> .....	947
16.3.2.2.5 <i>Instrucciones de acceso a la periferia</i> .....	948
16.3.2.3 Recursos externos de diagnóstico .....	948
16.3.2.3.1 <i>Seguridad de las entradas</i> .....	948
<i>Duplicación de sensores y unidades de entrada</i> .....	949
<i>Triplicación de sensores y unidades de entrada</i> .....	949
<i>Autocomprobación de las interfaces de entrada</i> .....	950
16.3.2.3.2 <i>Seguridad de las salidas</i> .....	954
16.3.2.4 Seguridad ante sabotajes .....	954
16.3.3 AUTÓMATAS PROGRAMABLES DE CONFIABILIDAD ELEVADA.....	955
16.3.3.1 Conceptos generales.....	955
16.3.3.2 Autómatas programables de seguridad .....	957
16.3.3.3 Autómatas programables de disponibilidad elevada.....	961
<b>Bibliografía</b> .....	964



## APÉNDICE 1 COMUNICACIONES ELECTRÓNICAS

<b>A1.1 CONCEPTOS GENERALES</b> .....	967
A1.1.1 INTRODUCCIÓN .....	967
A1.1.2 CLASIFICACIÓN DE LAS COMUNICACIONES ELECTRÓNICAS SEGÚN EL TIPO DE SEÑALES ELÉCTRICAS .....	968
A1.1.3 MEDIOS DE TRANSMISIÓN .....	969
A1.1.3.1 Introducción.....	969
A1.1.3.2 Clasificación de los medios de transmisión .....	970
A1.1.3.3 Medios guiados.....	972
<i>A1.1.3.3.1 Líneas metálicas de pares</i> .....	972
<i>A1.1.3.3.2 Cable coaxial</i> .....	972
<i>A1.1.3.3.3 Guías de onda</i> .....	973
<i>A1.1.3.3.4 Medios dieléctricos</i> .....	973
A1.1.3.4 Medios inalámbricos .....	975
A1.1.4 CANALES DE COMUNICACIONES .....	976
A1.1.5 CLASIFICACIÓN DE LAS COMUNICACIONES ELECTRÓNICAS SEGÚN EL MÉTODO DE TRANSMISIÓN.....	976
A1.1.5.1 Transmisión en banda base.....	977
A1.1.5.2 Transmisión con modulación de una portadora.....	977
<b>A1.2 INTRODUCCIÓN A LAS COMUNICACIONES DIGITALES</b> .....	979
<b>A1.3 CONCEPTOS BÁSICOS DE LAS COMUNICACIONES DIGITALES</b>	
<b>PUNTO A PUNTO</b> .....	981
A1.3.1 MODOS DE TRANSMISIÓN DE LAS SEÑALES .....	982
A1.3.1.1 Transmisión en banda base.....	982
A1.3.1.2 Transmisión en banda ancha .....	984
A1.3.2 MODOS DE COMUNICACIÓN .....	986
A1.3.3 MODOS DE SINCRONIZACIÓN.....	987
A1.3.3.1 Transmisión asíncrona.....	987
A1.3.3.2 Transmisión síncrona.....	990
<i>Protocolos síncronos orientados al carácter</i> .....	993
<i>Protocolos síncronos orientados al contaje de octetos</i> .....	994
<i>Protocolos síncronos orientados al bit</i> .....	994
A1.3.3.3 Transmisión isócrona.....	995
A1.3.4 MÉTODOS DE DETECCIÓN DE ERRORES.....	996
A1.3.4.1 Detección de errores en la transmisión asíncrona .....	996
A1.3.4.2 Detección de errores en la transmisión síncrona .....	997
A1.3.5 MÉTODOS DE ENCRIPCIÓN Y AUTENTIFICACIÓN .....	997

