



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Jaén

Trabajo Fin de Grado

VIRTUALIZACIÓN DE LA MAQUETA DOCENTE PARA PRÁCTICAS DE AUTOMATIZACIÓN DE SISTEMAS SECUENCIALES

Alumno: David Expósito Gallardo

Tutor: Prof. Dña. Elisabet Estévez Estévez

Prof. D. Alejandro Sánchez García

Dpto: Ingeniería Electrónica y Automática



Universidad de Jaén
Escuela Politécnica Superior de Jaén
Departamento de Ingeniería Electrónica y Automática

Doña Elisabet Estévez Estévez y Don Alejandro Sánchez García , tutores del Proyecto Fin de Carrera titulado: Virtualización de la maqueta docente para prácticas de automatización de sistemas secuenciales, que presenta David Expósito Gallardo, autoriza su presentación para defensa y evaluación en la Escuela Politécnica Superior de Jaén.

Jaén, Septiembre de 2021

El alumno:

Los tutores:

DAVID EXPÓSITO GALLARDO

ELISABET ESTÉVEZ ESTÉVEZ
ALEJANDRO SÁNCHEZ GARCÍA

RESUMEN

El objeto del presente trabajo de fin de grado es analizar la potencialidad de herramientas como Factory I/O en la virtualización de posibles plantas a controlar. En concreto se ha diseñado, con dicho programa, una escena que muestra la parte de paletización de una planta con la idea de que se pueda emplear como maqueta docente de prácticas de automatización de sistemas secuenciales.

Mediante el programa TIA Portal se podrá realizar la programación de dicho proceso para, posteriormente, enlazarlo con Factory I/O y ver en la simulación si el proceso evoluciona de acuerdo a nuestra programación.

ABSTRACT

The purpose of this Bachelor's Degree Final Project is to analyze the potential of tools such as Factory I/O in the virtualization of possible plants to control. Specifically with this program, a scene has been designed to show the palletizing part of a plant with the idea that it can be used as a teaching model of sequential systems automation practices.

Using the TIA Portal program it will be possible to program said process to later link it with Factory I/O and see in the simulation if the process evolves according to our programming.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Contexto.....	1
1.2. Motivación	1
1.3. Objetivos	2
1.4. Estructura.....	3
2. FACTORY I/O	4
2.1. Descripción	4
2.2. Ventajas e inconvenientes.....	5
2.3. Configuración de elementos básicos.....	8
2.4. Comparativa.....	11
3. DISEÑO DE AUTOMATISMOS SECUENCIALES.....	13
3.1. Guía GEMMA.....	13
3.2. Marcha por ciclos y paradas a final de ciclo	17
3.3. Parada de emergencia	19
3.4. Metodología a seguir en la implementación de una automatización	21
4. MAQUETA DOCENTE PARA PRÁCTICAS	23
4.1. Diseño.....	23
4.2. Funcionamiento.....	28
4.3. Sensores y actuadores utilizados	34
4.4. Conexión con PLCSIM	43
4.5. Programación en TIA Portal V14	46
4.6. Tipos de variables utilizadas	50
4.7. Enunciado para la resolución de la práctica	51
5. CONCLUSIONES.....	80
6. BIBLIOGRAFÍA	82
7. ANEXOS	83
7.1. GRAFCETS	83

TABLA DE ILUSTRACIONES

Figura 1. Diagrama de flujo de contenidos	3
Figura 2. Factory I/O	4
Figura 3. Algunos elementos contenidos en la librería de Factory I/O	5
Figura 4. Menú opciones donde se encuentra el modo instructor	6
Figura 5. Requisitos del sistema.....	7
Figura 6. Sensor difuso	8
Figura 7. Sensor capacitivo (azul) y sensor inductivo (rojo).....	9
Figura 8. Configuración cilindro neumático.....	9
Figura 9. Configuración cinta transportadora.....	10
Figura 10. Partes de un automatismo.....	13
Figura 11. Representación GEMMA	14
Figura 12. Guía GEMMA completa	17
Figura 13. Puesta en marcha y parada a final de ciclo	18
Figura 14. Parada en un punto	18
Figura 15. Parada de emergencia (1ª posibilidad)	20
Figura 16. Parada de emergencia (2ª posibilidad)	20
Figura 17. 1ª propuesta para maqueta	23
Figura 18. Materiales a clasificar	24
Figura 19. 2ª propuesta para maqueta	24
Figura 20. Diseño final.....	25
Figura 21. Tipo de cajas	25
Figura 22. Vista general de la maqueta inicial	26
Figura 23. Vista de la zona de palés (maqueta inicial).....	26
Figura 24. Vista general de la maqueta final.....	27
Figura 25. Vista de la zona de palés (maqueta final)	28
Figura 26. Caja de control y maniobra de la maqueta final	30
Figura 27. Zonas diferenciadas	31
Figura 28. Zona de alimentación	32
Figura 29. Almacenes	32
Figura 30. Una de las zonas de carga.....	33
Figura 31. Zona de evacuación	34
Figura 32. Bloque de función que permite la comunicación.....	43

Figura 33. Disposición de sensores y actuadores en Factory I/O	44
Figura 34. Ventana de configuración de entradas y salidas.....	45
Figura 35. Ejemplo de interfaz de TIA Portal	46
Figura 36. Información del PLC que se ha utilizado.....	47
Figura 37. GRAFCET de primer nivel	48
Figura 38. Recorte bloque de función.....	49
Figura 39. Tabla de variables	50
Figura 40. Activar vista de etiquetas.....	51
Figura 41. Estado en producción.....	51
Figura 42. Diagrama cajas medianas	52
Figura 43. Cajas medianas agrupadas	53
Figura 44. Cajas en palé	54
Figura 45. Diagrama cajas grandes.....	55
Figura 46. Palé cajas grandes listo.....	56
Figura 47. Diagrama cajas pequeñas	57
Figura 48. Elevador con cajas pequeñas.....	58
Figura 49. Diagrama palé cajas pequeñas	59
Figura 50. Palé destinado a las cajas pequeñas	60
Figura 51. Palé cajas pequeñas lleno.....	62
Figura 52. Espera de seguridad	62
Figura 53. Sensor descarga	63
Figura 54. Diagrama cajas grandes.....	64
Figura 55. Palé destinado a las cajas grandes	65
Figura 56. Palé cargado con cajas grandes.....	66
Figura 57. Diagrama caja mediana.....	68
Figura 58. Palé destinado a las cajas medianas.....	70
Figura 59. Palé de cajas medianas completo	71
Figura 60. Botón selector asociado al de paro.....	72
Figura 61. Parada obtenida	73
Figura 62. Parada obtenida a final de ciclo.....	73
Figura 63. Seta de emergencia	73
Figura 64. Parada de emergencia con parada en un punto	74
Figura 65. Parada de emergencia con parada en el estado inicial.....	76
Figura 66. Posición del elevador predeterminada.....	77
Figura 67. Generador de pulsos	78

Figura 68. Establecer velocidad de simulación.....	78
Figura 69. Menú para forzar entradas o salidas	79

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1.1 (sensores)	34
Tabla 1.2 (sensores)	35
Tabla 1.3 (sensores)	36
Tabal 1.4 (sensores)	37
Tabla 1.5 (sensores)	38
Tabla 1.6 (sensores)	39
Tabla 2.1 (actuadores)	39
Tabla 2.2 (actuadores)	40
Tabla 2.3 (actuadores)	41
Tabla 2.4 (actuadores)	42
Tabla 2.5 (actuadores)	43

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Contexto

Debido a la crisis mundial del virus COVID-19, se ha tenido que modificar el enfoque que hasta ahora se tenía de la realidad. Ha sido todo un revulsivo general que ha provocado cambios en aspectos tan esenciales como la educación, comunicación, trabajo, ocio, sanidad ...

Si partimos de la premisa de que, debido a las nuevas normas sanitarias, se han dificultado las practicas docentes, que en ingeniería son tan necesarias, este proyecto surge de la necesidad de ofrecer a los y las estudiantes una alternativa segura de poder seguir realizando prácticas de automatismos secuenciales de manera virtual. De esta forma se podrán afianzar los conceptos explicados en clase desde cualquier lugar, no necesariamente desde el laboratorio.

1.2. Motivación

Como se ha mencionado anteriormente, la motivación principal de este proyecto es el dar una alternativa a los alumnos de poder realizar sus prácticas ya que, por la acción del coronavirus, se han modificado los protocolos y ya no son tan accesibles los laboratorios.

Este tipo de herramientas virtuales son muy útiles ya que se consigue el mismo fin que si se utilizaran los equipos del laboratorio, pero a través de simulaciones por ordenador. Además, esta herramienta en concreto, Factory I/O, da la posibilidad de crear procesos industriales relativamente complejos que nos permitirá poner a prueba los conocimientos adquiridos sobre la materia, sin el temor de romper sensores o actuadores.

El sector de la automatización industrial se encuentra en constante crecimiento y evolución, por este motivo, la aparición de este tipo de herramientas permite entrenar a la hora de programar y realizar las distintas conexiones de entradas y salidas a un PLC.

1.3. Objetivos

Los objetivos que abarca este proyecto son los siguientes:

- Afianzar los conocimientos adquiridos durante el grado en el ámbito de la automatización industrial.
- Aprender a diseñar automatismos secuenciales gracias al uso de la guía GEMMA.
- Explorar la potencialidad de Factory I/O, a fin de que pueda ser utilizado en las prácticas de los y las estudiantes del grado para su aprendizaje.
- Crear una maqueta de prácticas virtual para uso docente en el que los estudiantes puedan entrenar en la automatización de sistemas.

1.4. Estructura

Mediante el siguiente diagrama de flujo, mostrado en la [figura 1](#), se representan los contenidos de los que dispone este proyecto.

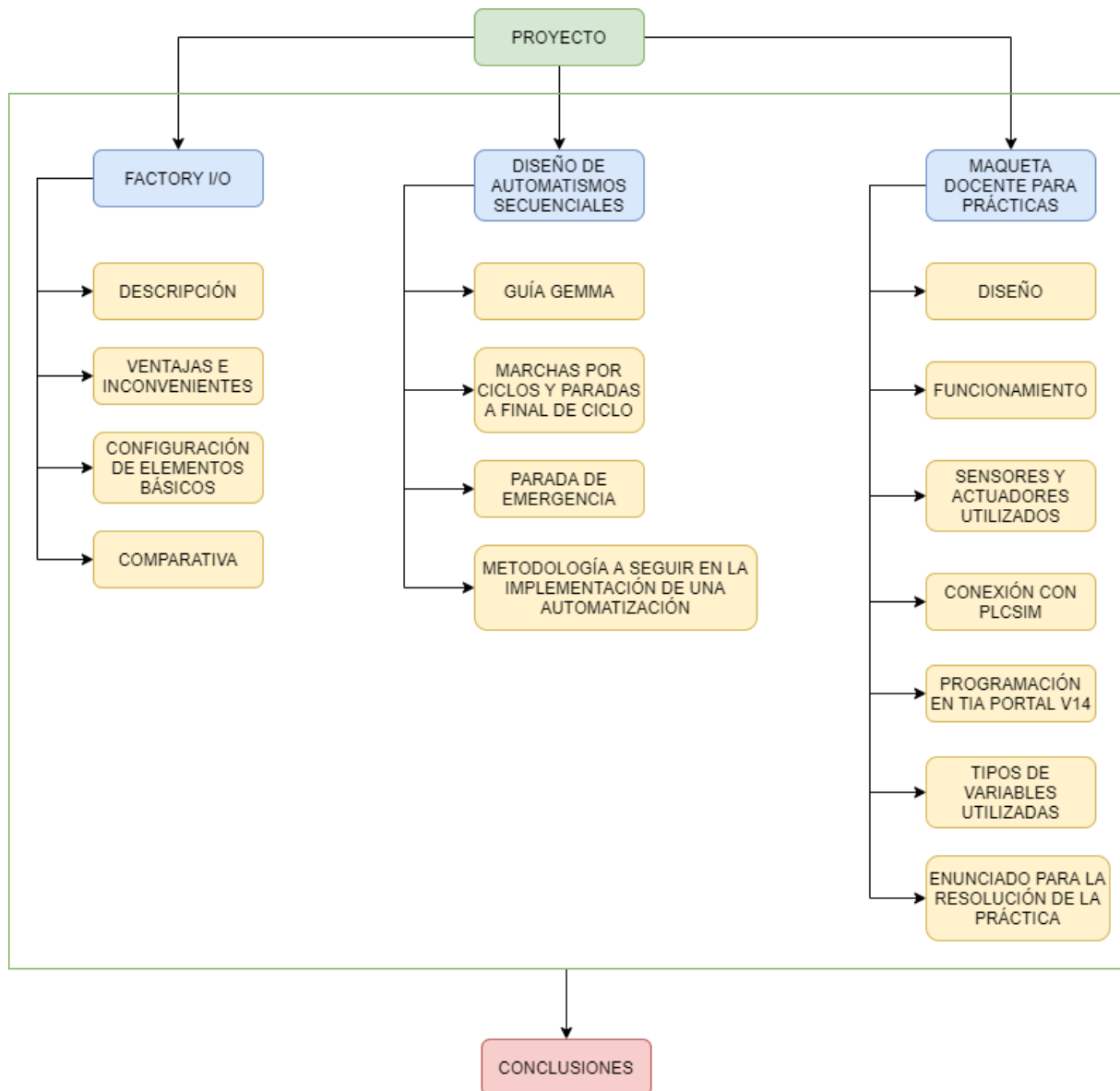


Figura 1. Diagrama de flujo de contenidos

2. FACTORY I/O

2.1. Descripción

Factory I/O es un software de simulación en 3D, mostrado en la [figura 2](#), creado por Real Games [\[1\]](#). Está enfocado al aprendizaje de tecnologías para la automatización industrial.



Figura 2. Factory I/O [\[2\]](#)

Las características principales que hacen de Factory I/O una herramienta tan potente para el aprendizaje de tareas de control, mediante PLC, son: escenas predefinidas inspiradas en las aplicaciones industriales más comunes; utiliza una librería con más de 80 componentes de amplio uso a nivel industrial, como se muestra en la [figura 3](#); te permite poder diseñar nuevas escenas con una gran variedad de posibilidades.

Además, aunque está diseñado para el entrenamiento a la hora de programar y realizar las distintas conexiones de entradas y salidas de un PLC, puede ser utilizado con microcontroladores y otras tecnologías.

Si en un futuro le gustaría dedicarse al sector de la automatización industrial o simplemente siente curiosidad por saber cómo se realizan estos procesos, entonces Factory I/O es su programa.



Figura 3. Algunos elementos contenidos en la librería de Factory I/O

2.2. Ventajas e inconvenientes

Las ventajas más destacables de este simulador son:

- Diagnóstico de averías: todos los sensores y actuadores, incluidos en la librería, cuentan con 3 modos de funcionamiento: modo normal, modo en circuito abierto y modo en circuito cerrado. De esta manera, se le permite al usuario programar el sistema para resolver posibles fallos que se podrían dar en un caso real.
- Fácil comunicación: Factory I/O tiene implementado diferentes drivers para diversas tecnologías comunes, de esta forma, obtiene la capacidad de poder comunicarse con ellas de manera rápida y sencilla.

