



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
PASCUAL BRAVO®

Texto guía **Automatización de procesos industriales**



Héctor Tabares Ospina





INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
PASCUAL BRAVO®

Texto guía
**Automatización
de procesos industriales**

Autor
Héctor A. Tabares Ospina



Alcaldía de Medellín

629.89

T11 Tabares Ospina, Héctor A.

Guía de automatización de procesos industriales
/ por Héctor A. Tabares Ospina.—Medellín : IUPB, 2021

142 Páginas.— (Serie Académica)

ISBN e: 978-958-53606-0-0

1. AUTOMATIZACION INDUSTRIAL-ENSEÑANZA

2. AUTOMATIZACION DE PROCESOS INDUSTRIALES

3. CONTROLADORES LOGICOS PROGRAMABLES

Texto guía Automatización de procesos industriales

Serie Académica
Facultad de Ingeniería
Institución Universitaria Pascual Bravo

Primera edición: 13 agosto de 2021

ISBNe: 978-958-53606-0-0

Autor

Héctor A. Tabares Ospina

ID: <https://orcid.org/0000-0003-2841-6262>

Rector

Juan Pablo Arboleda Gaviria

Vicerrectora de Investigación y Extensión

Carmen Elena Úsuga Osorio

Diagramación: Leonardo Sánchez Perea

Corrección de texto: María Edilia Montoya Loaiza

Coordinación editorial: Johana Martínez Ramírez

Editado en Medellín, Colombia

Fondo Editorial Pascual Bravo

Institución Universitaria Pascual Bravo

Calle 73 No. 73A – 226 – Tel. (57+4) 4480520

fondoeditorial@pascualbravo.edu.co

www.pascualbravo.edu.co

Medellín – Colombia

Las ideas expresadas en la obra aquí contenida son manifestaciones del pensamiento individual de sus autores, en esa medida, no representan el pensamiento de la Institución Universitaria Pascual Bravo, siendo ellos los únicos responsables por los eventuales daños o perjuicios que pudieran causar con lo expresado o por la vulneración de los derechos de autor de terceros en los que hubiesen podido incurrir en su creación.

Está prohibido todo uso de la obra que atente contra los derechos de autor y el acceso abierto. Esta obra está protegida a través de la licencia Creative Commons: Reconocimiento-No comercial 4.0 Internacional.



Contenido

Introducción	10
Unidad 1. Introducción, controlador lógico programable	12
1.1 Estructura de un PLC	13
1.1.1 Ciclo simple de funcionamiento de un PLC	14
1.1.2 Tipos básicos de datos (variables) en un PLC	14
1.1.3 Sistemas básicos de programación de un PLC	15
1.2 Ejemplos usando diagramas de contactos	15
Unidad 2. Circuitos secuenciales	20
2.1 GRAFCET	21
2.1.2 Elementos GRAFCET de programación	21
2.2 Ejemplos	22
2.2.1 GRAFCET 1. Entradas y salidas digitales	22
2.2.2 GRAFCET 2	24
2.2.3 GRAFCET 3	26
2.2.4 GRAFCET 4. Temporizadores	27
2.2.5 GRAFCET 5	29
2.2.6 GRAFCET 6. Diagrama cíclico	30
2.2.7 GRAFCET 7	32
2.2.8 GRAFCET 8	33
2.2.9 GRAFCET 9	34
2.2.10 GRAFCET 10. Ciclo con contador	35
2.2.11 GRAFCET 11. Control estrictamente secuencial	36
2.2.12 GRAFCET 12	37
2.2.13 GRAFCET 13	38
2.2.14 GRAFCET 14. Con direccionamiento (primera versión)	39
2.2.15 GRAFCET 15	40
2.2.16 GRAFCET 16. Salto de etapa	41
2.2.17 GRAFCET 17. Secuencia simultánea	42
2.2.18 GRAFCET 18. Acciones condicionales	44
2.2.19 GRAFCET 19. Subrutinas	46
2.2.20 GRAFCET 20. Resumen	47

Unidad 3. Proyectos para automatizar	48
3.1 Nivel básico	48
3.1.1 Proyecto B1. Automatización movimientos de un ascensor	48
3.1.2 Proyecto B2. Carro de transporte	50
3.1.3 Proyecto B3. Carro de transporte	51
3.1.4 Proyecto B4. Proceso de electrólisis	52
3.1.5 Proyecto B5. Máquina taladro	53
3.1.6 Proyecto B6. Máquina herramienta	54
3.1.7 Proyecto B7. Clasificador de piezas	56
3.1.8 Proyecto B8. Mezcladora	57
3.1.9. Proyecto B9. Cuatro robots móviles	58
3.1.10 Proyecto B10. Control de motores DC. Arranque máquinas DC	59
3.1.11 Proyecto B11. Control de motores AC. Protección de los motores de gran inercia	60
3.2 Nivel medio	61
3.2.1 Proyecto M1. Automatización intercambio semafórico	61
3.2.2 Proyecto M2. Automatización de semáforos	62
3.2.3 Proyecto M3. Automatización semáforos	63
3.2.4 Proyecto M4. Semáforo con petición de paso	64
3.2.5 Proyecto M5. Puente grúa. Primera versión	66
3.2.6 Proyecto M6. Puente grúa. Segunda versión	67
3.2.7 Proyecto M7. Puerta automática	68
3.2.8 Proyecto M8. Control de la mezcla de dos líquidos	69
3.2.9 Proyecto M9. Pesado preciso de sustancias	70
3.2.10 Proyecto M10. Control de túnel de lavado	72
3.2.11 Proyecto M11. Escalera eléctrica	74
3.3 Nivel avanzado	75
3.3.1 Proyecto A1. Automatización planta de embotellado	75
3.3.2 Proyecto A2. Automatización planta de embotellado	77
3.3.3 Proyecto A3. Automatización reactor químico	79
3.3.4 Proyecto A4. Automatización planta para el llenado y transporte de un líquido	81
3.3.5 Proyecto A5. Automatización cintas transportadoras	85
3.3.6 Proyecto A6. Automatización control de acceso a sala comercial	88
3.3.7 Proyecto A7. Salida de plantas con semáforos	89
3.3.8 Proyecto A8. Salida de plantas con semáforo y sensor de abandono de planta	91
3.3.9 Proyecto A9. Control de plantas con barreras	93

3.3.10 Proyecto A10. Control de acceso a garaje con semáforos	94
3.3.11 Proyecto A11. Control de acceso de entrada a garaje y pulsador	97
3.3.12 Proyecto A12. Control de dos cintas	100
3.3.13 Proyecto A13. Tolva a cinta alimentadora giratoria y 3 cintas de salida	102
3.3.15 Proyecto A15. Control de 2 bombas y su desgaste	107
3.3.16 Proyecto A16. Control a un paso de nivel	109
3.3.17 Proyecto a17. Automatización sistema de etiquetado	111
3.3.18 Proyecto A18. Automatización planta de suministro de combustible	113
3.3.18.1 Descripción del sistema	114
3.3.19 Proyecto A19. Planta fabricación de arroz con leche	116
3.3.20 Proyecto A20	119
3.3.21 Proyecto A21. Automatización de 3 cintas transportadoras	123
3.3.22 Proyecto A22. Sistema de pesaje	126
3.3.23 Proyecto A23. Clasificación de cajas	128
3.3.24 Proyecto A24. Sistema de transporte de maletas	131
3.3.25 Proyecto A25. Cambio de agujas de un túnel	133
3.3.26 Proyecto A26. Cambio de agujas de un túnel	136

Referencias bibliográficas

Software	139
Imágenes	139
Videos	139
Documentos en la web	140
Unidad 2. Ejemplos	140
Unidad 3. Problemas de automatización. Nivel básico	140
Unidad 3. Problemas de automatización. Nivel medio	140
Unidad 3. Problemas de automatización. Nivel avanzado	141

Lista tablas y figuras

Tabla 1. <i>Símbolos utilizados GRAFCET</i>	21
Tabla 2. <i>Definición de variables</i>	22
Tabla 3. <i>Operación del sistema</i>	24
Tabla 4. <i>Definición de variables</i>	62
Tabla 5. <i>Definición de variables</i>	75
Tabla 6. <i>Definición de variables</i>	87
Figura 1. <i>PLC Siemens S7-1200</i>	12
Figura 2. <i>Partes de un PLC</i>	13
Figura 3. <i>Ciclo de operación de un PLC</i>	14
Figura 4. <i>Sistemas básicos de programación de un PLC</i>	15
Figura 5. <i>Entradas y salidas digitales</i>	15
Figura 6. <i>Marcas</i>	16
Figura 7. <i>Temporizadores</i>	16
Figura 8. <i>Contador</i>	17
Figura 9. <i>Entradas analógicas</i>	18
Figura 10. <i>Comparador de contadores</i>	19
Figura 11. <i>Flip-Flop RS</i>	20
Figura 12. <i>Diagrama de escalera</i>	20
Figura 13. <i>Diagrama GRAFCET. Entradas y salidas digitales. Versión 1</i>	22
Figura 14. <i>Diagrama de escalera. Versión 1</i>	23
Figura 15. <i>Diagrama GRAFCET. Entradas y salidas digitales. Versión 2</i>	25
Figura 16. <i>Diagrama de escalera. Versión 2</i>	25
Figura 17. <i>Diagrama GRAFCET. Entradas y salidas digitales. Versión 3</i>	26
Figura 18. <i>Diagrama GRAFCET. Temporizadores</i>	27
Figura 19. <i>Diagrama GRAFCET. Temporizadores. Versión 1</i>	28
Figura 20. <i>Diagrama GRAFCET. Temporizadores. Versión 2</i>	29
Figura 21. <i>Diagrama GRAFCET cíclico</i>	30
Figura 22. <i>Diagrama de escalera. Diagrama cíclico</i>	31
Figura 23. <i>Diagrama GRAFCET cíclico con temporizadores</i>	32

Figura 24. <i>Diagrama GRAFCET con direccionamiento</i>	33
Figura 25. <i>Diagrama GRAFCET con direccionamiento y temporizadores</i>	34
Figura 26. <i>Diagrama GRAFCET. Ciclo con contador</i>	35
Figura 27. <i>Diagrama GRAFCET. Control estrictamente secuencial. Versión 1</i>	36
Figura 28. <i>Diagrama GRAFCET. Control estrictamente secuencial. Versión 2</i>	37
Figura 29. <i>Diagrama GRAFCET. Control estrictamente secuencial. Versión 3</i>	38
Figura 30. <i>Diagrama GRAFCET con direccionamiento</i>	39
Figura 31. <i>Diagrama de escalera</i>	39
Figura 32. <i>Diagrama GRAFCET con direccionamiento</i>	40
Figura 33. <i>Diagrama GRAFCET con salto de etapa</i>	41
Figura 34. <i>Diagrama GRAFCET con procesos simultáneos</i>	42
Figura 35. <i>Diagrama de escalera sobre procesos simultáneos</i>	43
Figura 36. <i>Diagrama GRAFCET. Acciones condicionales</i>	44
Figura 37. <i>Diagrama de escalera sobre acciones condicionales</i>	45
Figura 38. <i>Diagrama GRAFCET. Subrutinas</i>	46
Figura 39. <i>Resumen Diagrama GRAFCET</i>	47
Figura 40. <i>Diagrama de potencia y control</i>	49
Figura 41. <i>Diagrama GRAFCET, automatización movimientos de un ascensor</i>	50
Figura 42. <i>Diagrama de planta. Carro de transporte</i>	50
Figura 43. <i>Diagrama de planta, carros de transporte</i>	51
Figura 44. <i>Diagrama de planta. Proceso de electrólisis</i>	52
Figura 45. <i>Diagrama de planta. Máquina taladro</i>	53
Figura 46. <i>Diagrama de planta. Máquina herramienta</i>	54
Figura 47. <i>Diagrama de planta. Clasificador de piezas</i>	56
Figura 48. <i>Diagrama de planta. Mezcladora</i>	57
Figura 49. <i>Diagrama de planta. Cuatro robots móviles</i>	58
Figura 50. <i>Diagrama de planta. Automatización intercambio semafórico</i>	61
Figura 51. <i>Diagrama de tiempos</i>	62
Figura 52. <i>Diagrama de tiempos y etiquetas</i>	63
Figura 53. <i>Diagrama de tiempos. Semáforo con petición de paso</i>	64
Figura 54. <i>Diagrama de planta. Puente grúa. Primera versión</i>	66
Figura 55. <i>Diagrama de planta. Control de la mezcla de dos líquidos</i>	69

Figura 56. <i>Diagrama de planta. Pesado de sustancias</i>	71
Figura 57. <i>Diagrama de planta. Control de túnel de lavado</i>	73
Figura 58. <i>Diagrama de planta. Escalera eléctrica</i>	74
Figura 59. <i>Diagrama de planta. Planta de embotellado</i>	76
Figura 60. <i>Panel de mando</i>	78
Figura 61. <i>Diagrama de planta. Reactor químico</i>	80
Figura 62. <i>Diagrama de planta. Llenado y transporte de un líquido</i>	81
Figura 63. <i>Diagrama de planta. Cintas transportadoras</i>	85
Figura 64. <i>Diagrama de planta. Control de acceso a sala comercial</i>	88
Figura 65. <i>Diagrama de planta. Salida de plantas con semáforos</i>	89
Figura 66. <i>Diagrama de planta. Salida de plantas con semáforo y sensor de abandono de planta</i>	91
Figura 67. <i>Diagrama de planta. Control de plantas con barreras</i>	93
Figura 68. <i>Diagrama de planta. Control de acceso a garaje con semáforos</i>	95
Figura 69. <i>Diagrama de tiempos. Semáforo de peatones</i>	97
Figura 70. <i>Diagrama de planta. Control de acceso de entrada a garaje y pulsador</i>	98
Figura 71. <i>Diagrama de planta. Control de dos cintas</i>	101
Figura 72. <i>Diagrama de planta. Trolly a cinta alimentadora giratoria y 3 cintas de salida</i>	102
Figura 73. <i>Diagrama de planta. Control de la mezcla de un depósito</i>	105
Figura 74. <i>Diagrama de planta. Control de 2 bombas y su desgaste. Versión 1</i>	107
Figura 75. <i>Diagrama de planta. Control de 2 bombas y su desgaste. Versión 2</i>	108
Figura 76. <i>Diagrama de planta. Control a un paso de nivel</i>	110
Figura 77. <i>Diagrama de planta. Sistema de etiquetado</i>	111
Figura 78. <i>Diagrama de planta. Planta de suministro de combustible</i>	113
Figura 79. <i>Diagrama de planta de arroz con leche. Versión 1</i>	116
Figura 80. <i>Diagrama de planta fabricación de arroz con leche. Versión 2</i>	119
Figura 81. <i>Diagrama de planta. 3 cintas transportadoras</i>	123
Figura 82. <i>Diagrama de planta. Sistema de pesaje</i>	126
Figura 83. <i>Diagrama de planta. Clasificación de cajas</i>	128
Figura 84. <i>Diagrama de planta. Sistema de transporte de maletas</i>	131
Figura 85. <i>Diagrama de planta. Cambio de agujas de un túnel. Versión 1</i>	133
Figura 86. <i>Diagrama de planta. Cambio de agujas de un túnel. Versión 2</i>	136

Introducción

Este manual guía se ha escrito con un propósito académico: la enseñanza remota de la asignatura Automatización de Procesos, que se dicta en la Facultad de Ingeniería de la Institución Universitaria Pascual Bravo.

Su contenido se diseñó pensando en aumentar la calidad académica de la asignatura. Asimismo, su empleo como cuaderno de trabajo en clase permite disminuir el tiempo de exposiciones magistrales, que ahora se utiliza en actividades prácticas en las que el estudiante aplica lo estudiado para resolver un problema de automatización de su interés. Esta es la principal fortaleza de este libro.

El temario académico se encuentra dividido en tres unidades. En la primera unidad se proporciona una introducción al curso y al controlador lógico programable; la segunda unidad trata sobre circuitos secuenciales y la metodología GRAFCET, diagrama funcional con el que se modela el proceso a automatizar mediante etapas lógicas, predefinidas por sus entradas, acciones y salidas; en la tercera unidad se presentan proyectos de automatización tomados de la internet, divididos en tres grandes grupos, clasificados según su grado de complejidad en nivel básico, medio y avanzado.

Con los proyectos se busca que los estudiantes adquieran competencias específicas para plantear y presentar alternativas de solución a problemas de automatización industrial.

Con un propósito didáctico, esta obra en prueba utiliza los siguientes íconos gratuitos (tomados de <https://www.freepik.es/iconos-populares>):

Ícono	Fuente
	Video https://www.freepik.es/iconos-gratis/reproductor-video_768848.htm#page=1&query=CLICK%20VIDEO&position=0
	Demo https://www.freepik.es/iconos-gratis/simbolo-formato-archivo-dem_742697.htm#page=1&query=demo&position=2
	Tarea https://www.freepik.es/iconos-gratis/deberes_930582.htm#page=1&query=tarea&position=2

En este libro, los íconos representan las siguientes tres actividades que deben realizar los estudiantes:

- Observar un video.
- Atender la práctica demo que hace el docente.
- Realizar una tarea.

Unidad 1

Introducción, controlador lógico programable

Equipo electrónico programable diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente industrial, procesos secuenciales (véase figura 1).

Figura 1.

PLC Siemens S7-1200



Fuente: Elaboración propia

Actividad: Obsérvese el modo de operación de un PLC en:

- Línea de producción de Mercedes, serie A.



Video disponible en:

<https://www.youtube.com/watch?v=myaCbs2ScLw>

- Audi Electric Motors Production



Video disponible en:

Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=zttC2x9nMEw>

- ABB's state-of-the-art technology for hot stamping



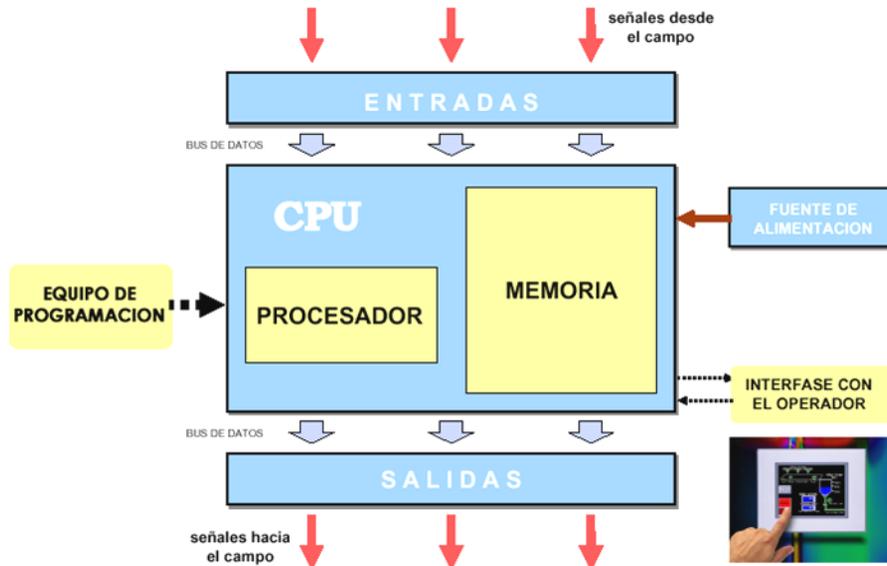
Video disponible en:

Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=ZFjDpLCVMas>

1.1 Estructura de un PLC

En la figura 2, se presenta la estructura interna de un PLC. Este trabaja con base en la información recibida por los *captadores* y el programa lógico interno, actuando sobre los *accionadores* de la instalación.

Figura 2.
Partes de un PLC



Fuente: Imagen tomada de <http://aplicacionesdeplc.blogspot.com/2011/03/estructura-de-un-plc.html>, año 2021

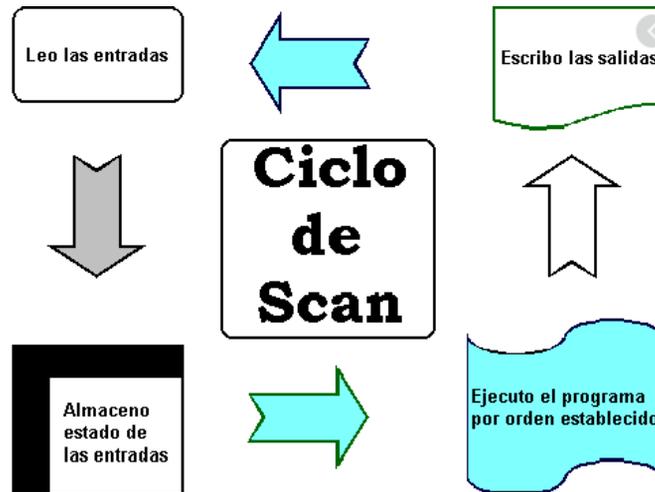
Módulo de memoria (datos)	Módulo CPU
E/S; variables internas (b, B, W); datos alfanuméricos, constantes; Datos de control (programa). ROM (Stma. Operativo); RAM (programa editado); EPROM (programa salvado).	ULA (Evaluador de expresiones lógicas y aritméticas)

1.1.1 Ciclo simple de funcionamiento de un PLC

En la figura 3 se presenta el funcionamiento de un PLC, de tipo secuencial y ciclado.

Figura 3.

Ciclo de operación de un PLC



Fuente: Imagen tomada de <https://co.pinterest.com/pin/703757879242372535/>, año 2021

1.1.2 Tipos básicos de datos (variables) en un PLC

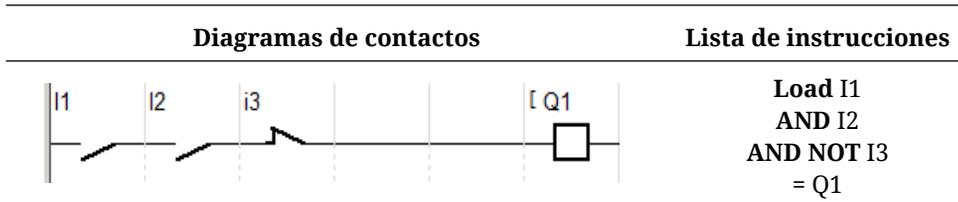
- Entradas digitales: variables que se actualizan al inicio del ciclo con las variables reales (I1, I2, I3...).
- Salidas digitales: Salidas reales (Q1, Q2, Q3, ...)
- Memorias: Marcas (M1, M2, M3, ...)
- Temporizadores: Contacto principal (T#,b); Contacto auxiliar (T#)
- Contador: Contacto principal (C#,b); Contacto auxiliar (C#)

1.1.3 Sistemas básicos de programación de un PLC

En la figura 4 se presenta un ejemplo sobre dos sistemas de programación de un PLC: diagrama de contactos y listado de instrucciones.

Figura 4.

Sistemas básicos de programación de un PLC



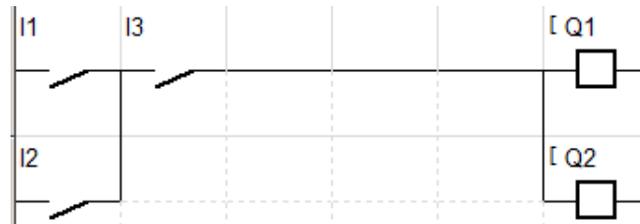
Fuente: Elaboración propia, usando ZelioSoft

1.2 Ejemplos usando diagramas de contactos

De las figuras 5 a 10 se presentan ejemplos de diagrama de contactos para entradas y salidas digitales, marcas, temporizador, contador, entrada analógica y comparador de contador. Veamos.

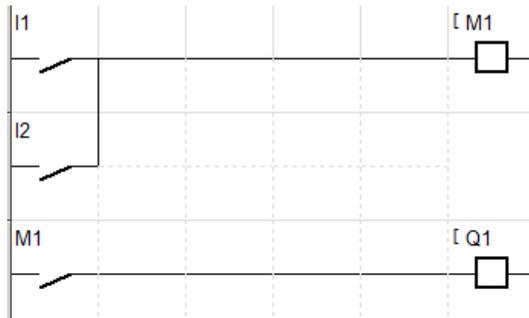
Figura 5.

Entradas y salidas digitales



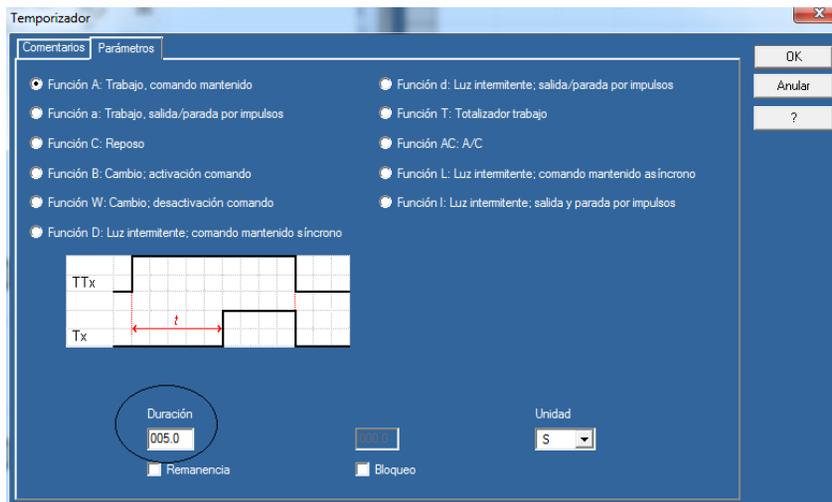
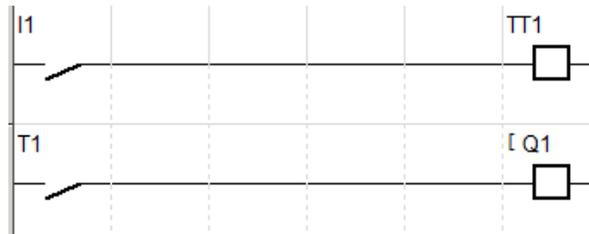
Fuente: Elaboración propia, usando ZelioSoft

Figura 6.
Marcas



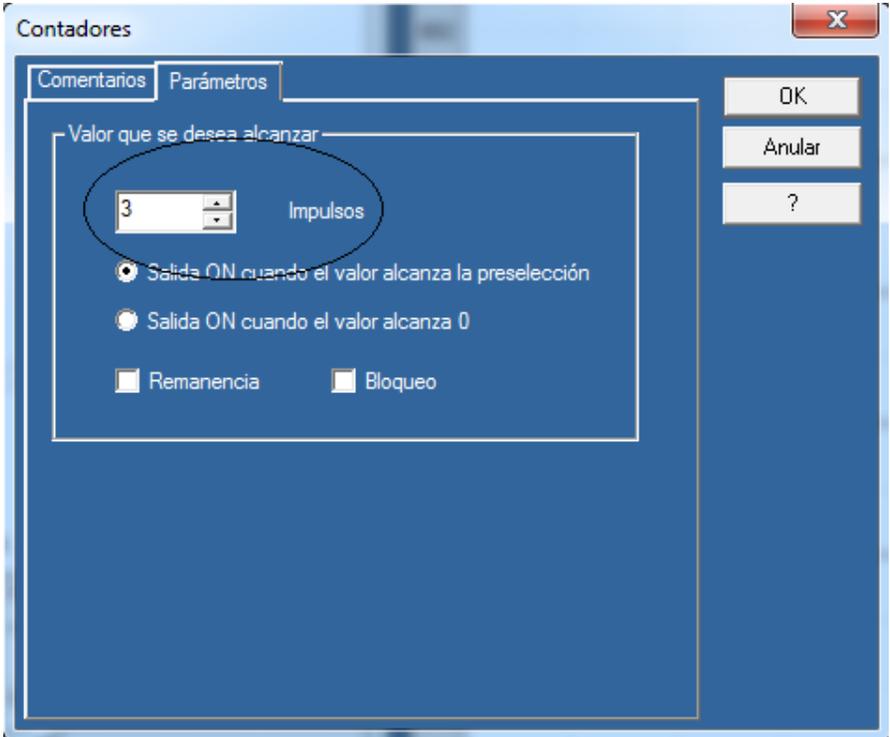
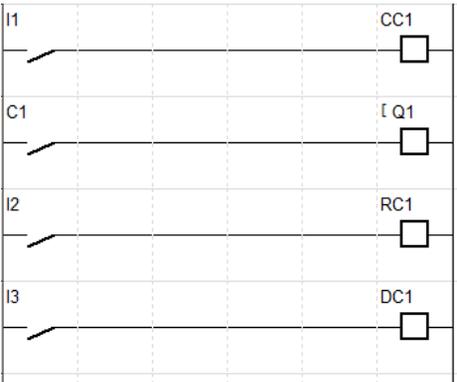
Fuente: Imagen propia, usando ZelioSoft

Figura 7.
Temporizadores



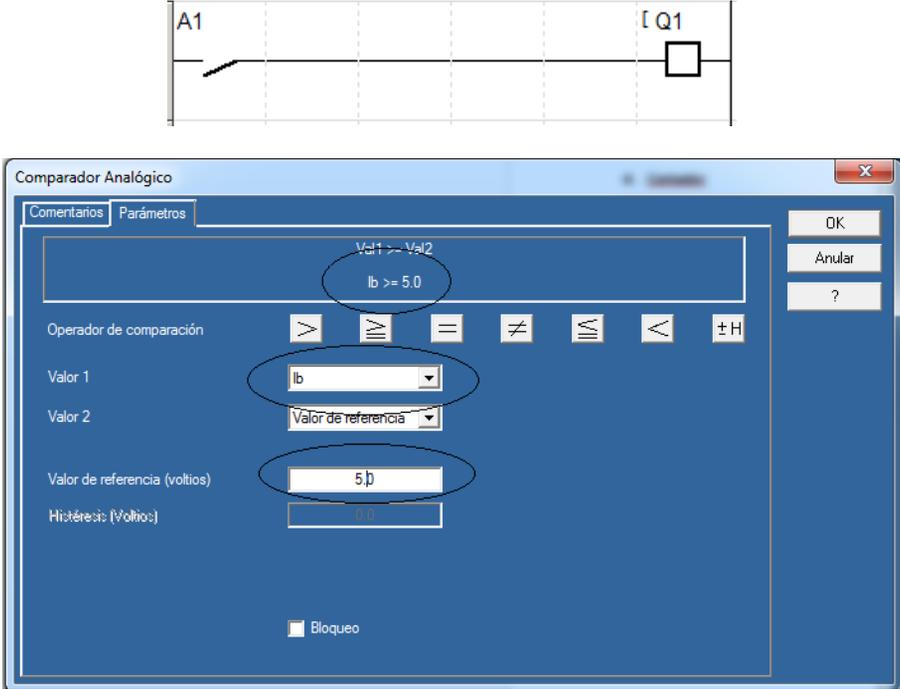
Fuente: Imagen propia, usando ZelioSoft

Figura 8.
Contador



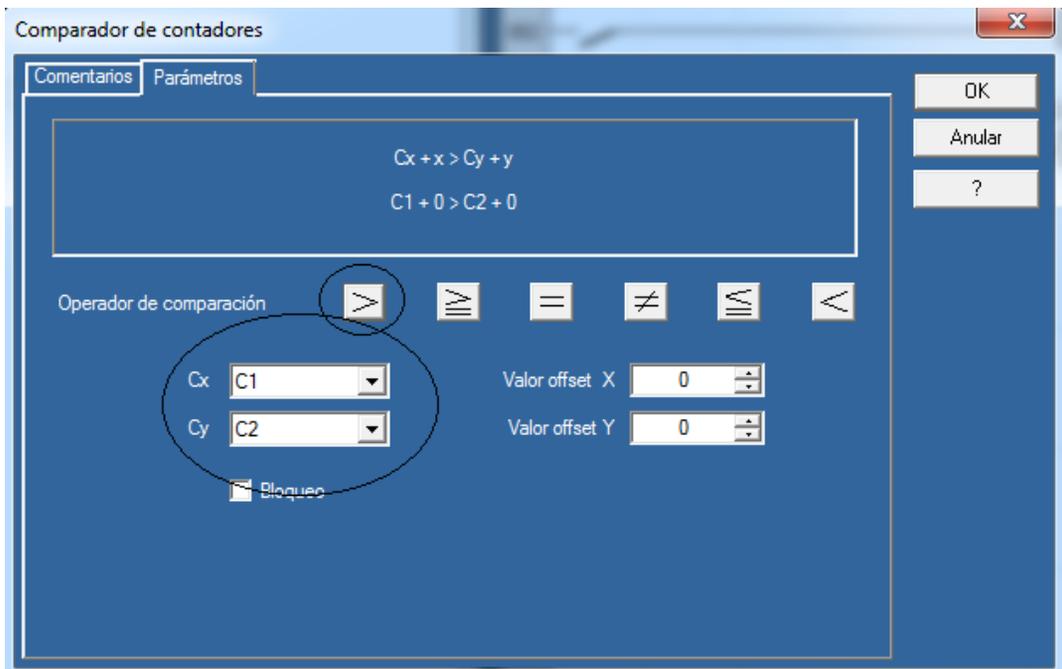
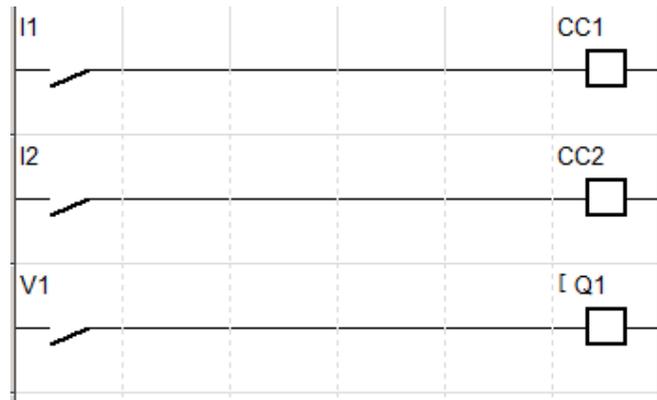
Fuente: Imagen propia, usando ZelioSoft

Figura 9.
Entradas analógicas



Fuente: Elaboración propia, usando ZelioSoft

Figura 10.
Comparador de contadores



Fuente: Imagen propia, usando ZelioSoft

Unidad 2

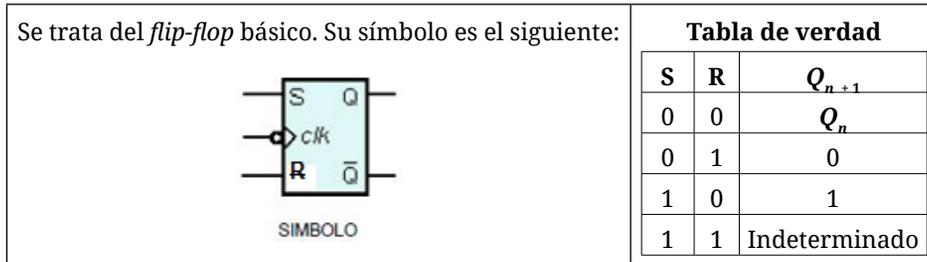
Circuitos secuenciales

Los circuitos combinatorios tienen la característica de que su salida depende solamente de la combinación presente de valores de las entradas; es decir, a una misma combinación de entradas, responde siempre la misma salida. Un circuito cuya salida depende no solo de la combinación de entradas, sino también de la historia de las entradas anteriores se denomina *secuencial*.

Los dispositivos de memoria utilizados en circuitos secuenciales se denominan *multivariador biestable* o *flip-flop*. Ahora, un *circuito secuencial* puede entenderse como un circuito combinatorial en el cual las salidas dependen tanto de las entradas como de las salidas en instantes anteriores; esto implica una retroalimentación de las salidas.

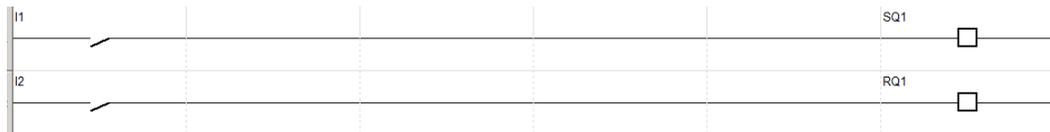
En las figuras 11 y 12 se presentan el símbolo y la tabla de verdad de un *flip-flop* RS y su correspondiente diagrama de contactos.

Figura 11.
Flip-Flop RS



Fuente: Elaboración propia

Figura 12.
Diagrama de escalera



Fuente: Elaboración propia, usando ZelioSoft

2.1 GRAFCET

Del francés Graphe Fonctionnel de Commande Etape Transition, que significa: diagrama de control con etapas y transiciones, como se describe a continuación:

GRAF: Gráfica

C: Control

E: Etapas

T: Transición

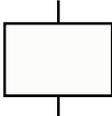
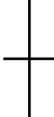
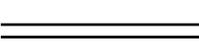
Es un potente lenguaje gráfico de programación para autómatas, adaptado a la resolución de sistemas secuenciales.

2.1.2 Elementos GRAFCET de programación

En la tabla 1 se presentan los símbolos o iconos utilizados para programar un automatismo en GRAFCET.

Tabla 1.

Símbolos utilizados GRAFCET

Símbolo	Nombre	Descripción
	Etapa	Lleva consigo una acción
	Unión	Para unir entre sí varias etapas
	Transición	Condición para desactivar la etapa en curso y activar la siguiente
	Direccionamiento	Indica la activación de una u otra etapa en función de la condición o condiciones que se cumpla.
	Proceso simultáneo	Muestra la activación o desactivación de varias etapas a la vez.
	Acciones asociadas	Acciones que se realizan al activarse la etapa a la que pertenecen.