A1.3.6	CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS Y ELÉCTRICAS DE LAS CONEXIONES .....	999
A1.3.7	NORMALIZACIÓN DE LAS COMUNICACIONES DIGITALES PUNTO A PUNTO CABLEADAS .....	1000
A1.3.7.1	Bucle de corriente digital .....	1000
A1.3.7.2	Norma RS-232.....	1002
<i>Protocolo de la comunicación y velocidad de transmisión</i> .....	1002	
<i>Características mecánicas y eléctricas</i> .....	1002	
A1.3.7.3	Norma RS-422.....	1005
A1.3.7.4	Norma RS-423.....	1006
A1.3.7.5	Norma RS485 .....	1006
A1.3.7.6	Norma USB .....	1007
<b>A1.4</b>	<b>REDES DIGITALES</b> .....	1007
A1.4.1	INTRODUCCIÓN.....	1007
A1.4.2	MODELOS DE INTERCONEXIÓN DE LOS COMPUTADORES.....	1008
A1.4.3	CONCEPTOS ESPECÍFICOS DE LAS REDES DIGITALES .....	1014
A1.4.3.1	Clasificación de las redes digitales cableadas de acuerdo con la topología .....	1015
A1.4.3.1.1	<i>Topología de canales independientes</i> .....	1015
A1.4.3.1.2	<i>Topología estrella</i> .....	1017
A1.4.3.1.3	<i>Topología bus</i> .....	1017
A1.4.3.1.4	<i>Topología árbol</i> .....	1018
A1.4.3.1.5	<i>Topología anillo</i> .....	1018
A1.4.3.1.6	<i>Topologías híbridas</i> .....	1020
A1.4.3.2	Clasificación de las redes digitales según la extensión .....	1021
A1.4.3.3	Redes de área local .....	1021
A1.4.3.3.1	<i>Conceptos generales</i> .....	1021
<i>Topología</i> .....	1022	
<i>Medio físico de transmisión</i> .....	1022	
<i>Forma de compartir el medio físico entre varios                 procesadores</i> .....	1023	
<i>Estrategia de acceso al medio</i> .....	1023	
A1.4.3.3.2	<i>Redes de área local descentralizadas</i> .....	1026
<i>Red Ethernet</i> .....	1026	
<i>Red anillo con paso de testigo</i> .....	1028	
<i>Red bus con paso de testigo</i> .....	1028	
A1.4.3.3.3	<i>Redes de área local principal/subordinado</i> .....	1029
A1.4.3.3.4	<i>Redes de área local proveedor/consumidor</i> .....	1030

A1.4.3.4	Redes de área extensa.....	1030
A1.4.3.4.1	Introducción .....	1030
	Redes de conmutación de circuitos .....	1030
	Redes de conmutación de paquetes .....	1031
A1.4.3.4.2	Redes TCP/IP.....	1032
	Conceptos generales .....	1032
	Protocolo IP .....	1033
	Protocolos TCP, UDP y SCTP.....	1034
	Intranet.....	1034
	Conexión de usuarios individuales a Internet.....	1034
	Integración de la voz en Internet.....	1036
A1.4.4	INTERCONEXIÓN DE REDES.....	1036
A1.4.4.1	Elementos de interconexión de la capa física.....	1037
	Repetidor.....	1037
	Concentrador .....	1038
A1.4.4.2	Elementos de interconexión de la capa de enlace de datos .....	1038
	Puentes .....	1038
	Conmutador de la capa de enlace de datos.....	1038
A1.4.4.3	Elementos de interconexión de la capa de red .....	1039
	Conmutador de la capa de red.....	1039
	Enrutador.....	1039
A1.4.4.4	Elementos de interconexión de la capa de transporte y aplicación ....	1039
A1.4.5	REDES DE ÁREA LOCAL CONMUTADAS.....	1040
A1.4.5.1	Introducción.....	1040
A1.4.5.2	Red Ethernet conmutada .....	1040
<b>A1.5</b>	<b>COMUNICACIONES ELECTRÓNICAS INALÁMBRICAS.....</b>	<b>1042</b>
A1.5.1	INTRODUCCIÓN.....	1042
A1.5.2	CONCEPTOS BÁSICOS DE LAS COMUNICACIONES INALÁMBRICAS DIGITALES .....	1044
A1.5.2.1	Frecuencias y bandas de las comunicaciones inalámbricas digitales.	1044
A1.5.2.2	Transmisores y receptores inalámbricos .....	1046
A1.5.2.3	Tipos de modulación de las comunicaciones inalámbricas .....	1049
A1.5.2.3.1	Modulación ASK.....	1049
A1.5.2.3.2	Modulación FSK.....	1050
A1.5.2.3.3	Modulación PSK.....	1051
A1.5.2.3.4	Modulación QAM.....	1051
A1.5.2.4	Tipos de acceso al medio.....	1053
A1.5.2.4.1	Acceso mediante división en frecuencia, tiempo y código .....	1053