- Modo instructor: es muy sencillo crear nuevas escenas en este software y mandarlas en forma de archivo a otros usuarios. El modo instructor le da la posibilidad de bloquear ciertas opciones dentro de la escena, lo cual es bastante útil si, como profesor, lo quiere mandar a los y las estudiantes para evaluar como hacen la programación del proceso industrial que se ha representado en dicha escena. Las opciones a bloquear son las mostradas en la [figura 4](#):

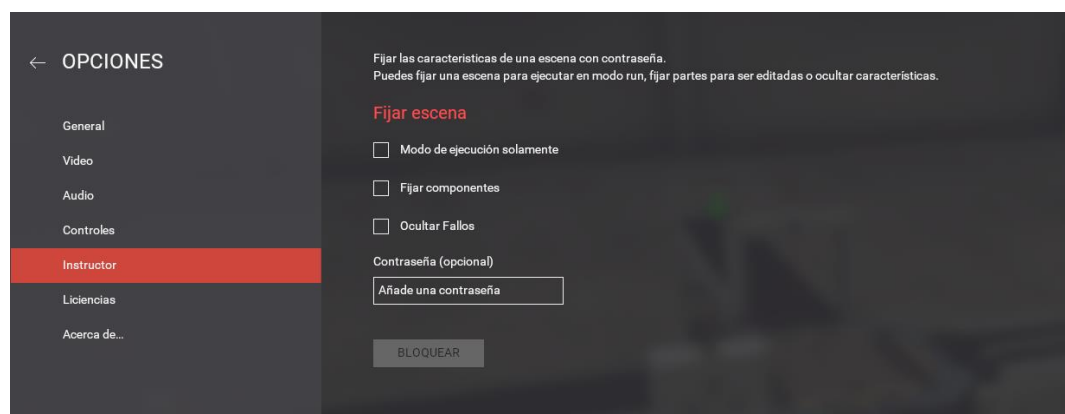


Figura 4. Menú opciones donde se encuentra el modo instructor

- Modo de ejecución solamente: no permite insertar nuevos elementos de la librería en la escena.
 - Fijar componentes: da la opción de impedir la modificación de la posición de los distintos elementos con los que está construida la escena inicialmente, los nuevos que se añadan si se podrán mover.
 - Ocultar fallos: permite dejar componentes con la configuración de circuito abierto o cerrado sin que se le notifique nada a la persona que esté utilizando la escena.
- Hay disponible una demo gratuita que puede ser descargada y utilizada durante 30 días, tiempo suficiente como para hacer algunas prácticas en clase o en cualquier lugar sin necesidad de pagar una licencia.

Sin embargo, este software también cuenta con una serie de inconvenientes. Los más destacables son los siguientes:

- Factory I/O no permite, en ninguna de sus actuales versiones, la posibilidad de crear nuevos elementos para añadirlos a la librería. Es una desventaja clara ya que obliga a usar, únicamente, los componentes que la misma contiene. No obstante, con cada actualización del software se van añadiendo nuevos elementos, mejoras y nuevas opciones.
- Tiene disponible una opción que permite ver cómo se van activando y desactivando las distintas entradas y salidas a la vez que se ve cómo evoluciona el proceso, pero como son dos imágenes superpuestas, no se aprecian bien las etiquetas de los sensores y actuadores.
- Existen pequeños fallos, como esquinas invisibles, en las que los objetos tropiezan o simplemente se quedan atrapados y dejan de moverse. No suele ocurrir con frecuencia.
- Requisitos del sistema: observando la [figura 5](#), se aprecia que este simulador consume bastantes recursos del ordenador, por lo que es recomendable tener un sistema relativamente potente para poder ejecutarlo correctamente. Por un mal rendimiento del software se pueden ver afectados, por ejemplo, los temporizadores.

Sistema operativo	Windows 7 SP1 + o superior
UPC	CPU con soporte de conjunto de instrucciones SSE2
GPU	NVIDIA desde 2006 (GeForce 8), AMD desde 2006 (Radeon HD 2000), Intel desde 2012 (HD 4000 / IvyBridge)

Figura 5. Requisitos del sistema [2]

2.3. Configuración de elementos básicos

En este punto se verá cómo se configurarían algunos de los elementos que vienen en la librería. Por ejemplo, con los sensores difusos, representado en la [figura 6](#), lo único que permite configurar Factory I/O es la distancia a la que el sensor puede llegar a detectar un objeto.

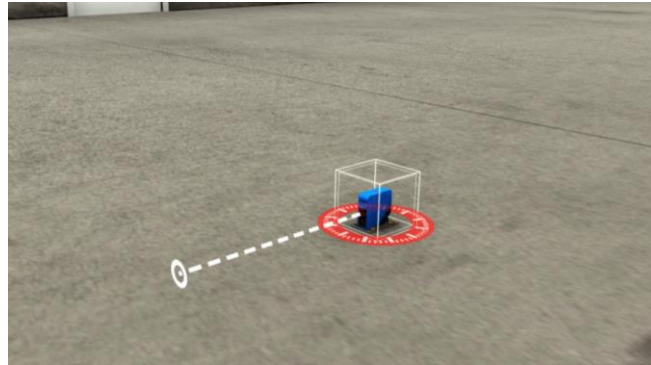


Figura 6. Sensor difuso

Este tipo de sensor es, sin duda, uno de los más utilizados por su fácil configuración y uso. Además, en cualquier planta real suele estar presente por su gran utilidad.

Con los sensores inductivos y capacitivos, representados en la [figura 7](#), pasa exactamente igual que con los difusos, se puede configurar el alcance al que llegan a detectar objetos. También permite seleccionar si el sensor es digital o analógico.

La principal diferencia que tienen estos 2 sensores con el difuso es que el sensor difuso tiene un mayor alcance a la hora de detectar objetos. Entre el sensor capacitivo e inductivo la única diferencia que existe es que el capacitivo es capaz de detectar objetos metálicos y no metálicos, mientras que el inductivo solo es capaz de detectar objetos metálicos.

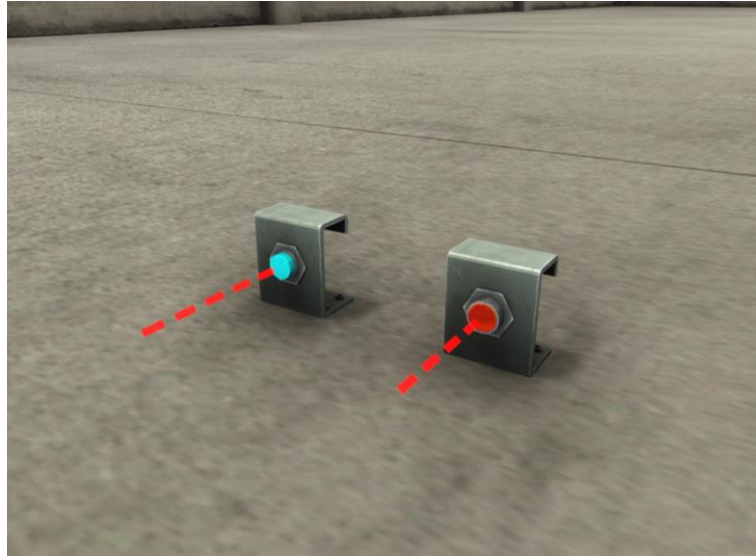


Figura 7. Sensor capacitivo (azul) y sensor inductivo (rojo)

Con los cilindros neumáticos, por ejemplo, Factory I/O sí ofrece más opciones de configuración. Se pueden configurar como cilindros de simple efecto, de doble efecto, analógicos o analógicos y digitales, como se muestra en la [figura 8](#).



Figura 8. Configuración cilindro neumático

La cinta transportadora, mostrada en la [figura 9](#), también permiten algunos tipos de configuración. Entre ellos se encuentra el decidir si se quiere que la cinta se mueva en un solo sentido o que se mueva en ambos sentidos. Si se configura como analógico, aparte de controlar el sentido, también se podrá controlar la velocidad a la que lo hace.



Figura 9. Configuración cinta transportadora

La gran mayoría de los elementos que contiene la librería de Factory I/O permite alguna que otra configuración. Lo único que habría que hacer es explorar un poco por las distintas opciones que ofrece hasta que se dé con la deseada. Las configuraciones se hacen de manera muy sencilla, basta con solo pinchar en la opción y ya se tendría el sensor, actuador o cualquier otro elemento configurado y listo para usarse.

2.4. Comparativa

Uno de los objetivos de este proyecto era encontrar una herramienta lo suficientemente potente y de fácil uso como para poder ser utilizado en clase sin necesidad de un aprendizaje previo. Es decir, se pretende que los alumnos sean capaces de manejar el simulador para practicar a programar procesos de automatización industrial sin la necesidad de invertir más tiempo en aprender a usar softwares complejos. Algunas de esas herramientas son:

- FlexSim [3]: es un software para la simulación en 3D de eventos discretos, que permite crear, analizar y optimizar cualquier tipo de proceso industrial. Posee una serie de librerías de objetos para simular y cada objeto tiene una ventana de propiedades y otra de parámetros que permite su configuración.
- Visual Components [4]: es un software para la simulación en 3D de fábricas. Permite diseñar, optimizar y validar los diseños propios de una forma rápida y sencilla. Ofrece una interfaz para ver y administrar los procesos y el flujo de producción, lo que facilita el análisis, la detección de errores y la modificación de los procesos industriales.
- CIROS Studio [5]: es un software de trabajo profesional para simular plantas industriales en 3D. La simulación incluye efectos físicos, operaciones de transporte, conexiones de tubos flexibles, cadenas de arrastre, errores y sensores. Todos los objetos se controlan desde controles virtuales integrados a través de interfaces mecánicas o eléctricas para la realización de experimentos y análisis realistas.

Viendo las características ofrecidas por los fabricantes de las anteriores herramientas y comparándolas un poco con el simulador que se ha escogido para este proyecto, se ha llegado a la conclusión de que serán desechadas frente a Factory I/O. A pesar de que estas tienen más alternativas a la hora del diseño, es necesario más tiempo y dedicación para aprender a usarlas. Por otro lado, Factory I/O es más limitado en cuanto al diseño, pero es mucho más intuitivo y fácil de manejar a la hora de usarlo en clase. Ofrece una calidad gráfica semejante a la de los videojuegos y eso lo hace más atractivo a la hora de decidir con que simulador queremos trabajar.

Hay un último simulador que también pertenece a Real Games y se llama ITS PLC MHJ-Edition [6]. Es como Factory I/O, pero a un nivel más básico. Contiene 5 escenas básicas ya utilizables y de fácil uso. No está incluida la opción de diseñar ni de modificar las escenas, pero tiene la ventaja de que los requisitos para ejecutar el simulador son menos exigentes que los de Factory I/O. Esto es uno de los principales problemas que tendría el simulador de Real Games a la hora de intentar implementarlo dentro de una asignatura; la necesidad de poseer equipos lo suficientemente potentes. Por lo tanto, PLC MHJ-Edition podría ser una alternativa para aquellos/as que tengan un ordenador más modesto y que no puedan instalar Factory I/O en sus equipos.

3. DISEÑO DE AUTOMATISMOS SECUENCIALES

3.1. Guía GEMMA

Con la idea de crear un estándar en la automatización de sistemas de producción al igual que con el número y tipos de los distintos estados en los que se puede hallar uno de estos sistemas, en 1984 se creó la guía GEMMA en Francia [7]. El objetivo de esta guía era servir como apoyo a la hora de diseñar un GRAFCET.

La GEMMA es una guía gráfica que permite presentar, de una forma sencilla y comprensible, los diferentes modos de marcha de una planta, así como las formas y condiciones para pasar de un modo a otro. La GEMMA y el GRAFCET se complementan, una al otro, originando una descripción progresiva del automatismo de producción.

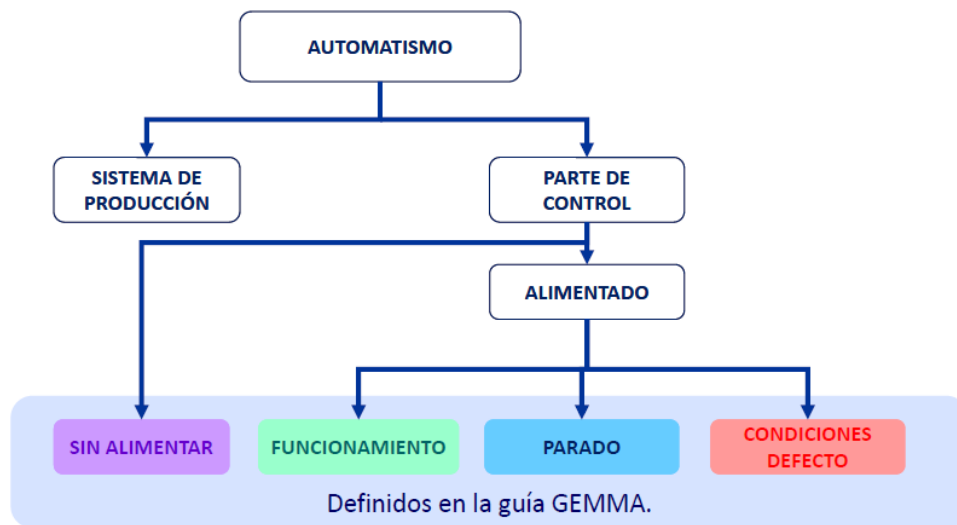


Figura 10. Partes de un automatismo

Un automatismo está formado por 2 partes fundamentalmente: el sistema de producción y el control de este sistema (autómata programable, pc, etc.) como se ha visto en la figura 10. El control puede estar alimentado o sin alimentar.

Cuando el control esta alimentado, el sistema se puede encontrar en 3 situaciones: en funcionamiento, parado y en defecto como se aprecia en la [figura 11](#). La producción se puede dar en cada una de las 3 situaciones.

La guía GEMMA representa cada una de las 4 situaciones (sin alimentar, funcionamiento, parada y defecto) mediante rectángulos y la producción mediante un quinto rectángulo que se intersecta con los 3 rectángulos principales [\[8\]](#).

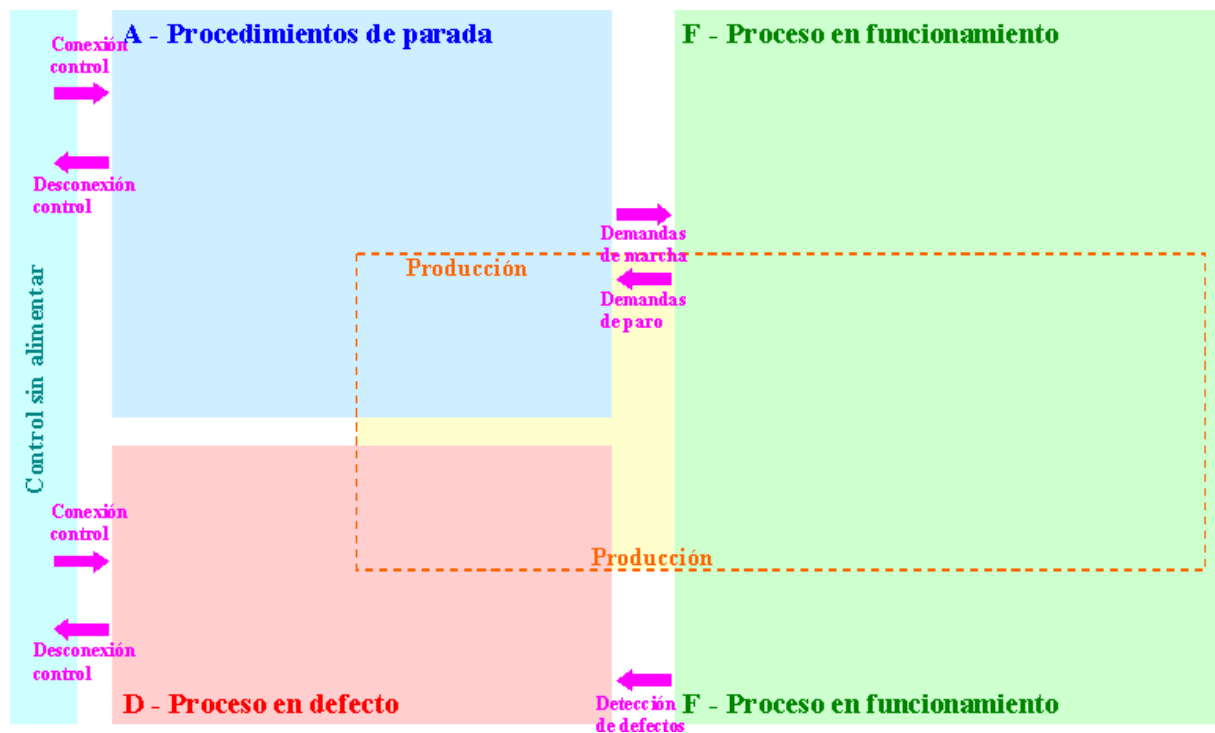


Figura 11. Representación GEMMA

Cada una de estas cuatro situaciones se pueden subdividir en otras varias situaciones dando lugar a un total de 17 estados posibles de funcionamiento.

Cabe destacar que no todos los procesos están obligados a incluir todos y cada uno de estos estados, pero se puede estar seguro de que los estados necesarios en cada automatización podrán relacionarse fácilmente con una parte de los que propone la guía GEMMA.