Fuente: Elaboración propia

2.2 Ejemplos

A continuación se presentan ejemplos de programación de un GRAFCET, en función de la simbología previamente ilustrada.

2.2.1 GRAFCET 1. Entradas y salidas digitales

Activación de dos luces de manera secuencial, que operen como se describe en la tabla 2.

Tabla 2.

Definición de variables

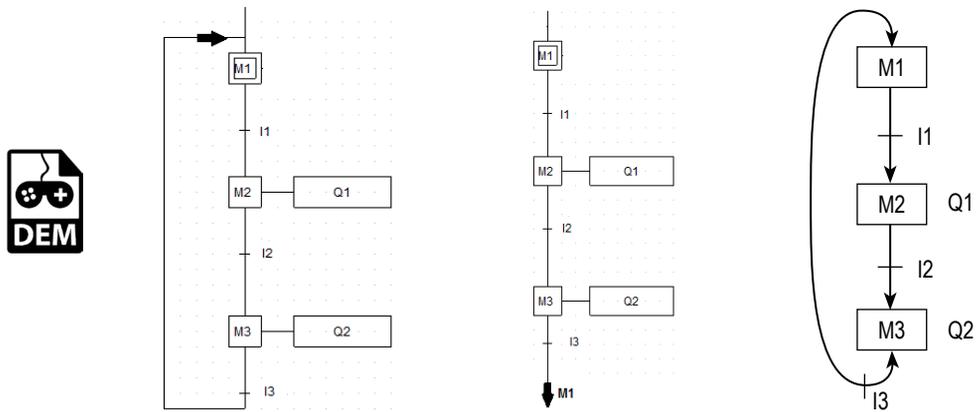
Entradas	Salidas
I1: Primer interruptor que activa la luz Q1.	Q1: Luz 1
I2: Segundo interruptor que desactiva la luz Q1, y activa la luz Q2.	Q2: Luz 2
I3: Tercer interruptor que desactiva la luz Q2, y lleva el sistema a su etapa origen en la que Q1 y Q2 están desactivas.	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 13 se presentan el diagrama GRAFCET, construido con el programa CADe SIMU y su equivalente, realizado a mano alzada.

Figura 13.

Diagrama GRAFCET. Entradas y salidas digitales. Versión 1



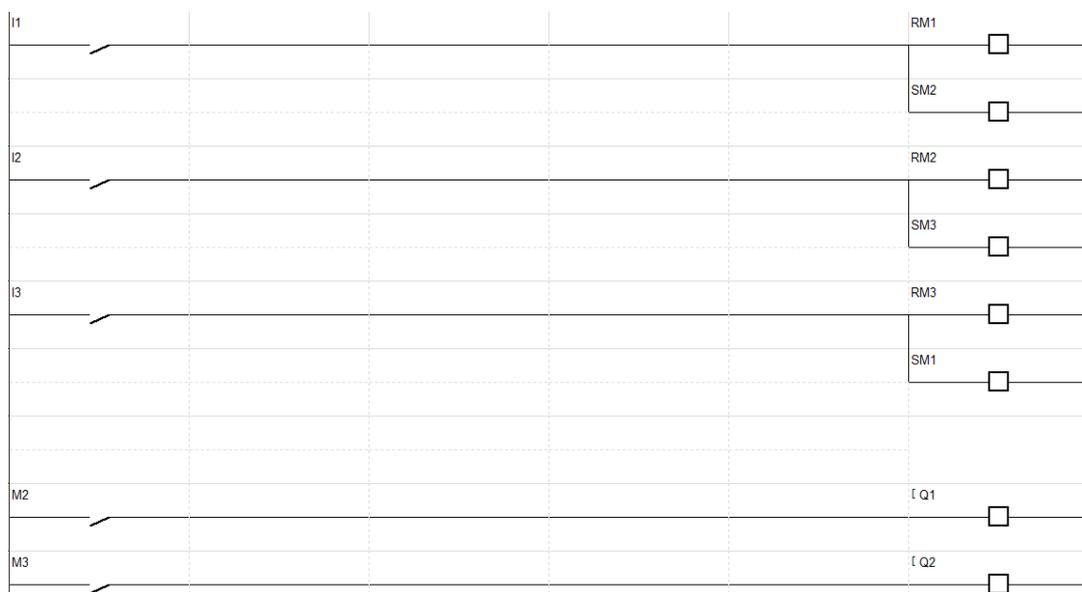
Fuente: Elaboración propia, usando CADe SIMU

Actividades: Realice el diagrama GRAFCET:

- A mano alzada.
- Usando el programa CADe SIMU
- Usando el software de programación de autómatas programables ZelioSoft, implemente el diagrama de escalera del diagrama GRAFCET, previamente expuesto, como se ilustra en la figura 14. Simule y valide su funcionamiento.

Figura 14.

Diagrama de escalera. Versión 1



Fuente: Elaboración propia usando ZelioSoft

2.2.2 GRAFCET 2

Enunciado: Activación de tres luces de manera secuencial como se describe en la tabla 3.

Tabla 3.

Operación del sistema

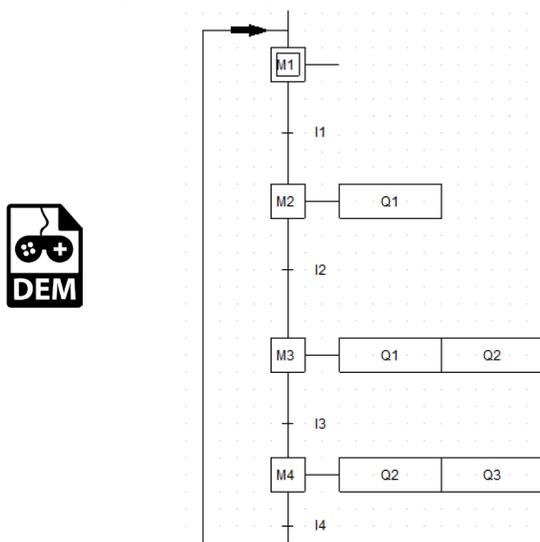
Entradas	Salidas
I1: Primer interruptor que activa la luz Q1.	Q1: Luz 1
I2: Segundo interruptor que mantiene activa la luz Q1 y activa la luz Q2	Q1: Luz 1 Q2: Luz 2
I3: Tercer interruptor que desactiva la luz Q1, mantiene activa la luz Q2 y activa la luz Q3.	Q2: Luz 2 Q3: Luz 2
I4: cuarto interruptor que posiciona el sistema en su etapa origen.	

Fuente: Elaboración propia

En las figuras 15 y 16 se presenta el diagrama GRAFCET y su implementación, usando para ello el diagrama de escalera. Simule y valide su funcionamiento.

Figura 15.

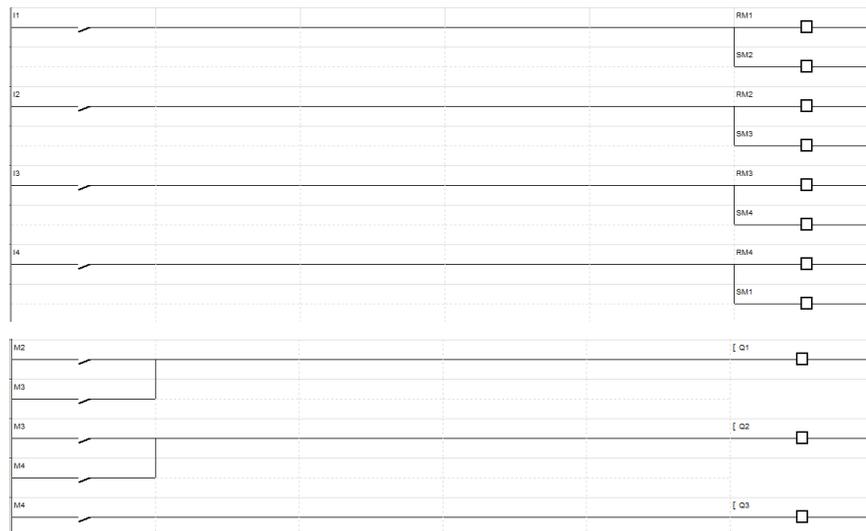
Diagrama GRACFET. Entradas y salidas digitales. Versión 2



Fuente: Elaboración propia usando CADe SIMU

Figura 16.

Diagrama de escalera. Versión 2



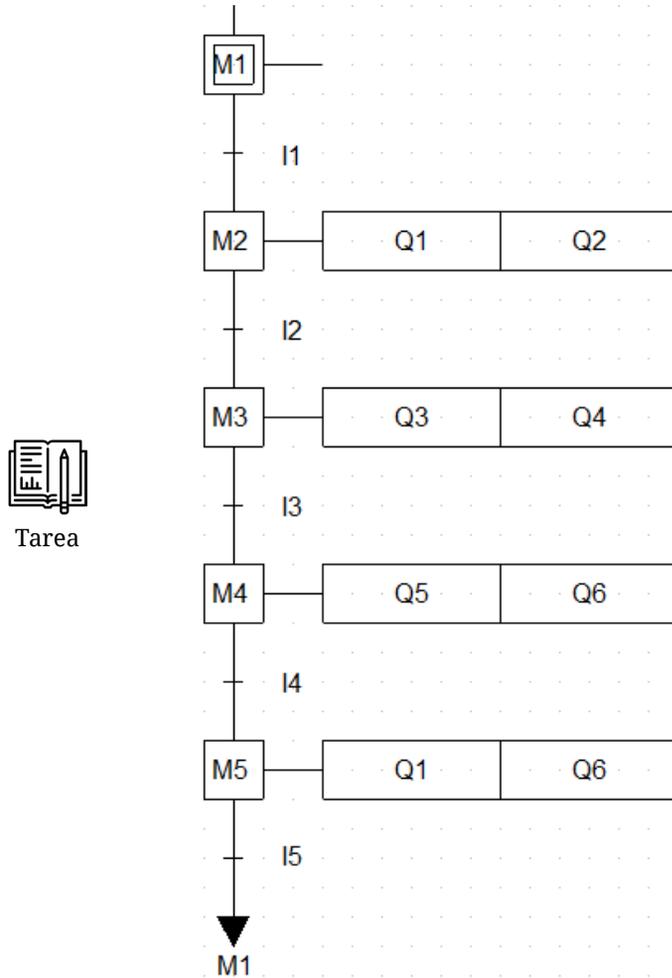
Fuente: Elaboración propia, usando ZelioSoft

2.2.3 GRAFCET 3

Activación de seis luces, de manera secuencial, como se describe en el diagrama GRAFCET de la figura 17.

Figura 17.

Diagrama GRAFCET. Entradas y salidas digitales. Versión 3



Fuente: Elaboración propia, usando CADe SIMU

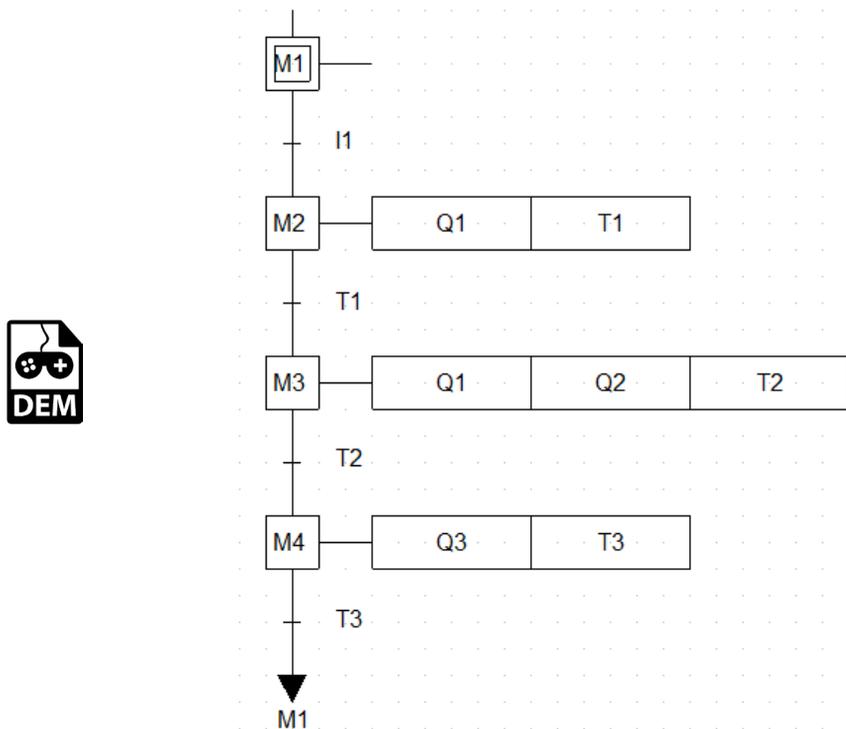
Usando el software de programación de autómatas programables ZelioSoft, implemente el diagrama de escalera del diagrama GRAFCET, previamente expuesto. Simule y valide su funcionamiento.

2.2.4 GRAFCET 4. Temporizadores

En la figura 18 se presenta un primer ejemplo GRAFCET usando temporizadores.

Figura 18.

Diagrama GRAFCET. Temporizadores

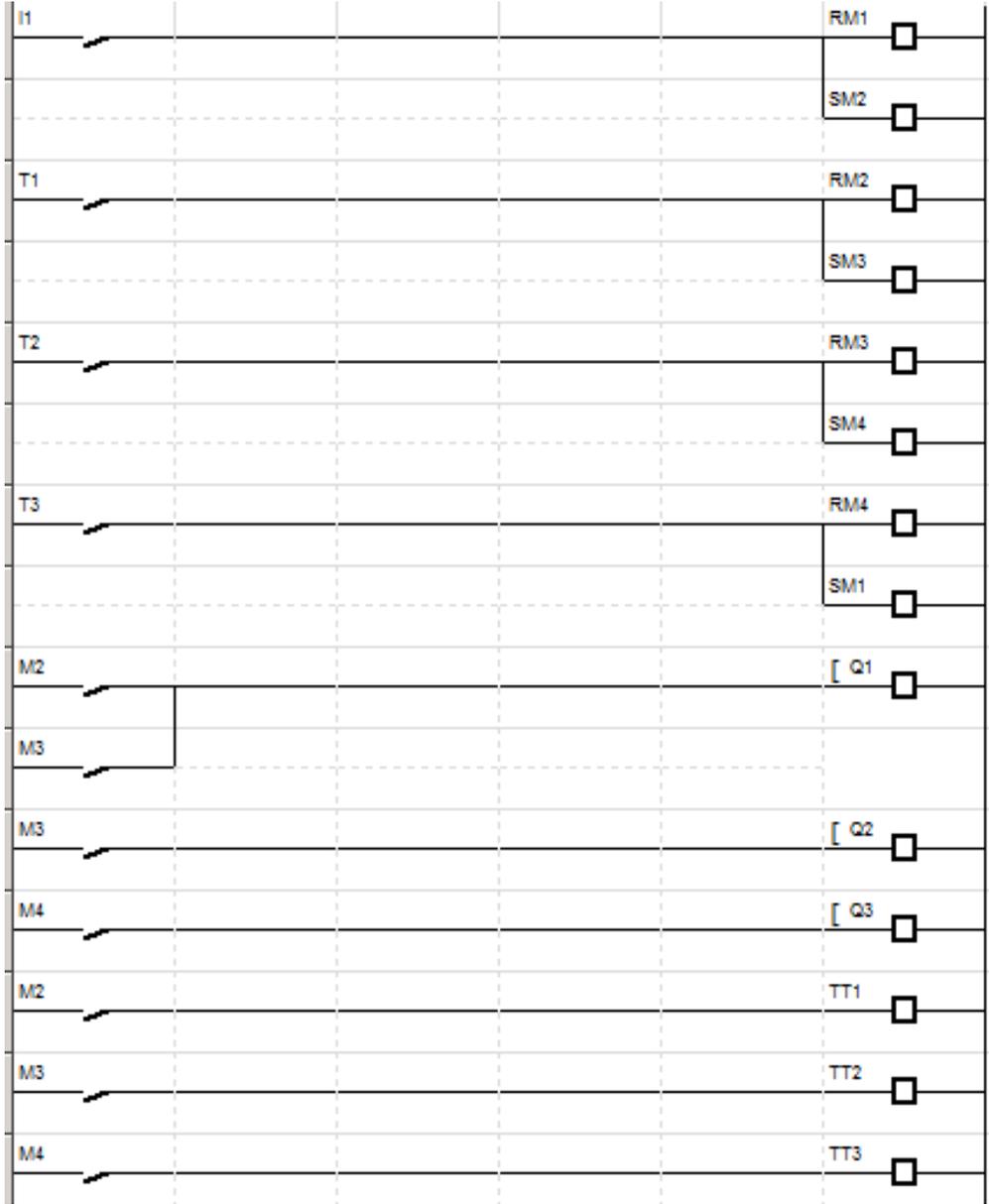


Fuente: Elaboración propia, usando CADe SIMU

Usando el software de programación de autómatas programables ZelioSoft, en la figura 19 se presenta el diagrama de escalera del sistema GRAFCET, previamente expuesto. Simule y valide su funcionamiento.

Figura 19.

Diagrama GRAFCET. Temporizadores. Versión 1



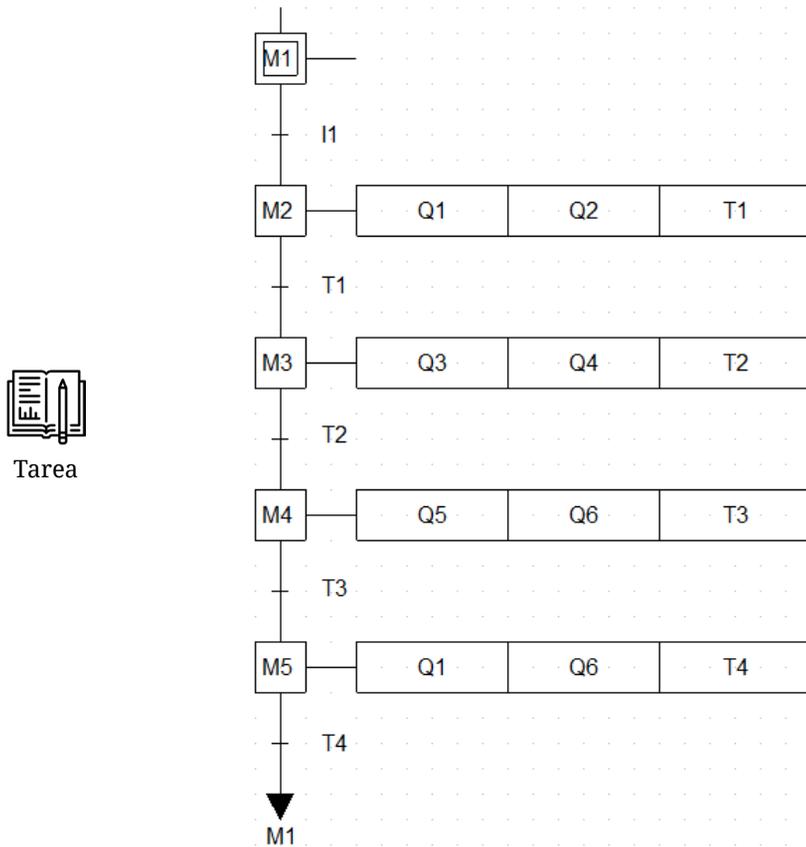
Fuente: Elaboración propia, usando ZelioSoft

2.2.5 GRAFCET 5

En la figura 20 se presenta un segundo GRAFCET usando temporizadores.

Figura 20.

Diagrama GRAFCET. Temporizadores. Versión 2



Fuente: Elaboración propia, usando CADe SIMU

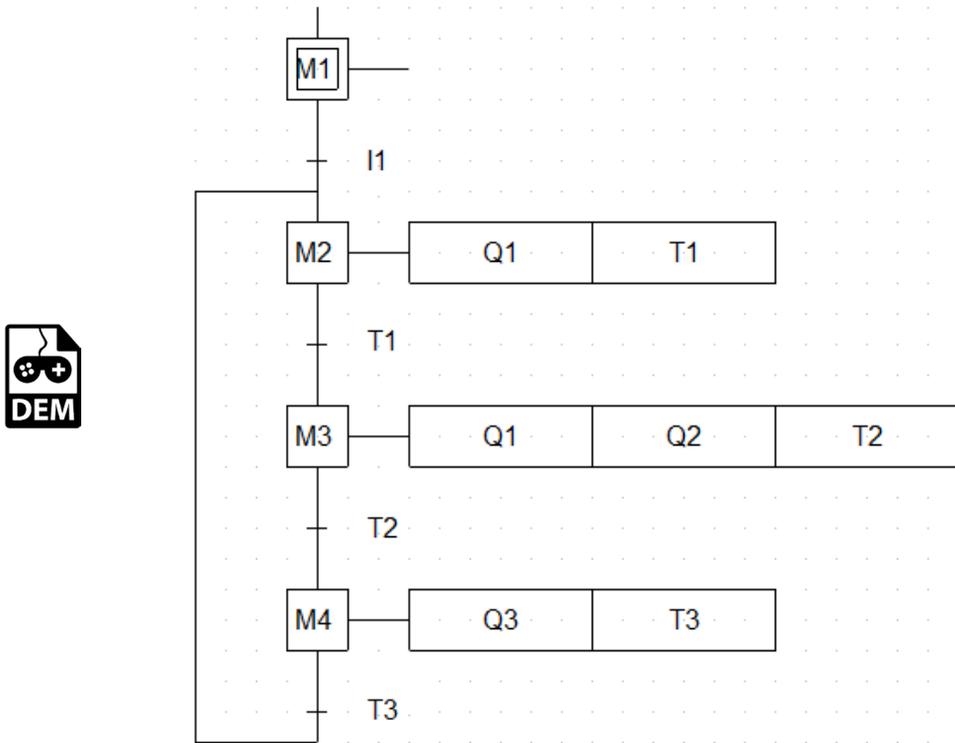
Usando el software de programación de autómatas programables ZelioSoft, implemente el diagrama de escalera del sistema GRAFCET, previamente expuesto. Simule y valide su funcionamiento.

2.2.6 GRAFCET 6. Diagrama cíclico

En la figura 21 se presenta un tercer GRAFCET usando temporizadores.

Figura 21.

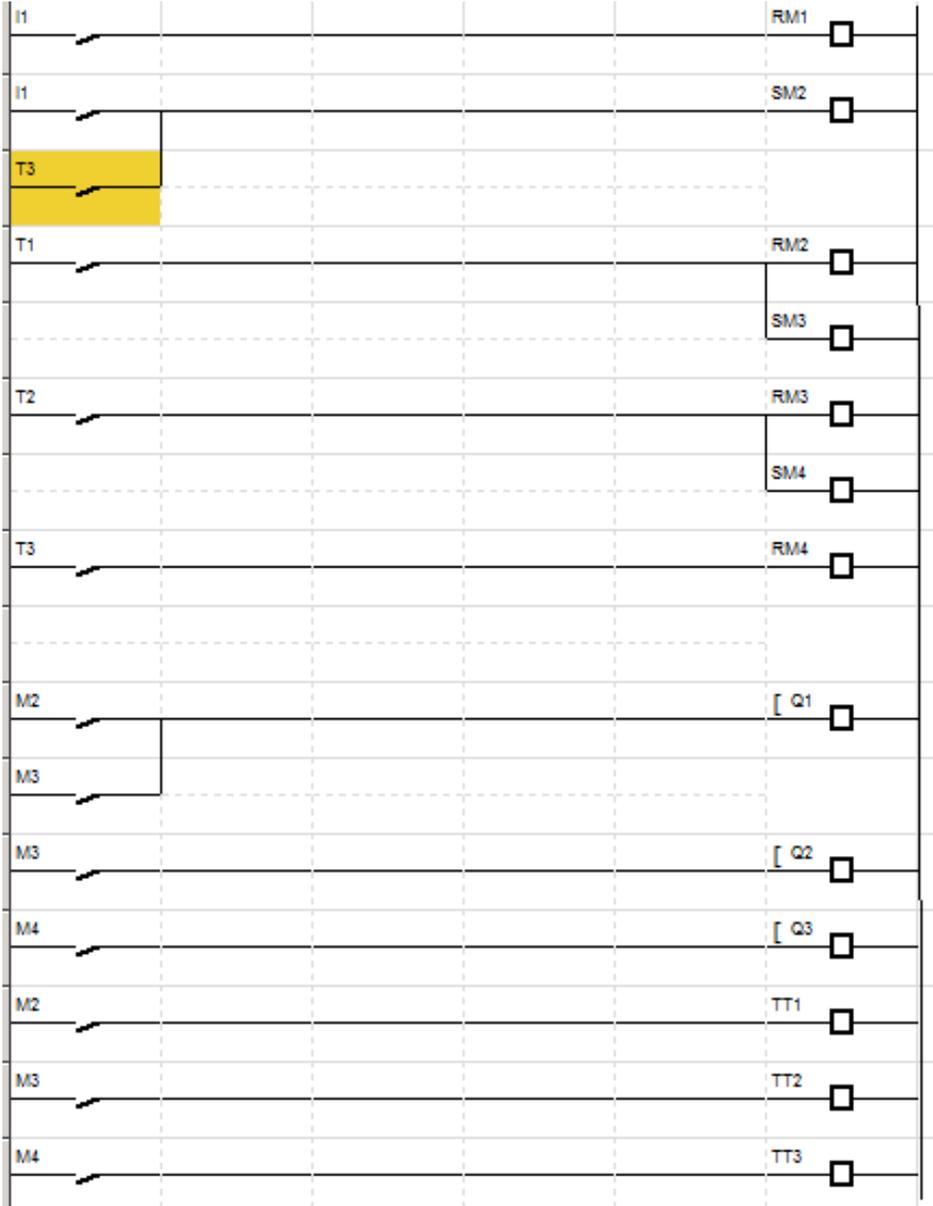
Diagrama GRAFCET cíclico



Fuente: Elaboración propia, usando CADe SIMU

Usando el software de programación de autómatas programables ZelioSoft, implemente el diagrama de escalera del sistema GRAFCET, previamente expuesto, como se presenta en la figura 22. Simule y valide su funcionamiento.

Figura 22.
Diagrama de escalera. Diagrama cíclico



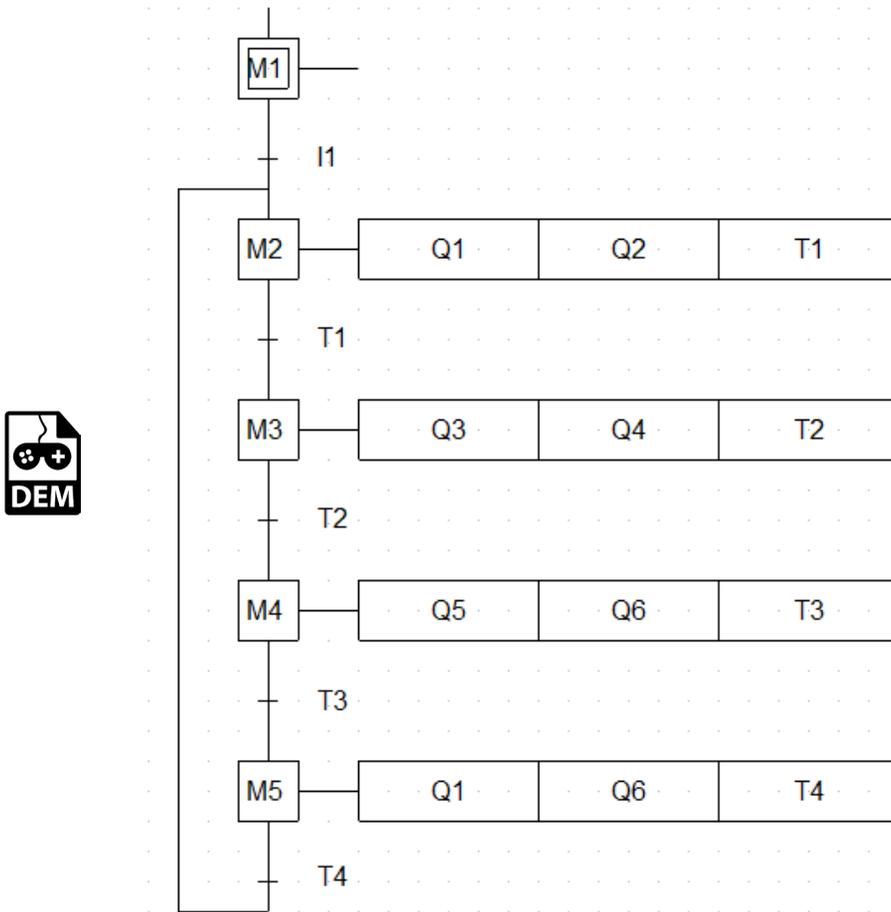
Fuente: Elaboración propia, usando ZelioSoft

2.2.7 GRAFCET 7

En la figura 23 se presenta un cuarto GRAFCET usando temporizadores.

Figura 23.

Diagrama GRAFCET cíclico con temporizadores



Fuente: Elaboración propia, usando CADe SIMU

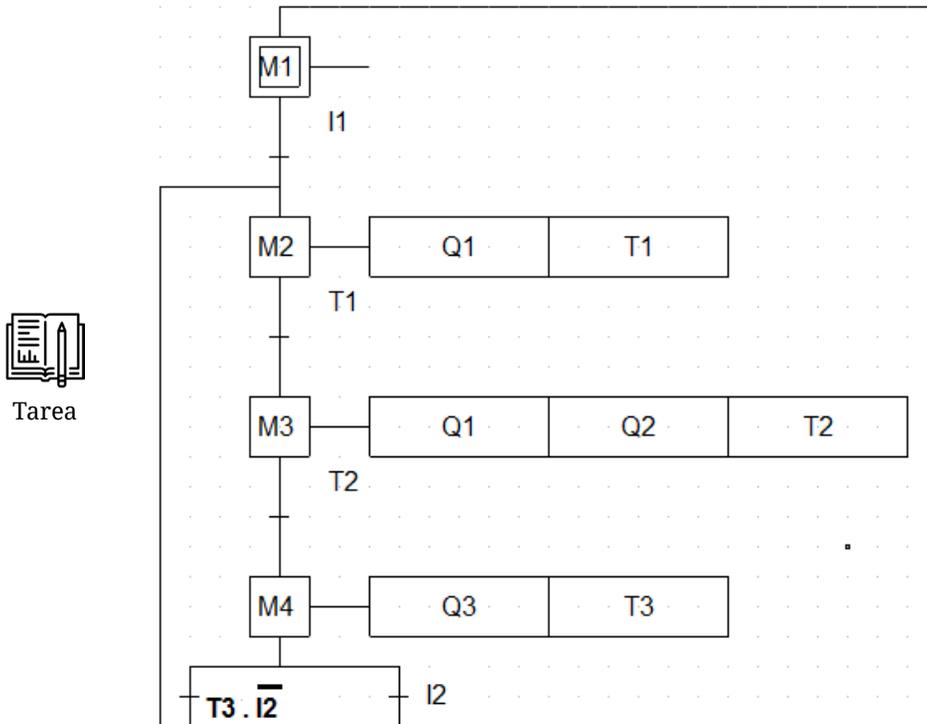
Usando el software de programación de autómatas programables ZelioSoft, implemente el diagrama de escalera del sistema GRAFCET, previamente expuesto. Simule y valide su funcionamiento.

2.2.8 GRAFCET 8

En la figura 24 se presenta un quinto GRAFCET usando temporizadores, con dos rutas posibles de retorno.

Figura 24.

Diagrama GRAFCET con direccionamiento



Fuente: Elaboración propia, usando CAdE SIMU

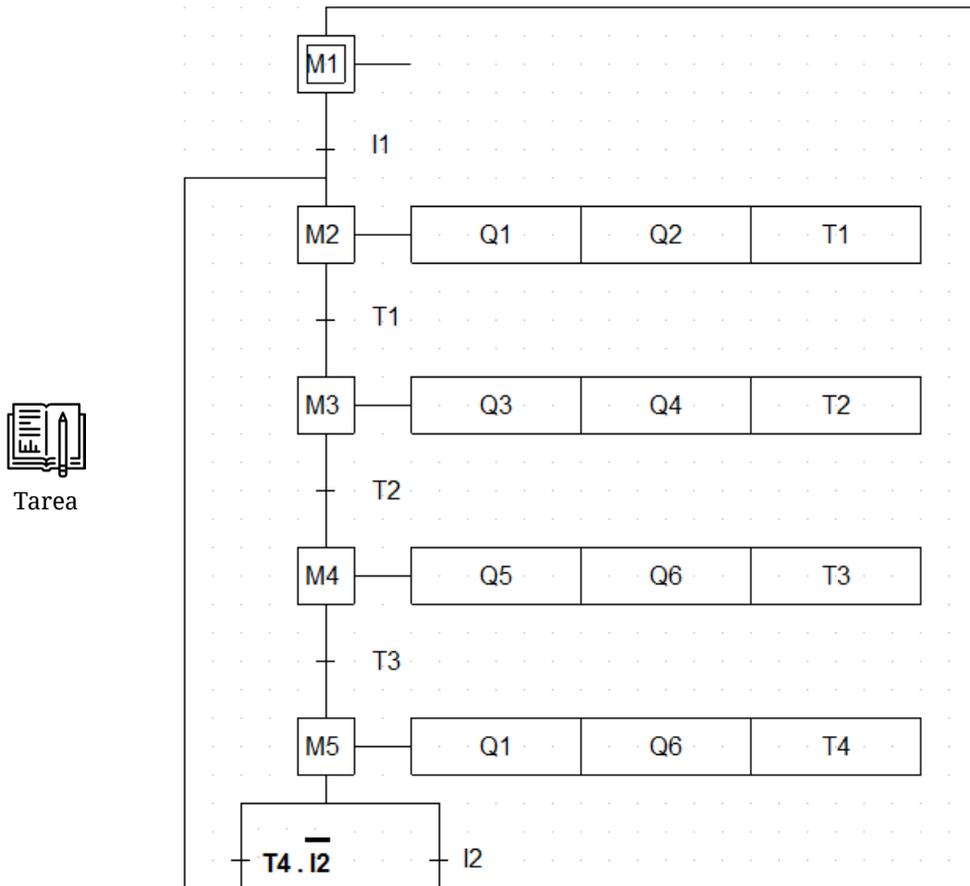
Usando el software de programación de autómatas programables ZelioSoft, implemente el diagrama de escalera del sistema GRAFCET, previamente expuesto. Simule y valide su funcionamiento.

2.2.9 GRAFCET 9

En la figura 25 se presenta otro GRAFCET, usando temporizadores.

Figura 25.

Diagrama GRAFCET con direccionamiento y temporizadores



Fuente: Elaboración propia, usando CADe SIMU

Usando el software de programación de autómatas programables ZelioSoft, implemente el diagrama de escalera del sistema GRAFCET, previamente expuesto. Simule y valide su funcionamiento.

2.2.10 GRAFCET 10. Ciclo con contador

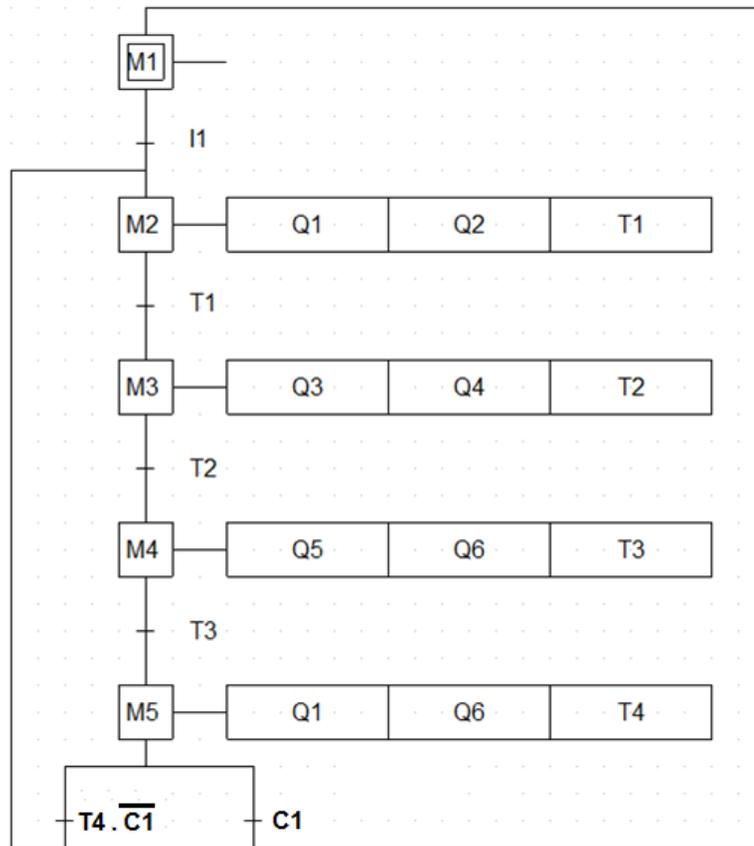
En la figura 26 se presenta un GRAFCET usando un contador para controlar el número de ciclos. Se recomienda repasar la Figura 8 sobre contadores.