<i>A1.5.2.4.2 Acceso mediante división ortogonal de frecuencias</i> .....	1054
<i>A1.5.2.4.3 Acceso mediante espectro ensanchado por secuencia directa</i> .....	1054
<i>A1.5.2.4.4 Acceso mediante espectro ensanchado por salto de frecuencia</i> .....	1055
<i>A1.5.2.4.5 Acceso mediante varias antenas en transmisión y en recepción</i> .....	1056
A1.5.2.5 Antenas .....	1057
<i>A1.5.2.5.1 Conceptos básicos</i> .....	1057
<i>A1.5.2.5.2 Tipos de antenas</i> .....	1059
<i>Antenas dipolo</i> .....	1059
<i>Antenas monopolo</i> .....	1060
<i>Antenas Yagi</i> .....	1060
<i>Antenas parabólicas</i> .....	1060
<i>Antenas de microtiras</i> .....	1060
A1.5.2.6 Cables y conectores .....	1062
A1.5.3 CLASIFICACIÓN DE LAS COMUNICACIONES DIGITALES INALÁMBRICAS .....	1064
A1.5.3.1 Introducción .....	1064
A1.5.3.2 Comunicaciones inalámbricas punto a punto .....	1065
<i>A1.5.3.2.1 Radioenlaces</i> .....	1065
<i>A1.5.3.2.2 Radiomódem</i> .....	1066
A1.5.3.3 Redes digitales inalámbricas .....	1067
<i>A1.5.3.3.1 Introducción</i> .....	1067
<i>Redes inalámbricas personales</i> .....	1068
<i>Redes inalámbricas de área local</i> .....	1068
<i>Redes inalámbricas de área metropolitana</i> .....	1068
<i>Redes inalámbricas de área extensa</i> .....	1068
<i>A1.5.3.3.2 Topología de las redes inalámbricas</i> .....	1069
<i>Topología malla</i> .....	1069
<i>Topología línea</i> .....	1070
<i>Topología cadena</i> .....	1070
<i>Topología celular</i> .....	1070
<i>A1.5.3.3.3 Normas de las redes inalámbricas</i> .....	1071
<i>Introducción</i> .....	1071
<i>Normas de las redes inalámbricas personales (WPAN)</i> ..	1072
<i>Normas de las redes inalámbricas de área local (WLAN)</i> .	1074
<i>Normas de las redes inalámbricas de área metropolitana</i> .	1075