A continuación, se mencionarán sin entrar mucho en detalle, todos los estados que recoge la GEMMA:

- Grupo F: Procedimientos de funcionamiento.
 - F1: producción normal. Es el estado donde la máquina produce normalmente.
 - F2: marcha de preparación. Corresponde a la preparación de la máquina para su funcionamiento.
 - F3: marcha de cierre. Corresponde a la etapa de vaciado y/o limpieza.
 - F4: marchas de verificación sin orden. En esta situación la máquina puede realizar cualquier movimiento por orden del operador (normalmente).
 - F5: marchas de verificación en orden. En esta situación la máquina realiza el ciclo completo de funcionamiento en orden, pero al ritmo fijado por el operador.
 - F6: marchas de prueba. Permiten realizar las operaciones de ajuste y mantenimiento preventivo.
- Grupo A: Procedimientos de parada.
 - A1: parada en el estado inicial. Es el estado normal de reposo de la máquina.
 - A2: parada pedida a final de ciclo. Cuando se solicita este paro, la máquina debe continuar hasta final de ciclo para finalmente detenerse.

- A3: parada pedida en un estado determinado. Cuando se solicita este paro, la máquina debe continuar hasta pararse en el estado deseado.
 - A4: parada obtenida. Estado de reposo de la máquina diferente al estado inicial.
 - A5: preparación para la puesta en marcha después del defecto. Corresponde a la fase de vaciado, limpieza o puesta en orden después de un defecto.
 - A6: puesta del sistema en el estado inicial. El sistema es llevado hasta la etapa inicial.
 - A7: puesta del sistema en un estado determinado. El sistema es llevado hasta una situación concreta.
- Grupo D: Procedimiento de defecto.
 - D1: parada de emergencia. Detiene el sistema y se realizan todas las acciones necesarias para llevar el sistema a una situación de parada segura.
 - D2: diagnóstico y/o tratamiento de los defectos. Se determinan las causas del defecto y se eliminan.
 - D3: seguir en producción con fallo. Corresponde a aquellos casos en los que no queda más remedio que seguir produciendo a pesar de que el sistema no funcione correctamente.

En resumen, la guía GEMMA quedaría completamente definida, mostrada en la [figura 12](#), una vez que se han incorporado todos estos nuevos estados al gráfico anterior. De esta manera se contemplan todas y cada una de las diferentes situaciones que se podrían considerar a la hora de programar un sistema automatizado.

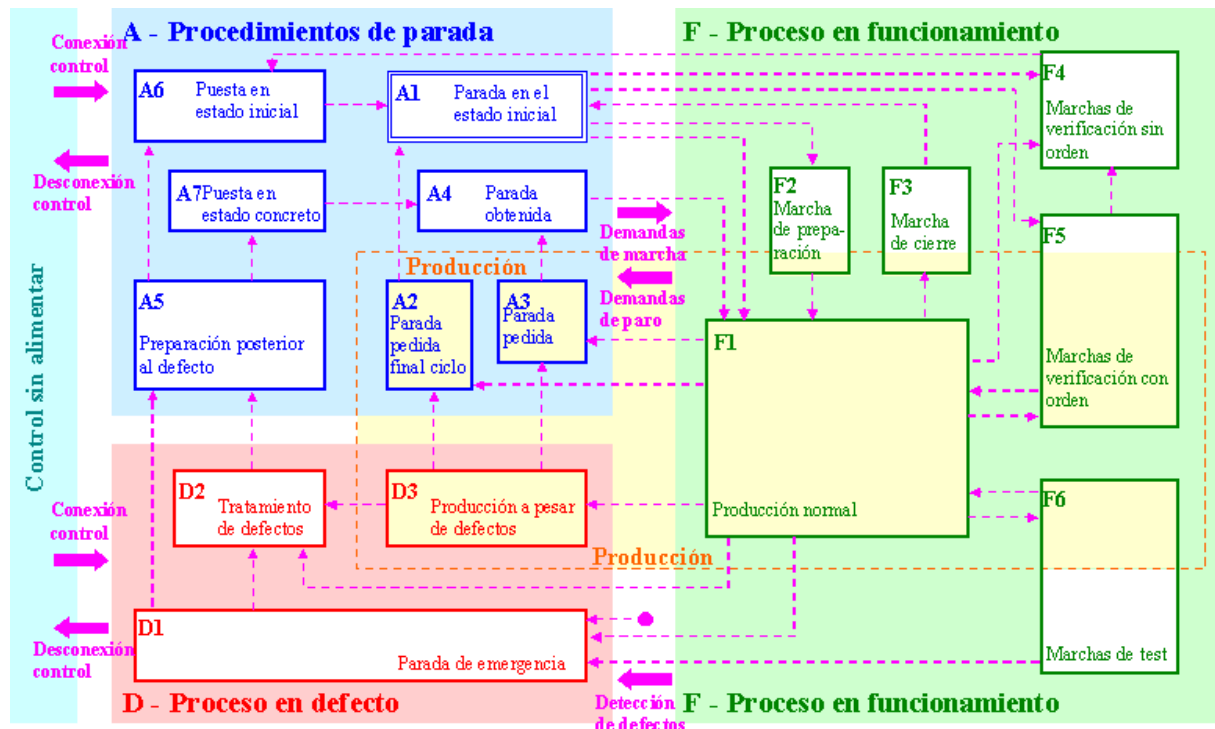


Figura 12. Guía GEMMA completa

3.2. Marcha por ciclos y paradas a final de ciclo

En este punto se explicará un poco cómo se comportaría un sistema en la puesta en marcha y cómo habría que proceder para detener el mismo.

El sistema se encuentra parado en un punto inicial (A1). Cuando se dan todas las condiciones necesarias para que la marcha se verifique (pulsador de arranque, modo de marcha, etc.) se pasa al estado de producción normal (F1). Cuando el operador decida detener el proceso, pulsará el botón de parada a final de ciclo. Esto hará que la máquina pase al estado de parada pedida a final de ciclo (A2) y, cuando el ciclo acabe, pasará al estado de parada en el punto inicial (A1). El sistema volverá a quedar a la espera de que, otra vez, se den las condiciones de marcha para volver al estado de producción normal.

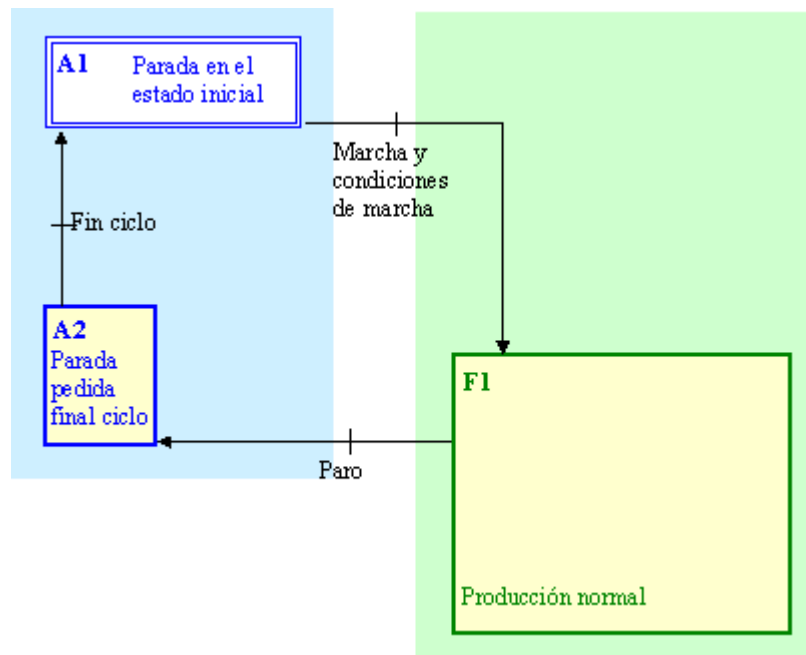


Figura 13. Puesta en marcha y parada a final de ciclo

Este caso, mostrado en la [figura 13](#), correspondería a un funcionamiento automático simple por parte de la planta.

Existe otro tipo de parada que sería la parada en un punto. El sistema está funcionando en producción normal (F1) y el operador hace una parada pulsando el botón de paro. En esta situación el sistema pasa a un estado de parada pedida (A3) y, una vez alcanzado el punto deseado, el sistema se detiene en un estado al que se le denomina parada obtenida (A4) como se aprecia en la [figura 14](#).

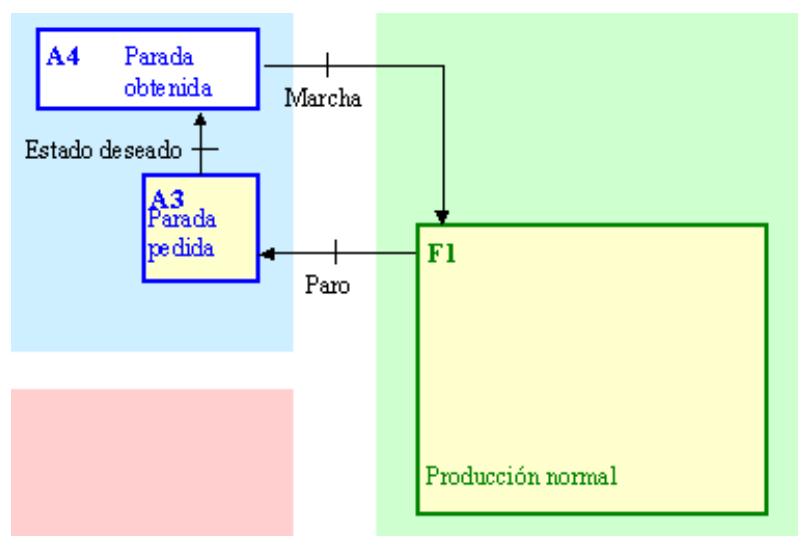


Figura 14. Parada en un punto

Una vez el sistema está completamente parado, para volver a la producción normal (F1) se debe pulsar el pulsador de marcha para que el proceso siga funcionando.

3.3. Parada de emergencia

Este punto se centrará en explicar cómo la guía GEMMA recomienda proceder a la hora de efectuar una parada de emergencia.

El sistema se encuentra funcionando normalmente (F1) y se pulsa el botón de emergencia. Esto, por regla general, implica dejar sin alimentación (físicamente, sin intervención del sistema de control) a todo el sistema de producción que quedará en una posición segura al quedarse sin alimentación.

El mismo pulsador de parada de emergencia notifica al control que se posicionará en el estado de parada de emergencia (D1). Al desenclavar el botón de emergencia se pasa a preparar la puesta en marcha (A5).

En estas circunstancias hay 2 tipos de formas de proceder de uso habitual según el tipo de sistema que se está controlando. En el primer caso, mostrado en la [figura 15](#), se lleva al sistema hasta el estado inicial (A6), lo que seguramente requiera la intervención de un operador y, una vez alcanzada la parada en el estado inicial (A1), la planta espera un nuevo ciclo de trabajo pulsando el botón de puesta en marcha que conlleva recomenzar el proceso de producción normal (F1).

El segundo caso, mostrado en la [figura 16](#), consiste en llevar al sistema hasta un estado determinado (A7), lo que seguramente requiera la intervención de un operario, y una vez alcanzado el estado de parada obtenida (A4), el sistema espera la nueva puesta en marcha cuando el operador decida pulsar el botón de marcha que hará continuar la producción (F1) desde la etapa alcanzada.

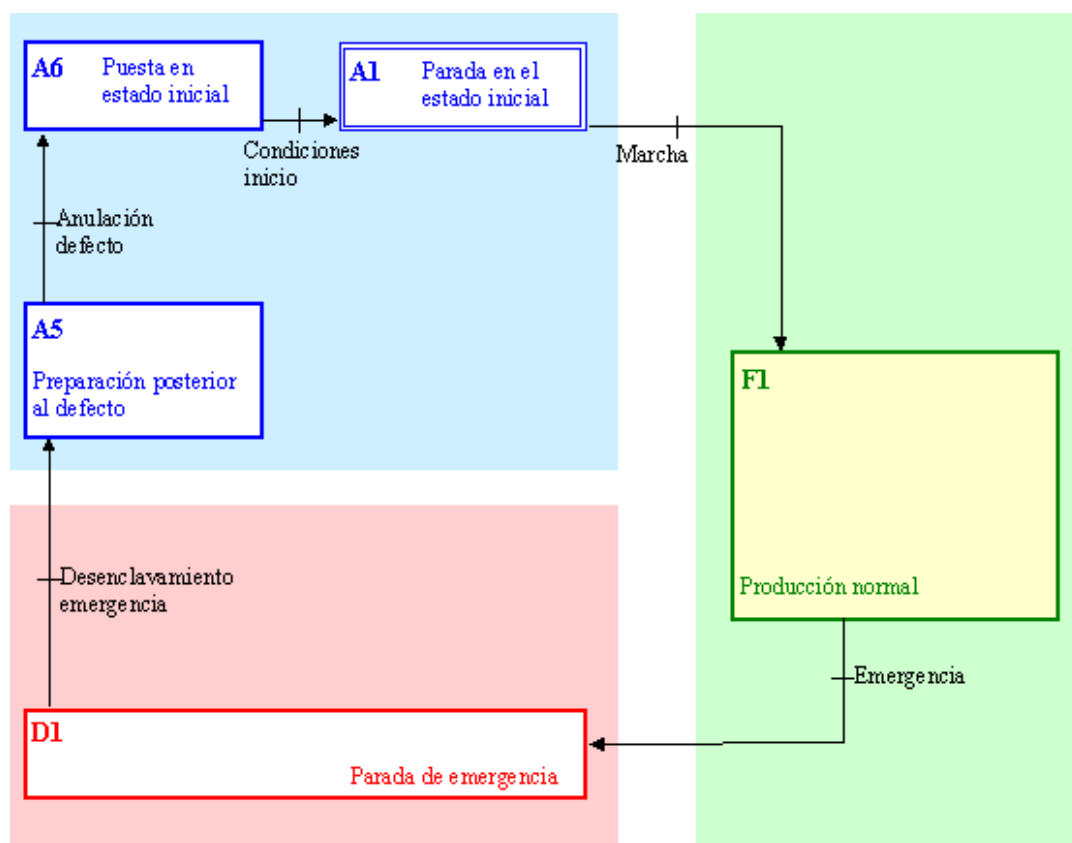


Figura 15. Parada de emergencia (1ª posibilidad)

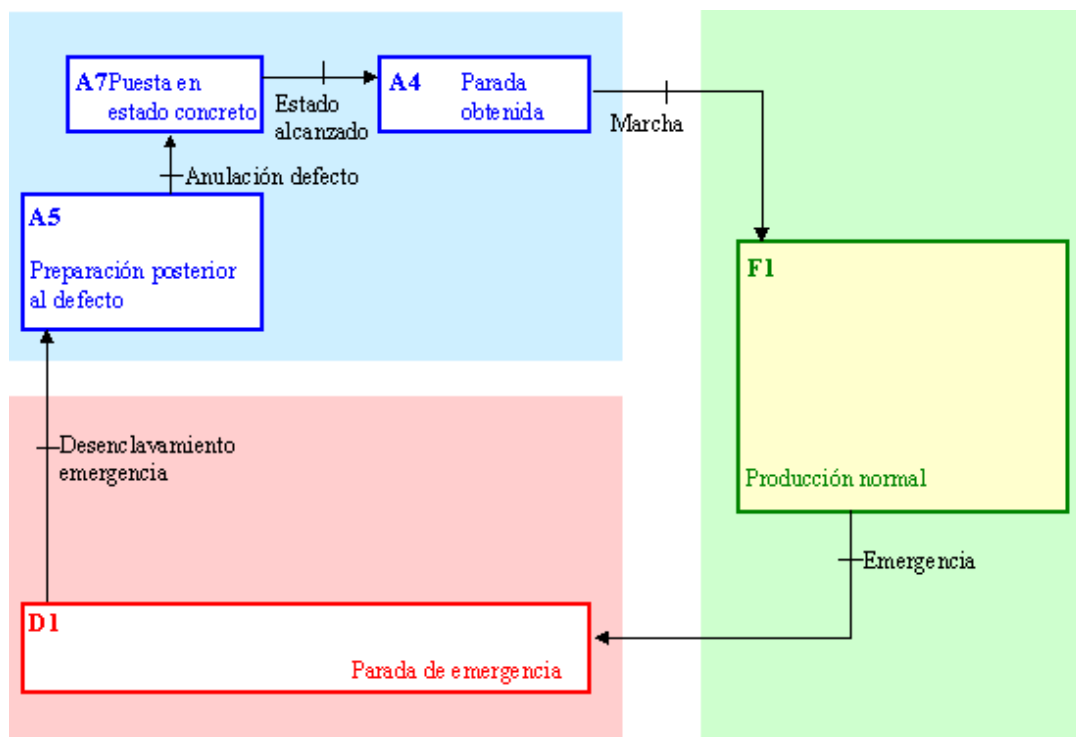


Figura 16. Parada de emergencia (2ª posibilidad)

3.4. Metodología a seguir en la implementación de una automatización

Tras la explicación sobre en que ha consistido la guía GEMMA, se mostrará en que etapas del desarrollo de una automatización será utilizada. Lo primero que se describirá son los pasos a seguir en la implementación de un automatismo. A estos pasos se les denominarán etapas E [9]:

- E1: determinar los aspectos generales del proceso y generar el GRAFCET de producción de primer nivel (descriptivo).
- E2: determinar los elementos del proceso y seleccionar los sensores, actuadores e indicadores necesarios.
- E3: representar el GRAFCET de producción de segundo nivel (tecnológico y operativo).
- E4: estudiar los diferentes estados de GEMMA para determinar que estados son necesarios en la automatización y realizar su descripción.
- E5: definir sobre la guía GEMMA los caminos que se tomarán entre los diferentes estados.
- E6: diseñar los elementos que componen el cuadro de mando del operador y su ubicación.
- E7: definir sobre GEMMA las condiciones de paso entre estado y estado.
- E8: elaborar el GRAFCET completo de segundo nivel a partir de la producción representado antes en la guía GEMMA.
- E9: escoger la tecnología de control. Por ejemplo, el número de autómatas programables, tipo de entradas y salidas, ...
- E10: diseñar el GRAFCET de tercer nivel (a nivel de autómatas).
- E11: instalación, implementación, puesta a punto y pruebas.