Figura 26.

Diagrama GRAFCET. Ciclo con contador



Tarea



Fuente: Elaboración propia, usando CAde SIMU

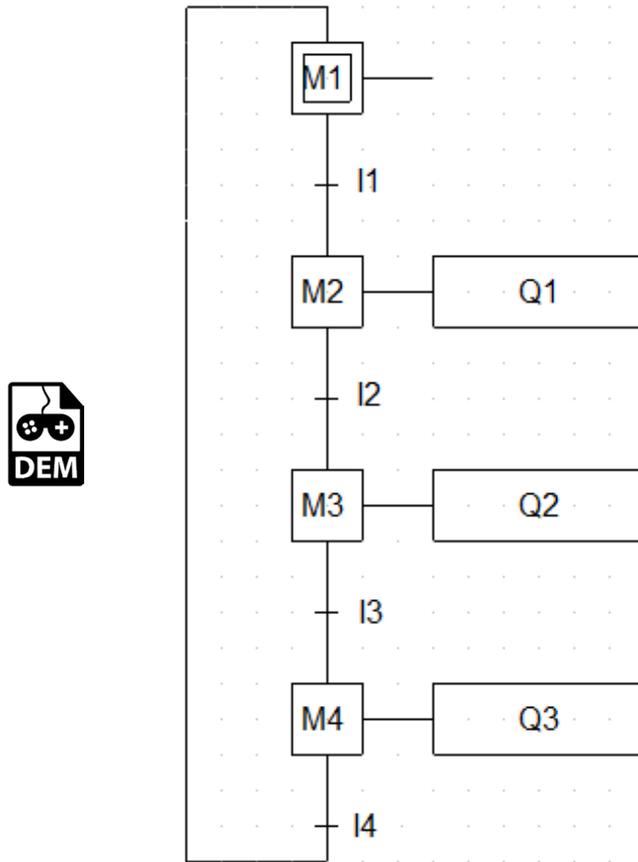
Usando el software de programación de autómatas programables ZelioSoft, implemente el diagrama de escalera del diagrama GRAFCET, previamente expuesto con tres ciclos de conteo. Simule y valide su funcionamiento.

2.2.11 GRAFCET 11. Control estrictamente secuencial

Estudie el sistema GRAFCET de la figura 27 y determine las posibles incorrectas operaciones que se podría ejecutar.

Figura 27.

Diagrama GRAFCET. Control estrictamente secuencial. Versión 1



Fuente: Elaboración propia, usando CADe SIMU

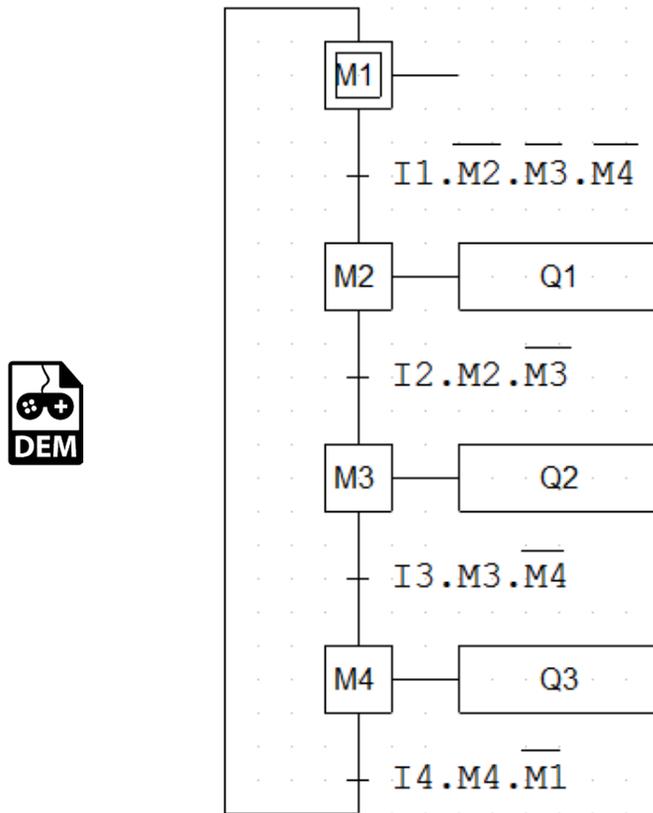
Usando el software de programación de autómatas programables ZelioSoft, implemente el diagrama de escalera del diagrama GRAFCET, previamente expuesto. Simule y valide su funcionamiento.

2.2.12 GRAFCET 12

Estudie el diagrama GRAFCET de la figura 28, y valide su correcto funcionamiento, incluyendo posibles errores operativos que podría ejecutar el usuario final del sistema.

Figura 28.

Diagrama GRAFCET. Control estrictamente secuencial. Versión 2



Fuente: Elaboración propia, usando CADe SIMU

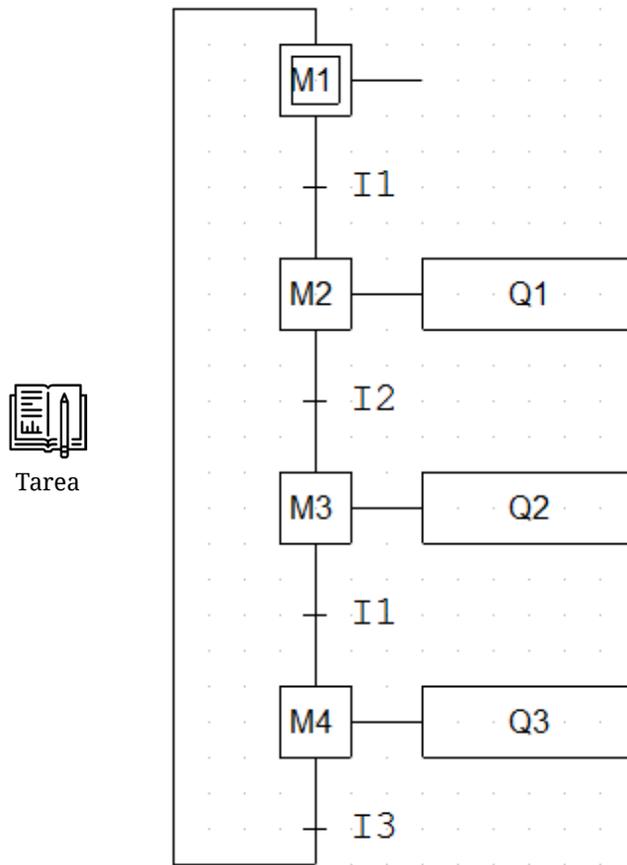
Usando el software de programación de autómatas programables ZelioSoft, implemente el diagrama de escalera del diagrama GRAFCET, previamente expuesto. Simule y valide su funcionamiento.

2.2.13 GRAFCET 13

En la figura 29 se presenta otro sistema GRAFCET. Determine lo que sucede cuando se pulsa la entrada I1.

Figura 29.

Diagrama GRAFCET. Control estrictamente secuencial. Versión 3



Fuente: Elaboración propia, usando CADe SIMU

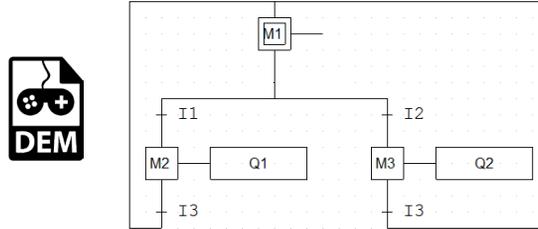
Usando el software de programación de autómatas programables ZelioSoft, implemente el diagrama de escalera del diagrama GRAFCET, previamente expuesto. Simule y valide su funcionamiento.

2.2.14 GRAFCET 14. Con direccionamiento (primera versión)

En este GRAFCET (figura 30), el ciclo puede variar en función de la condición que se cumpla.

Figura 30.

Diagrama GRAFCET con direccionamiento

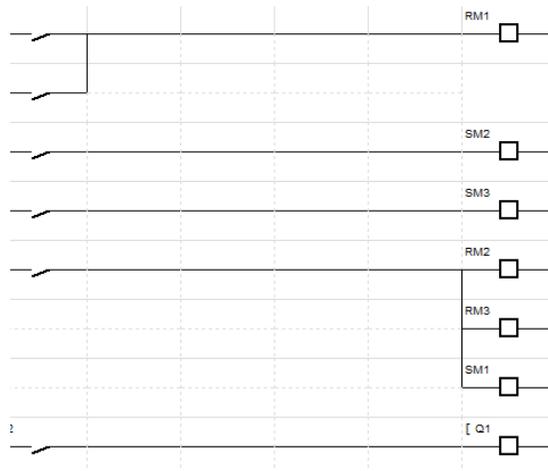


Fuente: Elaboración propia, usando CADe SIMU

Usando el software de programación de autómatas programables ZelioSoft, implemente el diagrama de escalera del diagrama GRAFCET, previamente expuesto, como se ilustra en la figura 31. Simule y valide su funcionamiento.

Figura 31.

Diagrama de escalera



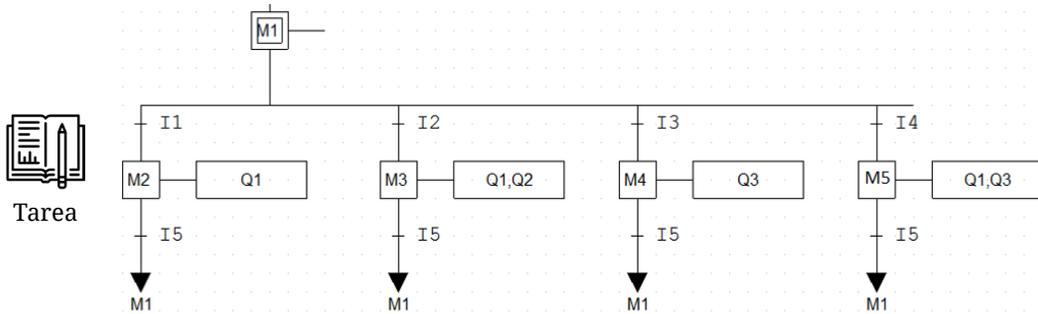
Fuente: Elaboración propia, usando ZelioSoft

2.2.15 GRAFCET 15

Usando el software de programación de autómatas programables ZelioSoft, implemente el diagrama de escalera del diagrama GRAFCET de la figura 32. Simule y valide su funcionamiento.

Figura 32.

Diagrama GRAFCET con direccionamiento



Fuente: Elaboración propia, usando CADe SIMU

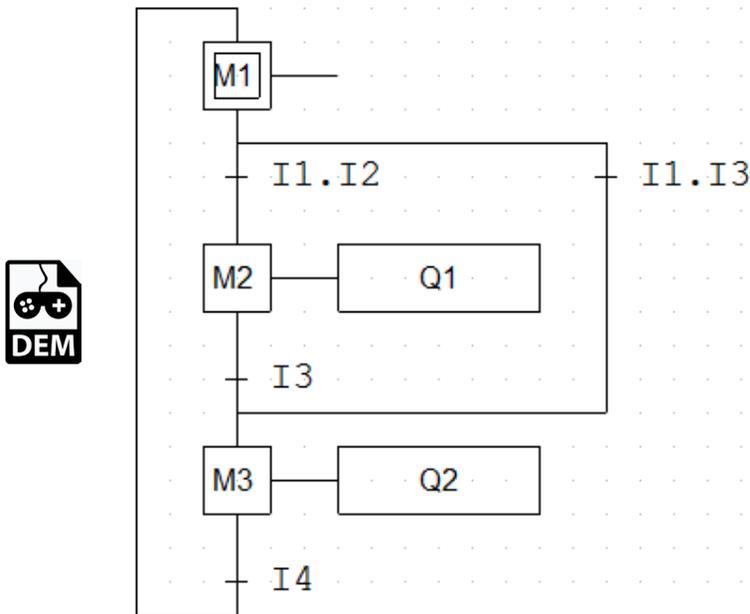
2.2.16 GRAFCET 16. Salto de etapa

En este GRAFCET (figura 33) se presenta un ejemplo de la condición salto de etapa.

Usando el software de programación de autómatas programables ZelioSoft, implemente el diagrama de escalera del diagrama GRAFCET, previamente expuesto. Simule y valide su funcionamiento.

Figura 33.

Diagrama GRAFCET con salto de etapa

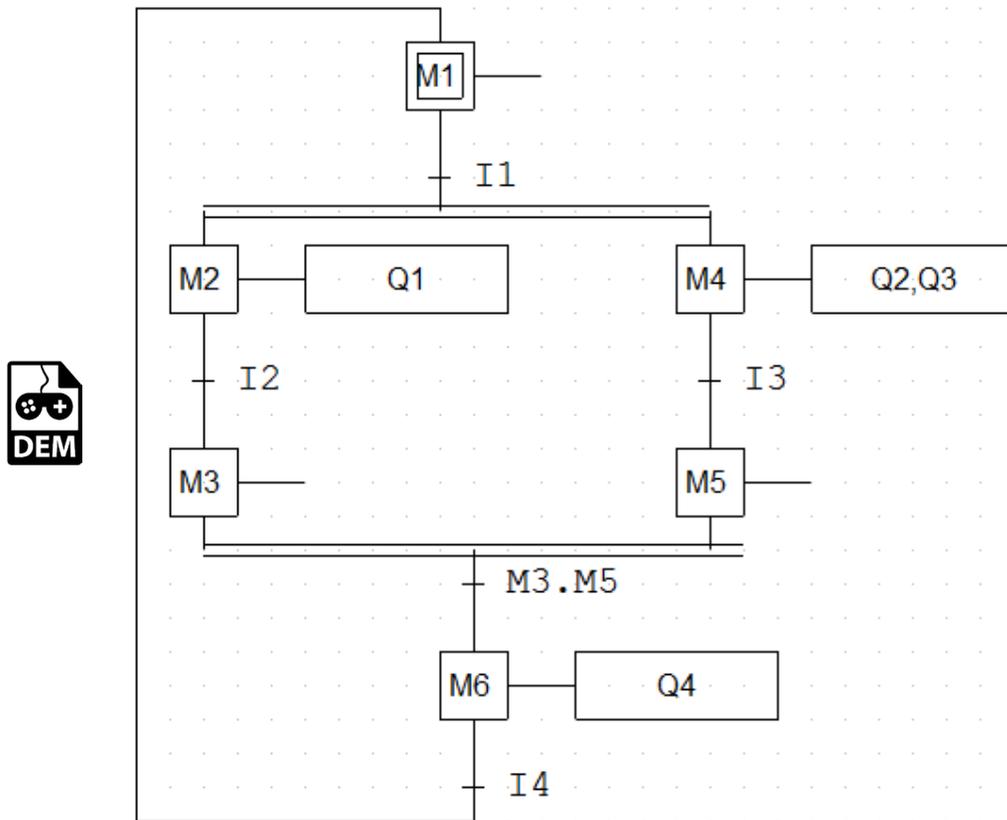


2.2.17 GRAFCET 17. Secuencia simultánea

En las secuencias simultneas, varios ciclos pueden estar funcionando a la vez, como se ilustra en la figura 34.

Figura 34.

Diagrama GRAFCET con procesos simultneos

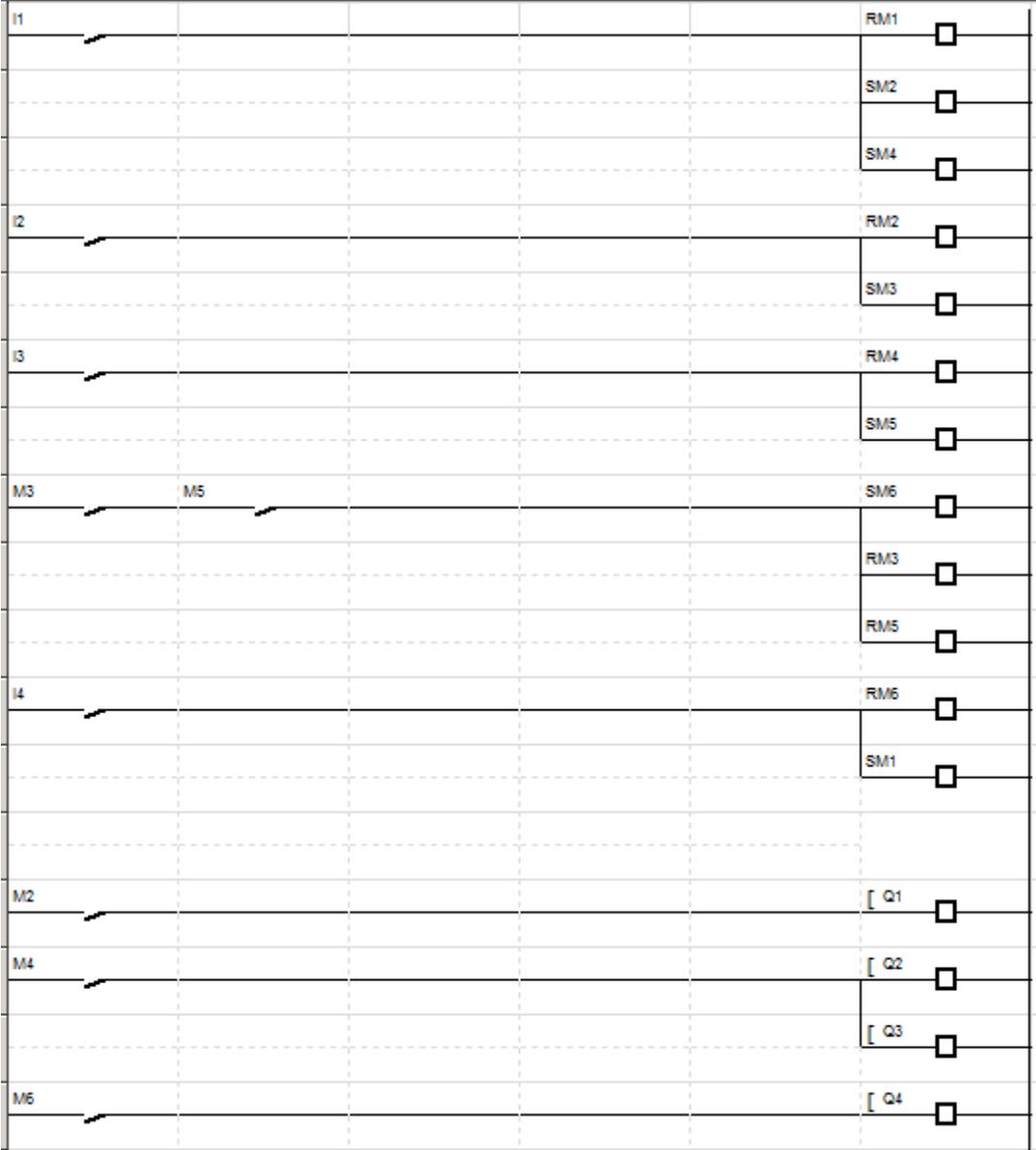


Fuente: Elaboración propia, usando CADe SIMU

Usando el software de programación de autómatas programables ZelioSoft, implemente el diagrama de escalera del diagrama GRAFCET, previamente expuesto, como se ilustra en la figura 35. Simule y valide su funcionamiento.

Figura 35.

Diagrama de escalera sobre procesos simultáneos



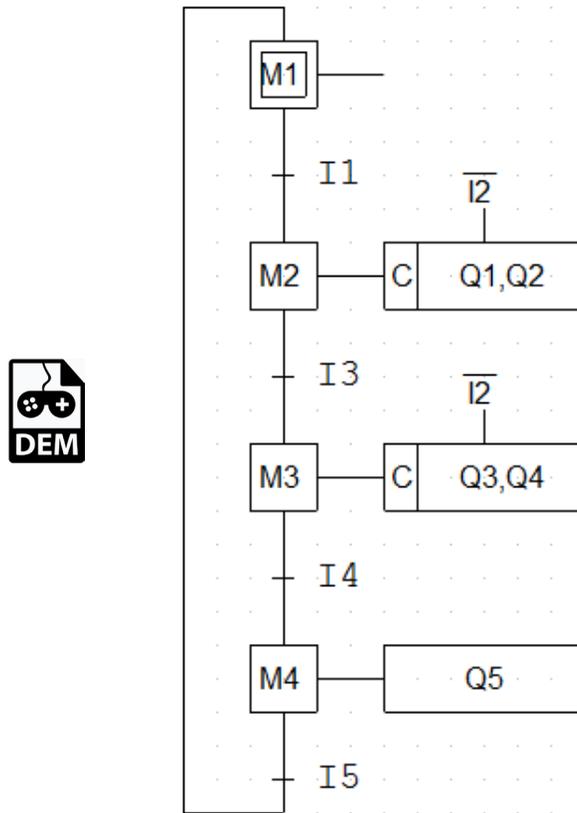
Fuente: Elaboración propia, usando ZelioSoft

2.2.18 GRAFCET 18. Acciones condicionales

En este caso, la ejecución de la acción se produce cuando, además de encontrarse activa a la que está asociada, se debe verificar una condición lógica suplementaria, como se ilustra en la figura 36.

Figura 36.

Diagrama GRAFCET. Acciones condicionales

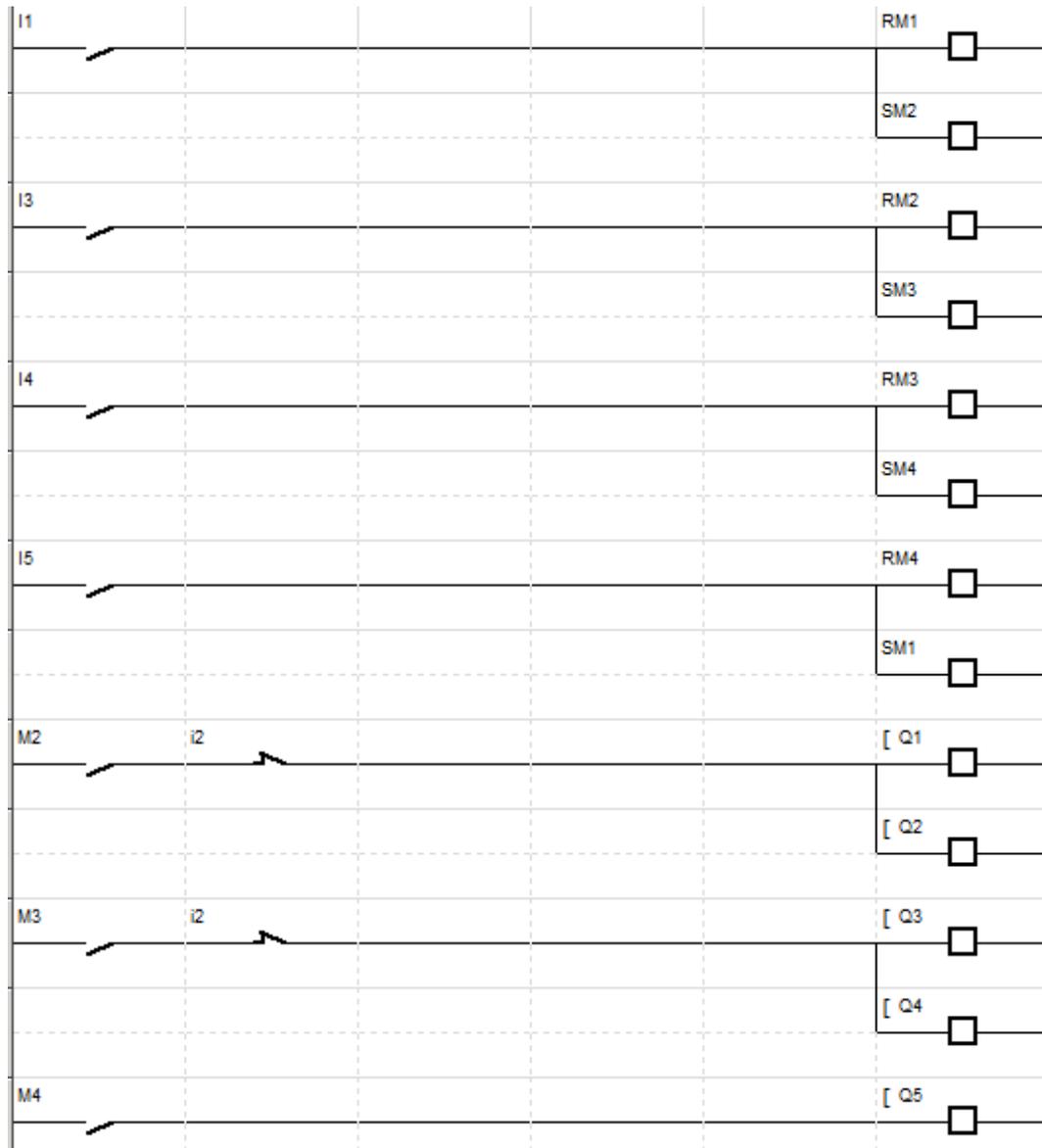


Fuente: Elaboración propia, usando CADe SIMU

Usando el software de programación de autómatas programables ZelioSoft, implemente el diagrama de escalera del diagrama GRAFCET, previamente expuesto, como se ilustra en la figura 37. Simule y valide su funcionamiento.

Figura 37.

Diagrama de escalera sobre acciones condicionales



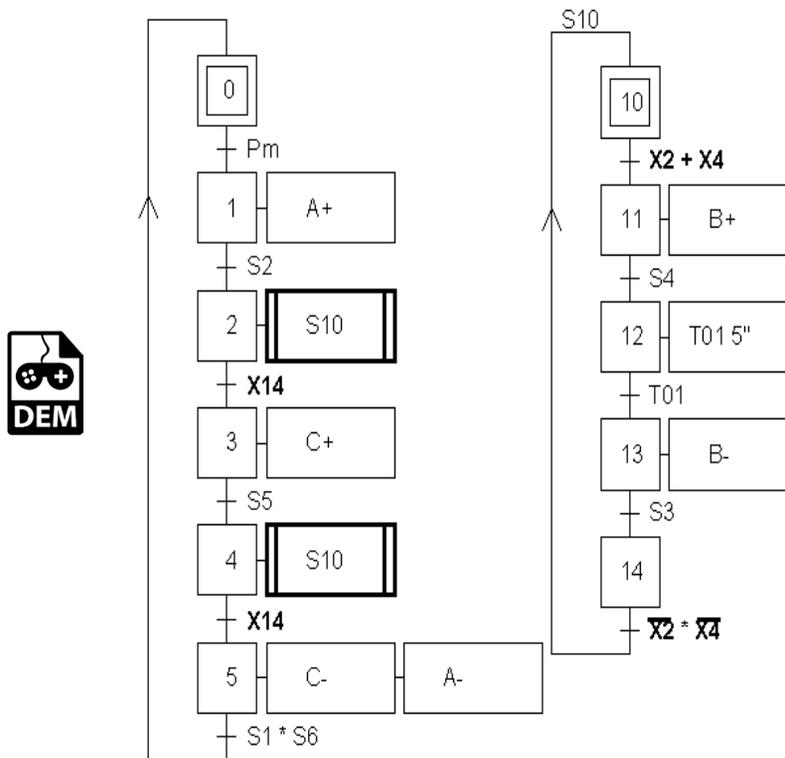
Fuente: Elaboración propia, usando ZelioSoft

2.2.19 GRAFCET 19. Subrutinas

Una subrutina es una parte de un programa que realiza una tarea concreta, a la cual el programa principal la puede invocar una o varias veces. Una vez realizadas las acciones de la subrutina, el programa continúa en el punto donde estaba (figura 38).

Figura 38.

Diagrama GRAFCET. Subrutinas



Fuente: Elaboración propia, usando CAde SIMU

Los trabajos a desarrollar en un automatismo se pueden dividir entre diferentes diagramas. Puede haber un diagrama principal (etapas del 0 al 5) y otro secundario (10 al 14). El programa principal llama al secundario en las etapas 2 y 4.

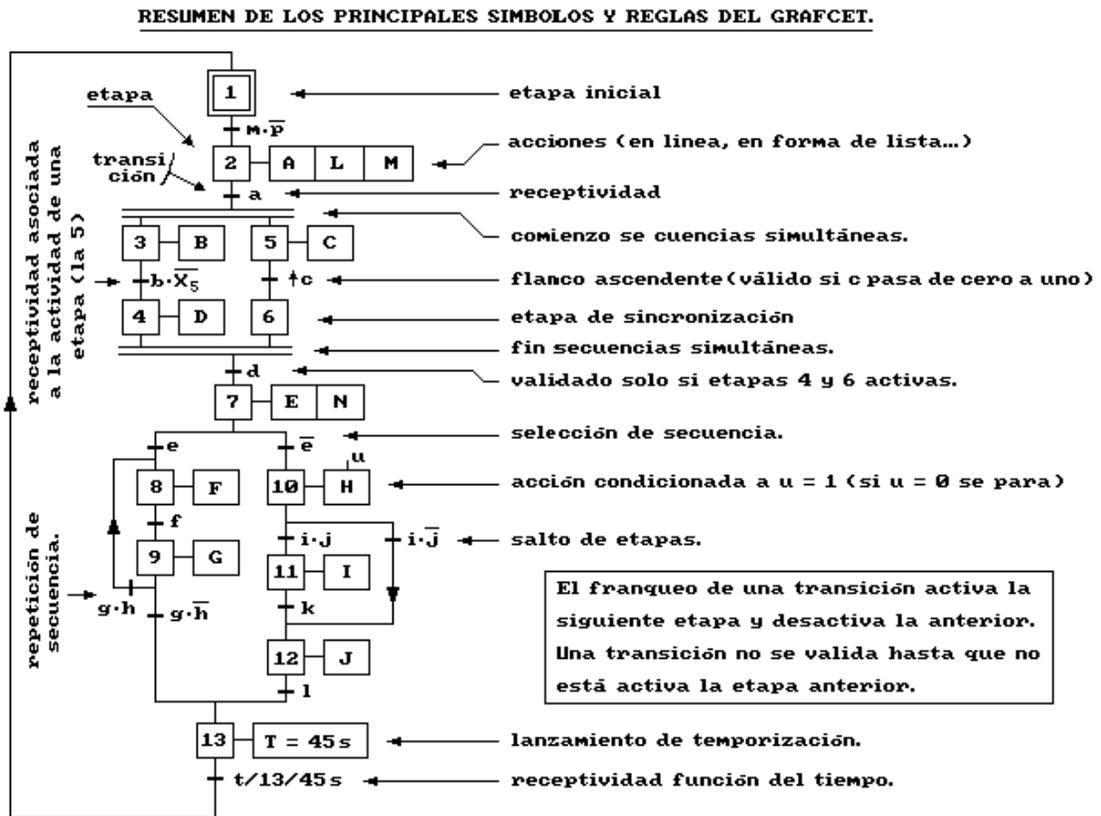
Al llegar a la etapa 2 o 4 del primer diagrama, se valida la transición X_2+X_4 y empieza la subrutina. Al llegar a la etapa 14 se valida la transición X_{14} y continúa la evolución del diagrama principal a las etapas 3 o 5, respectivamente.

2.2.20 GRAFCET 20. Resumen

Este capítulo termina mostrando en la figura 39 un resumen de las principales reglas del GRAFCET previamente estudiadas.

Figura 39.

Resumen Diagrama GRAFCET



Fuente: Imagen tomada de https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Simbolos-y-Reglas-del-GRAFCET_fig1_26612580

Unidad 3

Proyectos para automatizar

En esta unidad se presentan proyectos para automatizar procesos, tomados de internet, que dependiendo de su complejidad se clasificaron en tres niveles: básico, medio y avanzado. Para cualquiera de ellos, los estudiantes deben entregar un informe escrito con el siguiente formato:

- Título del proyecto.
- Integrantes grupo de trabajo (nombres completos e identificación).
- Enunciado del proyecto.
- Tabla definición de variables de entrada, salida.
- Diagrama GRAFCET (a mano alzada o usando el programa CAdE- SIMU)
- Diagrama de escalera (usando ZelioSoft o programas similares).

Con las prácticas de automatización, se busca que los estudiantes adquieran competencias específicas para plantear y presentar alternativas de solución a problemas de automatización industrial.

3.1 Nivel básico

3.1.1 Proyecto B1. Automatización movimientos de un ascensor¹

Realizar un programa para gestionar los movimientos de un ascensor. Los pulsadores de llamada, de cada una de las puertas y del interior de la cabina, gobiernan el sentido de giro del motor para la subida y la bajada. Los finales de carrera, situados en cada una de las plantas, detectan la posición del ascensor (véase figura 40).

La solución se realiza con un GRAFCET de seis secuencias opcionales, como el que aparece en la figura 41. Las transiciones de la parte superior establecen las condiciones de funcionamiento del motor con productos de las variables. Las transiciones de la parte inferior definen las paradas del motor al llegar a cada planta.

¹ Fuente: <http://olmo.pntic.mec.es/~jmarti50/grafcet/grafcet.htm>, año 2021.

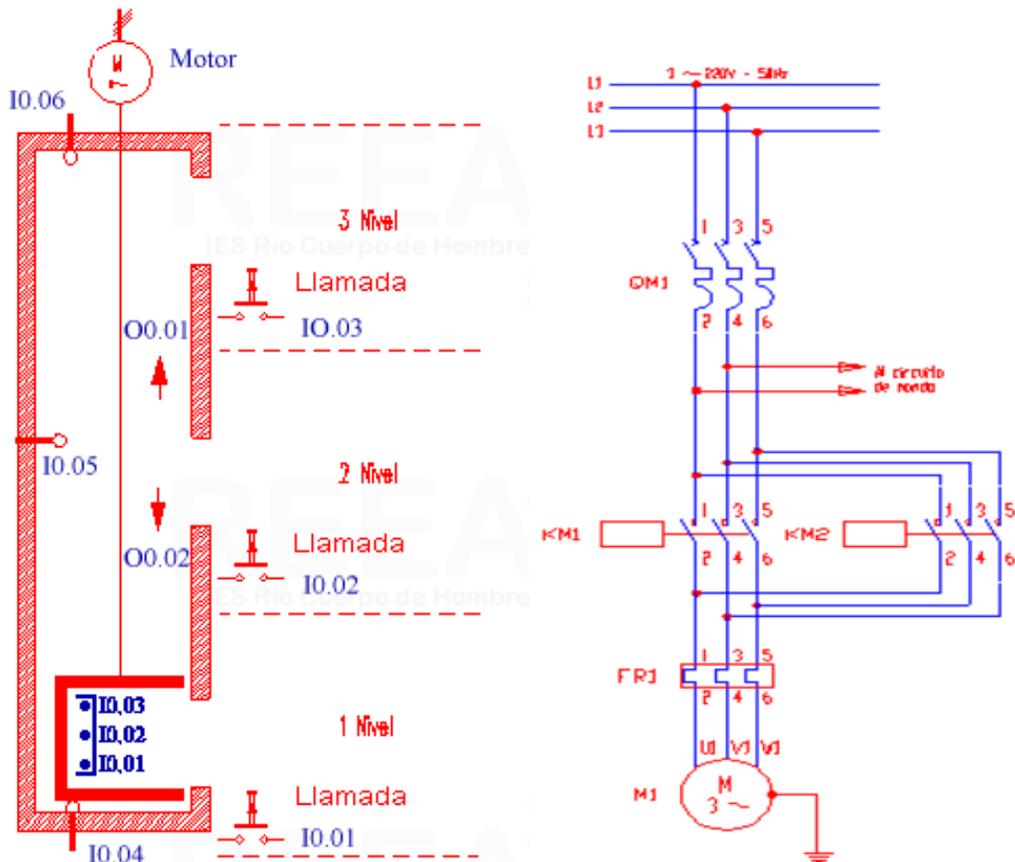


Obsérvese modo de operación de un interruptor del tipo fin de carrera
Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=goh1DXE-ib0>

Usando el software de programación de autómatas programables ZelioSoft, implemente el diagrama de escalera del diagrama GRAFCET, previamente expuesto. Simule y valide su funcionamiento.

Figura 40.

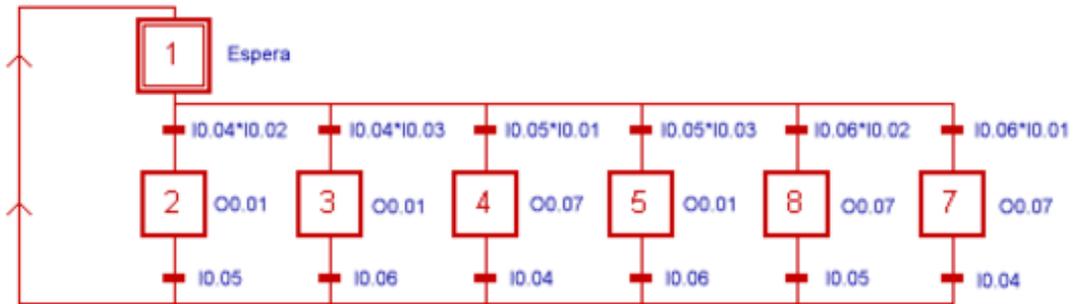
Diagrama de potencia y control



Fuente: Imagen tomada de <http://olmo.pntic.mec.es/~jmarti50/grafcet/grafcet.htm>. Año 2021

Figura 41.