A1.5.3.3.4	<i>Redes inalámbricas personales</i> .....	1076
	<i>Red inalámbrica personal Bluetooth</i> .....	1076
	<i>Red inalámbrica personal ZigBi</i> .....	1079
	<i>Red inalámbrica personal 6LoWPAN</i> .....	1081
	<i>Red inalámbrica personal HART</i> .....	1082
	<i>Red inalámbrica personal ISA 100.11</i> .....	1084
	<i>Red inalámbrica personal ZWave</i> .....	1087
	<i>Red inalámbrica personal de banda ultra-ancha</i> .....	1088
	<i>Red inalámbrica personal Wisa</i> .....	1089
A1.5.3.3.5	<i>Redes inalámbricas de área local</i> .....	1090
A1.5.3.3.6	<i>Redes inalámbricas de área metropolitana</i> .....	1091
A1.5.3.3.7	<i>Redes inalámbricas de área extensa</i> .....	1093
	<i>Introducción</i> .....	1093
	<i>Red GSM</i> .....	1096
	<i>Redes GPRS y EDGE</i> .....	1099
	<i>Red UMTS</i> .....	1099
	<i>Red HSPA</i> .....	1101
	<i>Redes LTE Y 4G</i> .....	1101
A1.5.4	COMUNICACIONES INALÁMBRICAS DE APLICACIÓN ESPECÍFICA .....	1102
A1.5.4.1	Comunicaciones inalámbricas de identificación .....	1103
	A1.5.4.1.1 <i>Introducción</i> .....	1103
	A1.5.4.1.2 <i>Descripción</i> .....	1103
	<i>Lector, interrogador o transmisor-receptor</i> .....	1103
	<i>Etiqueta electrónica</i> .....	1104
	<i>Controlador</i> .....	1104
	<i>Recursos de programación intermedios</i> .....	1106
	A1.5.4.1.3 <i>Frecuencias de operación</i> .....	1106
	A1.5.4.1.4 <i>Normalización de los sistemas RFID</i> .....	1106
	A1.5.4.1.5 <i>Aplicación de los sistemas RFID en los procesos industriales</i> .....	1107
A1.5.4.2	Comunicaciones inalámbricas cercanas .....	1107
A1.5.4.3	Redes inalámbricas de sensores .....	1110
	<i>Introducción</i> .....	1110
	<i>Tipos de redes inalámbricas de sensores</i> .....	1111
	<i>Topologías de las redes inalámbricas de sensores</i> .....	1113
	<i>Aplicaciones de las redes inalámbricas de sensores</i> .....	1113
A1.5.4.4	Internet de los objetos .....	1113
A1.5.4.5	Comunicaciones inalámbricas de medidas remotas .....	1114

<b>A1.6 COMUNICACIONES UNIFICADAS</b> .....	1114
A1.6.1 DEFINICIÓN Y CONCEPTOS GENERALES .....	1114
A1.6.2 HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS CORPORATIVAS .....	1116
A1.6.3 SERVICIOS COLABORATIVOS Y MOVILIDAD .....	1116
A1.6.4 EQUIPOS INFORMÁTICOS .....	1116
A1.6.5 HERRAMIENTAS DE COMUNICACIONES .....	1116
A1.6.6 NORMALIZACIÓN DE LAS COMUNICACIONES UNIFICADAS .....	1117
<b>A1.7 TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES</b> .....	1117
A1.7.1 INTRODUCCIÓN .....	1117
A1.7.2 APLICACIONES DE LAS TIC .....	1119
A1.7.2.1 Aplicaciones generales de las TIC .....	1119
<i>A1.7.2.1.1 Almacenes de datos</i> .....	1119
<i>A1.7.2.1.2 Minería de datos</i> .....	1121
<i>A1.7.2.1.3 Macrodatos</i> .....	1121
<i>Definición</i> .....	1121
<i>Tipos de datos</i> .....	1121
<i>Análisis de los macrodatos</i> .....	1122
<i>Desarrollo de sistemas de almacenamiento y proceso</i> <i>de los macrodatos</i> .....	1123
<i>A1.7.2.1.4 Computación en la nube o nube informática</i> .....	1123
<i>Introducción</i> .....	1123
<i>Modelos de implantación de las nubes informáticas</i> .....	1125
<i>Modelos de servicios de las nubes informáticas</i> .....	1125
<i>Normalización de las nubes informáticas</i> .....	1126
<i>La nube informática y los macrodatos</i> .....	1126
<i>Seguridad de la información en la nube informática</i> .....	1126
<i>A1.7.2.1.5 Comercio electrónico</i> .....	1127
<i>A1.7.2.1.6 Mercadotecnia digital</i> .....	1127
<i>A1.7.2.1.7 Hipertexto e hipermedia</i> .....	1128
A1.7.2.2 Aplicaciones sectoriales de las TIC .....	1131
<i>Comunicaciones Industriales</i> .....	1131
<i>Redes eléctricas inteligentes</i> .....	1136
<b>Bibliografía</b> .....	1137

