

# Índice general

<b>1. Introducción</b>	<b>11</b>
1.1. Antecedentes . . . . .	12
1.2. Motivación . . . . .	12
1.3. Objetivos . . . . .	12
1.4. Logros y aportaciones . . . . .	13
1.5. Organización del trabajo . . . . .	13
<b>2. Estación de trabajo TP-801</b>	<b>15</b>
2.1. Reingeniería de la estación de trabajo TP-801 . . . . .	16
2.2. Estación de trabajo original . . . . .	16
2.2.1. PLC FPC 404 . . . . .	18
2.2.2. Placa de conexiones . . . . .	18
2.2.3. Módulos de relevadores . . . . .	18
2.2.4. Módulo de paro de emergencia . . . . .	19
2.3. Estación de trabajo modernizada . . . . .	20
2.4. Equipo original conservado en la estación de trabajo . . . . .	21
2.4.1. Pistón de doble efecto . . . . .	21
2.4.2. Unidad de mantenimiento . . . . .	22
2.4.3. Bloque distribuidor . . . . .	22
2.4.4. Electroválvula de cinco vías y dos posiciones (5/2) . . . . .	23
2.4.5. Electroválvula de tres vías y dos posiciones (3/2) . . . . .	23
2.4.6. Sensor de proximidad magnético . . . . .	24
2.4.7. Sensor de proximidad óptico . . . . .	25
2.4.8. Banda transportadora . . . . .	25
2.4.9. Cargador por gravedad . . . . .	26
2.4.10. Robot TP-801 . . . . .	26
2.4.11. Pieza de trabajo . . . . .	27
2.4.12. Base de trabajo . . . . .	27
2.5. Equipo nuevo para control lógico de procesos . . . . .	28
2.5.1. Controlador Lógico Programable Compact FC20 . . . . .	28
2.5.2. Fuente de 24 V a 10 A . . . . .	28

2.5.3.	Compresor Craftsman . . . . .	29
2.5.4.	Equipo complementario . . . . .	30
2.6.	Equipo nuevo para adquisición de datos . . . . .	31
2.6.1.	Controlador CompactRIO 9073 . . . . .	31
2.6.2.	Módulo NI 9505 . . . . .	32
2.6.3.	Módulo NI 9474 . . . . .	32
<b>3.</b>	<b>Interconexiones y programación</b>	<b>35</b>
3.1.	Conexiones eléctricas . . . . .	35
3.2.	Conexiones neumáticas . . . . .	36
3.3.	Programación y conexión del PLC FC20 . . . . .	38
3.3.1.	Simbología de programación . . . . .	39
3.3.2.	Programa . . . . .	39
3.3.3.	Conexiones . . . . .	44
3.4.	Resumen . . . . .	46
<b>4.</b>	<b>Robot TP-801</b>	<b>47</b>
4.1.	Estructura física del robot . . . . .	47
4.2.	Servomotores del robot TP-801 . . . . .	48
4.2.1.	Motores Maxon A-max 32 . . . . .	49
4.2.2.	Caja de engranes GP 32 A . . . . .	50
4.2.3.	Encoders HEDS 5540 . . . . .	50
4.2.4.	Adaptación de los servomotores al robot . . . . .	51
4.3.	Adaptación del controlador CompactRIO al robot TP-801 . . . . .	53
4.3.1.	Conexión de los módulos NI 9505 a los motores del robot . . . . .	54
4.3.2.	Conexión del módulo NI 9474 a la electroválvula 3/2 . . . . .	55
4.4.	Posición de <i>Home</i> del robot . . . . .	55
4.5.	Paro de emergencia . . . . .	56
4.6.	Puesta en marcha del robot . . . . .	58
4.6.1.	Adquisición y procesamiento de las señales de los encoders . . . . .	60
4.6.2.	Generación de las señales hacia los motores . . . . .	60
4.6.3.	Sentido de giro de los motores . . . . .	61
4.6.4.	Finales de carrera por software . . . . .	61
4.7.	Análisis cinemático del robot TP-801 . . . . .	62
4.7.1.	Cinemática directa . . . . .	62
4.7.2.	Cinemática inversa . . . . .	65
4.8.	Control de posición del robot TP-801 . . . . .	66
4.8.1.	Obtención de la Función de Transferencia . . . . .	67
4.8.2.	Control PD . . . . .	68
4.8.3.	Interpolación de trayectorias . . . . .	69
4.8.4.	Obtención de las trayectorias . . . . .	71

<i>ÍNDICE GENERAL</i>	9
4.8.5. Panel frontal de la aplicación . . . . .	73
4.8.6. Resultados experimentales . . . . .	74
<b>5. Conclusiones</b>	<b>79</b>
<b>A. Símbolos neumáticos</b>	<b>81</b>
<b>B. Hojas de datos de los motores</b>	<b>83</b>
<b>C. Esquemas de las piezas para el robot</b>	<b>91</b>
<b>D. Descripción del programa diseñado en LabVIEW</b>	<b>97</b>
D.1. Arquitectura Real-Time . . . . .	97
D.2. VI en el FPGA . . . . .	98
D.3. VI en el CompactRIO . . . . .	99
D.3.1. Lectura de datos . . . . .	100
D.3.2. VI de conversión a grados y a centímetros . . . . .	100
D.3.3. VI de finales de carrera . . . . .	101
D.3.4. Código principal de la aplicación . . . . .	101
D.3.5. VI de amplificación y de saturación . . . . .	102
D.3.6. VI de modo manual . . . . .	103
D.3.7. Escritura de datos . . . . .	103
D.4. VI Host . . . . .	103
<b>E. Especificaciones técnicas del Hardware en inglés</b>	<b>113</b>
E.1. PLC Compact FC20 . . . . .	114
E.2. CompactRIO 9073 . . . . .	118
E.3. NI 9505 . . . . .	121
E.4. NI 9474 . . . . .	125