Diagrama GRAFCET, automatización movimientos de un ascensor



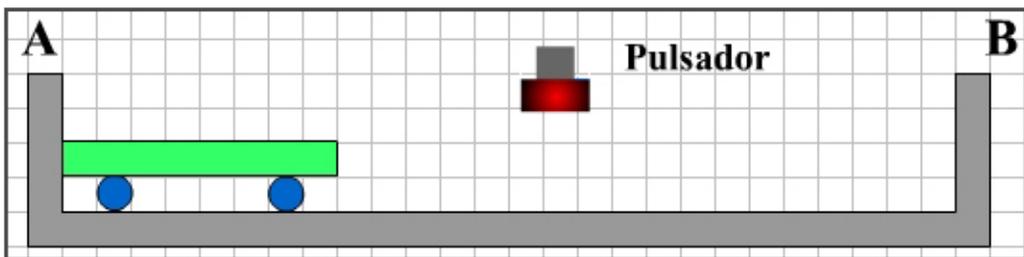
Fuente: Imagen tomada de <http://olmo.pntic.mec.es/~jmarti50/grafcet/grafcet.htm>. Año 2021

3.1.2 Proyecto B2. Carro de transporte²

En la figura 42 se presenta un carro de transporte que funciona de la siguiente manera: estando en reposo en el extremo izquierdo, se pone en marcha con un pulsador hacia la derecha. Cuando toca el final de carrera B, invierte su marcha hacia la izquierda. Cuando toca el final de carrera A, se para esperando una nueva orden de marcha.

Figura 42.

Diagrama de planta. Carro de transporte



Fuente: Imagen tomada de <http://automata.cps.unizar.es/Animaciones/Animaciones.htm#Ejercicio1>. Año 2021

² Fuente: <http://automata.cps.unizar.es/Animaciones/Animaciones.htm#Ejercicio1>. Año 2021

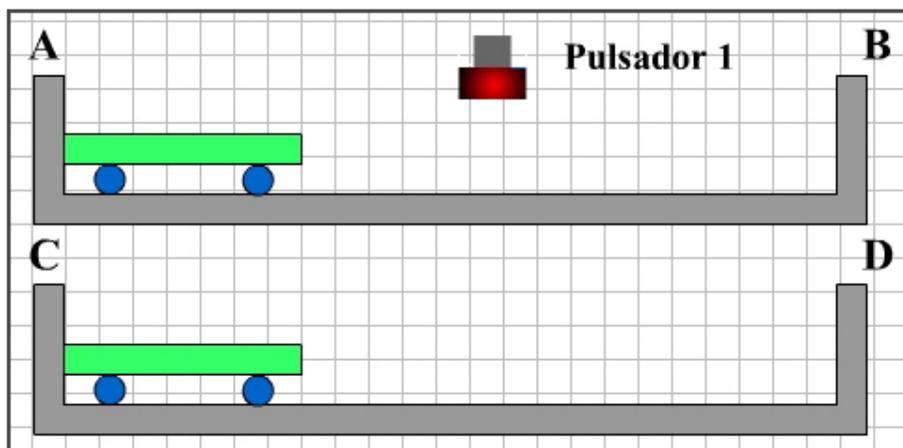
Usando el software de programación de autómatas programables ZelioSoft, implemente el diagrama de escalera del sistema GRAFCET desarrollado. Simule y valide su funcionamiento.

3.1.3 Proyecto B3. Carro de transporte³

Con base al ejercicio anterior, se deberá implementar un programa que controle el funcionamiento de dos carritos que funcionan igual que el anterior con la diferencia de que deben esperarse mutuamente en el extremo derecho para poder invertir el sentido de giro. Además, deben esperarse en el extremo izquierdo para realizar un nuevo ciclo, debiéndose dar nuevamente la orden de marcha con el pulsador (figura 43)

Figura 43.

Diagrama de planta, carros de transporte



Fuente: Imagen tomada de <http://automata.cps.unizar.es/Animaciones/Animaciones.htm#Ejercicio2>. Año 2020

Usando el software de programación de autómatas programables ZelioSoft, implemente el diagrama de escalera del sistema GRAFCET desarrollado. Simule y valide su funcionamiento.

³ Fuente: <http://automata.cps.unizar.es/Animaciones/Animaciones.htm#Ejercicio2>, Año 2021.

3.1.4 Proyecto B4. Proceso de electrólisis⁴

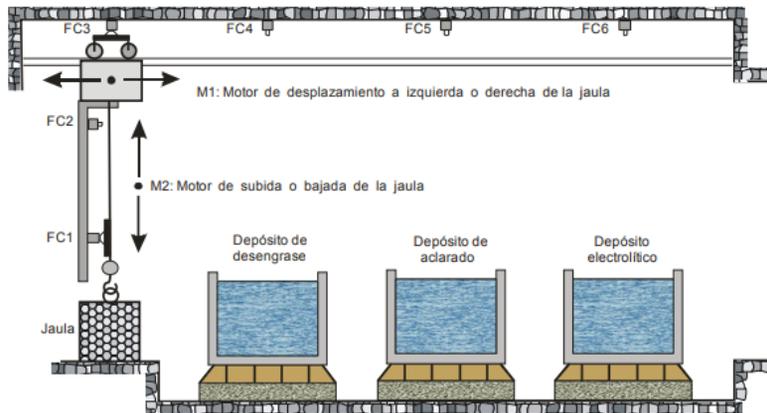
Para realizar el proceso de electrólisis ilustrado en la figura 44, se contará con:

- Dos motores de doble sentido de rotación, uno para el movimiento vertical de la grúa y otro para el transversal.
- Seis finales de carrera (F2, F3, F4, F5, F6, F7).
- Un pulsador de marcha.
- El proceso de electrólisis sirve para tratar superficies, con el fin de hacerlas resistentes a la oxidación. Consta de tres baños:
 - Desengrasado de las piezas.
 - Aclarado de las piezas.
 - Baño electrolítico.

La grúa introducirá la jaula portadora de las piezas a tratar en cada uno de los baños, comenzando por el de desengrasado; a continuación, en el de aclarado y, por último, les dará el baño electrolítico. En este último, la grúa debe permanecer tres segundos para conseguir una uniformidad en la superficie de las piezas tratadas.

Figura 44.

Diagrama de planta. Proceso de electrólisis



Fuente: Imagen tomada de <https://www.youtube.com/watch?v=HccHF-2yY1Y>, Año 2021

⁴ Fuente: <http://automata.cps.unizar.es/Animaciones/Animaciones.htm#Ejercicio3>, Año 2020.

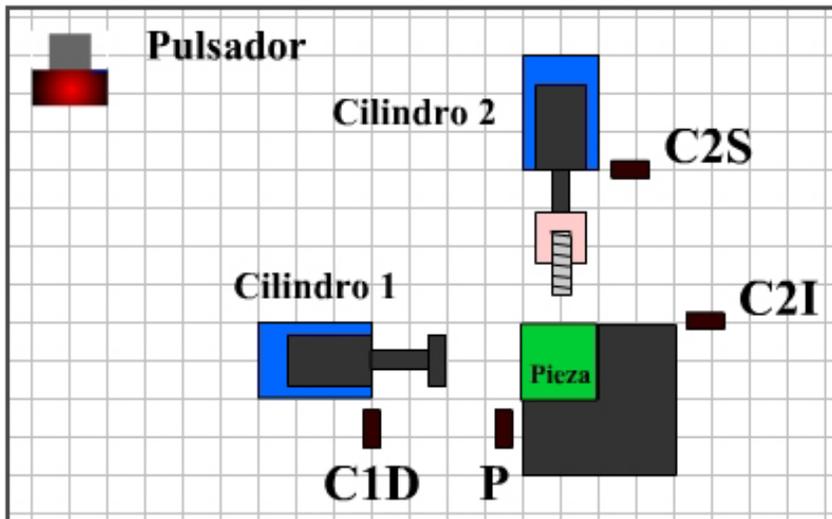
Usando el software de programación de autómatas programables ZelioSoft, implemente el diagrama de escalera del sistema GRAFCET desarrollado. Simule y valide su funcionamiento.

3.1.5 Proyecto B5. Máquina taladro⁵

Implementar el GRAFCET de una máquina de taladrado ilustrado en la figura 45, que funciona de la siguiente forma: una vez colocada la pieza en la máquina, el operario presiona el pulsador de marcha. En ese momento, el cilindro 1 se desplaza hacia la derecha. Una vez el presostato P detecta que la pieza está suficientemente presionada, el cilindro 2 se desplaza hacia abajo y el taladro empieza a girar. Cuando el taladro toca el final de carrera C2I, indica que la pieza ha sido ya taladrada, y el cilindro 2 debe efectuar el retorno hacia arriba, hasta tocar el final de carrera C2S y el taladro debe pararse. A continuación, el cilindro 1 inicia el retorno hacia la izquierda hasta tocar el final de carrera C1D.

Figura 45.

Diagrama de planta. Máquina taladro



Fuente: Imagen tomada de <http://automata.cps.unizar.es/Animaciones/Animaciones.htm#Ejercicio4>, Año 2021

⁵ Fuente: <http://automata.cps.unizar.es/Animaciones/Animaciones.htm#Ejercicio4>. Año 2021.

Usando el software de programación de autómatas programables ZelioSoft, implemente el diagrama de escalera del sistema GRAFCET desarrollado. Simule y valide su funcionamiento.

3.1.6 Proyecto B6. Máquina herramienta⁶

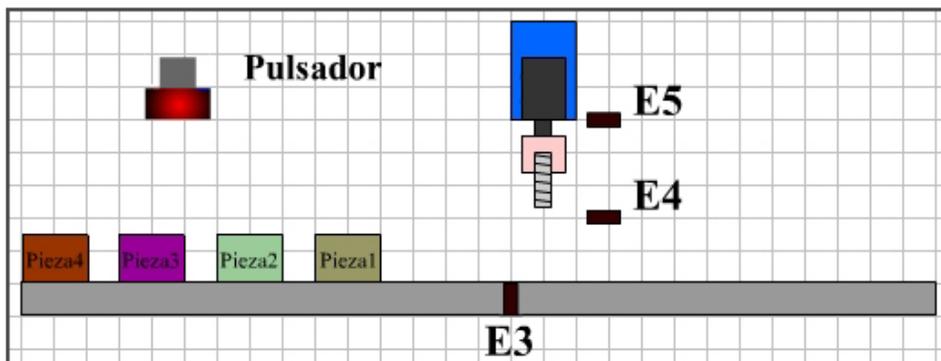
Tal como se observa en la figura 46 de la máquina herramienta, se dispone de los siguientes elementos para su control:

- Actuadores: dos motores de corriente continua.
- Captadores: tres finales de carrera; dos situados en el recorrido de la taladradora (E4 y E5) y, otro, situado para detectar la posición de las piezas (E3).

Se realizará un programa que controle el funcionamiento de la máquina herramienta, de manera que al dar una orden de marcha, se realice el taladrado de cuatro piezas.

Figura 46.

Diagrama de planta. Máquina herramienta



Fuente: Imagen tomada de <http://automata.cps.unizar.es/Animaciones/Animaciones.htm#M%-C3%A1quinaHerramienta>, año 2021

⁶ Fuente: <http://automata.cps.unizar.es/Animaciones/Animaciones.htm#M%-C3%A1quinaHerramienta>, año 2021

Usando el software de programación de autómatas programables ZelioSoft, implemente el diagrama de escalera del sistema GRAFCET desarrollado. Simule y valide su funcionamiento.

3.1.7 Proyecto B7. Clasificador de piezas⁷

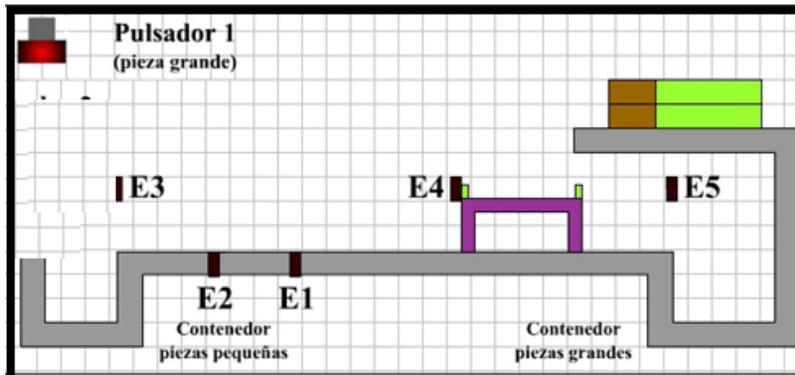
Tal como se observa en la figura 47, se dispone de los siguientes elementos:

- Actuador: un motor de corriente continua.
- Captadores: cinco finales de carrera; tres situados en el recorrido del clasificador (E3, E4 y E5), y otros dos situados en el recorrido de la pieza a clasificar (E1 y E2).

El clasificador se encuentra en reposo, en la posición E4, entonces, cae una pieza a la orden de marcha y el clasificador avanza en dirección E3. La pieza será clasificada en grande o pequeña por medio de las señales que proporcionan los captadores E1 y E2. Una pieza grande puede activar los dos captadores a la vez; en cambio, una pieza pequeña no puede. Las piezas pequeñas serán llevadas hacia el contenedor izquierdo y las piezas grandes al contenedor de derecho. A continuación, el clasificador deberá regresar a su posición inicial (E4).

Figura 47.

Diagrama de planta. Clasificador de piezas



Fuente: Imagen tomada de <http://automata.cps.unizar.es/Animaciones/Animaciones.htm#ClasificadorPiezas>, año 2021

Usando el software de programación de autómatas programables ZelioSoft, implemente el diagrama de escalera del sistema GRAFCET desarrollado. Simule y valide su funcionamiento.

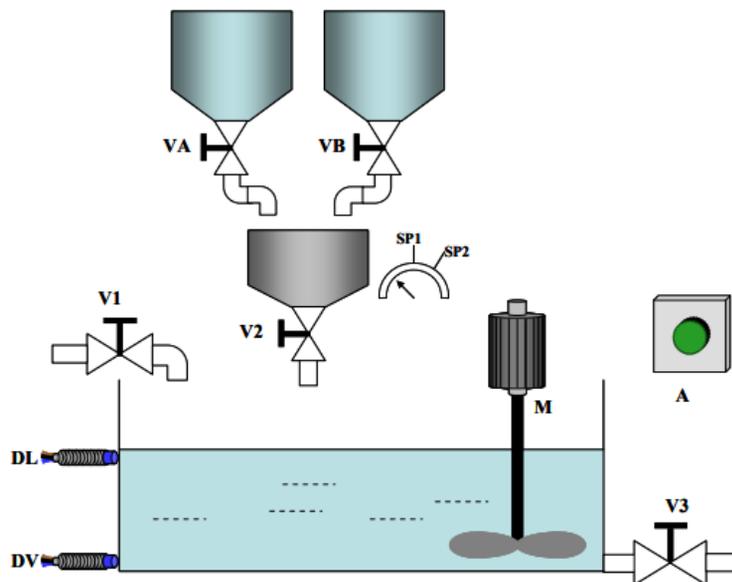
⁷ Fuente: <http://automata.cps.unizar.es/Animaciones/Animaciones.htm#ClasificadorPiezas>. Año 2021

3.1.8 Proyecto B8. Mezcladora⁸

Como se ilustra en la figura 48, se quieren mezclar con agua dos productos. Se llena el depósito de agua abriendo la válvula V1. La dosificación de los dos productos se realiza con una tolva acumulativa, se vierte el producto A sobre la tolva hasta que se alcanza un peso SP1 y, a continuación, se añade el producto B para conseguir el peso total de los dos productos: SP2. Se abre la válvula de la tolva durante diez segundos para dejar caer el contenido. Se realiza el proceso de mezclado durante treinta segundos accionando el agitador y se vacía el depósito para poder iniciar un nuevo ciclo. El proceso se activa con un interruptor P.

Figura 48.

Diagrama de planta. Mezcladora



Fuente: Imagen tomada de http://ocw.uc3m.es/ingenieria-de-sistemas-y-automatica/automatizacion-industrial/ejercicios/ejercicios_resueltos_grafcet.pdf. Año 2021

⁸ Fuente: http://ocw.uc3m.es/ingenieria-de-sistemas-y-automatica/automatizacion-industrial/ejercicios/ejercicios_resueltos_grafcet.pdf, 2021

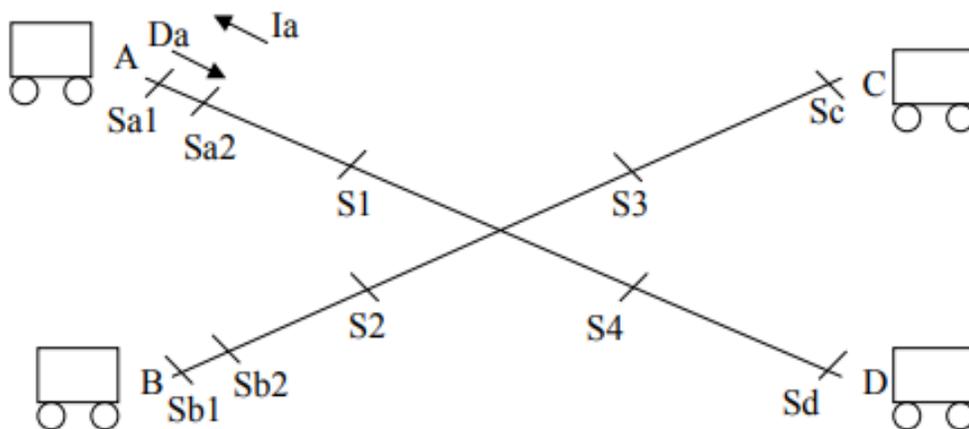
Se pide realizar la programación en GRAFCET del controlador del automatismo, programando sus transiciones y las acciones de las etapas en lenguaje de contactos.

3.1.9. Proyecto B9. Cuatro robots móviles⁹

Se pretende automatizar un almacén dotado con cuatro robots móviles (A, B, C, D), cuya planta se muestra en la figura 49. Los cuatro robots parten inicialmente de los puntos con sensores de presencia Sa, Sb, Sc, Sd, respectivamente, y solo pueden circular por los raíles dibujados como rectas en dicha figura (acciones Da, Db, Dc, Dc, Ia, Ib, Ic, Id). Los puntos sensibles para carga están dotados de otros cuatro sensores de presencia (S1, S2, S3, S4) y los de descarga son los puntos de partida de los robots A y B (sensores Sa1, Sb1), el punto donde se encuentra el sensor Sa2 para el robot D, y el punto donde se encuentra Sb2 para el robot C.

Figura 49.

Diagrama de planta. Cuatro robots móviles



Fuente: Imagen tomada de <https://www.yumpu.com/es/document/read/12465239/modelado-de-un-automatismo-mediante-la-herramienta-grafica->, Año 2021

⁹ Fuente: <https://www.yumpu.com/es/document/read/12465239/modelado-de-un-automatismo-mediante-la-herramienta-grafica->, Año 2021.

El automatismo presenta, además, las siguientes especificaciones:

- Tras activar el pulsador de arranque PA, los 4 robots salen simultáneamente de los puntos de partida (A, B, C, D) y se paran en su punto de carga más cercano (S1, S2, S3, S4).
- Cuando todos han terminado de cargar, los robots A y B se dirigen simultáneamente hacia sus puntos de partida (A, B) para descargar, permaneciendo C y D en reposo hasta que termina la descarga.
- Terminada la descarga y para evitar colisiones se decide que el robot C tome el cruce primero en dirección a B donde debe descargar (sensor Sb2).
- Al llegar C a S2, D sale en dirección hacia A para completar su descarga (sensor Sa2).
- Finalizada la descarga de C y D ambos retornan a sus puntos de partida (Sc y Sd) y nuevamente para evitar colisiones, ambos esperan la llegada del otro antes del cruce (S1, S2). En esta ocasión el robot D pasa primero y al llegar a S4 arranca C desde S2, finalizando el ciclo cuando ambos llegan a sus puntos de origen (Sc, Sd).
- Todas las cargas duran 10 segundos.
- Las descargas de C y D duran 20 segundos. Las descargas de A y B 50 segundos.
- La activación de un pulsador de emergencia PE detiene a todos los robots.

Se pide:

GRAFSET del automatismo.

Tabla de símbolos.

Implementación y validación.

3.1.10 Proyecto B10. Control de motores DC. Arranque máquinas DC

Para limitar la corriente de arranque, se insertan resistencias en serie con el inductor, de manera que cuando este alcance su velocidad nominal, las resistencias de nuevo salgan del circuito.

3.1.10.1 Cambio de sentido de giro

Para cambiar de sentido de giro, basta cambiar la polaridad de las líneas que alimentan el rotor.

3.1.10.2 Paro por frenado dinámico

El régimen de frenado de contracorriente de un motor, transforma la energía cinética de las masas que giran por inercia, a la energía potencial de la carga que desciende en eléctrica y pasa a térmica en las resistencias del circuito del rotor. La energía cinética es consumida en las mismas resistencias.

3.1.10.3 Montaje

- Implemente el montaje del circuito de potencia y de control en GRAFCET, este último en un PLC, de un motor DC, arranque por resistencia en el inducido, aceleración en una etapa, inversión de sentido de giro manual, paro por frenado dinámico en una etapa.
- Modifique la inversión de sentido de giro de manual a automático.

3.1.11 Proyecto B11. Control de motores AC. Protección de los motores de gran inercia

A veces es difícil asegurar la protección de un motor de gran inercia, ya que los relés de protección térmica se disparan antes de finalizar el arranque. Una solución es puentear con la ayuda de un contactor el relé de protección durante el arranque. Al final del arranque, un contacto auxiliar temporizado provoca la apertura del contactor, que nos ha servido para cortocircuitar el relé, introduciendo de nuevo los bimetales en el circuito del motor.

3.1.11.1 Cambio de sentido de giro de un motor trifásico

Bastará con cambiar dos fases.

3.1.11.2 Arrancador Estrella-Delta

Sistema de arranque para motores mayores de 10HP. Se utiliza para disminuir la corriente de arranque del motor.

3.1.11.3 Montaje

Realizar el montaje de un motor trifásico de gran inercia, arranque Estrella-Delta, aceleración por control de tiempo en una etapa, protección térmica de sobrecarga, dos sentidos de giro, cambio automático de giro, paro por frenado dinámico. Implementar el circuito de control en GRAFCET, con un PLC.

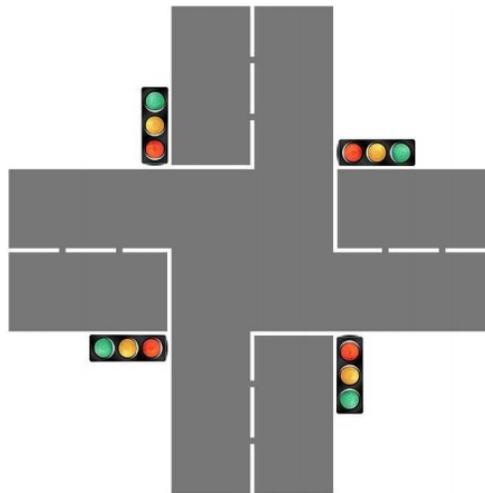
3.2 Nivel medio

3.2.1 Proyecto M1. Automatización intercambio semafórico¹⁰

Como se ilustra en la figura 50, se debe realizar el control luminoso de dos semáforos que siga la siguiente secuencia: verde, amarillo, rojo. En cada ciclo, ambos semáforos permanecen en rojo durante 2 segundos. La luz amarilla también dura 2 segundos. La luz verde dura 5 segundos, y la roja 9 segundos. En la tabla 4, se presenta la definición de variables.

Figura 50.

Diagrama de planta. Automatización intercambio semafórico



Fuente: Imagen tomada de <http://www.ugr.es/~iloes/proyectos/fisicayelectronica/SemPLC.pdf>, año 2021

¹⁰ Fuente: http://isa.uniovi.es/~vsuarez/Download/Problemas_Programacion_PLCs.pdf, año 2021

Tabla 4.

Definición de variables

Entradas	Salidas
I1: Inicio	Q1: Roja1
	Q2: Amarilla1
	Q3: Verde1
	Q4: Roja2
	Q5: Amarilla2
	Q6: Verde2

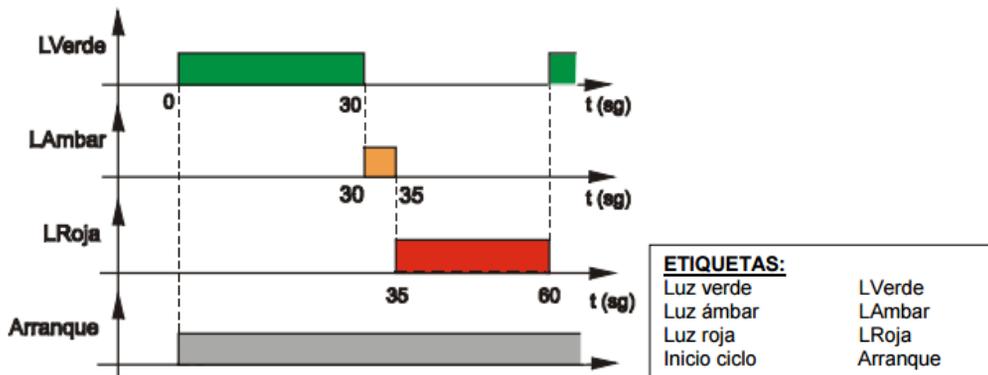
Fuente: Elaboración propia

3.2.2 Proyecto M2. Automatización de semáforos¹¹

Control luminoso de un semáforo que siga la siguiente secuencia (figura 51): treinta segundos en verde, cinco segundos en ámbar, veinticinco segundos en rojo. La secuencia que van a seguir los temporizadores será:

Figura 51.

Diagrama de tiempos



Fuente: Imagen tomada de http://isa.uniovi.es/~vsuarez/Download/Problemas_Programacion_PLCs.pdf, año 2021

¹¹ Fuente: http://isa.uniovi.es/~vsuarez/Download/Problemas_Programacion_PLCs.pdf, año 2021

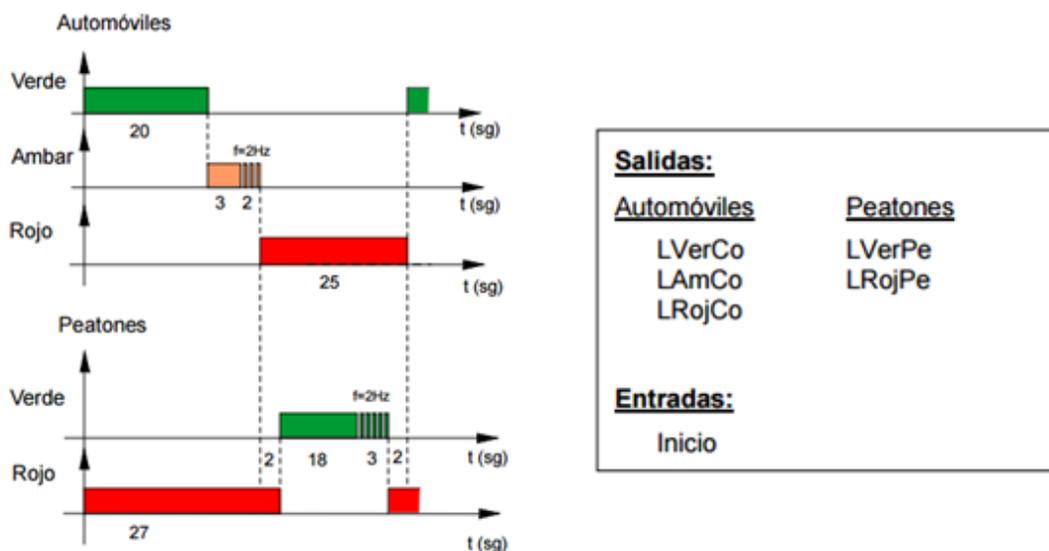
Usando el software de programación de autómatas programables ZelioSoft, implemente el diagrama de escalera del sistema GRAFCET desarrollado. Simule y valide su funcionamiento.

3.2.3 Proyecto M3. Automatización semáforos¹²

Obtención de una red semafórica mediante funciones de temporización con la secuencia ilustrada en la figura 52:

Figura 52.

Diagrama de tiempos y etiquetas



Fuente: Imagen tomada de http://isa.uniovi.es/~vsuarez/Download/Problemas_Programacion_PLCs.pdf, Año 2021

Usando el software de programación de autómatas programables ZelioSoft, implemente el diagrama de escalera del sistema GRAFCET desarrollado. Simule y valide su funcionamiento.

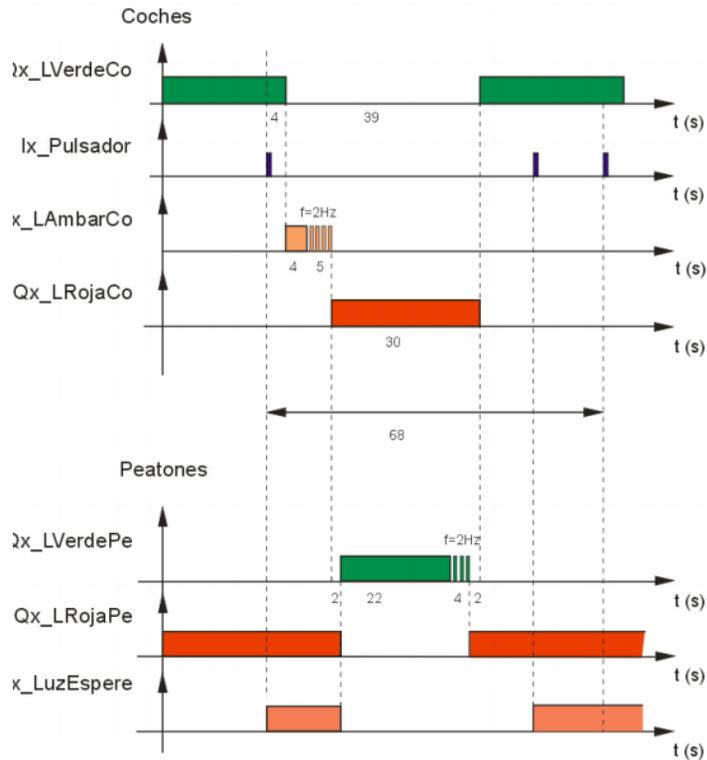
¹² Fuente: http://isa.uniovi.es/~vsuarez/Download/Problemas_Programacion_PLCs.pdf, Año 2021

3.2.4 Proyecto M4. Semáforo con petición de paso¹³

Diseñar un circuito de control para un semáforo, que será utilizado por los peatones de manera esporádica. La luz verde, que controla el paso de coches, se hallará normalmente activada, debiendo solicitar el peatón, mediante un pulsador, el permiso de paso. Cuando el peatón solicita permiso de paso, accionando el pulsador, se pone en marcha una secuencia de activación y desactivación de las diferentes luces que componen el semáforo, como indica la figura 53.

Figura 53.

Diagrama de tiempos. Semáforo con petición de paso



Fuente: Imagen tomada de http://isa.uniovi.es/~alonsog/Automatas_M340/El_automata_M340_Problemas.pdf, Año 2021

¹³ Fuente: http://isa.uniovi.es/~alonsog/Automatas_M340/El_automata_M340_Problemas.pdf. Año 2021

La secuencia temporal tiene como valores de tiempos los indicados a continuación: una vez activado el pulsador de peatones, la luz verde de coches debe permanecer activada cuatro segundos más, desactivándose una vez transcurridos estos y activando la luz ámbar. Esta debe permanecer activada, durante cuatro segundos, con luz fija, y cinco segundos con luz parpadeante. Transcurridos estos nueve segundos se desactivará y se procederá a la activación de la luz roja de coches. Valga indicar que esta permanecerá activada durante treinta segundos. La luz verde de peatones se activará dos segundos después de haberlo hecho la luz roja de coches, permaneciendo activada, durante veintidós segundos, con luz fija y, cuatro segundos, con luz parpadeante.

Concluido este tiempo, se desactivará y pasará a activarse la luz roja de peatones, la cual se desactivará cuando se active la luz verde de peatones. La luz roja de coches se desactivará dos segundos después de haberlo hecho la luz verde de peatones, momento en el que se activará la luz verde de coches. La frecuencia de oscilación es de 2 Hz, tanto en la luz ámbar de coches como en la luz verde de peatones. Si se efectuara una demanda de paso, cuando esté en marcha el cumplimiento de una petición anterior, se tendrá en cuenta, activando la luz de ESPERE, si es pertinente, pero no se admitirá la misma hasta que no llegue a su fin la secuencia anterior, por lo que debe transcurrir un mínimo de sesenta y ocho segundos, (petición memorizada), entre dos demandas. Un cuadro luminoso, rojo, situado cerca del pulsador, con la palabra ESPERE, debe activarse cuando se haya hecho una solicitud de paso, y no se pueda pasar, desactivándose cuando empiece a ser atendida la demanda por darse las condiciones de paso peatonal.

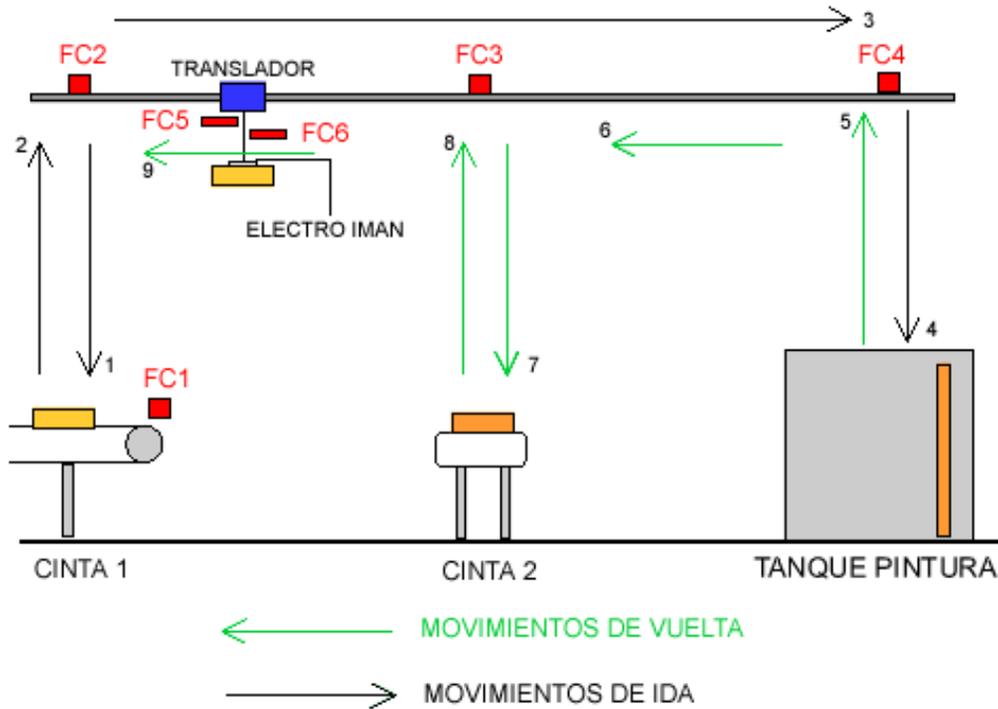
Usando el software de programación de autómatas programables ZelioSoft, implemente el diagrama de escalera del sistema GRAFCET desarrollado. Simule y valide su funcionamiento.

3.2.5 Proyecto M5. Puente grúa. Primera versión¹⁴

Se tiene una planta para pintar piezas como el de la figura 54:

Figura 54.

Diagrama de planta. Puente grúa. Primera versión



Fuente: Imagen tomada de <https://www.infopl.net/descargas/13-omron/768-programacion-de-un-GRAF-CET-cp1a-puente-grua>, año 2021

Se pone en servicio la máquina, pulsando MARCHA. Si FC1 detecta que ha llegado una pieza desde la CINTA 1, se pone en funcionamiento el proceso:

- Se conecta el electroimán para agarrar la pieza baja hasta coger la pieza. Sube y se desplaza hacia la derecha.

¹⁴ Fuente: <https://www.infopl.net/descargas/13-omron/768-programacion-de-un-GRAF-CET-cp1a-puente-grua>, año 2021

- Cuando llega a FC4, baja e introduce la pieza en el tanque de pintura durante cinco segundos.
- Pasado este tiempo, sube y se desplaza a la izquierda hasta FC3, baja y deposita la pieza en la CINTA 2.
- Sube y se desplaza a la posición de origen a la izquierda y está lista hasta que llegue otra pieza.

Usando el software de programación de autómatas programables ZelioSoft, implemente el diagrama de escalera del sistema GRAFCET desarrollado. Simule y valide su funcionamiento.

3.2.6 Proyecto M6. Puente grúa. Segunda versión¹⁵

Retomando el proyecto M5, modifique el GRAFCET con los siguientes nuevos requerimientos. Se pone en servicio la máquina colocando el SELECTOR en posición ON y pulsando MARCHA. Si la máquina está en posición inicial (FC2 + FC5) Tradador arriba y a la izquierda, y FC1 detecta que ha llegado pieza desde la CINTA1, se pone en funcionamiento el proceso descrito en el proyecto M5. Adicionalmente:

- Una vez se haya realizado un ciclo, si el SELECTOR está en ON, continuará haciendo ciclos cuando detecta una pieza FC1. Si el SELECTOR está en OFF, cuando termine el ciclo se detiene y dejará de estar en servicio.
- Para volver a poner la máquina en servicio, hay que poner el SELECTOR a ON y pulsar MARCHA.
- Si se pulsa la SETA de EMERGENCIA, se detiene todo el proceso menos el electroimán (impedir que caiga pieza).
- Para que continúe el ciclo hay que liberar la SETA de EMERGENCIA y pulsar RESET.
- Si al pulsar MARCHA, y antes de comenzar el ciclo, el tradador no está en la posición de inicio (FC2 y FC5), primero se debe autoorganizar el puente grúa.