Para un caso práctico, lo ideal sería llegar a ser capaces de diseñar la interfaz hombre/máquina y la secuencia de gobierno empleando como herramienta de trabajo la guía GEMMA.

4. MAQUETA DOCENTE PARA PRÁCTICAS

4.1. Diseño

Tras la búsqueda de distintas herramientas para la virtualización de procesos industriales, finalmente se ha decidido usar Factory I/O como se expuso en un punto anterior de este proyecto. Los motivos han sido el realismo a la hora de realizar las simulaciones, la cantidad de elementos disponibles con los que se cuenta para crear y diseñar procesos propios, pero sobre todo por ser un simulador enfocado a la educación y el entrenamiento.

Una vez que se escogió la herramienta con la que se iba a trabajar había que pensar en qué tipo de proceso se podría representar. Antes de llegar a lo que sería la maqueta docente, se hicieron otros diseños previos, un ejemplo es el mostrado en la [figura 17](#):

- 1ª propuesta:

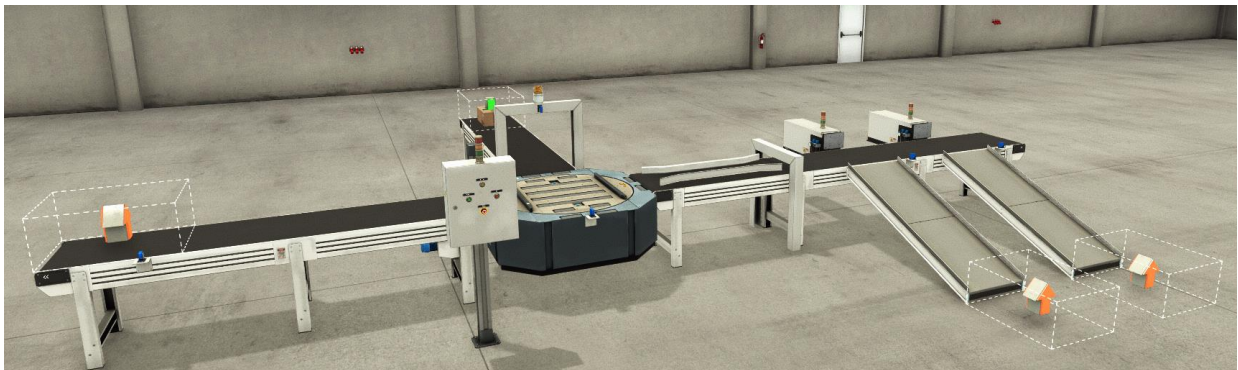


Figura 17. 1ª propuesta para maqueta

Inicialmente la idea era crear algo sencillo con lo que los y las estudiantes pudieran practicar, pero acabó resultando demasiado sencillo como para presentarlo como maqueta final en este proyecto.

Consistía en clasificar 3 tipos de materiales, mostrados en la [figura 18](#): piezas de plástico, piezas de metal y cajas. Pasarían por distintos sensores que determinarían que tipo de objeto era y, mediante un disco giratorio, se mandaría por un camino u otro.



Figura 18. Materiales a clasificar

- 2ª propuesta:



Figura 19. 2ª propuesta para maqueta

Como se ha mostrado en la [figura 19](#), aquí el efecto fue el contrario. Se reutilizó la primera propuesta y se intentó alargar los distintos caminos por los que debían pasar los objetos para complicar un poco el proceso, pero acabó siendo demasiado lioso y también se desechó la idea.

- 3ª propuesta:

Tras unas cuantas consultas, al final se decidió recrear una parte de una planta real en vez de inventar un proceso. Mirando automatizaciones reales por YouTube se observó que la gran mayoría de ellas acababan en una paletización y esa parte encajaba perfectamente con los distintos elementos que ofrece Factory I/O, tal y como se observa en la [figura 20](#).



Figura 20. Diseño final

La idea de esta maqueta es que los alumnos sean capaces de programar el proceso para clasificar 3 tipos de cajas, mostradas en la [figura 21](#). Estas terminarán en una zona donde se colocarán encima de unos palés para su posterior evacuación.



Figura 21. Tipo de cajas

Inicialmente esta maqueta tenía unas dimensiones demasiado grandes, mostradas en las figuras 22 y 23, por lo que la simulación se hacía demasiado larga y pesada.



Figura 22. Vista general de la maqueta inicial



Figura 23. Vista de la zona de palés (maqueta inicial)

Así que se tuvo que hacer una serie de modificaciones en la estructura de la maqueta para que la simulación resultara un poco más rápida ya que los palés tardaban demasiado en llegar a las posiciones de carga. Otro factor que se modificó de esta versión previa en la final fue que las cajas nunca se detuvieran. En esta versión previa la cinta de carga se detenía constantemente y el flujo de cajas era muy lento por lo que hacía que la simulación se hiciera aún más pesada de ver.

Escaneando el siguiente código QR se puede ver un vídeo donde se muestra cómo funcionaba la maqueta en un inicio:



Una vez detectados los primeros errores de diseño, se redujo las longitudes de las cintas para que las cajas y los palés no tuvieran que recorrer tanta distancia, como se observa en las figuras 24 y 25. De esta forma, la simulación es más rápida y amena.



Figura 24. Vista general de la maqueta final

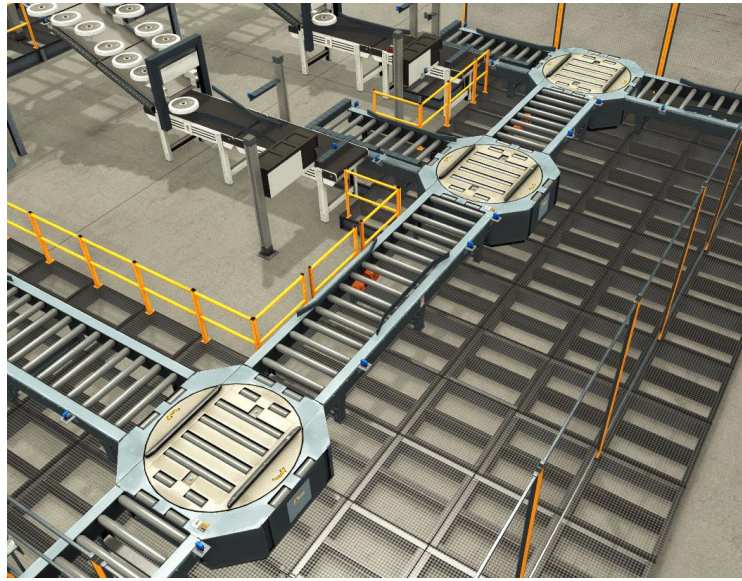


Figura 25. Vista de la zona de palés (maqueta final)

4.2. Funcionamiento

Con el diseño de la maqueta ya definido, se puede proceder a explicar cómo funciona y en cuantas partes está dividido el proceso.

Todo este apartado estará también explicado de forma visual, para entender mejor el funcionamiento, mediante un video que se podrá ver escaneando el siguiente código QR:



Primero se comenzará explicando la caja de control y maniobra, mostrada en la [figura 26](#). Esta está compuesta por varios pulsadores:

- Pulsador de marcha: al pulsarse se cierra el contacto eléctrico que permite que el sistema entre en funcionamiento.
- Pulsador de paro: el empleado en esta maqueta es del tipo normalmente cerrado y al pulsarlo lo que se consigue es abrir el contacto eléctrico, lo que provoca que el sistema no esté alimentado y se pare.
- Interruptor selector: en esta maqueta se han empleado 2 de este tipo y desempeñan una función distinta según en la posición en la que se coloquen. Uno se ha empleado para poder decidir qué tipo de parada normal se quiere realizar y el otro se ha utilizado para seleccionar el tipo de parada de emergencia que se quiere ejecutar.
- Pulsador de rearme: este botón tiene la función de sacar al sistema, cuando se pulsa, de una situación de bloqueo. En este caso se utiliza para volver al funcionamiento normal cuando se ha desenclavado el pulsador de emergencia.
- Pulsador de emergencia: el utilizado en esta maqueta es un pulsador tipo seta con enclavamiento que se encarga de quitar la alimentación a todo el sistema, cuando se pulsa, de forma que todo quede inmóvil por seguridad.
- Indicadores luminosos: son indicadores que dan información del estado en el que se encuentra el sistema. Los que aparecen en la caja de control y maniobra están relacionados con la parte del reinicio del sistema.

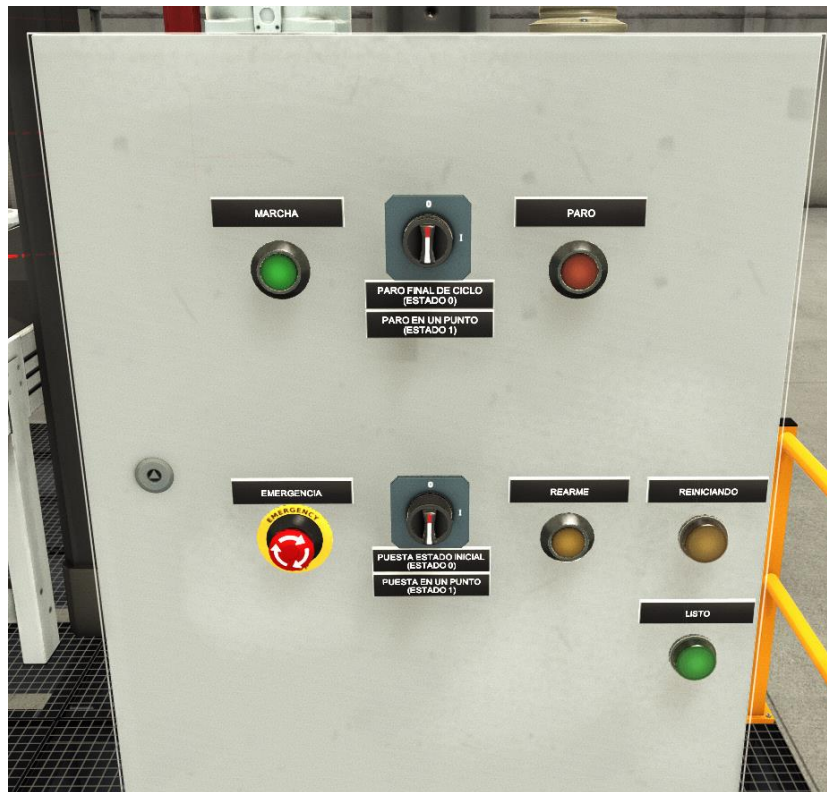


Figura 26. Caja de control y maniobra de la maqueta final

Ahora se dividirá la maqueta en 3 zonas para entender mejor el funcionamiento. Estas zonas, representadas en la [figura 27](#), serían:

- Zona de alimentación.
- Almacenes y zonas de carga.
- Zona de evacuación.

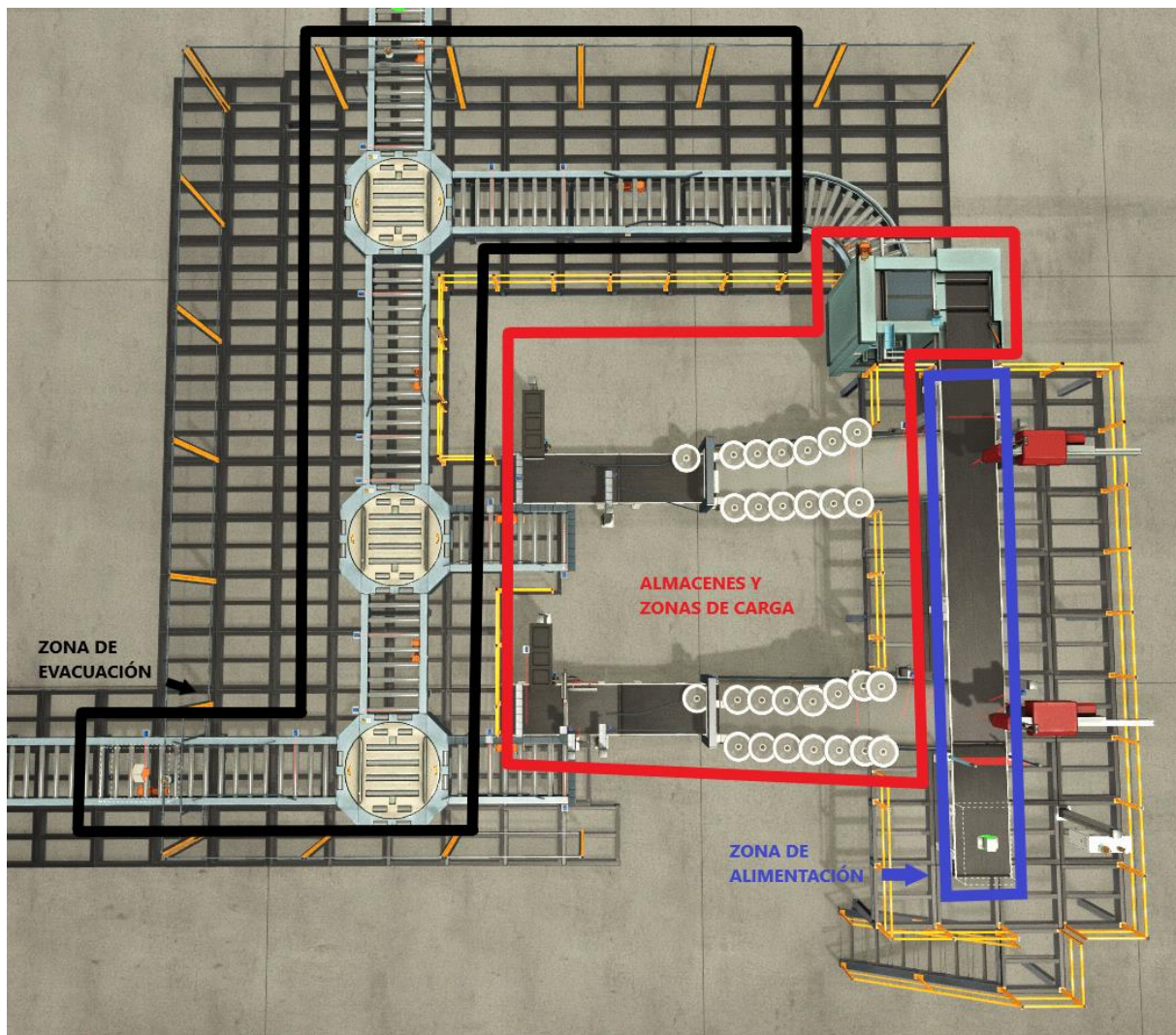


Figura 27. Zonas diferenciadas

- Zona de alimentación: como muestra la figura 28, por aquí van entrando cajas con diferentes tamaños, de manera aleatoria. Pueden ser cajas pequeñas, medianas o grandes.