---

**Nota:** Los apéndices que se indican a continuación se encuentran en los archivos digitales disponibles en Marcombo.

---

## **APÉNDICE 2 FUNDAMENTOS DE LOS CONTROLADORES LÓGICOS**

### **A2.1 CONTROLADORES LÓGICOS SIN UNIDAD OPERATIVA**

#### **A2.1.1 CONTROLADORES LÓGICOS COMBINACIONALES**

A2.1.1.1 Controladores lógicos combinacionales cableados

A2.1.1.2 Controladores lógicos combinacionales programables

#### **A2.1.2 CONTROLADORES LÓGICOS SECUENCIALES SÍNCRONOS**

A2.1.2.1 Introducción

A2.1.2.2 Controladores lógicos secuenciales síncronos cableados

A2.1.2.3 Controladores lógicos secuenciales síncronos programables de arquitectura fija

A2.1.2.4 Controladores lógicos secuenciales síncronos programables de arquitectura configurable

### **A2.2 CONTROLADORES LÓGICOS CON UNIDAD LÓGICA**

#### **A2.2.1 AUTÓMATAS PROGRAMABLES CON INSTRUCCIONES DE CARGA Y MEMORIZACIÓN O SALIDA**

#### **A2.2.2 SÍNTESIS DE SISTEMAS DIGITALES MEDIANTE AUTÓMATAS PROGRAMABLES IMPLEMENTADOS CON UNA UNIDAD LÓGICA**

A2.2.2.1 Síntesis de sistemas combinacionales

A2.2.2.2 Síntesis de sistemas secuenciales caracterizados por flancos

## **APÉNDICE 3 AMPLIACIÓN DE LOS BUSES DE CAMPO**

### **A3.1 RED PROFIBUS-FMS**

## **APÉNDICE 4 AMPLIACIÓN DE LA CONFIABILIDAD**

### **A4.1 PARÁMETROS QUE DEFINEN LA MANTENIBILIDAD**

### **A4.2 PARÁMETROS QUE DEFINEN LA DISPONIBILIDAD Y LA INDISPONIBILIDAD**

### **A4.3 NORMAS RELATIVAS A LOS SISTEMAS DE SEGURIDAD**

A4.3.1 INTRODUCCIÓN

A4.3.2 NORMA EN 954-1

## **APÉNDICE 5 PROPUESTA DE EQUIVALENCIAS ENTRE EL INGLÉS Y EL ESPAÑOL DE TÉRMINOS UTILIZADOS EN CONTROL LÓGICO, CONTROL DE PROCESOS, GESTIÓN DE LA TECNOLOGÍA, SENSORES, ACTUADORES, COMUNICACIONES DIGITALES, COMUNICACIONES INDUSTRIALES Y CONFIABILIDAD.**

**APÉNDICE 6 ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS UTILIZADOS  
EN CONTROL LÓGICO, CONTROL DE PROCESOS,  
SENSORES INDUSTRIALES, COMUNICACIONES  
DIGITALES, COMUNICACIONES INDUSTRIALES  
Y SEGURIDAD**

**APÉNDICE 7 CONVERTIDORES DIGITAL-ANALÓGICOS  
Y ANALÓGICO-DIGITALES**