¹⁵ Fuente: <https://www.infopl.net/descargas/13-omron/768-programacion-de-un-GRAFCET-cp1a- puente-grua, año 2021>

Usando el software de programación de autómatas programables ZelioSoft, implemente el diagrama de escalera del sistema GRAFCET desarrollado. Simule y valide su funcionamiento.

3.2.7 Proyecto M7. Puerta automática¹⁶

Mediante un autómata, se desea controlar la puerta automática de un supermercado. El sistema deberá abrir dicha puerta de forma automática cuando alguien entre o salga. La detección se realiza mediante dos detectores de ultrasonidos, uno para entrar y otro para salir. Una vez abierta la puerta, y pasados cinco segundos sin detectar ninguna persona, la puerta se deberá cerrar automáticamente. Cuando esté cerrando, si se detecta una persona, deberá parar y abrir de nuevo la puerta. Existe una seta de emergencia NC que abrirá la puerta, permanentemente, mientras esté activada. Inicialmente, la puerta deberá estar cerrada.

Usando el software de programación de autómatas programables ZelioSoft, implemente el diagrama de escalera del sistema GRAFCET desarrollado. Simule y valide su funcionamiento.

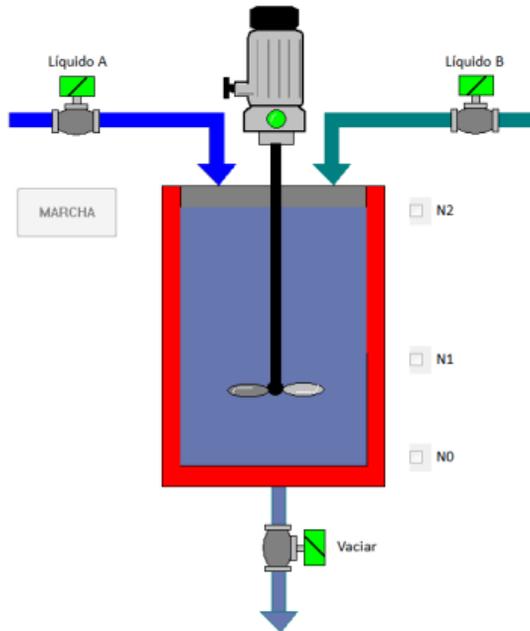
¹⁶ Fuente: http://isa.uniovi.es/~alonsog/Automatas_M340/El_automata_M340_Problemas.pdf, año 2021

3.2.8 Proyecto M8. Control de la mezcla de dos líquidos¹⁷

Se trata de automatizar el reactor agitado de la figura 55 en el cual dos compuestos A y B, reaccionan para dar un nuevo compuesto C. El proceso es el siguiente:

Figura 55.

Diagrama de planta. Control de la mezcla de dos líquidos



Fuente: Imagen tomada de http://isa.uniovi.es/~alonsog/Automatas_M340/El_automata_M340_Problemas.pdf, año 2021

El sistema está en reposo cuando está vacío, todas las válvulas están cerradas y el agitador está apagado. El proceso es el siguiente:

- El ciclo comienza con un pulsador de arranque. En ese momento, se abre la válvula A y el reactor comienza a llenarse con el primer componente.
- Cuando el nivel del primer componente llega al detector de nivel N1, se interrumpe el suministro del componente A y se inicia el suministro del componente B junto con la activación del motor del agitador.

¹⁷ Fuente: http://isa.uniovi.es/~alonsog/Automatas_M340/El_automata_M340_Problemas.pdf, año 2021

- Cuando la mezcla alcanza el nivel N2 se interrumpe el suministro del componente B, se mantiene el agitador y se abre la válvula de paso del calentador. El sistema permanecerá en este estado durante 5 minutos.
- vez completados los 5 minutos, se cierra la válvula de paso del calentador, se apaga el agitador y se inicia el vaciado del depósito. Cuando el depósito está vacío, se vuelve al estado de reposo.

Usando el software de programación de autómatas programables ZelioSoft, implemente el diagrama de escalera del sistema GRAFCET desarrollado. Simule y valide su funcionamiento.

3.2.9 Proyecto M9. Pesado preciso de sustancias¹⁸

Se desea automatizar un proceso, con el ánimo de estimar el peso de un producto sobre una báscula (figura 56). Para verter el producto, se dispone de una tolva con dos tajaderas: la A vierte el producto de una forma rápida —gran sección de paso—; la B lo vierte de una forma más lenta —sección de paso inferior— para poder afinar en la cantidad de producto vertido. La tolva tiene un sensor de peso calibrado capaz de pesar desde 0 hasta 500 kg.

El proceso consiste en lo siguiente:

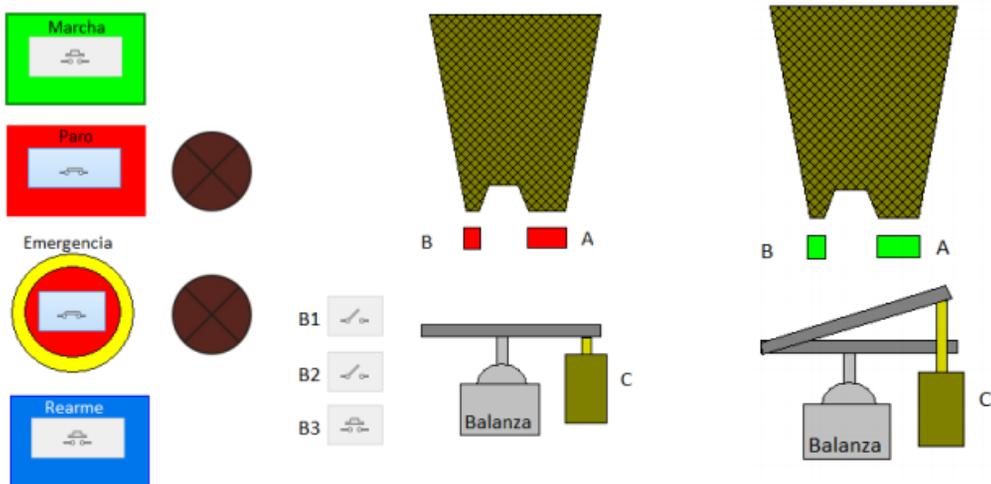
- Al pulsar Marcha (Pulsador NA), deben abrirse las tajaderas A y B que cierran el vertido de un producto sobre un sistema de pesaje basculante.
- Cuando la báscula marque 390 kg (señal B1), deberá cerrarse la tajadera A controlada por un cilindro de simple efecto, vástago extendido y válvula monoestable.
- Cuando la báscula marque 400 kg (señal B2), deberá cerrarse B con lo que se cerrará la compuerta de afinado. La tajadera B es controlada por un cilindro de simple efecto, vástago extendido y válvula monoestable.
- Alcanzado el peso deseado, se vacía la báscula por medio de un cilindro basculante (C) de simple efecto, vástago recogido y válvula monoestable.
- El vaciado termina cuando el sensor de peso llegue a cero (señal B3).
- En ese momento se desactiva el cilindro basculante, para que la báscula recupere la posición inicial.

¹⁸ Fuente: http://isa.uniovi.es/~alonso/Automatas_M340/El_automata_M340_Problemas.pdf, año 2021

- Durante cualquier momento del proceso, si se pulsa la Parada de emergencia (interruptor NC), se deberán cerrar las tajaderas A y B y suspender el vaciado de la báscula. Además, se indicará mediante la activación de una luz roja de Parada de emergencia. Para salir de esta situación, se pulsará Rearme.
- Rearme. Si en un momento determinado se pulsa Rearme, el sistema volverá al estado de reposo inicial, independientemente del estado en el que se produjese la parada.
- Durante cualquier momento del proceso, si se pulsa un interruptor de Paro (NC), se deberá parar el proceso y activar una luz de paro. Se saldrá de esta situación al pulsar Marcha. El sistema volverá a continuar donde estaba y se apagará la luz de paro.

Figura 56.

Diagrama de planta. Pesado de sustancias



Fuente: Imagen tomada de http://isa.uniovi.es/~alonsog/Automatas_M340/El_automata_M340_Problemas.pdf, año 2021

Usando el software de programación de autómatas programables ZelioSoft, implemente el diagrama de escalera del sistema GRAFCET desarrollado. Simule y valide su funcionamiento.

3.2.10 Proyecto M10. Control de túnel de lavado¹⁹

Automatización de una estación automática de lavado de vehículos (figura 57):

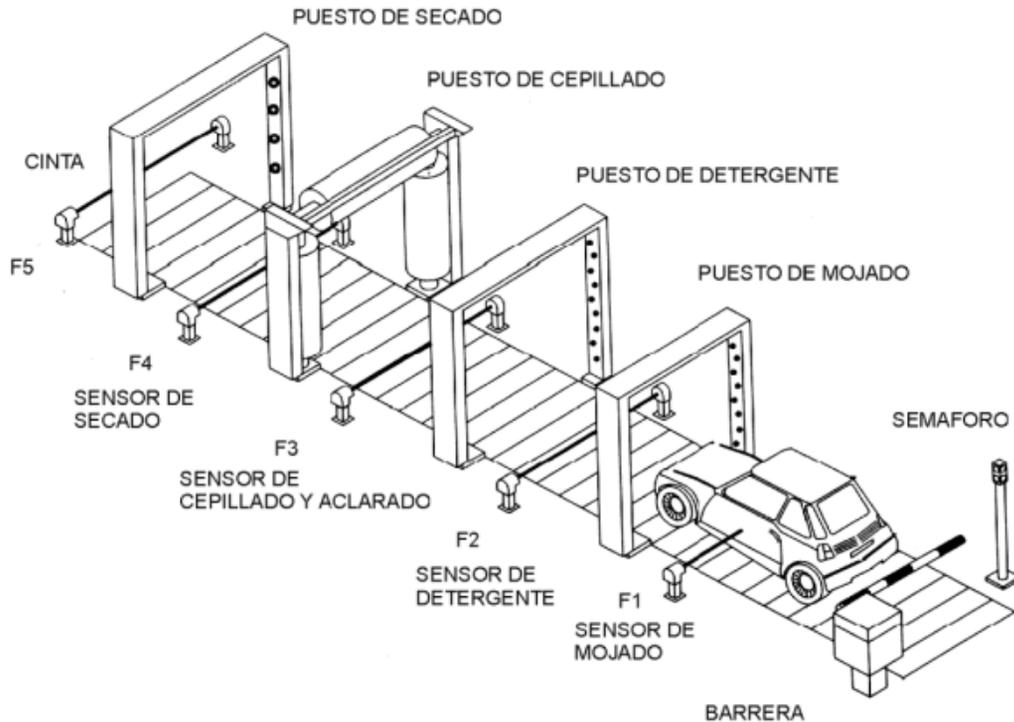
- Se llevará a condiciones iniciales, pulsando el rearme NA. En estas condiciones, la cinta estará detenida, la barrera levantada y el semáforo en verde (L_verde), permitiéndose evolucionar al sistema.
- Una vez puesta en CI, cuando se accione el pulsador de marcha automática (Mar_aut), la cinta transportadora será activada (Cinta) y los vehículos pasarán sucesivamente por los puestos de mojado, detergente, cepillado y aclarado, y, por último, por el de secado.
- Habrá unas barreras fotoeléctricas (F) de tipo PNP tres hilos que permitirán activar y desactivar los distintos puestos.
- Cuando se activa la célula fotoeléctrica 1 (F1), se activa el puesto 1 (Mojado). Cuando se active la F2, y la F1 no esté activada (no hay un segundo vehículo), se desactiva el puesto 1.
- Cuando se active F2, se activará el puesto de detergente. Cuando la F3 se active, y la F2 esté desactivada, se desactivará el puesto de detergente.
- Cuando se active F3, entrará en funcionamiento el puesto de cepillado y aclarado. Cuando se active la F4 y la F3 esté desactivada, se desactivará el puesto de cepillado y aclarado.
- Una vez que se ha activado la fotocélula 4, comenzará a funcionar el puesto de secado, desactivándose cuando se conecte la F5 y la fotocélula 4 esté desactivada.
- En condiciones normales, la barrera deberá estar levantada y el semáforo en verde. Cuando en la estación se detecte que hay cuatro vehículos, uno en cada puesto, la barrera deberá bajar y el semáforo se pondrá en rojo, indicando que no se puede pasar.
- Tanto la barrera como el semáforo permanecerán en estas condiciones, hasta que se detecte que los cuatro vehículos han abandonado la estación, momento en el cual el semáforo se pondrá en verde, la cinta se suspenderá y la barrera se levantará, pudiendo la estación admitir de nuevo coches para el lavado.

¹⁹ Fuente: http://isa.uniovi.es/~alonso/Automatas_M340/El_automata_M340_Problemas.pdf. Año 2021

- Se dispondrá de una seta de emergencia NC que permitirá parar todo el sistema. Si se ha activado esta parada de emergencia, se deberá pulsar el rearme para poder evolucionar de nuevo.

Figura 57.

Diagrama de planta. Control de túnel de lavado



Fuente: imagen tomada de http://isa.uniovi.es/~alonsog/Automatas_M340/El_automata_M340_Problemas.pdf, año 2021

Usando el software de programación de autómatas programables ZelioSoft, implemente el diagrama de escalera del sistema GRAFCET desarrollado. Simule y valide su funcionamiento.

3.2.11 Proyecto M11. Escalera eléctrica²⁰

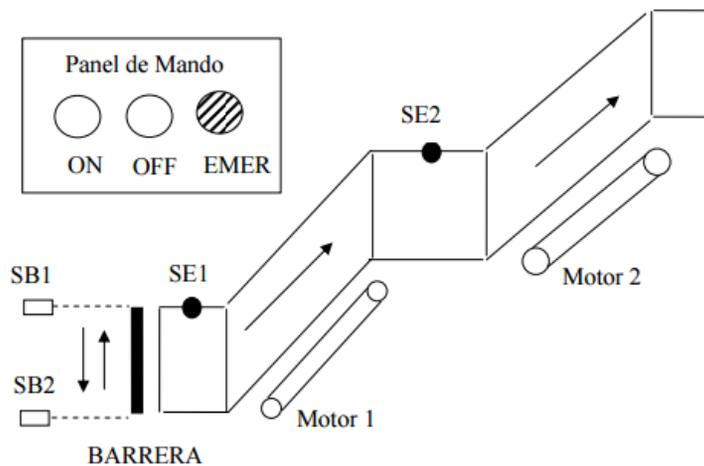
Una escalera mecánica de subida está compuesta por dos tramos, independientes el uno del otro, accionados por los motores 1 y 2, respectivamente (figura 58). El panel de mando consta de un pulsador de conexión (ON), un pulsador de desconexión (OFF) y un pulsador de emergencia (EMER).

El primer tramo de la escalera solo empieza a funcionar cuando se activa el sensor 1 (SE1). Análogamente, el segundo tramo solo se activa tras la detección de presencia en el sensor 2 (SE2). Cada tramo se parará cuando hayan transcurrido al menos cincuenta segundos sin activarse su sensor correspondiente.

Al pulsar ON se baja la barrera de entrada, y tras detectarse el fin de carrera (SB2) se realiza una espera de seguridad de cinco segundos, quedando la escalera en situación normal de funcionamiento. A partir de este momento, si se ordenara la desconexión (Mando OFF) la barrera volvería a subir, permitiendo el funcionamiento normal solo hasta que los dos tramos estén parados. La activación del pulsador de emergencia (EMER) detiene toda acción.

Figura 58.

Diagrama de planta. Escalera eléctrica



Fuente: Imagen tomada de <https://www.yumpu.com/es/document/read/12465239/modelado-de-un-automatismo-mediante-la-herramienta-grafica->, año 2021

²⁰ Fuente: <https://www.yumpu.com/es/document/read/12465239/modelado-de-un-automatismo-mediante-la-herramienta-grafica->, año 2021

Usando el software de programación de autómatas programables ZelioSoft, implemente el diagrama de escalera del sistema GRAFCET desarrollado. Simule y valide su funcionamiento.

3.3 Nivel avanzado

3.3.1 Proyecto A1. Automatización planta de embotellado²¹

En la figura 59 se tiene una planta de embotellado que consta de dos depósitos grandes de acumulación, de dos líquidos distintos. Ambos depósitos vierten sobre otro más pequeño con capacidad para una botella. En este depósito pequeño los líquidos se mezclan durante cinco segundos, luego se calienta la mezcla durante diez segundos y, por último, se vierte dentro de una botella. Las botellas son trasladadas por una cinta hasta el punto de llenado. Una vez se hayan procesado cuatro botellas, se procede al llenado de los depósitos grandes. En la tabla 5 se presenta la definición de variables señores y captadores.

Tabla 5.

Definición de variables

Interruptor de marcha	Marcha
Sensores	S1, S2, S3, S4, SP
Actuadores	V1, V2, V3, V4, V5, M, R, MC

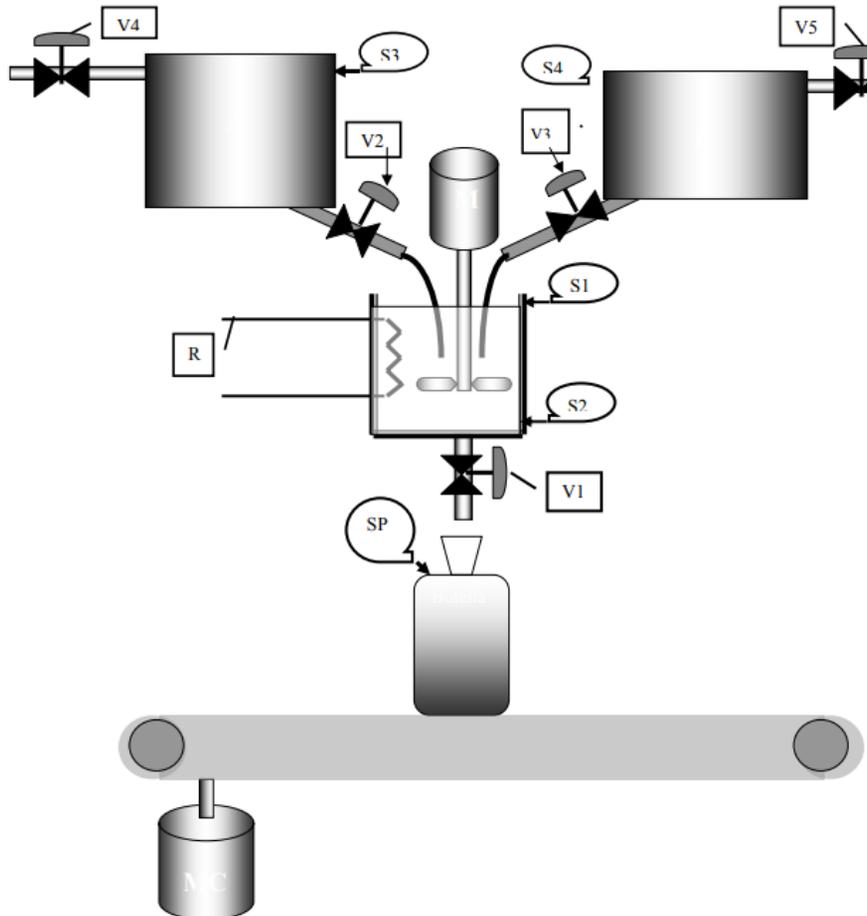
Fuente: Elaboración propia

Usando el software de programación de autómatas programables ZelioSoft, implemente el diagrama de escalera del sistema GRAFCET desarrollado. Simule y valide su funcionamiento.

²¹ Fuente: https://instrumentacionycontrol.net/wp-content/uploads/2017/11/IyCnet_Ejemplo_Grafcet_TSX_37-min.pdf, año 2021

Figura 59.

Diagrama de planta. Planta de embotellado



Fuente: imagen tomada de https://instrumentacionycontrol.net/wp-content/uploads/2017/11/IyCnet_Ejemplo_Grafcet_TSX_37-min.pdf, año 2021

3.3.2 Proyecto A2. Automatización planta de embotellado²²

Rediseñe el diagrama GRAFCET del anterior proyecto, de acuerdo con los siguientes requerimientos:

- Se dispone de dos depósitos (A y B), cada uno con sensores de nivel (S3 y S4) y electroválvulas monoestables (V4 y V5) que permiten realizar el llenado. Los dos depósitos vierten sobre otro más pequeño (C) con capacidad para 0,900 litros, por medio de las electroválvulas V2 y V3. El depósito (C) posee un sensor de nivel capacitivo, cuyo transmisor envía una señal analógica entre 0 y 10 voltios, proporcional al volumen contenido.
- Con el objeto de homogeneizar la mezcla durante el proceso de llenado, se activa el motor de mezcla con cambio automático de sentido de giro cada diez segundos. Cuando se alcanza el máximo nivel, continúa activo el motor de mezcla y comienza la etapa de calentamiento (R) que tiene como propósito la eliminación de microorganismos por diferencia de temperatura. Cuando esta alcanza el valor marcado en el termostato, se produce una señal digital (TMP) que desactiva el motor de mezcla y la resistencia térmica, y activa la válvula (V1), iniciándose así el proceso de vaciado sobre la botella. Esta es transportada por una cinta desde el punto de llenado en el que se encuentra un sensor de posición (SP). Una vez hayan procesado cuatro botellas, se procede al llenado de los depósitos A y B.

3.2.2.1 Panel de mando

Está formado por los siguientes elementos, como se ilustra en la figura 60:

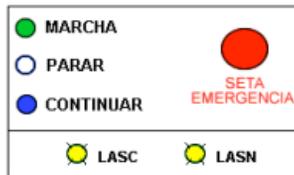
- a. Pulsador de marcha (Pm).
- b. Pulsador de parada (Pp): el operador lo activa en cualquier momento del proceso, pero la orden se ejecuta solo cuando los tanques A y B se encuentran vacíos.
- c. Pulsador de Continuar (Pc): Para continuar con la automatización si ha sido congelada por la activación de una alarma.

²² Fuente: <https://www.redalyc.org/pdf/4137/413740746005.pdf>, Año 2021

- Pulsador de Emergencia (Pe): El sistema congela el automatismo mediante una zeta de emergencia en el pupitre de control. El operador indica la finalización de la situación de emergencia al rearmar la zeta de emergencia.
- Lámparas LASC, LASN para la supervisión del sistema.

Figura 60.

Panel de mando



Fuente: Imagen propia

3.2.2.2 Gestión de alarmas

Las situaciones en las que se debe producir una alarma en el sistema son:

- Si estando en la fase de calentamiento del depósito C, se detecta que el termostato no responde antes de cien segundos, el sistema debe encender una lámpara (LASC) con frecuencia de 1 Hz.
- Si durante la fase de llenado, el nivel supera los 0,900 litros, el sistema debe encender la lámpara (LASN) con frecuencia de 1 Hz.

En cualquiera de los anteriores casos, el autómatas congela el proceso. Solucionado el problema, el operador actúa sobre el pulsador de CONTINUAR para desactivar la alarma y continuar con el proceso

Usando el software de programación de autómatas programables ZelioSoft, implemente el diagrama de escalera del sistema GRAFCET desarrollado. Simule y valide su funcionamiento.

3.3.3 Proyecto A3. Automatización reactor químico²³

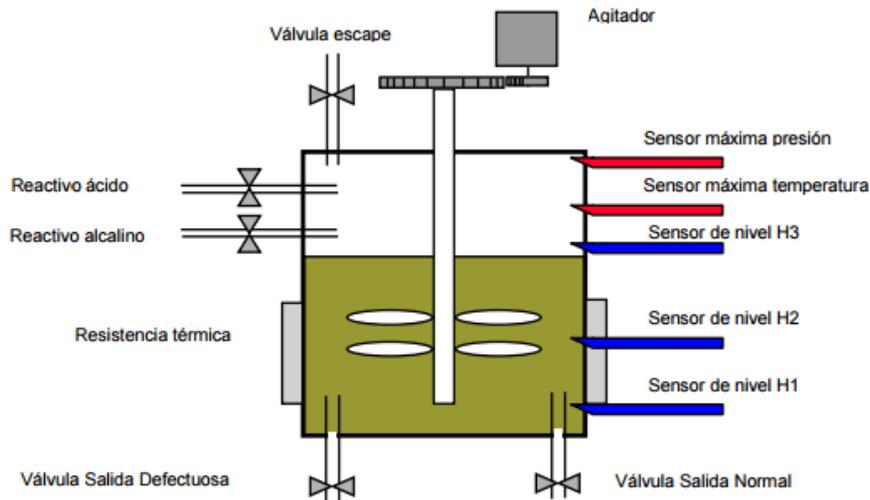
Se quiere automatizar el reactor químico de la figura 61. Además de las válvulas, el sistema lleva un pulsador de arranque y otro de parada, y una lámpara para indicar *funcionando*. Su manejo es el siguiente:

- Al pulsar el botón de arranque, se introduce reactivo alcalino hasta alcanzar el nivel H2. A partir de aquí, se vierte reactivo ácido hasta alcanzar el nivel H3. Mientras se introducen los componentes de la mezcla, la válvula de escape permanece abierta. A continuación, se cierra esta válvula y comienza el proceso de calentamiento de la mezcla hasta que el sensor de temperatura marca el máximo. Mientras se calienta, se agita la mezcla en una sola dirección. Una vez alcanzada la máxima temperatura, se interrumpe el calentamiento y se abre la válvula de escape y la de salida normal. Cuando el nivel en el tanque baja hasta H1, se cierra la válvula de salida, y se inicia un nuevo ciclo. En todo momento, la lámpara de *funcionando* permanece encendida. Si al pulsar el botón de arranque, el nivel de la mezcla supera H1, primero se vacía el depósito a través de la válvula de salida defectuosa, hasta dejarlo en el nivel H1.
- Si se pulsa el botón de *parada*, el reactor sigue los pasos del proceso, hasta finalizar la etapa de vaciado. En vez de iniciar un nuevo ciclo va a situación de detenido.
- Si en algún momento se activa el sensor de máxima presión, se abre la válvula de escape, se vacía el depósito a través de la salida defectuosa y se va a la situación de parado.

²³ Fuente: <https://www.yumpu.com/es/document/read/24543595/ejergrafcets-departamento-de-electronica-y-automatica>

Figura 61.

Diagrama de planta. Reactor químico



Fuente: Imagen tomada de <https://www.yumpu.com/es/document/read/24543595/ejergrafcets-departamento-de-electronica-y-automatica>, año 2021

Se requiere:

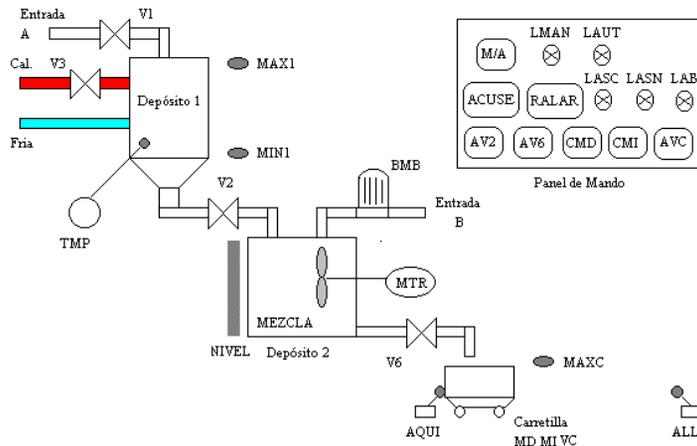
- Definir las entradas y salidas del sistema.
- Dibujar el GRAFCET de control.
- Escribir el programa de control.
- Modificar el programa de control para que el agitador cambie el sentido de giro cada 10 segundos.
- Mejorar el programa anterior para limitar la fase de calentamiento de la mezcla a 10 minutos. Si pasados 10 minutos no se ha alcanzado la máxima temperatura, se procederá de forma igual que en el caso para alcanzar la máxima presión.

3.3.4 Proyecto A4. Automatización planta para el llenado y transporte de un líquido²⁴

Se busca realizar un automatismo que permita efectuar el llenado y transporte de cierto líquido formado por la mezcla de dos componentes A y B. Para ello se dispone de una instalación, tal como la representada en la figura 62.

Figura 62.

Diagrama de planta. Llenado y transporte de un líquido



Fuente: Imagen tomada de <http://isa.uniovi.es/genia/spanish/doc/publicaciones/Ejemplo%20Automatizaci%F3n.pdf>, año 2021

Componentes

Se dispone de dos depósitos: el primero de ellos lleva asociados tres sensores; dos de ellos capacitivos, uno de nivel mínimo (normalmente cerrado); y otro de nivel máximo; un tercer sensor de temperatura de tipo termostato; asimismo, consta de tres electroválvulas monoestables: V1 permite realizar el llenado, V3 introduce el vapor de calentamiento, y V2 permite el vaciado hacia el segundo depósito.

²⁴ Tomado de <http://isa.uniovi.es/genia/spanish/doc/publicaciones/Ejemplo%20Automatizaci%F3n.pdf>. Año 2021

El segundo incorpora un sensor de nivel capacitivo, cuyo transmisor envía una señal analógica entre cero y diez V, proporcional al volumen contenido en el depósito (0-1000 litros). La aportación de líquido A se realiza a través de la válvula V2 y del líquido B por medio de una bomba accionada por un motor eléctrico con dos señales de retorno (contactor y defecto). La descarga de la mezcla hacia la carretilla se efectúa mediante la electroválvula monoestable V6. Asimismo, el depósito dispone de un agitador motorizado.

La planta también dispone de una carretilla de transporte de líquido que incorpora un sensor capacitivo para detectar el nivel máximo. Para desplazar la carretilla se dispone de un motor eléctrico con inversión de giro controlado a través de las señales MI (Mover Izquierda) y MD (Mover Derecha). Además, existen dos finales de carrera electromecánicos (AQUÍ y ALLÍ) que marcarán las posiciones de carga y descarga de la carretilla, respectivamente. El vaciado de la carretilla se realiza mediante la electroválvula monoestable VC.

El panel de mando, formado por: ÿ Los pulsadores M/A, ACUSE, RESET ALARMA, AV6, AV2, CMD, CMI y AVC. ÿ Las lámparas LMAN, LAUT, LASC, LASN, LAB, para la supervisión del sistema.

Funcionamiento. Acondicionamiento del líquido

En funcionamiento automático, el ciclo comienza con el llenado del depósito 1 por el componente A, que antes de ser utilizado debe alcanzar una determinada temperatura. Los pasos son:

- Con el sensor de nivel mínimo (MIN1) activo y las válvulas de salida del depósito 1 (V2) y de entrada de vapor (V3) cerradas, se abre V1 para permitir la entrada del líquido A.
- Cuando se alcance el nivel máximo (MAX1) debe cerrarse V1.
- Comienza, entonces la etapa de calentamiento con vapor, en la que se abre la válvula V3. Cuando la temperatura alcanza el valor marcado en el termostato se produce una señal digital (TMP) que debe cortar la entrada de vapor, iniciándose, de este modo, el proceso de vaciado y mezcla sobre el depósito 2.

Mezcla de A y B

En modo automático, mientras exista líquido en el depósito 1, y el depósito 2 contenga menos de cincuenta litros, se produce la mezcla de ambos componentes A y B según el siguiente proceso:

- Se abre la válvula V2, de modo que el líquido A alcance 400 litros de nivel en el depósito 2, cerrando entonces dicha válvula. Si durante esta fase no hay suficiente líquido A, debe activarse el ciclo de acondicionamiento de A. El motor de mezcla (MTR) debe accionarse desde el comienzo de la operación de mezcla.
- A continuación, se acciona la bomba (BMB) permitiendo que el líquido B consiga llenar el depósito 2 hasta 900 litros.
- Durante cincuenta segundos más debe estar funcionando el motor de mezcla (MTR), dejando el líquido en condiciones de ser transportado.

Transporte del producto final

El vaciado del depósito 2, una vez realizada la mezcla, se efectúa sobre la carretilla y a través de la válvula V6. La carretilla evoluciona entre los puntos AQUI, donde se carga y, ALLI, donde se descarga. Los movimientos a derecha (MD) e izquierda (MI), y la operación de descarga (VC), que dura veinte segundos, deben ser activados automáticamente. Para indicar el llenado de la carretilla se dispone de un sensor de nivel máximo, MAXC.

Paso modo manual/automático

El paso de modo de funcionamiento manual a automático, y su funcionamiento depende de que se cumplan las condiciones iniciales (sistema en modo manual, depósitos 1 y 2 vacíos y carretilla AQUI). La única forma de proceder a dicho paso es a través del pulsador M/A; si se pulsa pasa a automático; posteriormente, pasa a manual y así sucesivamente. El paso de automático a manual se puede realizar con el pulsador M/A o porque se produzca alguna alarma.

Gestión de alarmas

Las situaciones en las que se debe producir una alarma en el sistema son:

- *Sobrecalentamiento.* Si estando en la fase de calentamiento del depósito 1 se detecta que el termostato (TMP) no responde antes de cien segundos. El sistema debe pasar a manual cerrando V3 y encendiendo la lámpara LASC con frecuencia de 2 Hz.
- *Sobrenivel.* Si durante la fase de llenado del depósito 2, el nivel supera 950 litros, el sistema debe pasar a modo manual cerrando las entradas de líquido e iluminando la lámpara LASN con frecuencia 2 Hz.
- *Defecto en la bomba.* Debido a que no se reciba la señal de retorno del contactor cuando está activado o porque se produzca un defecto de funcionamiento. La lámpara LAB debe lucir con frecuencia 2 Hz. Cuando se produce una alarma el operador, puede actuar sobre el pulsador ACUSE para confirmar las alarmas, quedando la lámpara correspondiente encendida. Solucionado el problema, el operador actúa sobre el pulsador de RESET ALARMA para apagar las lámparas de alarma.

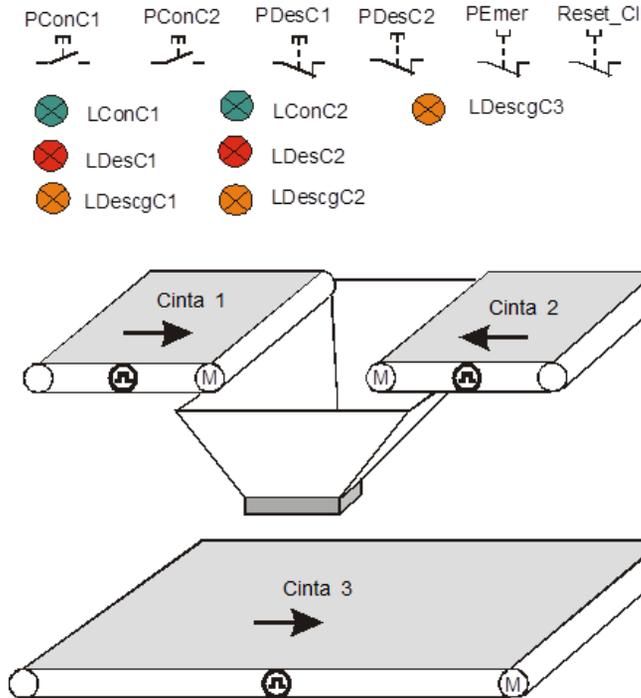
Usando el software de programación de autómatas programables ZelioSoft, implemente el diagrama de escalera del sistema GRAFCET desarrollado. Simule y valide su funcionamiento.

3.3.5 Proyecto A5. Automatización cintas transportadoras²⁵

Diseñar el circuito de mando para el control de tres cintas transportadoras de la instalación indicada en la siguiente figura 63:

Figura 63.

Diagrama de planta. Cintas transportadoras



Fuente: Imagen tomada de http://isa.uniovi.es/~alonsog/Automatas_M340/El_automata_M340_Problemas.pdf, año 2021

Cada una de las cintas, 1 y 2, deberán conectarse y desconectarse mediante dos pulsadores manuales (conexión NA, desconexión NC). Valga advertir que no deben suministrar material a la vez. La cinta 3 debe ponerse en marcha

²⁵ Tomado de: http://isa.uniovi.es/~alonsog/Automatas_M340/El_automata_M340_Problemas.pdf, año 2021

simultáneamente con la 1 o la 2. Finalmente, el estado de marcha se indicará con tres lámparas: LCon, LDes y LDescg.

En relación con las **condiciones iniciales**, las tres cintas estarán desconectadas y las lámparas de desconexión 1 y 2 estarán encendidas; las restantes, lógicamente, estarán apagadas. En cuanto a la **conexión**, cuando se accione el pulsador de conexión 1 o 2 se encenderá la lámpara de conexión y se apagará la de desconexión correspondiente; caso contrario, es decir, en cuanto a la **desconexión**, una vez accionado el pulsador de desconexión adecuado (PDesC1 o PDesC2), las cintas 1 o 2 deberán seguir en funcionamiento veinte segundos más; la cinta 3 debe permanecer en funcionamiento durante cuarenta segundos más que las anteriores, luego queda en reposo. Con esto se persigue el vaciado del material que transportan las cintas. El periodo de descarga se visualizará mediante el encendido de las lámparas de descarga correspondientes (LDescgC1 o LDescgC2 y LDescgC3), mientras el resto están apagadas.