Figura 28. Zona de alimentación

- Almacenes y zonas de carga: las 2 rampas que hay delante de cada pick & place de 2 ejes son utilizadas a modo de almacén para las cajas grandes y medianas, representadas en la [figura 29](#). Unas barreras detienen el paso de las cajas para evitar que entren todas de golpe en las cintas.

De esta forma, llegan de manera ordenada y segura al punto de carga, como muestra la [figura 30](#), donde un cilindro neumático las deposita sobre los palés para su posterior evacuación.



Figura 29. Almacenes



Figura 30. Una de las zonas de carga

- Zona de evacuación: como muestra la [figura 31](#), por esta zona es por donde entran y salen los palés. La entrada de los palés se realiza por uno de los laterales de la maqueta y una vez que estos llegan a los distintos platos giratorios, son conducidos a los puntos de carga de cada caja.

Una vez que un palé esté listo para su evacuación, volverá por el mismo camino que ha recorrido hasta llegar, de nuevo, a los platos giratorios. Luego será reconducido a la zona de extracción que se encuentra pegada al lateral opuesto al de la entrada de los palés.

Hay que destacar que la evacuación de los palés se hace de manera ordenada, esto quiere decir que hasta que un palé no ha sido retirado completamente, no inicia la marcha otro para dirigirse a la zona de extracción.



Figura 31. Zona de evacuación

4.3. Sensores y actuadores utilizados

Para la realización de esta maqueta se han utilizado un gran número de sensores y actuadores. Todos ellos serán recogidos en las siguientes tablas y se hará una pequeña explicación de su función.

SENSOR	NOMBRE DE LA ETIQUETA	FUNCIÓN
Matriz emisor de luz		Es el encargado de determinar el tamaño de las cajas para su posterior clasificación.
Difuso:	Alerta 1	Es el encargado de detectar la llegada de un palé al primer plato giratorio.
	Camino 1	Es el encargado de detectar la llegada de un palé al camino hacia el punto de carga de las cajas pequeñas.
	Espera 1	Es el encargado de detectar el palé de las cajas pequeñas cuando va en dirección al punto de extracción y está llegando al punto de espera para no colisionar con otro palé.

Tabla 1.1 (sensores)

SENSOR	NOMBRE DE LA ETIQUETA	FUNCIÓN
Difuso:	Salida rodillo 2	Es el encargado de detectar un palé cuando sale del primer plato giratorio en dirección al segundo.
	Espera 2	Establece un punto de espera para que los palés no colisionen.
	Alerta 2	Es el encargado de detectar la llegada de un palé al segundo plato giratorio.
	Camino 2	Es el encargado de detectar un palé cuando se dirige al punto de carga de las cajas grandes.
	Camino 2 fin	Informa de que el palé ha llegado hasta a la posición de carga de las cajas grandes.
	Salida rodillo 3	Es el encargado de detectar un palé cuando sale del segundo plato giratorio en dirección al tercero.
	Alerta 3	Es el encargado de detectar la llegada de un palé al tercer plato giratorio.
	Camino 3	Es el encargado de detectar un palé cuando se dirige al punto de carga de las cajas medianas.
	Camino 3 fin	Informa de que el palé ha llegado hasta a la posición de carga de las cajas medianas.
	Descarga	Es el encargado de detectar cuando un palé sale del tercer plato giratorio en dirección al punto de evacuación.
	Fin	Informa de que un palé ha terminado de ser evacuado.
	Empujar caja 1	Es el encargado de informar al cilindro neumático de que hay una caja mediana lista para ser cargada en el palé.

Tabla 1.2 (sensores)

SENSOR	NOMBRE DE LA ETIQUETA	FUNCIÓN
Difuso:	Empujar caja 2	Es el encargado de informar al cilindro neumático de que hay una caja grande lista para ser cargada en el palé.
	Caja en posición	Es el encargado de informar que hay una caja mediana lista para ser agrupada.
	Almacén 1	Informa que una caja mediana ha abandonado el almacén y se dirige al posicionador.
	Caja bloqueada 1	Es el encargado de detectar que ha llegado una caja mediana al bloqueo del almacén.
	Cajas medianas lleno	Es el encargado de informar que el almacén de las cajas medianas se ha llenado.
	Almacén 2	Informa que una caja grande ha abandonado el almacén y se dirige al punto de carga.
	Caja bloqueada 2	Es el encargado de detectar que ha llegado una caja grande al bloqueo del almacén.
	Cajas grandes lleno	Es el encargado de informar que el almacén de las cajas grandes se ha llenado.
	Caja mediana lista	Es el encargado de informar que una caja mediana está lista para ser recogida por el primer pick & place de 2 ejes.
	Movimiento vertical 1 -	Informa de que el cilindro vertical del primer pick & place se ha recogido completamente con una caja mediana sujeta.
	Movimiento horizontal 1 +	Informa de que el cilindro horizontal del primer pick & place se ha extendido completamente.
	Movimiento vertical 1 +	Informa de que el cilindro vertical del primer pick & place se ha extendido con la caja mediana sujeta.

Tabla 1.3 (sensores)

SENSOR	NOMBRE DE LA ETIQUETA	FUNCIÓN
Difuso:	Caja grande lista	Es el encargado de informar de que una caja grande está lista para ser recogida por el segundo pick & place de 2 ejes.
	Movimiento vertical 2 -	Informa de que el cilindro vertical del segundo pick & place se ha recogido completamente sujetando una caja grande.
	Movimiento horizontal 2 +	Informa de que el cilindro horizontal del segundo pick & place se ha extendido completamente.
	Movimiento vertical 2 +	Informa de que el cilindro vertical del segundo pick & place se ha extendido con la caja grande sujeta.
	Caja pequeña	Informa de que la caja que ha detectado es de las pequeñas.
	Llegada caja pequeña	Informa de que una caja pequeña ha llegado al punto de carga.
Capacitivo:	Llegada 1	Informa de que un palé está llegando al primer plato giratorio.
	Salida 1	Informa de que un palé está saliendo del primer plato giratorio.
	Sin girar 1	Informa de que el primer plato giratorio no está girado.
	Girado 1	Informa de que el primer plato giratorio está girado.
	Llegada 2	Informa de que un palé está llegando al segundo plato giratorio.
	Salida 2	Informa de que un palé está saliendo del segundo plato giratorio.
	Sin girar 2	Informa de que el segundo plato giratorio no está girado.

Tabla 1.4 (sensores)

SENSOR	NOMBRE DE LA ETIQUETA	FUNCIÓN
Capacitivo:	Girado 2	Informa de que el segundo plato giratorio está girado.
	Llegada 3	Informa de que un palé está llegando al tercer plato giratorio.
	Salida 3	Informa de que un palé está saliendo del tercer plato giratorio.
	Sin girar 3	Informa de que el tercer plato giratorio no está girado.
	Girado 3	Informa de que el tercer plato giratorio está girado.
	Caja agrupada	Informa de que el posicionador ha agrupado una o varias cajas medianas.
	Empujar 1 +	Informa de que el cilindro neumático que hay en el punto de carga de las cajas medianas está extendido.
	Empujar 2 +	Informa de que el cilindro neumático que hay en el punto de carga de las cajas grandes está extendido.
	Paquetes juntos	Informa de que las cajas pequeñas están todas juntas y listas para ser cargadas en el palé.
	Limite elevador	Informa de que el palé destinado a las cajas pequeñas está ya colocado sobre la plataforma del elevador.
	Presión caja mediana	Informa de que el cilindro vertical del primer pick & place está en contacto con la caja mediana.
	Presión caja grande	Informa de que el cilindro vertical del segundo pick & place está en contacto con la caja grande.
Inductivo:	Agrupador alto	Informa de que el posicionador se ha elevado hasta su tope para dejar paso a las cajas medianas.

Tabla 1.5 (sensores)

SENSOR	NOMBRE DE LA ETIQUETA	FUNCIÓN
Inductivo:	Caja en elevador	Es el encargado de informar cuando una caja pequeña ha sido cargada en el elevador.
	Compuerta abierta	Informa de que la compuerta del elevador se ha abierto completamente para dejar caer las cajas al palé.
	Pallet listo	Es el encargado de informar que el elevador está en la posición más alta para cargar las cajas pequeñas.
	Elevador en posición	Informa de que el elevador se encuentra en la posición baja, a la altura de la cinta de rodillos.
	Descarga lista	Informa de que el elevador se encuentra en la posición más baja, por debajo de la cinta de rodillos.

Tabla 1.6 (sensores)

ACTUADOR	NOMBRE DE LA ETIQUETA	FUNCIÓN
Transportador de rodillos:	Rodillo entrada pallet	Es el encargado de transportar los palés desde la entrada hasta el primer plato giratorio.
	Rodillo 2	Es el encargado de transportar los palés desde el primer plato giratorio hasta el segundo.
	Rodillo 3	Es el encargado de transportar los palés desde el segundo plato giratorio hasta el tercero.
	Rodillo camino 1A +	Es el encargado de transportar los palés desde el primer plato giratorio hasta el elevador de las cajas pequeñas.
	Rodillo camino 1B +	Es el encargado de transportar los palés desde el primer plato giratorio hasta el elevador de las cajas pequeñas.
	Rodillo camino 1B -	Es el encargado de transportar los palés desde el elevador de las cajas pequeñas hasta el primer plato giratorio.
	Rodillo camino 1A -	Es el encargado de transportar los palés desde el elevador de las cajas pequeñas hasta el primer plato giratorio.

Tabla 2.1 (actuadores)

ACTUADOR	NOMBRE DE LA ETIQUETA	FUNCIÓN
Transportador de rodillos:	Rodillo camino 2 +	Es el encargado de transportar los palés desde el segundo plato giratorio hasta el punto de carga de las cajas grandes.
	Rodillo camino 2 -	Es el encargado de transportar los palés desde el punto de carga de las cajas grandes hasta el segundo plato giratorio.
	Rodillo camino 3 +	Es el encargado de transportar los palés desde el tercer plato giratorio hasta el punto de carga de las cajas medianas.
	Rodillo camino 3 -	Es el encargado de transportar los palés desde el punto de carga de las cajas medianas hasta el tercer plato giratorio.
	Rodillo 4	Es el encargado de transportar los palés que van a ser evacuados al punto de extracción.
Plato giratorio:	Girar 1	Hace rotar el primer plato giratorio 90° en sentido anti horario.
	Girador 1 +	Hace que los palés que estén sobre el primer plato giratorio avancen por él.
	Girador 1 -	Hace que los palés que estén sobre el primer plato giratorio retrocedan por él.
	Girar 2	Hace rotar el segundo plato giratorio 90° en sentido anti horario.
	Girador 2 +	Hace que los palés que estén sobre el segundo plato giratorio avancen por él.
	Girador 2 -	Hace que los palés que estén sobre el segundo plato giratorio retrocedan por él.
	Girar 3	Hace rotar el tercer plato giratorio 90° en sentido anti horario.
	Girador 3 +	Hace que los palés que estén sobre el tercer plato giratorio avancen por él.

Tabla 2.2 (actuadores)

ACTUADOR	NOMBRE DE LA ETIQUETA	FUNCIÓN
Plato giratorio:	Girador 3 -	Hace que los palés que estén sobre el tercer plato giratorio retrocedan por él.
Cilindro neumático:	Empujar 1	Extiende el cilindro neumático de simple efecto asociado a las cajas medianas.
	Empujar 2	Extiende el cilindro neumático de simple efecto asociado a las cajas grandes.
Posicionador:	Agrupar	Agrupar las cajas medianas.
	Levantar	Se eleva para dejar pasar las cajas medianas.
Barrera:	Barrera 1	Es el encargado de dejar pasar cajas medianas desde el almacén hasta la zona de carga de estas.
	Barrera 2	Es el encargado de dejar pasar cajas grandes desde el almacén hasta la zona de carga de estas.
Pick & Place de 2 ejes:	Cilindro 1 avanzar	El pick & place asociado a las cajas medianas se desplaza por su eje horizontal.
	Cilindro 1 bajar	El pick & place asociado a las cajas medianas se desplaza por su eje vertical.
	Succionar 1	Activa la ventosa para agarrar las cajas medianas.
	Rotar	Gira la ventosa por donde está cogida la caja mediana para ponerla en otra posición.
	Cilindro 2 avanzar	El pick & place asociado a las cajas grandes se desplaza por su eje horizontal.
	Cilindro 2 bajar	El pick & place asociado a las cajas grandes se desplaza por su eje vertical.

Tabla 2.3 (actuadores)

ACTUADOR	NOMBRE DE LA ETIQUETA	FUNCIÓN
Pick & Place de 2 ejes:	Succionar 2	Activa la ventosa para agarrar las cajas grandes.
Elevador:	Empujar elevador	Extiende un brazo para cargar las cajas pequeñas sobre las compuertas del elevador.
	Cinta elevador +	Activa la cinta para que las cajas pequeñas lleguen a su zona de carga correspondiente.
	Juntar paquetes	Agrupar las 6 cajas pequeñas sobre la compuerta del elevador para cargarlas en el palé.
	Abrir compuerta	Se abre la compuerta para dejar caer las 6 cajas pequeñas sobre el palé.
	Elevador tope	El elevador se dirige directamente hasta el tope superior o el tope inferior, dependiendo de si sube o baja.
	Elevador +	Hace que el elevador ascienda.
	Elevador -	Hace que el elevador descienda.
	Elevador rodillo +	Hace que el palé que esté sobre la plataforma avance por él.
	Elevador rodillo -	Hace que el palé que esté sobre la plataforma retroceda por él.
Cinta transportadora:	Cinta 1	Es la encargada de llevar las cajas hasta la zona de alimentación.
	Cinta 2	Es la encargada de transportar las cajas por la zona de alimentación.
	Cinta 3	Es la encargada de llevar las cajas medianas hasta el posicionador.

Tabla 2.4 (actuadores)

ACTUADOR	NOMBRE DE LA ETIQUETA	FUNCIÓN
Cinta transportadora:	Cinta 4	Es la encargada de transportar las cajas medianas desde el posicionador hasta la zona de carga.
	Cinta 5	Es la encargada de llevar las cajas grandes desde el almacén hasta el punto de carga.
	Cinta 6	Es la encargada de llevar las cajas grandes desde el almacén hasta el punto de carga.

Tabla 2.5 (actuadores)

4.4. Conexión con PLCSIM

Para poder usar Factory I/O junto con PLCSIM v14, es necesario crear el proyecto en TIA Portal editando una plantilla [10], mostrada en la figura 32, que contiene un bloque función sin el cuál no es posible la comunicación entre los 2 programas.