Conexo a lo anterior, está la **vigilancia**. El control del giro en las ruedas motrices se efectuará mediante una vigilancia de cintas. Se considera que la frecuencia de llegada de los impulsos no debe ser inferior a 10 Hz, para un funcionamiento en régimen normal de velocidad. Durante los tres primeros segundos no deberán evaluarse los impulsos procedentes de las vigilancias de las cintas, ya que no ha habido tiempo para alcanzar la velocidad de régimen.

Si estando en *funcionamiento normal* desaparece la señal de vigilancia de las cintas 1 o 2, hay que detener inmediatamente dicha cinta, dejando funcionar en vaciado la cinta 3, según la secuencia establecida previamente. Para avisar de la existencia de avería, haremos que la lámpara de desconexión correspondiente parpadee a una frecuencia de 2 Hz, permaneciendo encendida la de conexión.

Si durante el periodo de *descarga de la cinta alimentadora* desaparece la señal de vigilancia, hay que parar de forma inmediata dicha cinta, dejando funcionar en vaciado la cinta 3, según la secuencia establecida previamente. Para avisar de la existencia de avería, haremos que la lámpara de descarga correspondiente parpadee a una frecuencia de 2 Hz. Ahora, si estando en *funcionamiento la cinta 3* desaparece la señal de vigilancia de la cinta 3, hay que parar inmediatamente todas las cintas. La avería producida se indicará

mediante el parpadeo de la lámpara de desconexión de la cinta alimentadora a una frecuencia de 10 Hz, permaneciendo encendida la de conexión.

Si durante el periodo de *descarga de la cinta 3* desaparece la señal de vigilancia, hay que parar inmediatamente la cinta. La avería producida se indicará mediante el parpadeo de su lámpara de descarga a una frecuencia de 10 Hz. La vigilancia se hará en funcionamiento normal y en el periodo de descarga.

Atinente a la **emergencia**, si se activa el tirador de esta, se deberán parar todas las cintas, quedando encendidas las 3 lámparas de descarga y el resto apagadas, hasta volver a las CI mediante el accionamiento de un pulsador de desconexión.

Respecto al **retorno a las CI**, se acusará recibo del aviso de avería accionando el pulsador de Reset_CI, momento en el cual se volverá a las condiciones iniciales.

Usando el software de programación de autómatas programables Zelio-Soft, implemente el diagrama de escalera del sistema GRAFCET desarrollado. Utilice la definición de variables presentadas en la tabla 6. Simule y valide su funcionamiento.

Tabla 6.

Definición de variables

Entradas	Ix	Salidas	Qx
Pulsador conexión para cinta 1		Lámpara conexión para cinta 1	
Pulsador conexión para cinta 2		Lámpara desconexión para cinta 1	
Pulsador desconexión para cinta 1		Lámpara descarga para cinta 1	
Pulsador desconexión para cinta 2		Lámpara conexión para cinta 2	
Pulsador de emergencia		Lámpara desconexión para cinta 2	
Vigilancia de cinta 1		Lámpara descarga para cinta 2	
Vigilancia de cinta 2		Lámpara descarga para cinta 3	
Vigilancia de cinta 3		Motor para cinta 1	
Reset_CI		Motor para cinta 2	
		Motor para cinta 3	

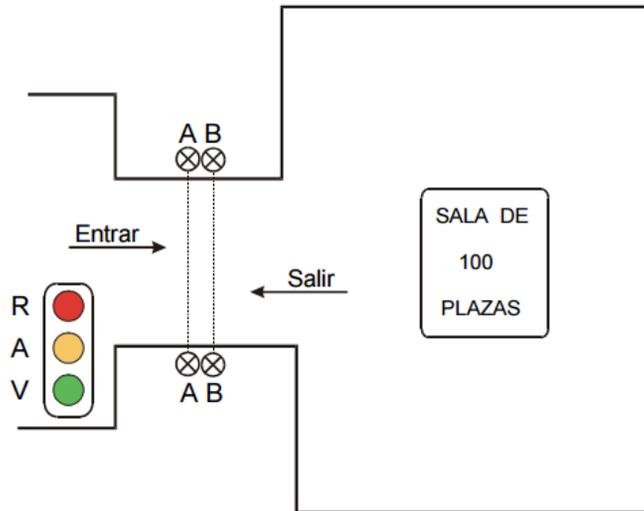
Fuente: Elaboración propia

3.3.6 Proyecto A6. Automatización control de acceso a sala comercial²⁶

Se desea controlar el acceso, de manera automática, a una sala comercial que tiene una capacidad de cien plazas de asiento, y se admiten diez personas más de las autorizadas, que tendrían que permanecer de pie. A la entrada de la sala, disponemos de dos barreras luminosas A y B, situadas de tal forma que, al entrar una persona en la sala, interrumpa primero la barrera A y luego la B. La distancia física entre ellas es la mínima, de manera que siempre se interrumpirán, simultáneamente, durante la entrada (figura 64).

Figura 64.

Diagrama de planta. Control de acceso a sala comercial



Fuente: imagen tomada de http://isa.uniovi.es/~alonsog/Automatas_M340/El_automata_M340_Problemas.pdf. Año 2021

De forma semejante sucede cuando una persona sale de la sala. Primero interrumpirá la barrera B y después la A. Cuando en la sala tenemos menos de cien personas, lo indicaremos activando la luz verde situada en la entrada. Si se diera el caso de que en un momento determinado hubiera más de cien

²⁶ Tomado de: http://isa.uniovi.es/~alonsog/Automatas_M340/El_automata_M340_Problemas.pdf. año 2021

personas, y menos de ciento diez, deberá activarse la luz azul situada en la entrada. En el momento en que entra la persona número ciento diez, será la luz roja la que activaríamos. Dispondremos de un pulsador de RESET para inicializar el contador a 0 en cualquier momento.

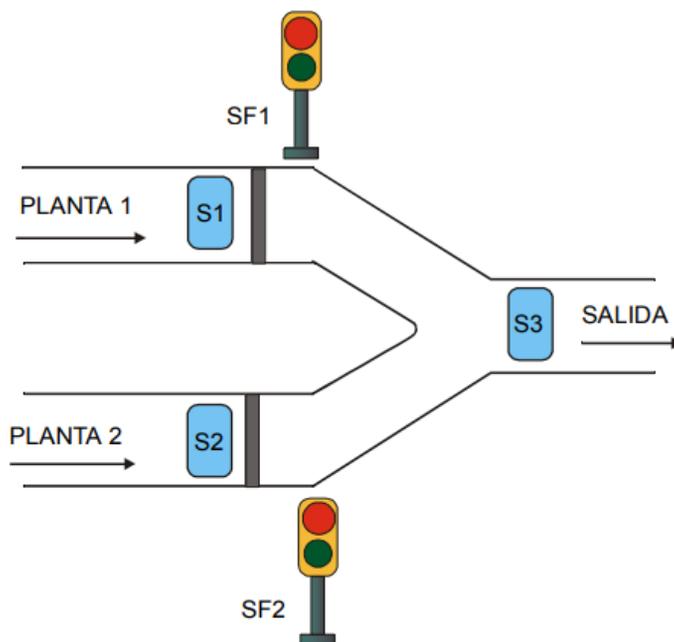
Usando el software de programación de autómatas programables ZelioSoft, implemente el diagrama de escalera del sistema GRAFCET desarrollado. Simule y valide su funcionamiento.

3.3.7 Proyecto A7. Salida de plantas con semáforos²⁷

La figura 65 representa el esquema de salida de un aparcamiento público; por allí salen evacuados los vehículos situados en dos plantas.

Figura 65.

Diagrama de planta. Salida de plantas con semáforos



Fuente: imagen tomada de http://isa.uniovi.es/~alonsog/Automatas_M340/El_automata_M340_Problemas.pdf Año 2021

²⁷ Tomado de http://isa.uniovi.es/~alonsog/Automatas_M340/El_automata_M340_Problemas.pdf. año 2021

La regulación de la salida se efectuará mediante la apertura de los semáforos SF1 o SF2, según proceda. Dos lazos sensores, S1 o S2, efectúan la demanda de salida, confirmando el lazo, S3 el final de la maniobra de salida del vehículo en curso. Dos o más demandas consecutivas, de una misma planta, solo serán atendidas cuando no existan demandas en la otra. Si esto ocurriera, debe concederse la salida con alternancia, a un vehículo de cada planta.

En ningún caso puede haber más de un vehículo entre los sensores S1, S2 y S3. Inicialmente, el sistema tendrá activas las dos luces rojas de los semáforos de las plantas.

3.3.7.1 Secuencia de paso

- a. Cuando un vehículo se superpone a un lazo sensor solicita la salida. El semáforo correspondiente se abrirá, si no hay otro vehículo saliendo.
- b. El semáforo correspondiente se mantendrá abierto durante tres segundos, contados desde el momento en que el automóvil abandone el lazo sensor. Tras este lapso de tiempo el semáforo se cerrará.

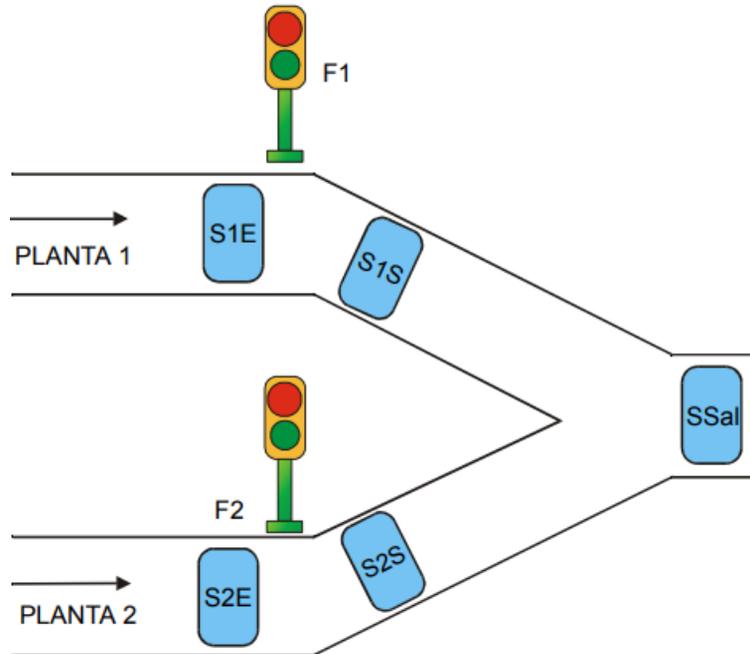
Usando el software de programación de autómatas programables ZelioSoft, implemente el diagrama de escalera del sistema GRAFCET desarrollado. Simule y valide su funcionamiento.

3.3.8 Proyecto A8. Salida de plantas con semáforo y sensor de abandono de planta²⁸

Diseñar el sistema de mando y control para la salida automatizada de vehículos de un estacionamiento público, como el ilustrado en la figura 66, el cual consta de dos plantas.

Figura 66.

Diagrama de planta. Salida de plantas con semáforo y sensor de abandono de planta



Fuente: imagen tomada de: http://isa.uniovi.es/~alonsog/Automatas_M340/El_automata_M340_Problemas.pdf, año 2021

La regulación de la salida, se efectuará mediante semáforos. Disponemos de cinco lazos sensores para recabar la información externa necesaria. Mediante el accionamiento de los lazos S1E o S2E efectuaremos la demanda de salida. Los lazos S1S y S2S nos indicarán que el vehículo ha rebasado el semáforo, mientras

²⁸ Tomado de http://isa.uniovi.es/~alonsog/Automatas_M340/El_automata_M340_Problemas.pdf. Año 2021

que el lazo SSal confirmará que el vehículo ha salido del estacionamiento. La salida del vehículo debe efectuarse de forma tal que se evacúe un vehículo de cada planta, para evitar esperas en una de las plantas respecto a la otra. La secuencia de los semáforos debe ser la siguiente: cuando un vehículo accede a un lazo sensor realiza la petición de salida; el semáforo quedará en verde, el vehículo lo rebasará y, al accionar el lazo correspondiente, el semáforo marcará de nuevo en rojo, para evitar que otro vehículo lo siga, quedando bloqueado hasta que el vehículo accione el lazo SSal indicando que ha salido.

En ningún caso, puede haber más de un vehículo entre los sensores S1, S2 y S3. Inicialmente, el sistema tendrá activas las dos luces rojas de los semáforos de las plantas.

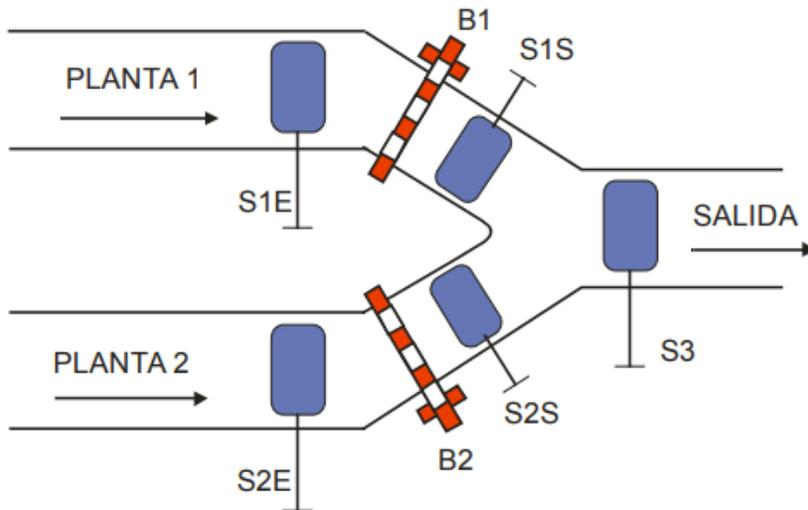
Usando el software de programación de autómatas programables Zelio-Soft, implemente el diagrama de escalera del sistema GRAFCET desarrollado. Utilice la definición de variables presentadas en la tabla 6. Simule y valide su funcionamiento.

3.3.9 Proyecto A9. Control de plantas con barreras²⁹

En la figura 67 se representa el esquema de la salida de un aparcamiento público, por el cual son evacuados los vehículos situados en dos plantas.

Figura 67.

Diagrama de planta. Control de plantas con barreras



Fuente: imagen tomada de http://isa.uniovi.es/~alonsog/Automatas_M340/El_automata_M340_Problemas.pdf. Año 2021

La regulación de la salida se efectuará mediante la apertura de las barreras B1 o B2, según proceda. Tenemos en la misma, dos lazos sensores S1E y S2E mediante los cuales se efectuará la demanda de salida y un tercer lazo sensor S3, que nos confirmará la salida del vehículo en curso. Otros dos lazos S1S y S2S, nos informarán cuando se han sobrepasado las barreras respectivas.

La salida de los vehículos debe efectuarse de forma tal que se evacúe un vehículo de cada planta, para evitar esperas en una de las plantas respecto a la otra. La secuencia de apertura debe realizarse de la forma siguiente:

²⁹ Tomado de http://isa.uniovi.es/~alonsog/Automatas_M340/El_automata_M340_Problemas.pdf. Año 2021

- Se realiza la petición de salida cuando un vehículo accede a un lazo sensor, abriéndose la barrera correspondiente, si no hay otro vehículo saliendo.
- Cuando el vehículo en curso corresponda a la misma planta que el que hace la petición de salida, la barrera no debe abrirse, a no ser que en la otra planta no haya una petición de salida.

Nota: disponemos de un pulsador (Rearme) para llevar al sistema a las condiciones iniciales en las cuales las barreras deberán estar cerradas.

Usando el software de programación de autómatas programables ZelioSoft, implemente el diagrama de escalera del sistema GRAFCET desarrollado. Simule y valide su funcionamiento.

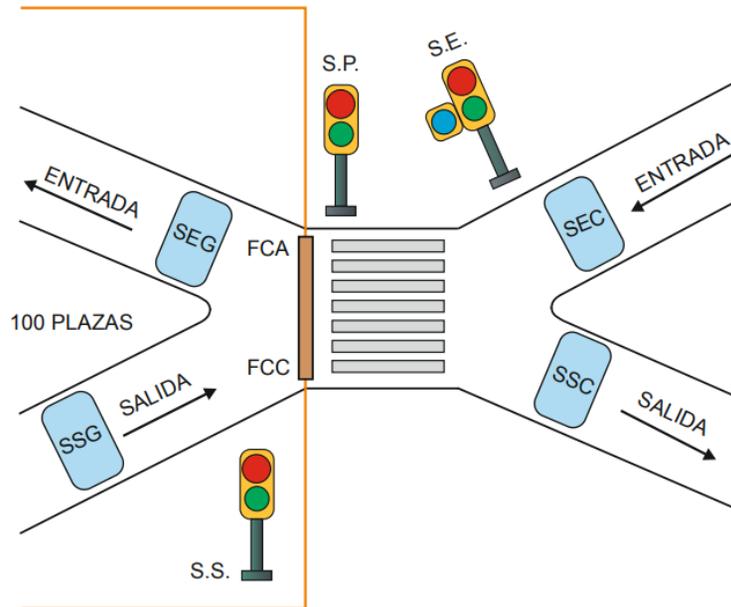
3.3.10 Proyecto A10. Control de acceso a garaje con semáforos³⁰

Un garaje público de cien plazas de capacidad, tiene un acceso a través de una acera de uso peatonal. Para evitar conflictos entre peatones y vehículos, se optó por una regulación automática de entrada y salida de vehículos, de forma tal que cuando uno quiera entrar o salir, la red semafórica instalada al efecto adopte la disposición conveniente. En la figura 68 se observa dicha red que dispone de un semáforo que controla el paso de peatones, otro que controla la entrada de vehículos, y un tercero que controla la salida de estos del interior del garaje.

³⁰ Tomado de http://isa.uniovi.es/~alonso/Automatas_M340/El_automata_M340_Problemas.pdf. Año 2021

Figura 68.

Diagrama de planta. Control de acceso a garaje con semáforos



Fuente: Imagen tomada de http://isa.uniovi.es/~alonsog/Automatas_M340/El_automata_M340_Problemas.pdf, Año 2021

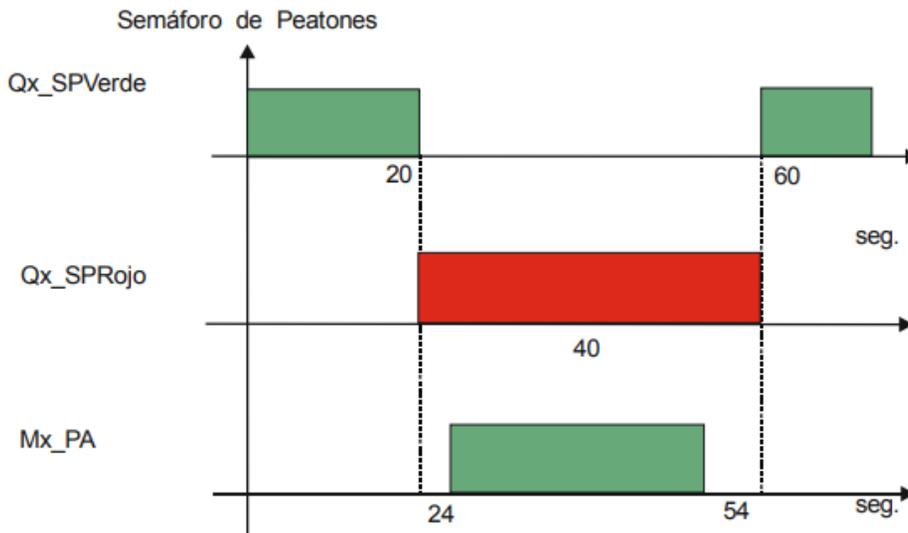
El sistema opera como se describe a continuación:

- a. Para que un vehículo pueda entrar, tiene que tener plaza de aparcamiento, lo cual se indicará mediante la activación del foco azul (salida = 1). El número de plazas de que dispone el aparcamiento es de cien; además, los peatones no tienen que tener permiso de paso. La demanda de entrada se hace mediante el lazo SEC; cuando este se active, caben las siguientes opciones:
 - Si SE está en verde, el vehículo entrará y contabilizará en uno más el número de vehículos estacionados en el interior del garaje, cuando active el lazo sensor SEG.
 - Si SE está en rojo, debido a que se encuentra saliendo otro vehículo, deberá esperar a que el vehículo que sale active el lazo sensor de salida SSC. A partir de este momento se hará efectiva la demanda de entrada.

- Si cuando se produce la demanda de entrada el semáforo de peatones se halla en verde, el vehículo que ha efectuado la demanda de entrada debe permanecer en espera hasta que las condiciones le permitan entrar.
- b. La demanda de salida se hace mediante el lazo sensor SSG. Cuando este se active, caben las opciones siguientes: Si SS se halla en verde, saldrá y descontará en uno el número de vehículos estacionados en el interior del garaje, cuando se active el lazo sensor SSC. Si SS se halla en rojo, debido a que se encuentra entrando otro vehículo, deberá esperar a que el vehículo que entra active el lazo sensor de entrada SEG. A partir de este momento se hará efectiva la demanda de salida. Si cuando se produce la demanda de salida el semáforo de peatones se halla en verde, el vehículo que ha efectuado la demanda de salida, debe permanecer en espera hasta que las condiciones le permitan salir.
- c. Ante una demanda de entrada y salida simultánea, la salida es siempre prioritaria.
- d. El portón se abrirá ante una demanda de entrada o de salida. Cuando este accione el final de carrera de apertura C, activará la luz verde del semáforo que se corresponda con la demanda de apertura solicitada. A su vez, el cierre del mismo se llevará a efecto una vez se active el lazo sensor correspondiente, según corresponda a una entrada (SEG) o una salida (SSC). Si el semáforo de peatones se halla en verde, el portón debe permanecer cerrado como medida de seguridad.
- e. El paso de peatones lo regula el semáforo SP, ilustrado en la figura 69; este se rige por una secuencia fija de 20 segundos en verde y 40 en rojo. Este semáforo controla, a su vez, los otros dos, ya que tienen que sincronizarse con él. Se dispondrá de un pulsador para resetear el sistema y llevarlo a las *condiciones iniciales* con el portón cerrado.

Figura 69.

Diagrama de tiempos. Semáforo de peatones



Fuente: Imagen tomada de http://isa.uniovi.es/~alonsog/Automatas_M340/El_automata_M340_Problemas.pdf, año 2021

Usando el software de programación de autómatas programables ZelioSoft, implemente el diagrama de escalera del sistema GRAFCET desarrollado. Simule y valide su funcionamiento.

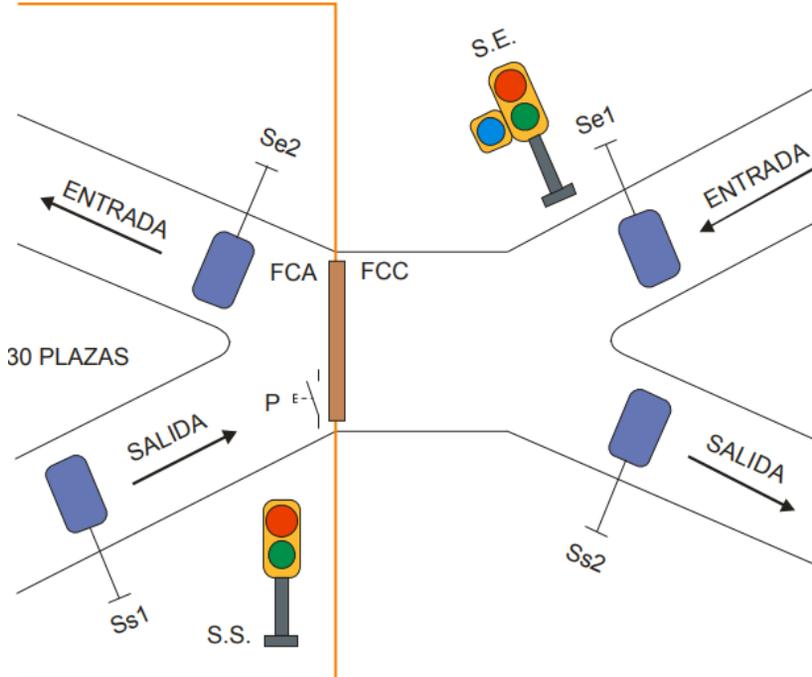
3.3.11 Proyecto A11. Control de acceso de entrada a garaje y pulsador³¹

En la figura 70 se presenta un garaje que dispone de treinta plazas de aparcamiento. El acceso al mismo se realiza a través de una entrada y salida común, estando esta cerrada mediante un portón elevadizo. La entrada-salida de vehículos se controla mediante dos semáforos; uno de entrada, SE, y otro de salida, SS. Para que un vehículo pueda entrar debe disponer de aparcamiento, lo que indicaremos mediante la activación del foco azul.

³¹ Tomado de: http://isa.uniovi.es/~alonsog/Automatas_M340/El_automata_M340_Problemas.pdf, año 2021

Figura 70.

Diagrama de planta. Control de acceso de entrada a garaje y pulsador



Fuente: Imagen tomada de http://isa.uniovi.es/~alonsog/Automatas_M340/El_automata_M340_Problemas.pdf, año 2021

La demanda de entrada se hace mediante la activación del lazo sensor E1, momento en el cual se pueden dar las opciones siguientes:

1. No esté vehículo alguno en proceso de salida, y tenga plaza de aparcamiento. Procederá en este caso al inicio de la maniobra de entrada, contabilizándose esta al accionar el lazo sensor E2.
2. Si encuentra otro vehículo en proceso de salida, el semáforo de entrada deberá permanecer en rojo, hasta que el vehículo haya salido, pudiendo, a continuación, proceder al inicio de la maniobra de entrada. La demanda de salida se hace mediante la activación del lazo sensor S1, momento en el que se pueden dar las opciones siguientes:

- No esté vehículo alguno en proceso de entrada. Procederá, en este caso, al inicio de la maniobra de salida, contabilizándose esta al accionar el lazo sensor S2. Si encuentra otro vehículo en proceso de entrada, el semáforo de salida deberá permanecer en rojo, hasta que el vehículo haya entrado, pudiendo, a continuación, proceder al inicio de la maniobra de salida.
- Tanto el semáforo de entrada como de salida deben cambiar de verde a rojo, una vez que el vehículo abandone tanto el lazo sensor E1, como el S1.

Ante demandas simultáneas de entrada y salida, tiene prioridad la salida. Si se produce una cola de vehículos deberá permitirse una salida y entrada alternada para evitar una espera prolongada por parte de los vehículos que deseen entrar.

El portón es controlado de manera automática por los sensores de entrada y de salida, (E1) y (S1), para su apertura. Y los sensores, (E2) y (S2), para su cierre.

Mientras haya una demanda de salida o de entrada en curso, el portón deberá permanecer abierto. Así mismo, es necesario que el portón se encuentre abierto para que los semáforos, tanto de entrada como de salida, cambien de rojo a verde.

Disponemos de un pulsador, (P), que permite la apertura y cierre manual del portón en todo momento (si está abierto lo cerrará y si está cerrado lo abrirá). Se dispondrá, así mismo, de un pulsador para resetear el sistema y llevarlo a las *condiciones iniciales* con el portón cerrado.

Usando el software de programación de autómatas programables ZelioSoft, implemente el diagrama de escalera del sistema GRAFCET desarrollado. Simule y valide su funcionamiento.

3.3.12 Proyecto A12. Control de dos cintas³²

Diseñar el circuito de mando para el control de dos cintas de la instalación de la figura 71.

- **CI:** inicialmente, las dos cintas estarán desconectadas, y las lámparas de desconexión **LDesC1** y **LDesC2** estarán encendidas y el resto apagadas. Cuando se pulse **PCon** se conectarán la cinta 1 y la cinta 2 de forma automática, quedando encendidas únicamente las lámparas de conexión **LConC1** y **LConC2**.
- **Desconexión:** después de accionar el pulsador de desconexión **PDes:** La cinta 1 debe permanecer en régimen de descarga durante veinte segundos, activándose de manera intermitente a 2 Hz una lámpara ámbar **LDescargaC1**, estando apagadas las de conexión y desconexión. Cuando acabe el proceso de descarga solo quedará encendida la lámpara **LDesC1**.
La cinta 2 permanecerá en régimen de descarga durante cuarenta segundos, activándose de manera intermitente, y a 2 Hz, una lámpara ámbar **LDescargaC2**, estando apagadas las de conexión y desconexión. Cuando acabe el proceso de descarga solo quedará encendida la lámpara **LDesC2**.
- **Emergencia:** mediante un pulsador de emergencia (NC) suspenderá tanto la cinta 2 como la 1, quedando encendida de forma permanente las lámparas de descarga 1 y 2, y las demás apagadas.
- **Vigilancia:** unas vigilancias de cintas (control de rotación) señalizan el movimiento de las mismas, no debiendo bajar las ruedas motrices de una velocidad $w = 2\pi$ rad/s. Estas señales no se evaluarán durante la fase de arranque, que dura cinco segundos. Si en marcha normal desaparece la señal de vigilancia de la cinta 1, hay que parar inmediatamente dicha cinta, dejando funcionar en régimen de descarga la cinta 2. Para avisar de la avería la lámpara **LDesC1** de la cinta 1, se encenderá parpadeando a una frecuencia de 2 Hz, y el resto apagadas. Si el fallo se produce en

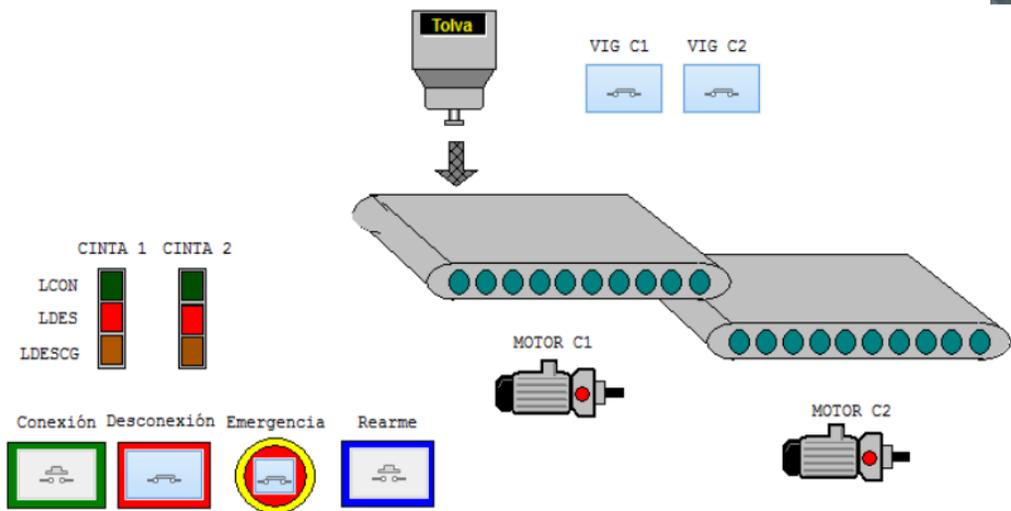
³² Tomado de http://isa.uniovi.es/~alonso/Automatas_M340/El_automata_M340_Problemas.pdf, Año 2021

la cinta 2, deberán detenerse de inmediato las dos cintas, avisando de la avería, mediante el encendido de la lámpara de desconexión **LDesC2** con una frecuencia de parpadeo de 2 Hz y el resto apagadas.

- **Retorno CI:** para retornar a las condiciones iniciales se pulsará Prearme.

Figura 71.

Diagrama de planta. Control de dos cintas



Fuente: Imagen tomada de http://isa.uniovi.es/~alonsog/Automatas_M340/El_automata_M340_Problemas.pdf. Año 2021

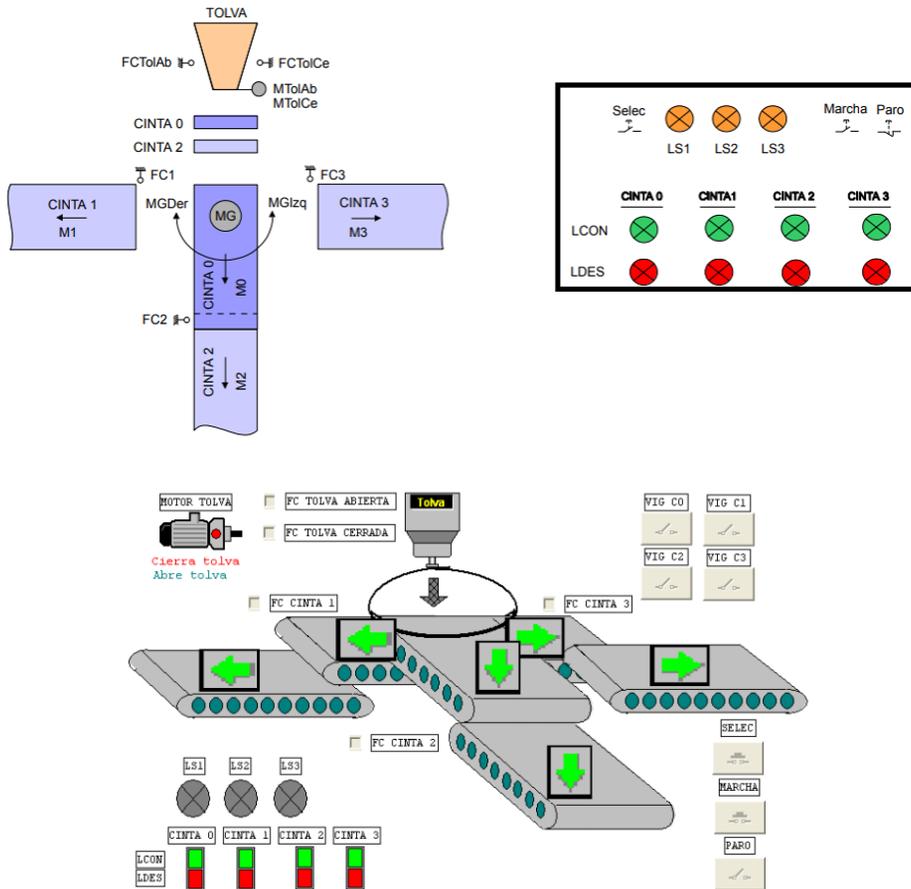
Usando el software de programación de autómatas programables ZelioSoft, implemente el diagrama de escalera del sistema GRAFCET desarrollado. Simule y valide su funcionamiento.

3.3.13 Proyecto A13. Tolva a cinta alimentadora giratoria y 3 cintas de salida³³

Diseñar el programa que realiza el control y mando del sistema en la figura 72, descrito a continuación.

Figura 72.

Diagrama de planta. Tolva a cinta alimentadora giratoria y 3 cintas de salida



Fuente: Imagen tomada de http://isa.uniovi.es/~alonsog/Automatas_M340/El_automata_M340_Problemas.pdf

³³ Tomado de http://isa.uniovi.es/~alonsog/Automatas_M340/El_automata_M340_Problemas.pdf, Año 2021

3.3.13.1 Descripción general

El sistema de la figura representa un nudo de distribución para el transporte del material procedente de una tolva por medio de cuatro cintas. La cinta 0 está situada sobre una plataforma giratoria que es accionada por medio del motor MG, permitiendo situarla enfrente de cualquiera de las otras tres, para la evacuación del material en el sentido deseado.

3.3.13.2 Selección de la posición de la cinta 0

La selección de la posición para la cinta 0 la realizamos mediante un pulsador Selec. Utilizamos en el sinóptico tres lámparas —LS1, LS2 y LS3—, las cuales reflejan la posición de la cinta 0. El giro lo efectuará por accionamiento del motor MG. La posición queda definida mediante tres finales de carrera —FC1, FC2 y FC3—. La selección debe quedar inhabilitada, mientras el sistema se encuentre activo.

3.3.13.3 Movimiento de las cintas

Cada cinta tiene dos lámparas que indican la conexión y otra la desconexión respectivamente, un motor que acciona la banda deslizante y llevan una vigilancia de cinta para detectar si la velocidad del motor baja del valor 2π rad/s. La puesta en marcha se realizará con la secuencia siguiente:

- Tiene que estar seleccionada la posición adecuada.
- Accionamos el pulsador de Marcha, con lo cual la cinta 0 gira hasta situarse en la posición seleccionada (esto se define por el accionamiento del final de carrera correspondiente a la posición seleccionada).
- Al alcanzar la posición seleccionada se pone en movimiento la cinta 0 por medio de la activación del motor M0, y de manera simultánea lo harán la cinta correspondiente (activando los motores M1, M2 o M3).

La tolva debe abrirse cinco segundos después de la activación del motor M0 correspondiente a la cinta 0. La parada se realiza accionando el pulsador de Paro, momento en el cual se procede al cierre de la tolva. Así mismo, la cinta 0 debe seguir veinte segundos en periodo de descarga, y la cinta correspondiente veinte segundos más que la 0 para su descarga.

3.3.13.4 Alarmas

Todas las cintas tienen una vigilancia que se activará cuando su velocidad baje del nivel especificado, lo que produce la parada automática de la cinta, objeto de alarma. Dicha avería se reflejará en el sinóptico mediante el parpadeo a 2 Hz de la lámpara de desconexión correspondiente a la cinta averiada, quedando activadas las lámparas de conexión de las cintas que estaban trabajando. El acuse de recibo de la avería se realizará accionando el pulsador Paro. La vigilancia no se tendrá en cuenta durante los cinco segundos de la fase de arranque de las cintas.

3.3.13.5 Tolva

La tolva se abre y cierra mediante el motor MTol y los finales de carrera FCTolAb y FCTolCe.

Usando el software de programación de autómatas programables ZelioSoft, implemente el diagrama de escalera del sistema GRAFCET desarrollado. Simule y valide su funcionamiento.

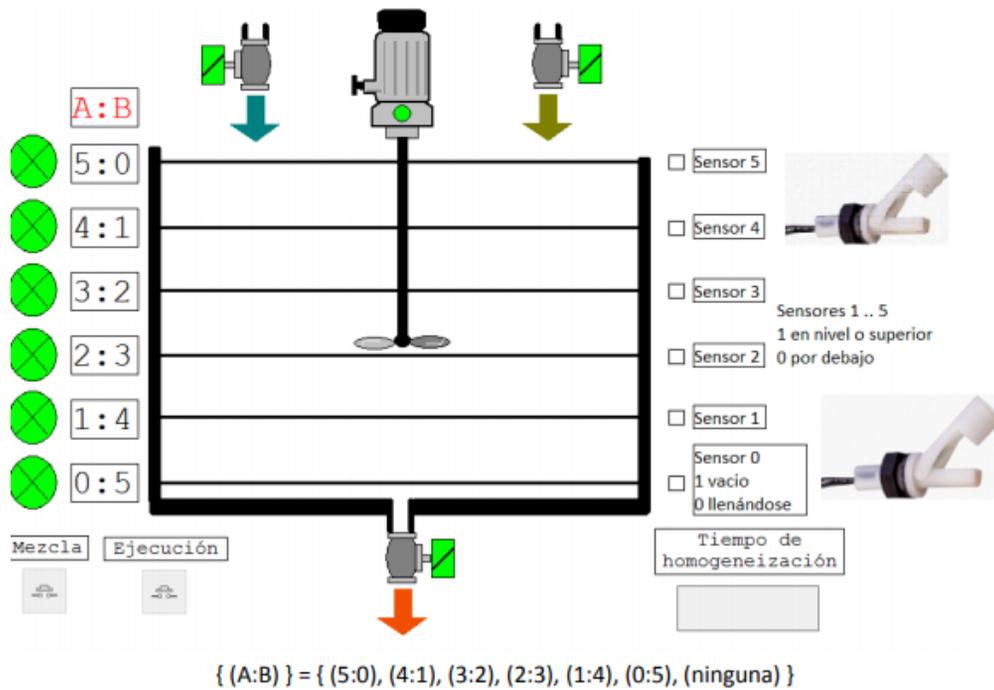
3.3.14 Proyecto A14. Control de la mezcla de un depósito³⁴

Diseñar el programa lógico que efectúe el control de la mezcla realizada en el depósito destinado al efecto, cuyo esquema mostramos en la figura 73. En el mismo, mezclaremos líquidos procedentes de una electroválvula monoestable de fluido A y otra B, en las proporciones que definimos a continuación:

³⁴ Tomado de http://isa.uniovi.es/~alonso/Automatas_M340/El_automata_M340_Problemas.pdf, año 2021

Figura 73.

Diagrama de planta. Control de la mezcla de un depósito



Fuente: Imagen tomada de http://isa.uniovi.es/~alonsog/Automatas_M340/El_automata_M340_Problemas.pdf, año 2021

La elección de la mezcla se realizará de manera secuencial, mediante el accionamiento del pulsador P_Mezcla. Se conocerá la mezcla por la iluminación del cajetín, asociado con la misma en el panel de mandos.

Mediante el accionamiento del pulsador P_Ejecución, se efectuará la orden de ejecución de la mezcla seleccionada, siendo necesario para que esto se realice que el mezclador se encuentre completamente vacío y la servoválvula C cerrada.

Durante la ejecución de la mezcla, el pulsador P_Ejecución debe quedar inhibido hasta que el mezclador se encuentre vacío.

Cuando se haya dado la orden de ejecución, se comienza abriendo la electroválvula A, y permanece abierta hasta que el depósito alcance el nivel que corresponda con el primer dígito de la mezcla establecida, momento en el que se procederá al cierre de la electroválvula A, y a la apertura de la electroválvula B, permaneciendo esta abierta hasta que el depósito se incremente en las partes correspondientes para formar la mezcla pedida. En este momento se procederá al cierre de la electroválvula B.

La mezcla quedaría concluida en este momento, pero quizá no fuera todo lo homogénea deseable. Para corregir esto se dispone de un homogeneizador, H, el cual deberá funcionar durante treinta segundos, a partir del momento en que se cierra la electroválvula B.

Concluida la homogeneización de la mezcla, se evacuará por la electroválvula C, y se procederá a la apertura de la misma, una vez transcurridos los treinta segundos de homogeneización. Vaciado el depósito, se procederá al cierre de la electroválvula C.

Los sensores de nivel Sensor 1, ..., Sensor 5 se sitúan a 1, cuando la mezcla alcanza el nivel respectivo o superior.

El sensor de nivel $S0 = 1$ indica que el depósito se encuentra vacío, mientras que si $S0 = 0$, el depósito se está llenando.

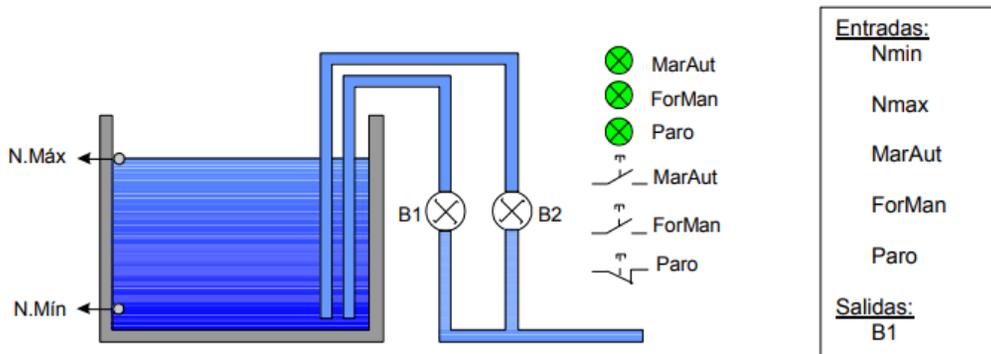
Usando el software de programación de autómatas programables ZelioSoft, implemente el diagrama de escalera del sistema GRAFCET desarrollado. Simule y valide su funcionamiento.

3.3.15 Proyecto A15. Control de 2 bombas y su desgaste³⁵

Como se ilustra en la figura 74, una estación de bombeo consta de dos bombas, B1 y B2, las cuales deben funcionar de manera alternada para evitar un desgaste excesivo de una respecto de otra. El depósito que recoge los líquidos a evacuar está dotado de dos sensores de nivel, uno para determinar el nivel mínimo (Nmin) y otro para determinar el nivel máximo (Nmax).

Figura 74.

Diagrama de planta. Control de 2 bombas y su desgaste. Versión 1



Fuente: imagen tomada de http://isa.uniovi.es/~alonsog/Automatas_M340/El_automata_M340_Problemas.pdf, año 2021

El modo de operación de la planta es el siguiente:

- **Condiciones iniciales.** El sistema parte de la condición de Paro, es decir, las bombas deben estar paradas y la luz de paro activada.

Arranque de las bombas. El sistema tiene dos modos de trabajo:

Marcha automática: el arranque debe producirse de manera automática cuando se activa el sensor de nivel máximo. Funcionará la bomba que menos tiempo de uso tenga. También podremos hacer Forzado manual mediante un pulsador que, mientras se encuentra el sistema parado, o desactivadas las bombas en Marcha automática, arranque la bomba que le corresponda, poniéndose estas en funcionamiento hasta el vaciado del depósito, quedando luego en la situación de partida.

³⁵ Tomado de http://isa.uniovi.es/~alonsog/Automatas_M340/El_automata_M340_Problemas.pdf. Año 2021

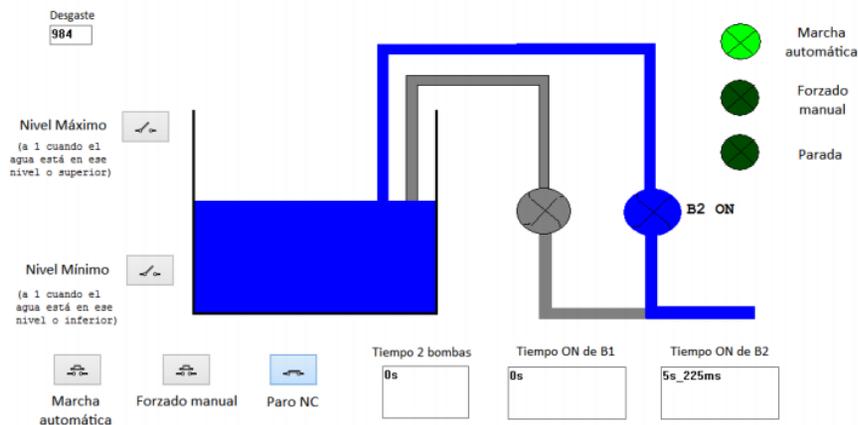
Durante el forzado manual, se activará, además de la luz que estuviese, la de forzado manual. Si una vez arrancada la bomba correspondiente, el nivel máximo permanece cinco minutos sin desactivarse, debe entrar en funcionamiento la otra bomba hasta que se desactive el sensor de nivel máximo.

- **Parada de las bombas.** Esta debe producirse cuando se activa el sensor de nivel mínimo, quedando en el modo de trabajo que estuviese. Mediante el pulsador de Paro, también podremos hacer que las bombas en funcionamiento se detengan, volviendo el sistema a las condiciones iniciales.
- **Secuencia de bombeo.** Cada bomba no debe funcionar más de quince minutos seguidos.
- **Señalización.** Deberá existir una lámpara para indicar la condición de Paro, Marcha automática o Forzado manual.

Nota: el diseño se ha hecho de forma tal que el depósito se puede evacuar siempre con una sola bomba. El sensor de nivel máximo da un 1 lógico, cuando el agua esté en ese nivel o superior. El sensor de nivel mínimo da un 1 lógico, cuando el agua esté en ese nivel o inferior (figura 75).

Figura 75.

Diagrama de planta. Control de 2 bombas y su desgaste. Versión 2



Fuente: Imagen tomada de http://isa.uniovi.es/~alonsog/Automatas_M340/El_automata_M340_Problemas.pdf, año 2021

Usando el software de programación de autómatas programables ZelioSoft, implemente el diagrama de escalera del sistema GRAFCET desarrollado. Simule y valide su funcionamiento.

3.3.16 Proyecto A16. Control a un paso de nivel³⁶

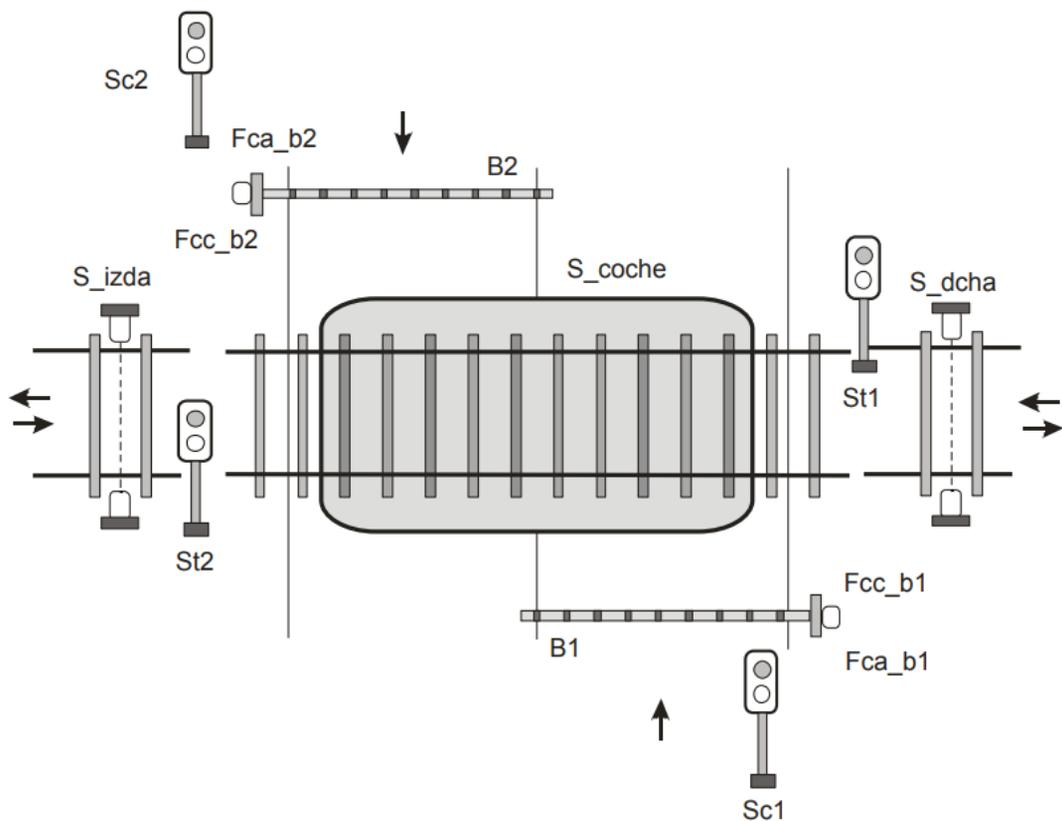
Se desea automatizar el paso a nivel indicado en la figura 76 de forma tal que cumpla:

- Cuando un tren accione el sensor S_izda o S_dcha, debe iniciarse con una frecuencia de oscilación de 2 Hz, el apagado y encendido de las luces de los semáforos Sc1 y Sc2, permaneciendo en esta situación durante veinte segundos; transcurridos estos, deben bajarse las barreras B1 y B2, quedando, entonces, los semáforos Sc1 y Sc2 en luz roja fija.
- Una vez que las barreras se hallan bajado, debe procederse al encendido de la luz verde del semáforo St1 o St2 (según proceda), para que el tren pueda proseguir su marcha. Cuando abandone el sensor opuesto deberá proceder a dar la orden de elevación de las barreras, situar el semáforo St1 y St2 en rojo y desconectar Sc1 y Sc2, restableciendo las condiciones iniciales.
- Si por accidente no se cerrara una barrera o se quedara un automóvil en la vía (que detectaría el sensor S_coche NC), las barreras no se bajarán y el semáforo St1 y St2 permanecerán en rojo hasta que desaparezca la situación que lo provocó.

³⁶ Tomado de http://isa.uniovi.es/~alonsog/Automatas_M340/El_automata_M340_Problemas.pdf
Año 2021

Figura 76.

Diagrama de planta. Control a un paso de nivel



Fuente: Imagen tomada de http://isa.uniovi.es/~alonsog/Automatas_M340/El_automata_M340_Problemas.pdf, año 2021

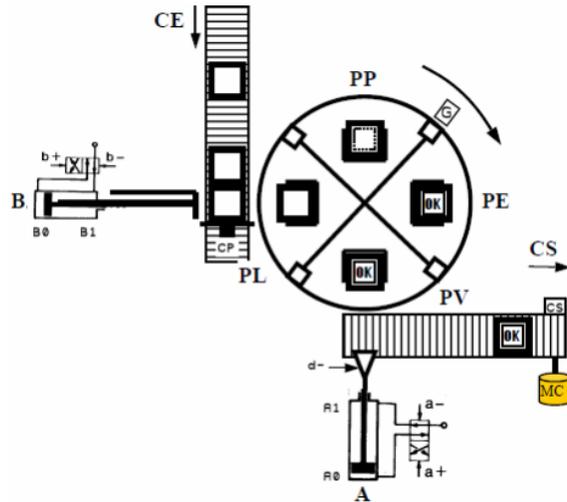
Usando el software de programación de autómatas programables ZelioSoft, implemente el diagrama de escalera del sistema GRAFCET desarrollado. Simule y valide su funcionamiento.

3.3.17 Proyecto a17. Automatización sistema de etiquetado³⁷

Se requiere automatizar el sistema de etiquetaje de la figura 77 (vista en planta):

Figura 77.

Diagrama de planta. Sistema de etiquetado



Fuente: Imagen tomada de http://materias.fi.uba.ar/6629/gplc_av.pdf, año 2021.

Su función es etiquetar los paquetes que entran por la cinta CE con una etiqueta rotulada con OK y, a continuación, sacarlos por la cinta CS. El etiquetado se lleva a cabo en el plato giratorio, el cual está dividido en cuatro zonas o estaciones: PL o zona de entrada; PP o zona de depósito del pegamento; PE o zona de depósito de la etiqueta; y PV o zona de salida. El funcionamiento automático del sistema es el siguiente:

- Los paquetes entran por la cinta CE y se paran cuando llegan al tope donde está el sensor CP. La cinta CE pertenece a otro sistema.
- Con el pistón B se introduce el paquete en la zona PL.
- Se gira el plato para que el paquete pase a la zona PP. El sensor G indica cuando se ha realizado el cuarto de giro necesario. El variador de

³⁷ Tomado de: http://materias.fi.uba.ar/6629/gplc_av.pdf, año 2021.

velocidad que controla el motor del plato tiene una entrada digital MG para darle la orden de giro.

- Una vez en la zona PP, se procede a depositar el pegamento sobre la cubierta superior del paquete. La máquina de pegamento tiene una entrada digital OPP para indicarle que proceda a depositar el pegamento, y una salida digital PPR para indicar que ha realizado su trabajo.
- Depositado el pegamento, nuevamente se gira un cuarto la plataforma, para ir a la zona PE, y se procede a colocar la etiqueta. La máquina que deposita la etiqueta dispone de una entrada digital OPE para darle la orden de etiquetar, y una salida digital PER para indicar que se ha realizado la operación.
- Nuevamente, se gira la plataforma para ir a la zona PV, donde el pistón A, a través de la ventosa d, toma el paquete de la plataforma giratoria y lo deja sobre la cinta CS. Hasta que no haya salido el paquete de la cinta CS (sensor CS), no se toma un nuevo paquete de la plataforma giratoria. La ventosa se activa a través de una entrada digital del mismo nombre (d-).
- Por supuesto, la automatización mantiene ocupadas todas las estaciones de la plataforma giratoria, siempre que lleguen paquetes suficientes por CE; es decir, que a plena producción se obtendría un paquete etiquetado cada cuarto de giro de la plataforma. Si no hay paquetes, la plataforma permanece sin girar a la espera. Cada zona de la plataforma tiene un sensor para indicar si hay paquete en esa zona: SPL, SPP, SPE y SPV.
- Los pistones A y B tienen dos entradas digitales: X+ para el avance, X-, para el retroceso, y dos salidas digitales, X0 y X1, para indicar posición mínima y máxima, respectivamente. El sistema tiene dos modos de funcionamiento controlados por un conmutador en el pupitre de control:

Modo automático: descrito anteriormente. Hay dos pulsadores PA y PP para arrancar y parar en modo automático. Cuando se da la orden de parar, el sistema no introduce más paquetes en la plataforma giratoria y espera a que salgan todos los paquetes ya introducidos en la plataforma por la cinta CS para parar.

Modo manual supervisado: mediante pulsadores, siempre se pueden mover todos los elementos del sistema. No se permite mover los pistones A y B si

la plataforma no está detenida en una posición correcta (sensor G activado); además, existe una parada de emergencia que se activa mediante una seta de emergencia en el pupitre de control. Existe un pulsador de rearme (además del rearme de la seta de emergencia) mediante el cual el operador indica que ya no hay situación de emergencia.

Para automatizar el sistema se debe:

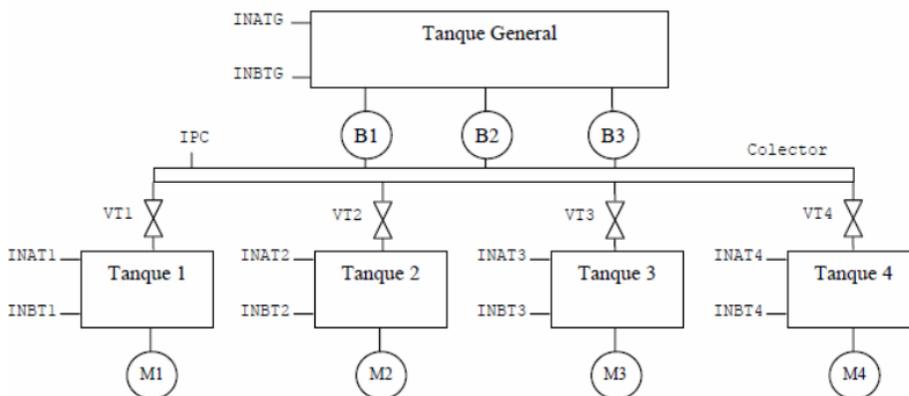
- Realizar el GRAFCET del modo de funcionamiento automático.
- Definir el tablero de mando y el número de entradas y salidas digitales del PLC.
- Hacer el GRAFCET final para contemplar el modo de funcionamiento manual y la parada de emergencia.

3.3.18 Proyecto A18. Automatización planta de suministro de combustible³⁸

Automatizar la planta de suministro de combustible a los tanques de consumo diario de *fuel oil*, de los motores 1, 2, 3 y 4 de una central de generación desde el tanque de almacenamiento general del parque de combustible de dicha central, ilustrado en la figura 78.

Figura 78.

Diagrama de planta. Planta de suministro de combustible



Fuente: Imagen tomada de http://materias.fi.uba.ar/6629/gplc_av.pdf, año 2021

³⁸ Tomado de http://materias.fi.uba.ar/6629/gplc_av.pdf, año 2021

3.3.18.1 Descripción del sistema

Hay cinco tanques, cuatro de ellos de consumo diario: T1, T2, T3 y T4 (uno por motor); un tanque de almacenamiento general TG. Cada tanque dispone de un interruptor de nivel bajo (en T1 el TAG de este interruptor será INBT1) y otro de nivel alto (INAT1). Cabe agregar que el tanque general dispone, igualmente, de sendos interruptores de nivel. En este caso serían INBTG y INATG. Así mismo, y con relación a cada uno de los tanques de consumo diario, estos disponen de una válvula neumática de doble efecto con las siguientes características:

- Cada válvula tiene dos finales de carrera: posición de válvula abierta y válvula cerrada (FCAVT1 y FCCVT1, respectivamente).
- El mando de la válvula se realiza a través de dos electroválvulas en el circuito de alimentación neumática. La actuación sobre una de ellas abre la válvula (AV1); la actuación sobre la otra cierra la válvula (CV1). Una vez la válvula llega al final de carrera correspondiente, el control debe desactivar la electroválvula correspondiente.

El colector de llenado de los tanques es alimentado por tres bombas de características similares, cada una de ellas con capacidad para llenar hasta un máximo de tres tanques de modo simultáneo.

En caso de que fuese necesario estar llenando los cuatro tanques a la vez, sería necesario tener dos de las tres bombas arrancadas.

El mando de la planta se realiza desde un panel instalado en el frontal del tablero de control. Este tablero está formado por un selector de tres posiciones: MAN, SEMI y AUTO, y una seta de emergencia (SE); un pulsador de reset de alarmas (RES); un pulsador de marcha (PMB1, por ejemplo, para B1), y otro de paro (PPB1) por cada bomba; n pulsador de apertura (PAVT1, por ejemplo, para VT1) y otro de cierre por cada válvula.

El sistema funciona así: de modo general, la parada de emergencia detiene las bombas; al rearmar la seta de emergencia, el sistema vuelve a funcionar en el modo que esté.

- **Operación en modo automático.** El selector del panel está en posición AUTO. Los tanques se llenarán de modo automático con los siguientes criterios:

Se inicia su llenado cuando el nivel llega a INB; en ese momento, se procede a la apertura de la válvula del tanque; una vez abierta, se procede a arrancar una bomba si es necesario.

El llenado se detiene cuando llega a INA. Con los motores funcionando a plena potencia, un tanque tarda unas cuatro horas en pasar de estar lleno a estar vacío. En el proceso de llenado, el diseño de colectores y bombas permite pasar de vacío a lleno en una hora, aún con el motor en marcha. Para detener el llenado de un tanque se procede a cerrar la válvula del tanque. Al parar la bomba, se debe cerrar posteriormente la válvula.

Siempre se arranca primero B1. En cuanto a B2, solo se arranca si hace falta (cuatro tanques en proceso de llenado a la vez). B3 se arranca si alguna de las otras dos no está disponible y siempre como última decisión. Si el nivel en el tanque general llega a nivel bajo, se para el llenado de los tanques de servicio diario.

– **Seguridades y enclavamientos.** Veamos:

Para que las bombas puedan funcionar al menos una válvula debe estar abierta.

Si hay alguna bomba arrancada la presión del colector ha de estar por encima del IPC. Por tanto si esto no es así, indicará que el colector presenta fugas y por tanto será necesario parar las bombas. Para cubrir las fluctuaciones de presión iniciales, el IPC se tendrá en cuenta una vez transcurridos 30 segundos tras haber arrancado la primera bomba.

Una bomba no podrá arrancar si la alarma del térmico está activada.

Adicionalmente, si una vez dada la orden de arranque, en un segundo no se detecta un 1 en la señal de retroaviso de marcha, se ordenará el paro y se indicará alarma de la bomba. Ante esta alarma, el sistema procederá a arrancar otra bomba. El sistema solo podrá volver a intentar arrancar esta bomba, tras haberse activado el botón de RES, y si las necesidades del sistema de llenado lo exigen; es decir, si B1 ha entrado en alarma y se ha arrancado B2, aunque B1 vuelva a estar operativa, B2 seguirá arrancada hasta que se pare por el propio funcionamiento de la carga.

– **Modo semiautomático.** El selector del panel está en posición SEMI. El operador puede maniobrar de forma supervisada (por el PLC) las

bombas y las válvulas mediante los pulsadores del pupitre de control. Las seguridades y enclavamientos siguen funcionando.

- **Modo manual.** El selector del panel está en posición MAN. El PLC no actúa sobre el sistema. Las válvulas se abren y se cierran de forma manual por los operadores, actuando sobre los volantes hasta llevarlas a activar los finales de carrera de abierta o cerrada. Se podrán arrancar y parar las bombas a criterio del operador, de modo individual, siempre que la protección térmica de cada una lo permita. Este modo funcionará con independencia de que el PLC esté arrancado o no. Se pide:

Diseñar los diagramas de funcionamiento (GRAFSET) del modo automático.

Añadir los diagramas de funcionamiento (GRAFSET) necesarios para incorporar el modo semiautomático y la parada de emergencia.

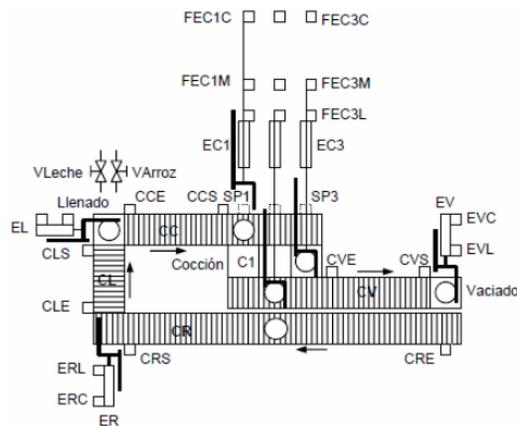
Dibujar el esquema eléctrico que permite el funcionamiento manual del sistema del problema anterior.

3.3.19 Proyecto A19. Planta fabricación de arroz con leche³⁹

Automatizar la planta de fabricación de arroz con leche (figura 79).

Figura 79.

Diagrama de planta de arroz con leche. Versión 1



Fuente: Imagen tomada de http://materias.fi.uba.ar/6629/gplc_av.pdf, año 2021

³⁹ Tomado de http://materias.fi.uba.ar/6629/gplc_av.pdf, año 2021

3.3.19.1 Zona de llenado

En esta zona se vierte leche y arroz sobre el recipiente de cocción situado sobre una báscula. La báscula está programada para pesar las cantidades adecuadas. Primero se vierte arroz utilizando la válvula de arroz (VARROZ) hasta que la báscula indique mediante BARROZ que se ha vertido la cantidad adecuada. A continuación, se activa VLECHE hasta que la salida digital BLECHE de la báscula se active. El recipiente lleno es desplazado por el empujador EL hasta la cinta CC en dirección a la cocción.

3.3.19.2 Zona de cocción

En la zona de cocción, el recipiente es llevado de la cinta CC al primer fuego disponible CX (1, 2 o 3) mediante el empujador ECX correspondiente (los sensores SPX indican la posición del recipiente). Cada empujador ECX es movido por un conjunto motor-variador con dos entradas digitales: MECXA para el avance y MECXR para el retroceso. Además, cada empujador tiene tres finales de carrera —FECXC, FECXM y FECXL— para indicar posición C (corta: empujador preparado para arrastrar recipiente de cinta a zona de cocción); M (media: recipiente sobre zona de cocción) y L (Larga: recipiente sobre cinta de vaciado). La cocción dura exactamente diez minutos. Cada zona CX tiene una señal CXO para activar y mantener el fuego en los quemadores. Transcurridos los diez minutos, se desactiva el fuego y el empujador ECX lleva el recipiente a la cinta CV.

3.3.19.3 Zona de vaciado

La cinta CV arrastra los recipientes hacia la zona de vaciado donde la máquina VAC se encarga de verterlos y enviar el producto a la envasadora. La máquina VAC tiene la entrada digital VACO para ordenar el vaciado y la salida digital VACT para indicar que ha terminado. A continuación, el recipiente es depositado sobre la cinta de retorno CR mediante el empujador EV.

3.3.19.4 Zona de retorno

En esta se procede de la siguiente manera:

- Los recipientes vacíos vuelven por la cinta de retorno CR. El empujador ER los envía hacia la cinta de llenado (CL) y de aquí pasan a la zona de llenado.
- La cinta CC se pone en marcha (si ya no lo estaba) cada vez que un nuevo recipiente es depositado mediante el empujador EL. Si un recipiente alcanza el sensor CCS, y no hay hueco en la zona de cocción, la cinta se para hasta que se libere fuego. La cinta también se para si no hay recipientes sobre ella. Para evitar problemas, cuando hay un recipiente esperando en CCS, el empujador EL introduce el siguiente recipiente una vez llenado (si lo hay) y no retrocede (se bloquea), con el fin de no acumular recipientes sobre la cinta CC.
- De igual forma, la cinta CL se para cuando un recipiente alcanza la posición de CLS y no puede avanzar porque el empujador EL está bloqueado. El empujador ER solo puede introducir un nuevo recipiente en la cinta CL, y no puede retroceder hasta que el recipiente en la posición CLS se desbloquee. CL también se para si no hay recipientes sobre ella.
- La cinta CR se para si no hay recipientes sobre ella o si habiendo recipientes sobre ella el empujador está en posición de bloqueo y no hay que introducir más recipientes desde la zona de vaciado. En cualquier otro caso la cinta ésta en movimiento.
- La cinta CV se para si no hay recipientes sobre dicha cinta o si hay un recipiente en la zona de vaciado y otro recipiente ha alcanzado el sensor CVS.
- Los empujadores EL, EV y ER son movidos por un motor-variador que tiene dos entradas digitales: EXA para ordenar el avance y EXR para ordenar el retroceso. Asociado a cada empujador hay dos finales de carrera para indicar posición mínima de retroceso (FEXM) y posición máxima (FEXL).

El sistema tiene dos modos de funcionamiento controlados por un conmutador en el pupitre de control:

- *Modo automático*: descrito anteriormente. Hay dos pulsadores PA y PP para arrancar y parar en modo automático. Cuando se da la orden de parar, el sistema no llena más recipientes y se para cuando todos los recipientes que estaban en cocción se hayan vaciado.

- *Modo manual supervisado*: mediante pulsadores se pueden mover todos los elementos del sistema. Además, existe una parada de emergencia que se activa mediante una seta de emergencia en el pupitre de control o mediante el sensor MO de detección de monóxido de carbono en los fogones de la zona de cocción. Existe un pulsador de rearme (además del rearme de la seta de emergencia) mediante el cual el operador indica que ya no hay situación de emergencia.

Ahora, para automatizar el sistema:

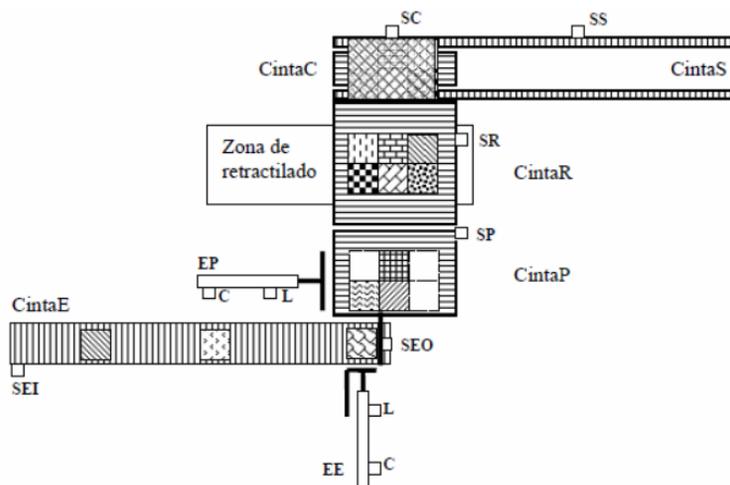
- Hacer el GRAFCET del modo de funcionamiento automático.
- Realizar el GRAFCET final para contemplar el modo de funcionamiento manual y la parada de emergencia.

3.3.20 Proyecto A20⁴⁰

Se desea automatizar el sistema de empaquetado con plástico retráctil de la figura 80:

Figura 80.

Diagrama de planta fabricación de arroz con leche. Versión 2



Fuente: Imagen tomada de: http://materias.fi.uba.ar/6629/gplc_av.pdf, año 2021

⁴⁰ Tomado de http://materias.fi.uba.ar/6629/gplc_av.pdf, año 2021

La función del sistema es formar bloques de 2x3 paquetes, recubrirlos con plástico retráctil y enviarlo hacia la salida. El sistema consta de los siguientes elementos:

- Una cinta (CintaE) por donde llegan los paquetes.
- Un empujador EE que se encarga de ir apilando paquetes de dos en dos.
- Un empujador EP que se encarga de ir apilando bloques de dos paquetes hasta construir un conjunto de paquetes de 2x3.
- Una cinta (CintaP) para desplazar el bloque hacia la zona de retráctilado.
- Una máquina de retráctilado.
- Una cinta (CintaC) montada sobre una mesa elevadora que permite la transición entre la zona de retráctilado y la cinta de salida (CintaS).

El funcionamiento en automático del sistema es el siguiente:

- A través de CintaE llegan los paquetes. Si la cinta no tiene paquetes, permanece parada. Mediante el sensor SEI se detecta que hay un nuevo paquete en la cinta, y mediante SEO se detecta que está en la posición correcta de salida de la cinta. Si hay más de cinco paquetes sobre la cinta, el control activa la señal NO-MAS a quien suministra los paquetes, para que no introduzca más paquetes.
- Cuando el paquete llega a la altura de SEO, el empujador EE lo coloca sobre la CintaP. A continuación, retrocede y espera un nuevo paquete. Al llegar el siguiente, el empujador vuelve a realizar la misma maniobra, empujando ahora, de manera simultánea, los dos primeros paquetes. . Con ello se tiene un bloque de 2x1.
- A continuación, el empujador EP avanza para desplazar una posición el bloque de 2x1, y así dejar espacio a un nuevo bloque en los mismos términos. La maniobra se repite hasta formar el bloque de 2x3.

Una vez preparado el bloque, CintaP y Cinta R, avanzan inicialmente a la vez, hasta que el bloque alcanza el sensor SR. En el momento en que el sensor SP detecta que el bloque ha salido, CintaP se para y comienza el proceso de formar un nuevo bloque. La formación de un nuevo bloque y el retráctilado del anterior se desarrollan en paralelo.

- La máquina de retractilado tiene dos señales: RetraI y RetraO. Con RetraI se le da la orden de poner el plástico retráctil y dar calor, una vez que el bloque ha llegado a su posición (SR). Con RetraO la máquina informa al sistema de control que ha realizado correctamente la maniobra. Si la señal RetraO tarda más de sesenta segundos en activarse, después de que el control haya activado RetraI, se realiza una parada de emergencia del sistema.
- Una vez puesto el plástico retráctil, se ponen en marcha CintaR y CintaS hasta que la máquina alcanza el sensor SC. CintaS está montada sobre una mesa elevadora que tiene dos posiciones: Zona de Retractilado (alta y baja). La mesa elevadora está movida por un motor con reductora (MEL), con dos entradas de control —MELS para indicar subir, y MELB para indicar bajar. Las dos posiciones de la mesa están señaladas por los sensores SMELS (mesa subida) y SMELB (mesa bajada). Una vez que el bloque está correctamente situado sobre CintaC, se puede proceder al retractilado de un nuevo bloque si está a la espera.
- Al llegar el bloque a SC, baja la mesa elevadora y el bloque queda apoyado sobre la cinta de salida CintaS. La automatización de la cinta de salida no forma parte del control a diseñar. Sin embargo, el control a diseñar tiene que activar la señal PREPA, para que el control que se encarga del movimiento de Cinta S, detecte que puede mover la cinta. Una vez que el bloque preparado está más allá del sensor SS, la mesa elevadora sube, quedando CintaC a la espera de un nuevo bloque.