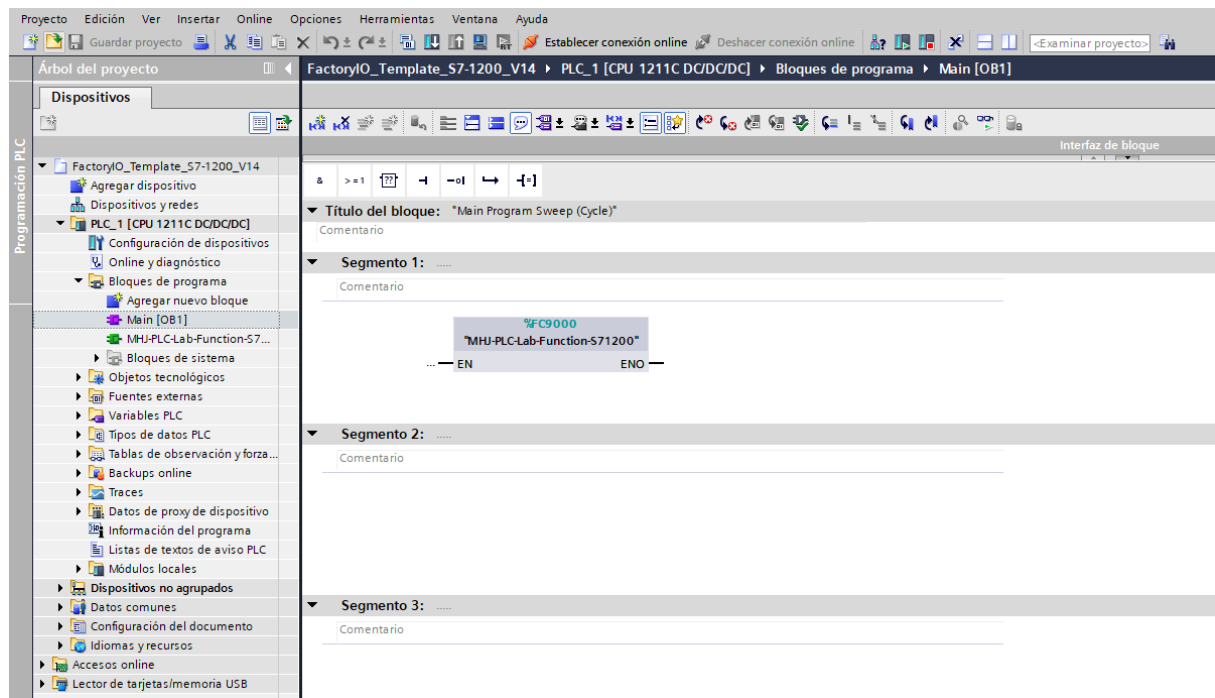


Figura 32. Bloque función que permite la comunicación

La plantilla por defecto viene ya con un PLC asignado, pero se podría cambiar sin ningún problema. También habría que configurar el tipo de programación que se va a emplear en el OB1, para ello se hará clic con el botón derecho del ratón sobre la etiqueta de “Main [OB1]” que aparece en la lista de la izquierda y en la ventana que se abre, abajo, hay una opción que dice “Cambiar lenguaje de programación”.

Una vez que se han hecho los primeros ajustes de la plantilla, ya se podría comenzar un proyecto sobre ella. Antes de empezar el proyecto en TIA Portal, es recomendable dejar también configurado Factory I/O para no tener problemas más adelante como, por ejemplo, a la hora de asignar a partir de qué dirección de memoria, para las diferentes entradas y salidas, se va a empezar.

Entrando en Factory I/O, se abre la escena creada y en la parte superior izquierda de la pantalla se pincha con el ratón sobre “Archivo”. En el pequeño menú que se abre se selecciona “Driver”. Se nos abrirá una ventana como la que se muestra en la [figura 33](#).

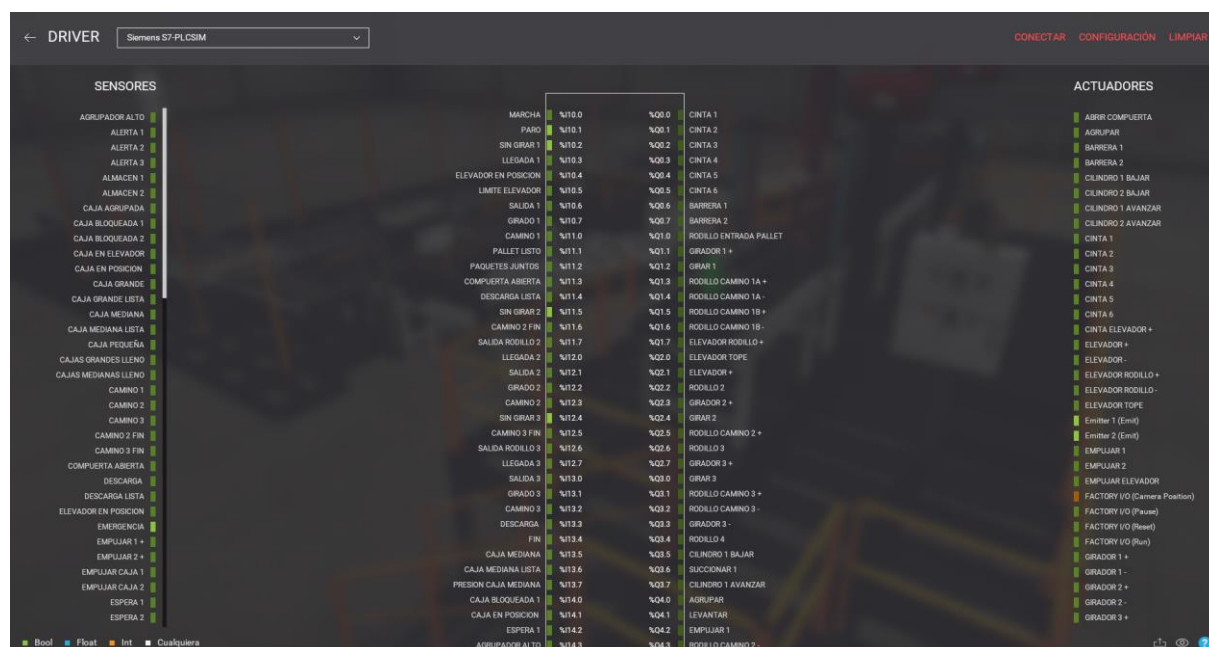


Figura 33. Disposición de sensores y actuadores en Factory I/O

Aquí se podrá ver el driver usado en la escena que contiene la maqueta de prácticas. Como lo que se pretende es conectarlo a PLCSIM, lo que hay que hacer es pinchar en el recuadro situado junto dónde dice “Driver” y buscar entre los diferentes drivers disponibles el que pone “Siemens S7-PLCSIM”. De esta forma ya estaría seleccionado el driver correcto para que se establezca la comunicación entre Factory I/O y PLCSIM de TIA Portal.

También se puede observar en un listado con los diferentes sensores y actuadores de los que está compuesta la escena. Para asociar un sensor o actuador a una dirección, lo único que hay que hacer es arrastrar el nombre de las etiquetas a la dirección de la entrada o salida que le corresponda. Hay que tener en cuenta que estas direcciones de memoria tienen que coincidir con las que se han asignado en la tabla de variables del proyecto de TIA Portal.

Por último, si se hace clic en la parte superior derecha donde dice “Configuración” se accederá a una nueva ventana donde se podrá seleccionar el modelo de PLCSIM que se quiere usar y asignar el número de entradas y salidas necesarias para el proyecto, como se muestra en la [figura 34](#).

The screenshot shows the 'CONFIGURACIÓN' (Configuration) window in TIA Portal. On the left, a list of drivers is shown, with 'Siemens S7-PLCSIM' selected and highlighted in red. On the right, the 'Autómata' (PLC) configuration section is visible. It includes an 'Autoconexión' checkbox, a 'Modelo' dropdown set to 'S7-1200', and an 'I/O Configuración' section with a 'Tipo de dato numérico' dropdown set to 'DWORD'. Below this is the 'I/O Terminales' table, which defines the address ranges for digital and analog inputs and outputs. At the bottom, there is a 'POR DEFECTO' button.

	Offset	Cuenta
Entradas Bool	10	70
Salidas Bool	0	70
Entradas DWORD	30	8
Salidas DWORD	30	8

Figura 34. Ventana de configuración de entradas y salidas

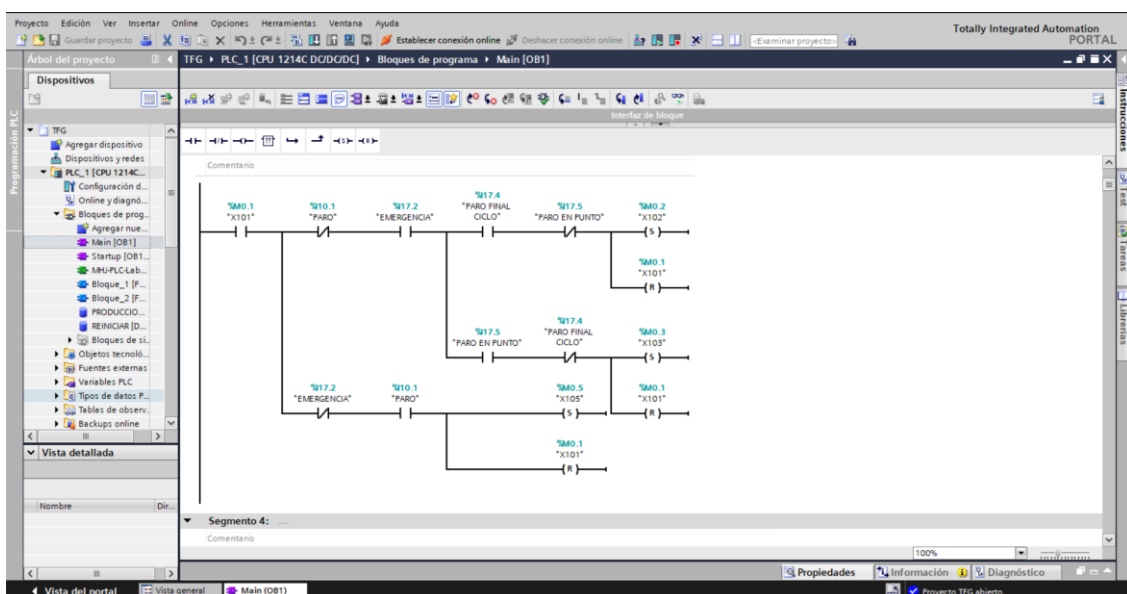
En este proyecto se ha configurado el driver con 70 entradas y salidas digitales. Además, para las entradas digitales se ha puesto un offset para seleccionar a partir de que terminal comienzan. Esto se ha hecho porque en la tabla de variables de TIA Portal se ha empezado a enumerar las entradas a partir de la dirección 10.

Una vez acabada toda la configuración, y con PLCSIM funcionando, solo quedaría dar al botón conectar para establecer la conexión entre los 2 programas.

4.5. Programación en TIA Portal V14

Siemens es una de las marcas más utilizadas por el sector de la automatización industrial. Una de sus mayores creaciones es TIA Portal, una plataforma creada para lograr la integración de todas las herramientas de software de su marca. Esto permite crear en un mismo proyecto tanto la programación de uno o varios PLC, como para varias aplicaciones HMI, compartiendo las mismas variables del proceso y facilitando las conexiones entre las distintas herramientas.

TIA Portal tiene una interfaz muy intuitiva, mostrada en la [figura 35](#), que permite aprender rápidamente su uso. De las primeras veces que se utiliza el programa puede costar un poco adaptarse a él, pero en muy poco tiempo se hace uno a su entorno.



Una de las cosas que hay que tener en cuenta a la hora de elaborar un proyecto en TIA Portal es decidir que lenguaje de programación que se va a emplear de los 3 que hay disponibles en el programa [11]:

- AWL (lenguaje de lista de instrucciones): es la forma de programar más compacta, pero a su vez más compleja, al estar orientada a la máquina.
- KOP (lenguaje de diagrama de contactos): es un esquema de contactos, escalera o ladder. En definitiva, es la representación que habría que cablear si se quisiera hacer el mismo programa que realizas con el PLC.
- FUP (lenguaje de diagramas de funciones): es un lenguaje gráfico que utiliza los cuadros del álgebra booleana para representar la lógica.

Ahora que se ha visto un poco por encima que es TIA Portal, se procederá a ver cómo se configuró el proyecto para la maqueta de prácticas.

Una vez que ya se tiene la platilla abierta que permitirá hacer la comunicación entre PLCSIM y Factory I/O, lo que se debe hacer es cambiar el PLC que viene por defecto si no es el que se quiere utilizar. En este caso se ha usado un PLC 1214C DC/DC/DC, como se muestra en la figura 36.

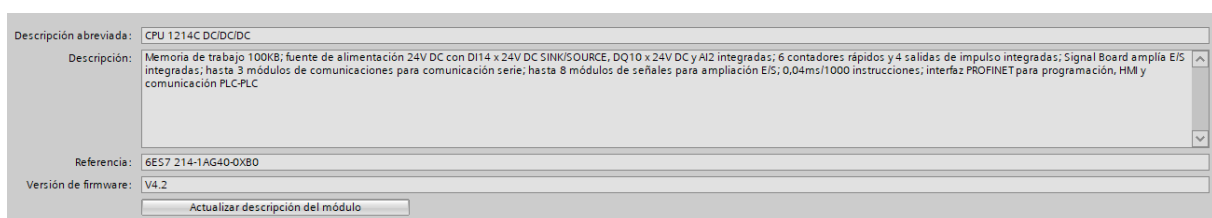


Figura 36. Información del PLC que se ha utilizado.

Ya que se dispone de un PLC seleccionado, solo queda empezar a programar en el OB1 todo el proyecto. Primero hay que asegurarse de que el lenguaje de programación también está seleccionado el que se desea usar. Para este proyecto se ha utilizado el lenguaje KOP.

En el OB1 de esta maqueta se ha representado el GRAFCET que se muestra en la [figura 37](#), diseñado con la ayuda de la guía GEMMA. En él se ve, de manera esquematizada, todo lo que es capaz de realizar la escena que se ha creado en Factory I/O. Cumpliendo las condiciones que se indican en cada transición, el GRAFCET iría avanzando etapa por etapa.

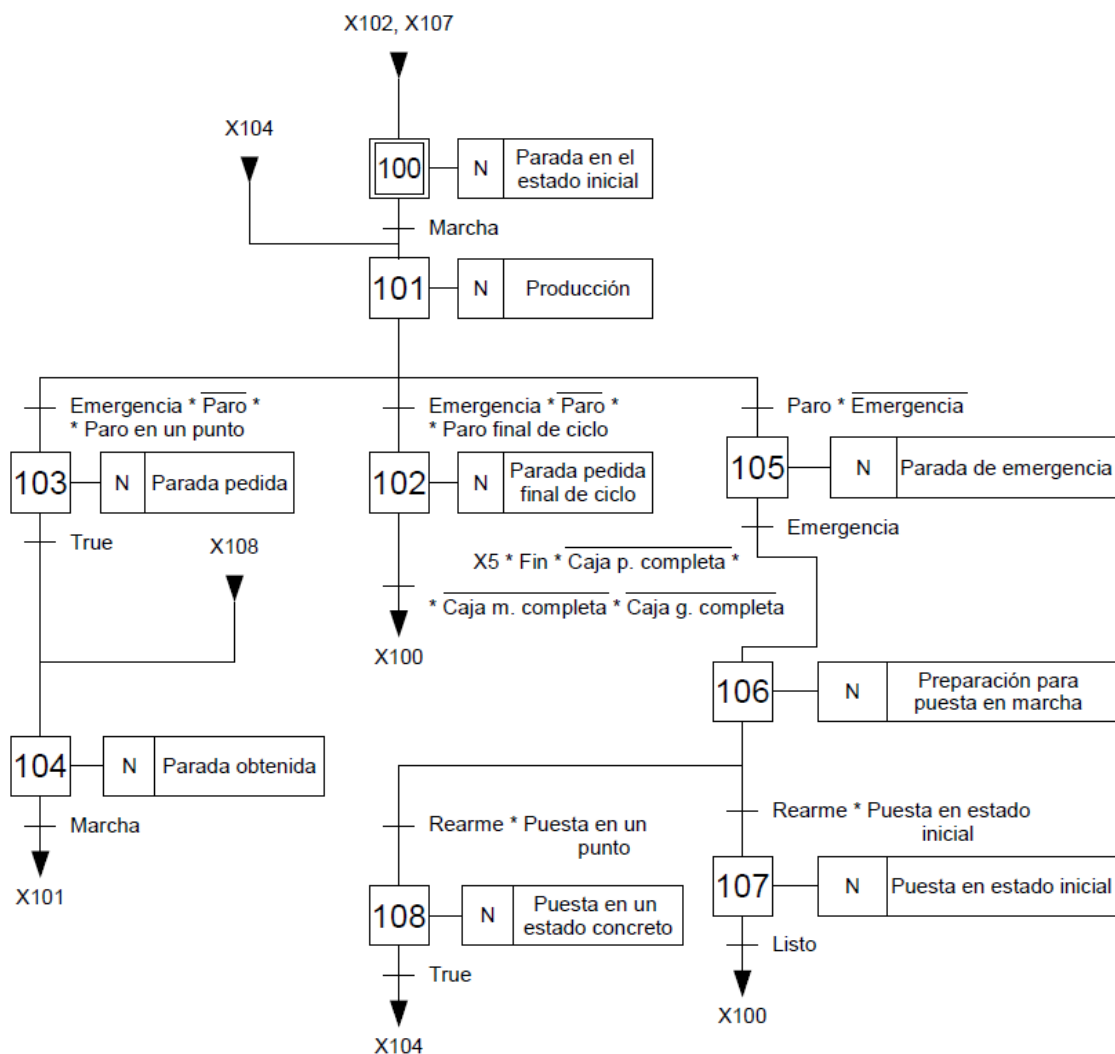


Figura 37. GRAFCET de primer nivel

En la etapa 101 se encuentra el bloque de “Producción”. Este bloque contiene la mayor parte de la programación que se ha usado en este proyecto. Las demás etapas representan los distintos estados por los que puede pasar el proceso, todos ellos recogidos en la guía GEMMA.