El sistema tiene tres modos de funcionamiento que se seleccionan mediante un conmutador en el pupitre de control:

- Modo manual: mediante pulsadores adicionales se pueden mover libremente todos los elementos del sistema.
- Modo ciclo: en el modo ciclo hasta que un bloque de 2x3 recién formado no abandona la zona del sensor SS, no se permite la formación de un nuevo bloque. Solo se permite la entrada de un paquete a la CintaE, cuando lo necesita el sistema. Para ello, el control utilizará la señal NO-MAS para indicar a quien suministra los paquetes que no está en disposición de admitir un nuevo paquete.

- Modo automático: se corresponde con el modo explicado. El sistema de control debe estar diseñado para obtener el máximo rendimiento. Existen dos pulsadores PM y PP, para poner en marcha y parar el modo Automático y el modo Ciclo. La parada se realiza a final de ciclo es decir cuando todos los paquetes hayan abandonado el sistema a automatizar. Además de la parada de emergencia de la máquina de retractilado, existe una parada de emergencia que se activa mediante una seta de emergencia en el pupitre de control. Existe un pulsador de rearme (además del rearme de la seta de emergencia) mediante el cual el operador indica que ya no hay situación de emergencia. No obstante, para volver a la normalidad el sistema, el conmutador de modos de funcionamiento debe pasar primero por la posición de Manual.

Para automatizar el sistema:

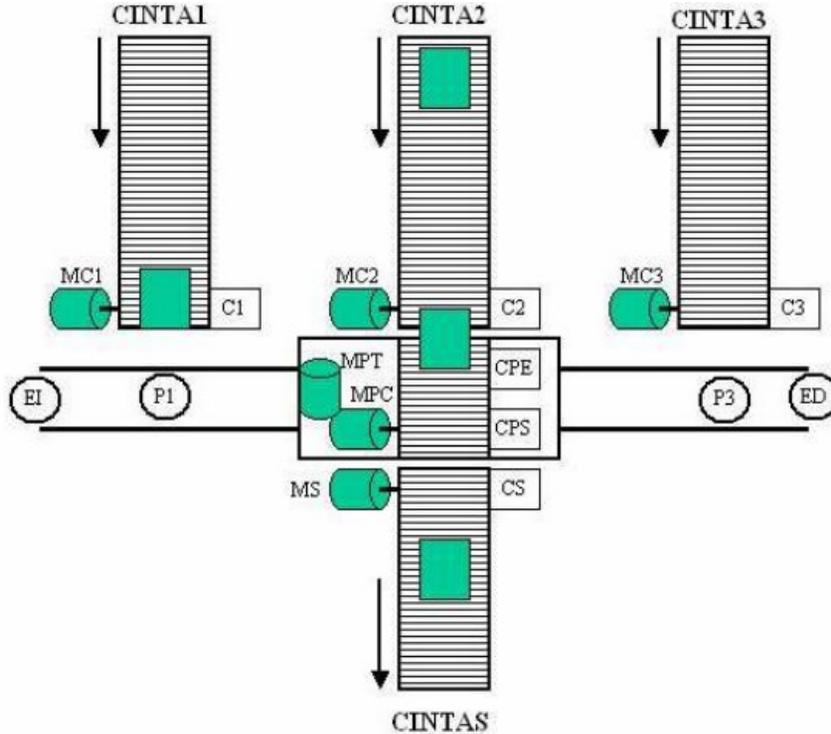
- Hacer el GRAFCET del modo ciclo manual.
- Hacer el GRAFCET del modo ciclo automático.
- Realizar el GRAFCET final para contemplar, además de los modos anteriores, el modo de funcionamiento manual y la parada de emergencia.

3.3.21 Proyecto A21. Automatización de 3 cintas transportadoras⁴¹

Se quiere automatizar el sistema de cintas transportadoras y plataforma móvil de la figura 81.

Figura 81.

Diagrama de planta. 3 cintas transportadoras



Fuente: Imagen tomada de <https://www.yumpu.com/es/document/read/24543595/ejergrafcets-departamento-de-electronica-y-automatica>. Año 2021

El sistema permite recoger en una única cinta de salida (CintaS) los paquetes que provienen de tres cintas transportadoras de entrada (Cinta1, Cinta2 y Cinta 3). Para ello, el sistema se apoya en una cuarta cinta transportadora

⁴¹ Tomado de <http://documents.mx/documents/ejerGRAFCEtspdf.html>, año 2021

montada sobre una plataforma móvil (Cinta Plataforma) que se desplaza sobre unos raíles.

Además de los elementos ya indicados, el sistema incluye sensores P1, P2 (en la figura está bajo la plataforma) y, P3, que son finales de carrera que se cierran cuando la plataforma está en la posición adecuada para recibir un paquete de una determinada cinta de entrada, como se describe a continuación:

- C1, C2 y C3: son células fotoeléctricas que envían una señal lógica 1 cuando el paquete interrumpe el haz de luz. Su función es indicar que hay un paquete en la cabecera de la cinta.
- Sensores CPE y CPS: son células fotoeléctricas como las anteriores. Indican que un paquete está situado a la entrada o a la salida de la cinta transportadora.
- Sensores ED y EI: son dos finales de carrera de seguridad que se abren cuando la plataforma alcanza los extremos de los raíles.
- MC1, MC2, MC3, MPC y MS son los motores que mueven las cintas transportadoras, siempre en el mismo sentido. MS es el motor de la cinta de salida.
- MPT es el motor que mueve la plataforma en los sentidos derecho e izquierdo.
- El funcionamiento del sistema en automático es el siguiente:
- Cuando un paquete llega a la cabecera de una cinta transportadora, esta se para hasta que la plataforma móvil vaya a recoger el paquete.
- Una vez situada la plataforma delante de la cinta con paquete, se inicia la transferencia de este. Para ello, se mueven simultáneamente la cinta con el paquete y la cinta de la plataforma. La cinta de la plataforma se para cuando el paquete está completamente transferido.
- A continuación, la plataforma se mueve hacia la cinta de salida. La plataforma se para cuando se alcanza el sensor P2.
- El paso siguiente es el proceso de transferencia del paquete desde la plataforma a la cinta de salida, de igual forma que en la transferencia de una cinta de entrada a la plataforma. Además, al sistema se le imponen las siguientes condiciones en funcionamiento automático:

Cada cinta de entrada está funcionando si no hay un paquete esperando en su cabecera para ser transferido a la plataforma móvil.

La cinta de salida está funcionando siempre.

Si hay más de una cinta de entrada parada esperando a la plataforma, el orden de prioridad en la atención es siempre Cinta1, Cinta2 y Cinta3.

Si no hay paquetes en las cintas de entrada, la plataforma permanece parada en la posición de la cinta de salida.

El sistema tiene un modo de funcionamiento manual supervisado, de suerte que a través de pulsadores se pueden mandar directamente los motores. La supervisión consiste en no permitir al operador mover la plataforma fuera del rango marcado por los sensores P1 y P3. Los modos manual y automático se seleccionan mediante un conmutador en el pupitre de control. Además, existe una parada de emergencia que se activa mediante una seta de emergencia en el pupitre de control o mediante los finales de carrera de emergencia situados en los extremos de los raíles. Existe un pulsador de rearme (además del rearme de la seta de emergencia) mediante el cual el operador indica que ya no hay situación de emergencia.

Para automatizar el sistema:

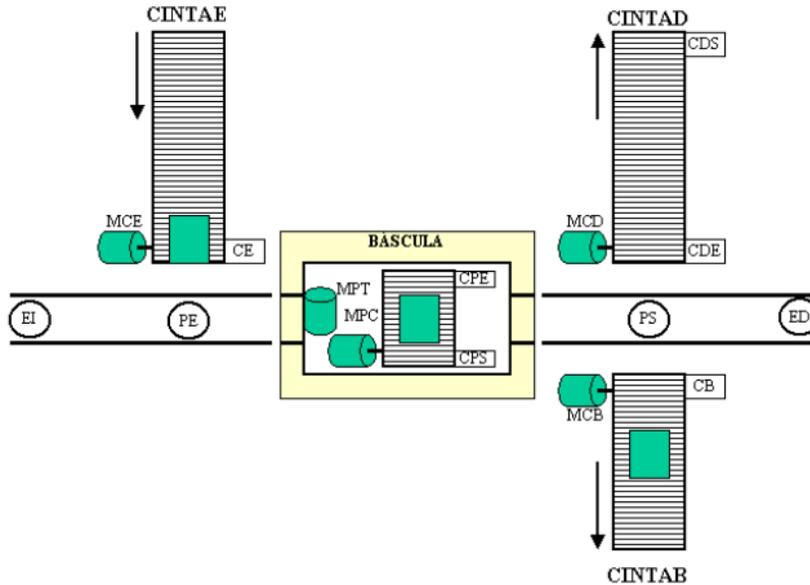
- Hacer el GRAFCET del modo de funcionamiento automático.
- Definir el tablero de mando y la lista de entradas/salidas del PLC.
- Realizar el GRAFCET final para contemplar el modo de funcionamiento manual y la parada de emergencia.

3.3.22 Proyecto A22. Sistema de pesaje⁴²

El sistema de pesaje de la figura 82 consta de tres cintas transportadoras, una báscula y una plataforma móvil que se desliza sobre raíles.

Figura 82.

Diagrama de planta. Sistema de pesaje



Fuente: Imagen tomada de http://materias.fi.uba.ar/6629/gplc_av.pdf, año 2021

El funcionamiento del sistema en automático es el siguiente:

- Los paquetes llegan por la cinta E con una pequeña separación entre ellos.
- Son trasladados uno a uno por el transportador a la zona de báscula donde son pesados. Para que el peso sea correcto el transportador debe estar en la posición correcta dentro de la zona de báscula durante treinta segundos. La báscula tiene la salida digital BÁSCULA que cuando se activa, indica que el peso del paquete es el correcto.

⁴² Tomado de: http://materias.fi.uba.ar/6629/gplc_av.pdf, año 2021

- Si el peso del paquete es correcto sale por la cinta B.
- Si es incorrecto sale por la cinta D.
- Si un paquete alcanza la cabecera de la cinta E (sensor CE) y el transportador no está en posición espera a su llegada (se para la cinta E).
- La cinta B está en continuo movimiento. El sensor CB permite saber que un paquete ha sido completamente trasladado del transportador a la cinta.
- La cinta D solo se pone en movimiento, cuando es necesario para transportar un paquete defectuoso. Los sensores CDE y DCS controlan la entrada y salida de paquetes en la cinta. Una vez que el paquete defectuoso ha salida de la cinta, esta se para si no hay más paquetes defectuosos.
- Una vez que el paquete sale por B o D, el transportador siempre vuelve a la posición de la cinta E. Cuando se pone en automático el sistema el transportador va también a la posición de la cinta E, si ya no está en ella.
- Los sensores PE, PB (está en la báscula y no se ve en la figura) y PS permiten controlar la posición del transportador: frente a cinta E, en la báscula o frente a cintas S y B. Los sensores ED y EI son dos finales de carrera de seguridad que se abren cuando la plataforma alcanza los extremos de los raíles. Los motores MCE, MCB y MCD mueven las cintas. Los motores MPT y MPC mueven el transportador y la cinta del transportador. Esta cinta tiene, además, los sensores CPE y CPS para controlar la entrada salida de paquetes.
- El sistema tiene dos modos de funcionamiento controlados por un conmutador en el pupitre de control:
- *Modo automático:* descrito anteriormente. Hay dos pulsadores PA y PP para arrancar y parar en modo automático. Cuando se da la orden de parar, el sistema se para una vez que el transportador ha llegado a la posición de la cinta E después de haber realizado un ciclo completo.
- *Modo manual supervisado:* mediante pulsadores se pueden mover las cintas y el transportador sin que éste se salga de sus posiciones máxima y mínima, ni se caigan los paquetes de la cinta E. Además, existe una parada de emergencia que se activa mediante una seta de emergencia en el pupitre de control, o mediante los finales de carrera de emergencia situados en los

extremos de los railes. Existe un pulsador de rearme (además del rearme de la seta de emergencia) mediante el cual el operador indica que ya no hay situación de emergencia.

Para automatizar el sistema:

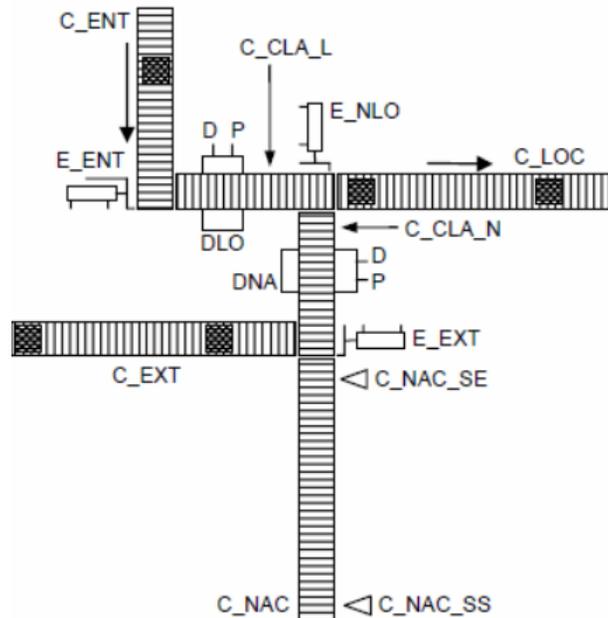
- Hacer el GRAFCET del modo de funcionamiento automático.
- Definir el tablero de mando y la lista de entradas/salidas del PLC.
- Hacer el GRAFCET final para contemplar el modo de funcionamiento manual y la parada de emergencia.

3.3.23 Proyecto A23. Clasificación de cajas⁴³

Se desea automatizar el sistema de clasificación de cajones de cartas de la figura 83.

Figura 83.

Diagrama de planta. Clasificación de cajas



Fuente: Imagen tomada de http://materias.fi.uba.ar/6629/gplc_av.pdf, año 2021.

⁴³ Tomado de http://materias.fi.uba.ar/6629/gplc_av.pdf, año 2021.

En la zona de clasificación previa, que no se ha pintado en la figura, las cartas son introducidas en cajones de igual tamaño, según el tipo de destino—local, nacional y extranjero—. Estos cajones llegan al sistema de clasificación de la figura a través de la cinta transportadora C_ENT.

El sistema de clasificación debe sacar cada tipo de cajón por la cinta transportadora que le corresponda: C_LOC para cajones con cartas con destino local; C_NAC para destino nacional y C_EXT para el extranjero. Para poder identificar, fácilmente, el destino de los cajones, estos llevan una etiqueta externa con el código de barras correspondiente (local, nacional, extranjero).

Para poder realizar el trabajo encomendado, además de las cintas indicadas, el sistema cuenta con:

- Empujador E_ENT para pasar los cajones de la cinta C_ENT a la cinta C_CLA_L donde, a través del sistema de lectura de código de barras DLO, se detectan los cajones con destino a la cinta C_LOC.
- Cinta C_CLA_L.
- Empujador E_NLO para pasar los cajones que no son de local a la cinta C_CLA_N. Cuando llega un cajón que ha sido clasificado como no local al final de la cinta C_CLA_L, E_NLO lo arrastra hacia la cinta C_CLA_N.
- Cinta C_CLA_N, donde mediante el lector de código de barras DNA, se determina si el destino es nacional o extranjero.
- Empujador E_EXT para pasar los cajones que no son de nacional a la cinta C_EXT. Cada cinta posee un motor para moverla (CXXX_M), un sensor a la entrada (CXXX_SE) y un sensor a la salida (CXXX_SS), para detectar la entrada y salida de paquetes. En la figura sólo se han pintado los sensores de C_NAC.
- Cada empujador tiene dos señales de entrada para indicarle el tipo de movimiento a realizar: a) señal OA (EXXX_OA) para avance; y b) señal OR (EXXX_OR) para retroceso. Además, cada empujador tiene asociado dos finales de carrera para indicar que está en la posición mínima (EXXX_SR) o en la posición máxima (EXXX_SA). Cada lector de código de barras tiene dos señales de salida: D para indicar que se ha detectado cajón y P para indicar que se corresponde con el tipo de destino

programado (local en el caso de DLO y nacional en el caso de DNA). La lógica utilizada en las señales es positiva.

El sistema tiene tres modos de funcionamiento que se seleccionan mediante un conmutador en el pupitre de control:

- Modo manual: mediante pulsadores adicionales se pueden mover libremente todos los elementos del sistema.
- Modo ciclo: en el modo ciclo hasta que un cajón no ha salido por la cinta correspondiente de salida no se pasa otro cajón de la cinta C_ENT a C_CLA_L. Para ello, el empujador E_ENT está dotado de un dispositivo que retiene los cajones sobre la cinta C_ENT, conforme van llegando.
- Modo rápido: en este modo, no hay que esperar a que un cajón salga por la cinta de salida correspondiente para introducir un nuevo cajón en el sistema. En el momento en que el cajón ha salido de la cinta C_CLA_L, el empujador E_ENT puede introducir un nuevo cajón de la cinta C_ENT, si lo hay.

Tanto en el modo ciclo como en el modo rápido, si se detecta que el sensor de entrada de la cinta C_ENT (C_ENT_ES) está más de 5 segundos activo, se activa la señal OCUPADO para que pare el sistema previo de clasificación que envía las cajas a C_ENT. La señal se desactiva cuando se desactiva el sensor C_ENT_ES. Tanto en el modo CICLO como en el modo RÁPIDO, las cintas solo se mueven cuando hay cajas sobre ellas. El sistema tiene una parada de emergencia que se activa pulsando una seta de emergencia situada en el pupitre de control.

Para automatizar el sistema:

- Listar las entradas/salidas del PLC y diseñar del tablero de control.
- Hacer el GRAFCET del modo CICLO.
- Hacer el GRAFCET del modo RÁPIDO.
- Desarrollar el GRAFCET final para contemplar el modo de funcionamiento manual y la parada de emergencia.

Siempre atiende en la secuencia cinta 2-cinta 1-cinta 2-cinta 1-cinta 2...

Cuando no hay ninguna maleta esperando en la cabecera de las cintas, el transportador espera treinta segundos en la cinta en la que está, y a continuación pasa a la siguiente cinta, siguiendo la secuencia. Si alguna maleta llega a la cabecera de algunas de las cintas, la espera se interrumpe y el transportador comienza a moverse siguiendo la secuencia hasta llegar a la cinta que tiene maleta (si ya no está en ella).

Para transferir una maleta al transportador, la cinta del transportador se mueve hasta que el sensor CTE detecta que la maleta ya está dentro. Por supuesto, la cinta de pasajeros también se mueve. Cuando el sensor CTC se activa indica que ya está lleno el transportador. A continuación, el transportador se dirige al muelle y espera a que llegue la camioneta. El sensor CP indica que la camioneta está en la posición correcta. La camioneta tiene dos compartimentos con capacidad igual a la del transportador; primero se llena el compartimento correspondiente al sensor S1 y, a continuación, después de una segunda recogida de maletas, el segundo compartimento. Para descargar el transportador sobre el compartimento de la camioneta, la cinta se mueve durante diez segundos.

El sistema tiene dos modos de funcionamiento controlados por un conmutador en el pupitre de control:

- *Modo automático*: descrito anteriormente. Hay dos pulsadores PA y PP para arrancar y parar en modo automático; cuando se da la orden de parar, el transportador termina de introducir la última maleta (si lo estaba haciendo) y, a continuación, se dirige al muelle a descargarla sobre la camioneta si la hay y si tiene espacio. Seguidamente, se para; si no se puede descargar, el transportador también se para. En modo automático el funcionamiento arranca a partir de cualquiera de las dos posiciones en el muelle (S1 o S2).
- *Modo manual supervisado*: mediante pulsadores se pueden mover las cintas y el transportador sin que este se salga de sus posiciones máximas y mínimas, ni se caigan las maletas. Además existe una parada de emergencia que se activa mediante una seta de emergencia en el pupitre de control o mediante los finales de carrera de emergencia situados en

los extremos de los raíles o mediante la activación del final de carrera CTF (una maleta se va a caer del transportador). Existe un pulsador de rearme (además del rearme de la seta de emergencia) mediante el cual el operador indica que ya no hay situación de emergencia.

Para automatizar el sistema:

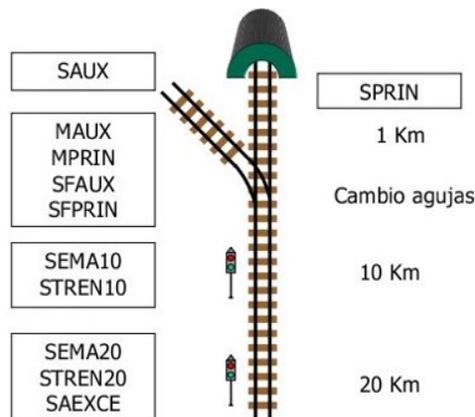
- Hacer el GRAFCET del modo de funcionamiento automático.
- Definir el tablero de mando y el número de entradas y salidas digitales del PLC.
- Hacer el GRAFCET final para contemplar el modo de funcionamiento manual y la parada de emergencia.

3.3.25 Proyecto A25. Cambio de agujas de un túnel⁴⁵

Se requiere automatizar un cambio de agujas para un túnel de la figura 85. Si los trenes son demasiado altos, se desvían por una vía auxiliar (AUX) sin túnel, en vez de utilizar la principal —PRIN— (con túnel).

Figura 85.

Diagrama de planta. Cambio de agujas de un túnel. Versión 1



Fuente: Imagen tomada de <https://www.yumpu.com/es/document/read/36367491/ejerGRAF-CETs-departamento-de-electronica-y-automatica>, año 2021

⁴⁵ Tomado de <https://www.yumpu.com/es/document/read/36367491/ejerGRAF-CETs-departamento-de-electronica-y-automatica>, año 2021

Datos de la instalación:

- Posición 20 km. De la boca del túnel, a 20 kilómetros, se han situado dos sensores de posición; el primero, STREN20, se activa en el momento que inicia el paso un tren y permanece activo mientras el tren está pasando; el segundo, SAEXCE, se activa si mientras está pasando el tren se detecta exceso de altura. Permanece activo mientras dura el exceso de altura. En esta posición hay, además, un semáforo (SEMA20).
- Posición 10 km. De la boca del túnel, a 20 kilómetros, está puesto el sensor de posición STREN10 que se activa mientras un tren cruza esa posición. También hay colocado otro semáforo (SEMA10).
- Posición cambio de agujas. A 5 kilómetros de la boca del túnel está situado el cambio de agujas. Mediante dos señales, MAUX y MPRIN, se controla el motor que realiza el cambio de agujas. Activando MAUX se cambia a la vía auxiliar y, activando MPRIN, a la vía principal. Hay dos finales de carrera, uno en cada vía, SFAUX y SFPRIN, para indicar si uno de los cambios se ha realizado.
- Posición 1 km. A un kilómetro del cambio de agujas, tanto en la vía principal como en la auxiliar, se han colocado dos sensores de posición SPRIN y SAUX; mientras un tren cruza una de esas posiciones, se activa el sensor correspondiente. El sistema tiene dos modos de funcionamiento: manual y automático. Mediante dos pulsadores, manual y automático, se selecciona uno de los modos.

El modo *manual* funciona de la siguiente manera:

- El cambio de agujas se debe corresponder con la vía auxiliar. Si al seleccionar *manual* no es así, se hace el cambio de agujas correspondiente, si se puede.
- Si el cambio de agujas es correcto, los dos semáforos permanecen abiertos.
- Cuando arranca el sistema, el modo por defecto es el manual.
- El modo *automático* funciona de la siguiente manera:
- El cambio de agujas se debe corresponder con la vía principal. Si al pulsar automático no es así, se hace el cambio de agujas correspondiente, si se puede.

- Si al pasar un tren por la posición 20 km se detecta que es alto, se cierra el semáforo de la posición 10 km y se inicia el cambio a vía auxiliar. Una vez que el cambio ha sido realizado, se abre el semáforo de la posición 10 km. Cuando el tren rebasa la posición 1 km. en la vía auxiliar, se vuelve a hacer el cambio a la vía principal. Si el tren detectado en la posición 20 km es normal, circulará por la vía principal sin parar siempre que el cambio de agujas sea correcto.
- Siempre que un tren es detectado en la posición 20 km, se cierra el semáforo de la posición 20 km, y no se abre hasta que el tren no haya sobrepasado la posición 1 km en la vía principal o en la auxiliar. En cualquier caso, mientras se realiza el cambio de agujas, los semáforos de 20 km y 10 km están cerrados. Si durante el modo automático se selecciona el modo manual, o viceversa, habrá que esperar a que la vía quede despejada para hacer el cambio de agujas si es necesario e ir al modo seleccionado.

Diseñar:

- GRAFCET del sistema de control descrito.
- Mejorar el GRAFCET para tratar situaciones anómalas:

Si en cualquiera de los casos se detecta que un tren se salta alguno de los dos semáforos, se activa la señal ALARMA y se activa la señal de radio-control FRENAR para que lo haga de forma automática. En cualquiera de los casos, el tren necesita 1 km para poder frenar. El sistema salta a modo manual, los semáforos permanecen cerrados y se selecciona la vía auxiliar. La alarma y la señal de FRENAR se desactivan cada vez que se pulsa MANUAL. Los semáforos permanecen cerrados mientras no salga el tren por la vía auxiliar.

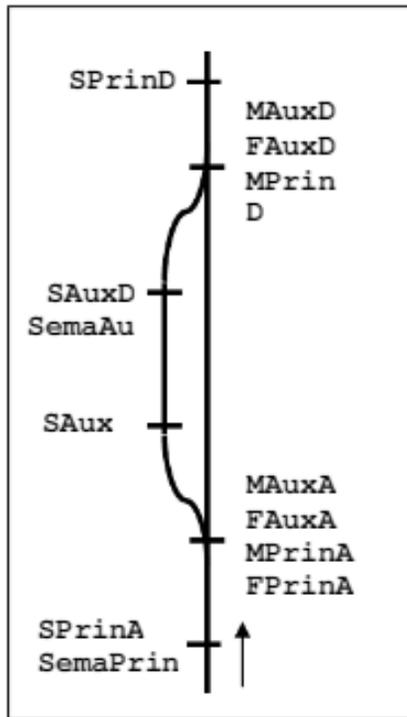
Si pasados diez minutos, desde que el tren fue detectado en la posición 20 km, todavía no ha cruzado ni SAUX ni SPRIN, el sistema de control activa la señal de tren PARADO. Esta permanece activa hasta que no cruce. El control salta a modo MANUAL si ya no lo estaba, permaneciendo los semáforos cerrados y sin realizar ningún cambio de aguja.

3.3.26 Proyecto A26. Cambio de agujas de un túnel⁴⁶

Se trata de automatizar una vía secundaria, asociada a una vía principal de un solo sentido, tal como muestra la figura 86. La función de la vía secundaria es permitir la circulación de trenes lentos y rápidos por la misma vía. Los trenes lentos esperan en la vía secundaria a que pase el tren rápido. Todo el conjunto es vigilado por el operador de forma visual desde un puesto de mando.

Figura 86.

Diagrama de planta. Cambio de agujas de un túnel. Versión 2



Fuente: Imagen tomada de <https://www.yumpu.com/es/document/read/36367491/ejerGRAFCEts-departamento-de-electronica-y-automatica>, año 2021

⁴⁶ Tomado de <https://www.yumpu.com/es/document/read/36367491/ejerGRAFCEts-departamento-de-electronica-y-automatica>, año 2021

Para automatizar el conjunto se dispone de:

- Dos cambios de aguja, A y D. A controla la entrada a la vía secundaria, y D la salida de la vía secundaria. Ambos cambios de aguja van equipados con un motor con un equipo de control que permite seleccionar, a través de dos entradas, MPrin y MAux, el movimiento entre vía principal y vía auxiliar. Además, cada cambio de aguja lleva asociado dos finales de carrera, FPrin y FAux, para indicar si el cambio se ha realizado correctamente.
- Cuatro sensores de posición (SPrinA, SPrinD, SAuxA y SAuxD) para determinar la posición de los trenes.
- Dos semáforos (SemaPrin y SemaAux) para ordenar el tráfico entre vía secundaria y vía principal.

El operador del puesto de control dispone de dos pulsadores:

- PRINSEC: da la orden al automatismo para que el siguiente tren de la vía principal pase a la vía secundaria. La forma de operar es la siguiente: primero, si hay tren entre SPrinA y SPrinD, el automatismo espera a que salga. A continuación, cierra el semáforo SemaPrin y realiza el cambio de agujas a la vía secundaria; seguidamente, abre SemaPrin y espera a que el tren esté en la vía secundaria (para ello utiliza SAuxA). Cuando el tren está en la vía auxiliar, vuelve a cerrar SemaPrin, cambia a la vía principal y vuelve a abrir SemaPrin. En todo momento, el semáforo SemaAux permanece cerrado. La longitud de los trenes siempre es menor que la distancia entre SAuxA y SAuxD.
- SECPRIN: da la orden al automatismo para que el tren que está en la vía secundaria pase a la vía principal. Opera de forma similar a PRINSEC: cuando no hay tren en el tramo de vía comprendido entre SPrinA y SPrinD, se cierra el semáforo SemaPrin, se realiza el cambio de agujas (D) a la vía secundaria y se abre el semáforo SemaAux. A continuación, el automatismo espera a que el tren salga de la vía SPrinD. Una vez que ha salido, se vuelve el cambio de agujas a la vía principal y se abre el semáforo SemaPrin.
- Tal como se ha descrito el sistema, si el operador no ha dado ninguna orden a través de los pulsadores, o hay un RESET, o después de un

corte de luz, los cambios de aguja deben seleccionar la vía principal. Cuando el operador da una orden el sistema, este no acepta una nueva orden (aunque se pulsen los pulsadores), hasta que la orden haya sido completada.

Para automatizar el sistema:

- Hacer el GRAFCET del sistema de control descrito
- Mejorar el GRAFCET para tratar la situación anómala de falta de respuesta del sistema (no se realiza el cambio de agujas), cuando después de dar una orden con los pulsadores, han pasado 5 minutos y esta no se ha realizado. Si esto ocurre, se activa la señal ALARMA. Esta se desactiva si se vuelve a pulsar nuevamente el mismo pulsador utilizado para dar la orden de cambio.

Referencias bibliográficas

Software

MasterPLC. (s.f.). Descargar CAde SIMU V4.0 Última Versión 2021. <https://cutt.ly/owbuodE>

Scheider Electric. (s.f.). ZelioSoft2: programming software & documentation. https://www.se.com/co/es/download/document/ZelioSoft2_V5_0/

Imágenes

Aplicaciones de PLC, blogspot. (s.f.). Estructura de un PLC. <http://aplicacionesdeplc.blogspot.com/2011/03/estructura-de-un-plc.html>

López Espejo, I. (2011). Control de un cruce de semáforos con autómata programable. Universidad de Granada. Diciembre 2011. <http://www.ugr.es/~iloes/proyectos/fisicayelectronica/SemPLC.pdf>

freepik. (s.f.). https://www.freepik.es/iconos-gratis/deberes_930582.htm#page=1&query=tarea&position=2

___. (s.f.). https://www.freepik.es/iconos-gratis/reproductor-video_768848.htm#page=1&query=CLICK%20VIDEO&position=0

___. (s.f.). https://www.freepik.es/iconos-gratis/simbolo-formato-archivo-dem_742697.htm#page=1&query=demo&position=2

Pinterest, (s.f.). Ciclo de scan, <https://co.pinterest.com/pin/703757879242372535/>

Hernández, Riveros, J. Resumen de los principales símbolos y reglas del GRAFCET, (s.f.). https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Simbolos-y-Reglas-del-GRAFCET_fig1_26612580

Videos

ABB's state-of-the-art technology for hot stamping. (s.f.). <https://www.youtube.com/watch?v=ZFj-DpLcVMas>

Audi Electric Motors Production. (s.f.). <https://www.youtube.com/watch?v=zttC2x9nMEw>

Funcionamiento de los finales de carrera. (s.f.). <https://www.youtube.com/watch?v=goh1DXE-ib0>

Línea de producción del Mercedes Serie A (s.f.). <https://www.youtube.com/watch?v=myaCbs2ScLw>

Documentos en la web

Unidad 2. Ejemplos

Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Zaragoza. Área de Ingeniería de Sistemas y Automática. (s.f). Material docente. <http://automata.cps.unizar.es/Animaciones/Animaciones.htm#Ejercicio1>.

... Área de Ingeniería de Sistemas y Automática. (s.f). Material docente. <http://automata.cps.unizar.es/Animaciones/Animaciones.htm#Ejercicio2>.

... Área de Ingeniería de Sistemas y Automática. (s.f). Material docente. <http://automata.cps.unizar.es/Animaciones/Animaciones.htm#Ejercicio3>

... Área de Ingeniería de Sistemas y Automática. (s.f). Material docente. <http://automata.cps.unizar.es/Animaciones/Animaciones.htm#Ejercicio4>

... Área de Ingeniería de Sistemas y Automática. (s.f). Material docente. <http://automata.cps.unizar.es/Animaciones/Animaciones.htm#M%C3%A1quinaHerramienta>.

... Área de Ingeniería de Sistemas y Automática. (s.f). Material docente. <http://automata.cps.unizar.es/Animaciones/Animaciones.htm#ClasificadorPiezas>.

Universidad Carlos III de Madrid. Problema: mezcladora. (s.f). Open Course Ware. http://ocw.uc3m.es/ingenieria-de-sistemas-y-automatica/automatizacion-industrial/ejercicios/ejercicios_resueltos_grafcet.pdf

UPCO ICAI Departamento de Electrónica y Automática 1. Automatización industrial. (s.f). <https://www.yumpu.com/es/document/read/12465239/modelado-de-un-automatismo-mediante-la-herramienta-grafica->

Unidad 3. Problemas de automatización. Nivel básico

Programación GRAFCET en PL71. (s.f). Revista de Eléctrica, Electrónica y Automática. <http://olmo.pntic.mec.es/~jmarti50/grafcet/grafcet.htm>

Unidad 3. Problemas de automatización. Nivel medio

Automatización Industrial, Robótica e Industrial 4.0 (s.f). Programación de un GRAFCET CP1A - Puente grúa, <https://www.infopl.net/descargas/13-omron/768-programacion-de-un-GRAFCET-cp1a-puente-grua>

Universidad de Oviedo. El Automata Programable CPM1A (s.f). http://isa.uniovi.es/~vsuarez/Download/Problemas_Programacion_PLCS.pdf

Universidad de Oviedo. El autómata programable Schneider M340. (s.f). http://isa.uniovi.es/~alonsog/Automatas_M340/El_automata_M340_Problemas.pdf

Unidad 3. Problemas de automatización. Nivel avanzado

- Tabares, Héctor; Hernández, Jesús. (2007). Automatización planta de embotellado de la línea de proceso de transformaciones vegetales de la facultad de ingeniería de la Universidad La Gran Colombia Seccional Armenia, aplicando control borroso para la detección de alarmas. Sophya. Núm. 3, marzo, 2007, pp. 56-68 <https://www.redalyc.org/pdf/4137/413740746005.pdf>
- InstrumentacionyControl.net. (s.f.). Ejemplo_Grafcet_TSX_37.pdf, https://instrumentaciony-control.net/wp-content/uploads/2017/11/IyCnet_Ejemplo_Grafcet_TSX_37-min.pdf
- Universidad de Oviedo. (s.f.). Proyecto de sistema de automatización. Estación para llenado y transporte de líquido. <http://isa.uniovi.es/genia/spanish/doc/publicaciones/Ejemplo%20Automatizaci%F3n.pdf>
- Universidad de Buenos Aires. Control industrial distribuido (66.29). (s.f.). Guía de ejercicios Avanzados de Programación de PLC, http://materias.fi.uba.ar/6629/gplc_av.pdf
- ___ (s.f.) UPCO ICAI Departamento de Electrónica y Automática 1. (s.f.). <https://www.yumpu.com/es/document/read/36367491/ejerGRAFCEts-departamento-de-electronica-y-automatica>
- ___ (s.f.) UPCO ICAI Departamento de Electrónica y Automática <https://www.yumpu.com/es/document/read/24543595/ejergrafkets-departamento-de-electronica-y-automatica>

Este manual guía se ha escrito con un propósito académico: la enseñanza remota de la asignatura Automatización de Procesos, que se dicta en la Facultad de Ingeniería de la Institución Universitaria Pascual Bravo. El temario académico se encuentra dividido en tres unidades. En la primera unidad se proporciona una introducción al curso y al controlador lógico programable; la segunda unidad trata sobre circuitos secuenciales y la metodología GRAFCET, diagrama funcional con el que se modela el proceso por automatizar mediante etapas lógicas, predefinidas por sus entradas, acciones y salidas; en la tercera unidad se presentan proyectos de automatización tomados de la internet, divididos en tres grandes grupos, clasificados según su grado de complejidad en nivel básico, medio y avanzado.



Alcaldía de Medellín

VIGILADA Mineducación

Más información:

Teléfono: (+57 4) 448 0520

Calle 73 # 73a - 226 Robledo, Vía El Volador
Medellín-Colombia



www.pascualbravo.edu.co