Para representar el bloque de “Producción” en el OB1 se ha empleado un bloque de función, mostrado en la [figura 38](#), al que se le han asociado todas las entradas y salidas que tiene la maqueta de prácticas. Dentro de este bloque de función se ha hecho la programación que permite el movimiento de todo el proceso, desde que entra una caja hasta que es evacuada en un palé.

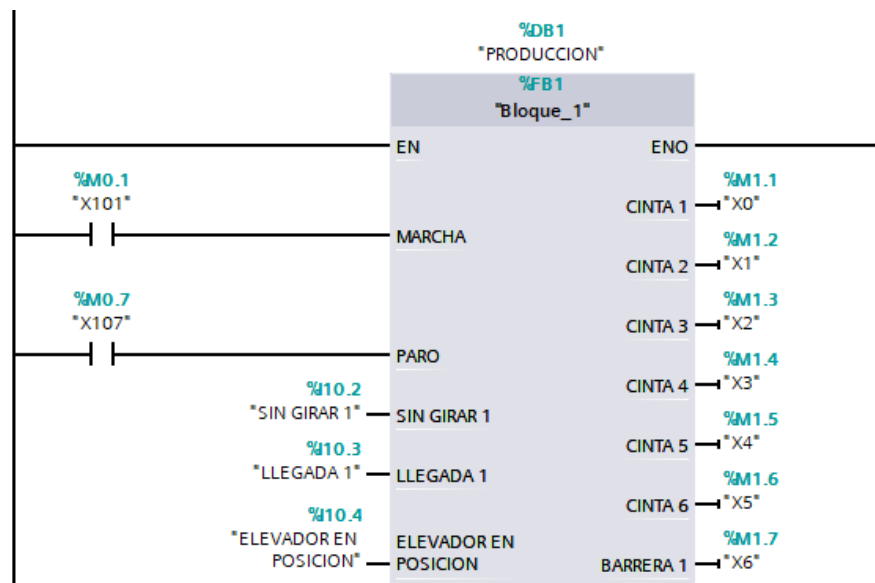


Figura 38. Recorte bloque de función

Como se puede observar en la figura anterior, que corresponde a un pequeño recorte de lo que sería el bloque función asignado a la producción, se ve que a la izquierda se van asignando las entradas (%I...) con las correspondientes etiquetas que son variables dentro del bloque. Y en la derecha se observa lo que serían las salidas del bloque que se han asociado a otro tipo de variables que son las marcas (%M...). En este proyecto las marcas son las encargadas de activar o desactivar las salidas del PLC ya que este bloque no es el único encargado de actuar sobre ellas.

Dentro del bloque de función lo que se va a encontrar es una ventana prácticamente igual a la del OB1 para que ahí se realice la parte del programa que va a contener el bloque. Hay que destacar que este tipo de funciones utiliza un bloque de datos que contienen las variables que se han definido para esa función, aunque pueden ser utilizadas también fuera de ella. Dentro del bloque de datos se definen las variables de entrada, salida y las estáticas. Las variables estáticas son como las marcas, pero solo pueden ser modificadas por el bloque de función.

4.6. Tipos de variables utilizadas

En TIA Portal se dispone de 3 tipos de direcciones para las variables, mostradas en la [figura 39](#):

- Las entradas: su dirección es representada como “%I” y se encarga de realizar las lecturas de los distintos dispositivos conectados al PLC.
- Las salidas: su dirección es representada como “%Q” y se encarga de activar o desactivar los distintos dispositivos conectados al PLC.
- Las marcas: su dirección es representada como “%M” y son variables internas de la CPU que guardan información o estados del sistema.

La información que guarde cualquiera de estas 3 clases de variables puede tener 4 dimensiones distintas:

- Bit: unidad mínima de información.
- Byte: conjunto de 8 bits.
- Palabra: conjunto de 16 bits.
- Doble palabra: conjunto de 32 bits.

Dependiendo de la dimensión que se escoja, también se podrá seleccionar el tipo de dato que se necesite. Se podrá elegir entre datos booleanos, datos enteros, datos reales, datos tipo contador o temporizador, ...

Variables PLC					
		Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección
154		X38	Standard-Variablen...	Bool	%M5.7
155		X39	Standard-Variablen...	Bool	%M6.0
156		X40	Standard-Variablen...	Bool	%M6.1
157		X41	Standard-Variablen...	Bool	%M6.2
158		TAG_1	Standard-Variablen...	Bool	%M6.3
159		CAMINO 3 FIN	Standard-Variablen...	Bool	%I12.5
160		EMERGENCIA	Standard-Variablen...	Bool	%I17.2
161		REARME	Standard-Variablen...	Bool	%I17.3
162		LUZ EMERGENCIA	Standard-Variablen...	Bool	%Q6.1
163		LUZ ELEVADOR	Standard-Variablen...	Bool	%Q6.2

Figura 39. Tabla de variables

4.7. Enunciado para la resolución de la práctica

Otro de los objetivos marcados para este proyecto ha sido la creación de una maqueta para que los alumnos la puedan resolver en prácticas. Por tanto, será necesario que dispongan de un enunciado con la información necesaria para que sean capaces de dar una solución.

Nota: es recomendable que al estar leyendo el enunciado se tenga abierta la escena de la maqueta en Factory I/O para una mejor comprensión. Activando la vista de las etiquetas, como se muestra en la [figura 40](#), será más fácil seguir el funcionamiento.



Figura 40. Activar vista de etiquetas

El enunciado sería el siguiente:

Se dispone de una estación de clasificación de cajas según su tamaño. El funcionamiento normal de la maqueta pasará por los estados marcados en la guía GEMMA: A1 (Parada en estado inicial), F1 (Producción) y A2 (Parada pedida a final de ciclo). Al ser presionado el botón de marcha, se pasará a un estado de producción normal, como muestra la [figura 41](#). Las cintas 1 y 2 se pondrán en movimiento hasta que una caja llegue a la matriz de emisor de luz.

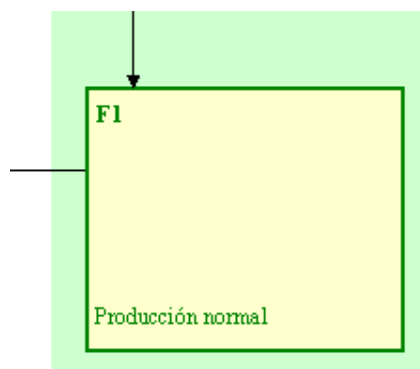
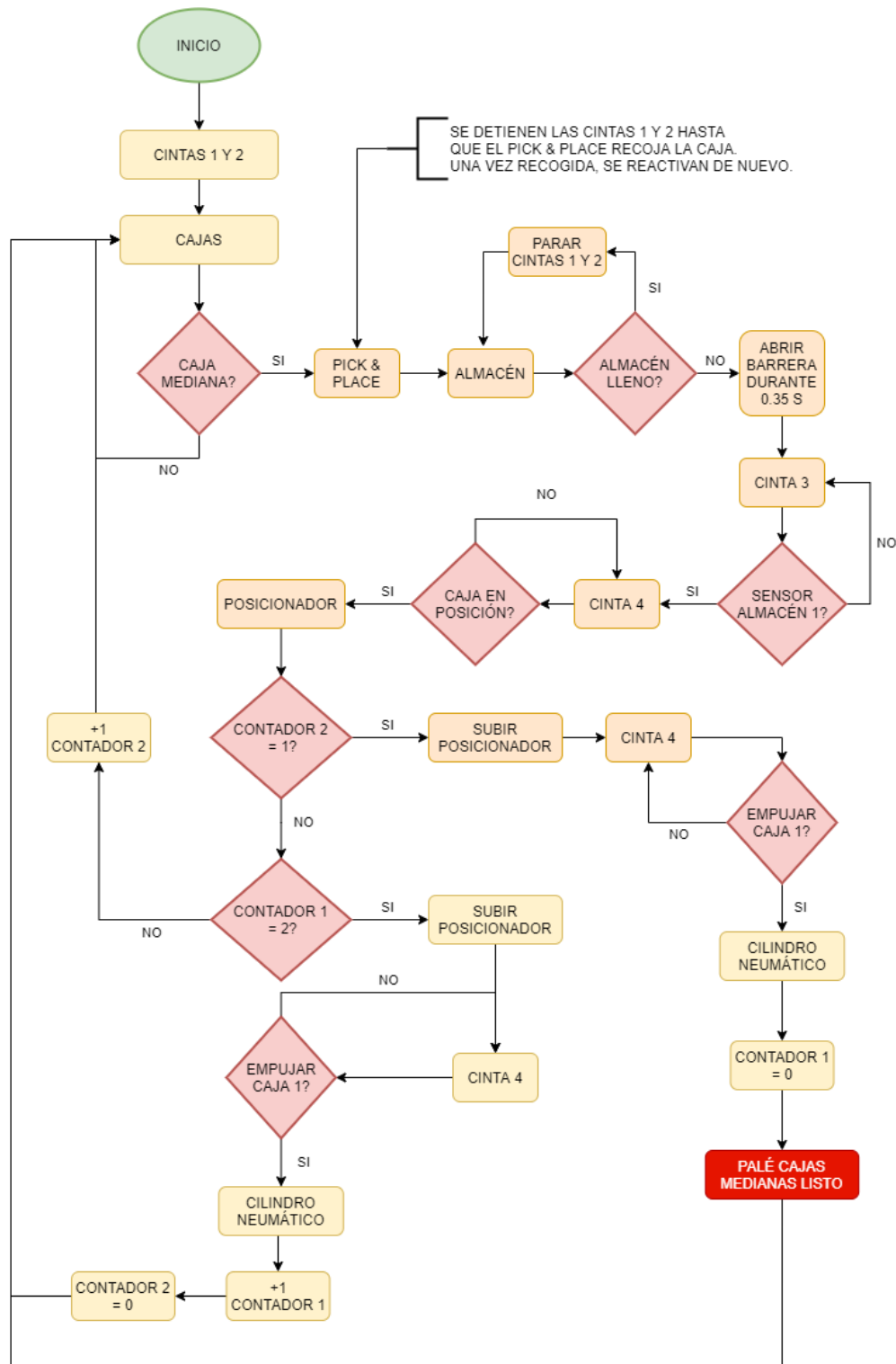


Figura 41. Estado en producción

- Se detecta caja mediana:



Como se ha mostrado en la [figura 42](#), cuando la caja mediana llegue al sensor con la etiqueta “Caja mediana lista”, las cintas 1 y 2 deberán detenerse para que el primer pick & place de 2 ejes pueda recogerla. Una vez que la caja es recogida, las cintas 1 y 2 volverán a ponerse en funcionamiento. El paquete rotará y se soltará sobre la rampa que tiene justo delante.

La caja llega a una barrera que detiene su paso para que no caiga de manera brusca en la zona de carga. La barrera se abrirá durante 0.35 segundos cuando la caja llegue al sensor con la etiqueta “Caja bloqueada 1” y no volverá a hacerlo hasta que el sistema se lo indique. Si mientras que la caja espera a que llegue un palé para ser cargada siguen llegando más cajas al almacén, estas quedarán bloqueadas y se irán acumulando. Si las cajas acaban llegando al sensor con la etiqueta “Cajas medianas lleno” y este queda activado durante 0.18 segundos, las cintas 1 y 2 se detendrán para evitar que haya atranques.

Cuando la caja pasa la barrera, se activa la cinta 3 hasta que llega al sensor con la etiqueta “Almacén 1”. En ese momento se desactiva la cinta 3 y se activa la cinta 4. La caja avanza por la cinta 4 y cuando llega al sensor con la etiqueta “Caja en posición”, la cinta se detiene y la caja queda bloqueada por un posicionador. Con el sensor “Caja en posición” activo se acciona el posicionador que agrupa la caja a la derecha de la cinta, activando un sensor que nos indica que ya ha sido agrupada. Al mismo tiempo, un contador se incrementa para contarla y, además, se activa un temporizador de 0.35 segundos. Pasado ese tiempo, la barrera deja pasar nuevamente una caja y hace el mismo camino hasta llegar al posicionador. Esta es agrupada y contada junto con la otra caja que ya había previamente, mostrado en la [figura 43](#).



Figura 43. Cajas medianas agrupadas

Esta vez no se abrirá la barrera, sino que el posicionador se levantará hasta llegar al sensor con la etiqueta “Agrupador alto”. Una vez que el sensor se ha activado, la cita 4 reanuda su marcha transportando las 2 cajas hasta otro sensor con la etiqueta “Empujar caja 1”. Cuando este sensor detecta las cajas, se acciona el cilindro neumático que las empuja hasta el palé tal y como se muestra en la [figura 44](#).

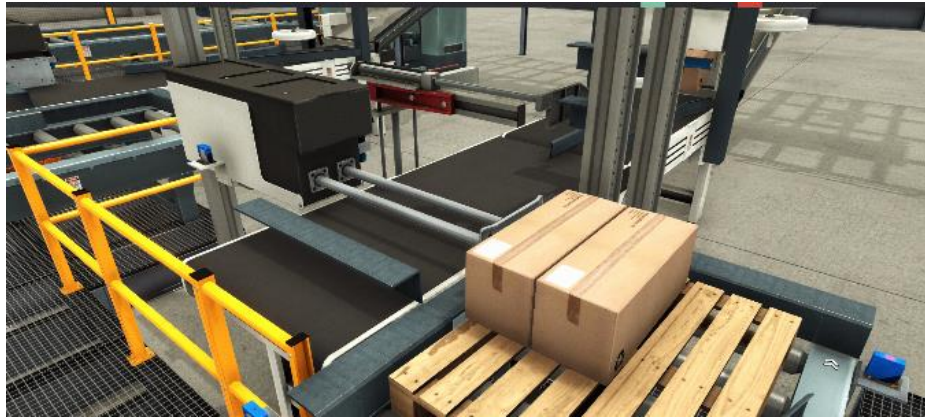


Figura 44. Cajas en palé

Si se diera el caso de que las 2 cajas han llegado al sensor “Empujar caja 1” pero aún no ha llegado el palé, se quedarán esperando hasta que llegue para ser cargadas.

Una vez que el cilindro neumático es activado, el contador que ha contado 2 cajas se reinicia y se incrementa en 1 otro contador distinto. Como el cilindro es de simple efecto, al activarse su final de carrera se desactiva el cilindro y da pie a que la barrera deje pasar una nueva caja. Cuando esta llega al posicionador y es agrupada, no entra una nueva caja, sino que la que se ha agrupado avanza hasta llegar al cilindro neumático donde será cargada en el palé junto con las otras 2 cajas.

Cuando las 3 cajas medianas están cargadas en el palé, se activa una marca llamada “Caja mediana completa” para indicar que ese palé está listo para su evacuación. Al mismo tiempo se activa un temporizador de 0.5 segundos para hacer una pequeña espera antes de volver a comprobar si quedan cajas en el almacén.

Esto sería todo lo referente a las cajas medianas.

- Se detecta caja grande:

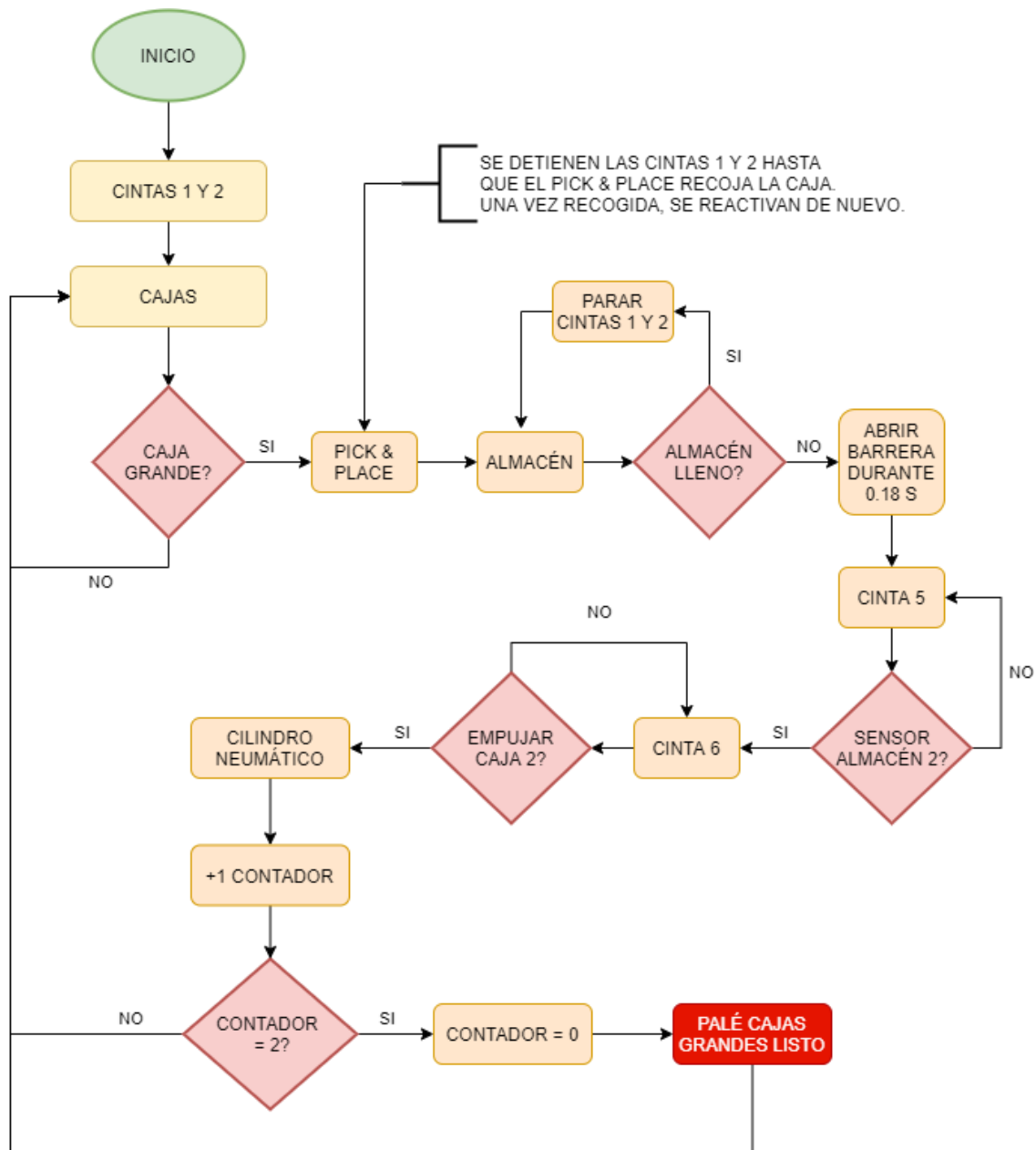


Figura 45. Diagrama cajas grandes

Como se ha mostrado en la [figura 45](#), cuando la caja grande llegue al sensor con la etiqueta “Caja grande lista”, las cintas 1 y 2 deberán detenerse para que el segundo pick & place de 2 ejes pueda recogerla. Una vez que la caja es recogida, las cintas 1 y 2 volverán a ponerse en funcionamiento y el paquete se soltará sobre la rampa que tiene justo delante.

La caja llega a una barrera que detiene su paso para que no caiga de manera brusca en la zona de carga. La barrera se abrirá durante 0.18 segundos cuando la caja llegue al sensor con la etiqueta “Caja bloqueada 2” y no volverá a hacerlo hasta que el sistema se lo indique. Si mientras que la caja espera a que llegue un palé para ser cargada siguen llegando más cajas al almacén, estas quedarán bloqueadas y se irán acumulando. Si las cajas acaban llegando al sensor con la etiqueta “Cajas grandes lleno” y este queda activado durante 0.18 segundos, las cintas 1 y 2 se detendrán para evitar que haya atranques.

Cuando la caja pasa la barrera, se activa la cinta 5 hasta que llega al sensor con la etiqueta “Almacén 2”. En ese momento se desactiva la cinta 5 y se activa la cinta 6. La caja avanza por la cinta 6 y cuando llega al sensor con la etiqueta “Empujar caja 2” la cinta se detiene y el cilindro neumático carga la caja en el palé. Si se diera el caso de que la caja ha llegado al sensor “Empujar caja 2” pero aún no ha llegado el palé, se quedaran esperando hasta que llegue para ser cargadas.

Una vez que el cilindro neumático es activado, un contador se incrementa en 1 para contar que hay una caja cargada. En el momento que la caja es cargada, la barrera se vuelve a abrir para dejar pasar una nueva caja. Realiza el mismo recorrido hasta llegar al sensor “Empujar caja 2” y cuando se activa el cilindro, pone el contador a 2 y activa una marca llamada “Caja grande completa” para indicar que ese palé está cargado con 2 cajas y listo para su evacuación, tal y como muestra la [figura 46](#).



Figura 46. Palé cajas grandes listo

Esto sería todo lo referente a las cajas grandes.

- Se detecta caja pequeña:

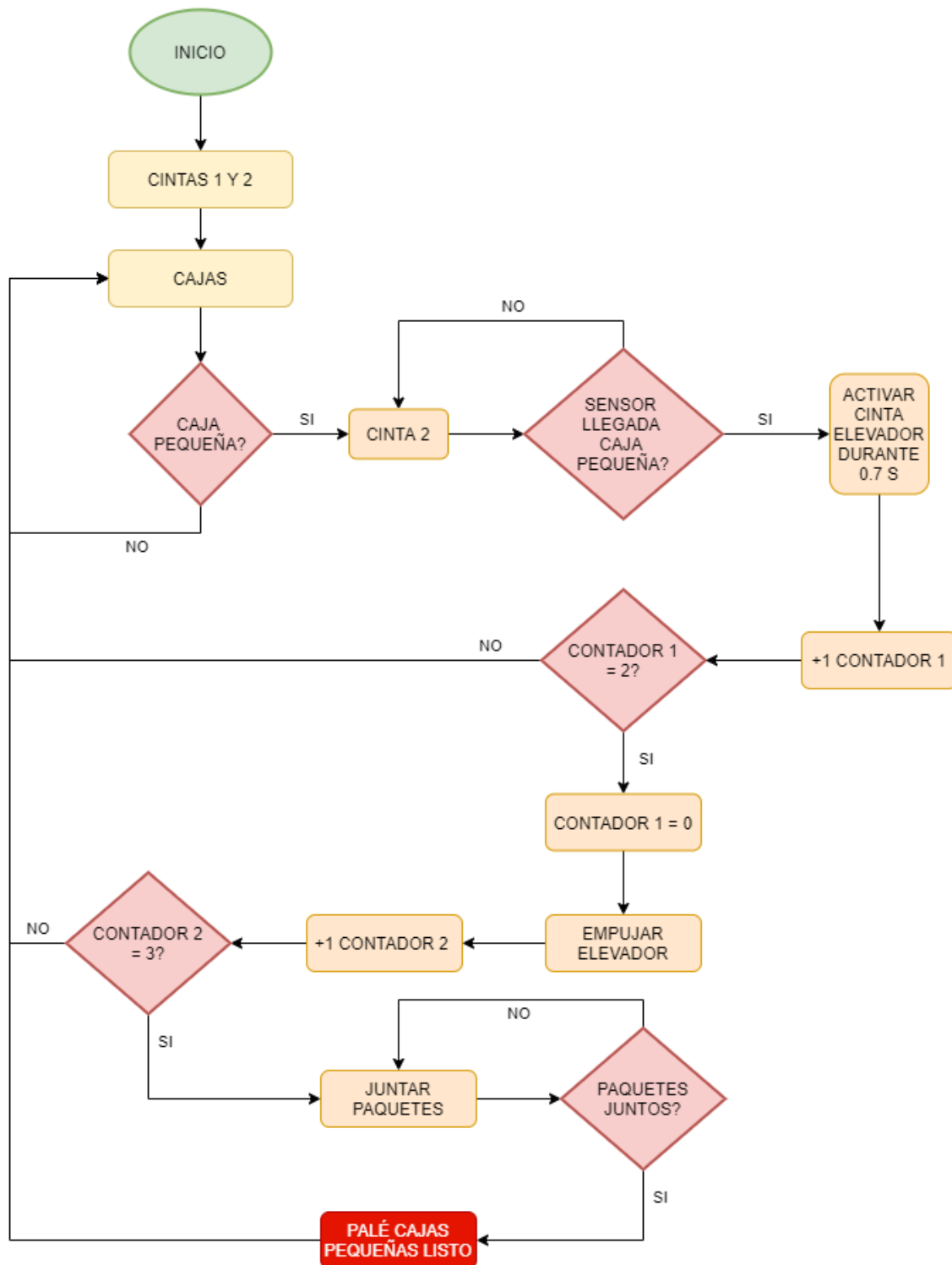


Figura 47. Diagrama cajas pequeñas

Como se ha mostrado en la [figura 47](#), cuando la caja pequeña llegue al sensor con la etiqueta “Caja pequeña”, seguirá avanzando por la cinta 2 hasta llegar a la cinta del elevador. Esta cinta se activará durante 0.7 segundos cuando el sensor “Llegada caja pequeña” se active, además un contador se incrementará para contar esa caja. Pasado ese tiempo, la caja quedará parada al final de la cinta del elevador esperando a que llegue otra caja. Cuando llegue una segunda caja se juntará con la primera y, como el contador ha contado 2 cajas, se activará un empujador que tiene incorporado el elevador con la etiqueta “Empujar elevador” que cargará esas 2 cajas sobre la plataforma del elevador. Cuando ese empujador se haya extendido completamente, se activará un sensor con la etiqueta “Caja en elevador”.

Este proceso se tiene que repetir un total de 3 veces de tal forma que al final queden 6 cajas pequeñas cargadas en el elevador. Cuando eso ocurra, se activará una pequeña placa con la etiqueta “Juntar paquetes” que hará que las 6 cajas pequeñas quedan juntas cuando el sensor con la etiqueta “Paquetes juntos” se active. Al mismo tiempo se ha activado otra marca llamada “Caja pequeña lista” para indicar que el elevador está listo para cargar las cajas en un palé tal y como muestra la [figura 48](#).



Figura 48. Elevador con cajas pequeñas

Esto sería todo lo referente a las cajas pequeñas.

Cuando se presionó el botón de marcha, al mismo tiempo que ocurre todo lo mencionado anteriormente, también se activó el transportador de rodillos con la etiqueta “Rodillo entrada pallet” que permite que empiecen a entrar palés para distribuirse a las distintas zonas de carga.

- Palé destinado a las cajas pequeñas:

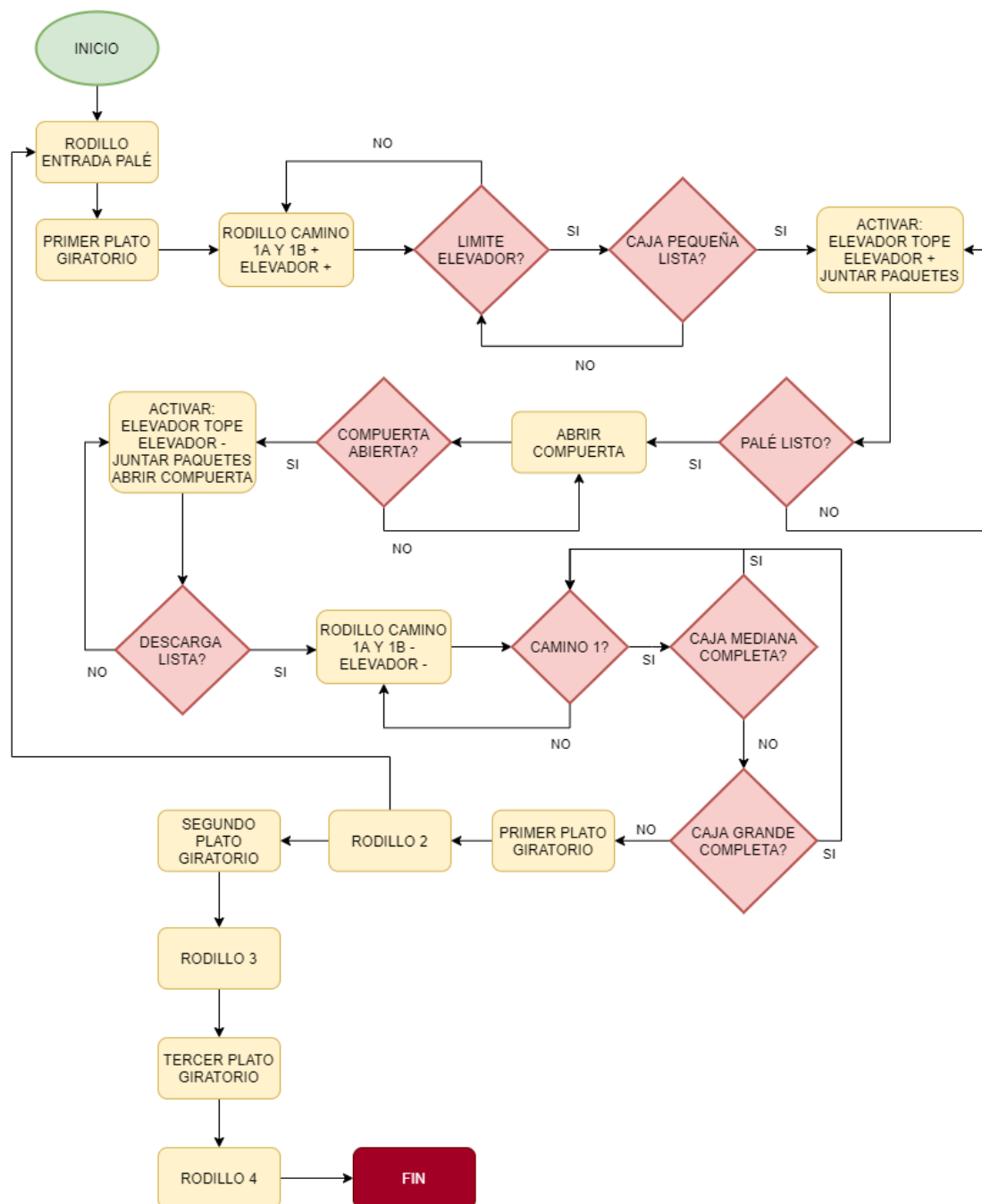


Figura 49. Diagrama palé cajas pequeñas

Como se ha observado en la [figura 49](#), el rodillo transportador con la etiqueta “Rodillo entrada pallet” comenzará a funcionar si se cumple que: se ha pulsado el botón de marcha, ningún plato giratorio está girando, que no esté activada la marca “Pallet 1”, que no hay ya un palé en el punto de carga, que el elevador esté en la posición de carga y que no haya ningún palé que este volviendo por el camino de la zona de carga de las cajas pequeñas.

Cumpliendo todas estas condiciones, se activaría “Rodillo entrada pallet” que conduciría el palé hasta el primer plato giratorio. Al mismo tiempo se activaría la marca “Pallet 1” para evitar que se mande otro palé al mismo punto de carga.

Cuando el palé llega al sensor con la etiqueta “Llegada 1”, se activa los rodillos del plato con la etiqueta “Girador 1 +” para que el palé se pose sobre el plato giratorio. Una vez que llega al sensor con la etiqueta “Salida 1”, se detiene “Rodillo entrada pallet” y “Girador 1 +” quedando el palé colocado en el centro del plato giratorio, más o menos. En ese momento se activaría el giro del plato con la etiqueta “Girar 1” hasta que se activa el final de carrera “Girado 1”. Una vez girado completamente, se mantiene activado “Girar 1” y se activan las salidas “Girador 1 +”, “Rodillo camino 1A +” y “Rodillo camino 1B +” hasta que el palé activa el sensor con la etiqueta “Camino 1”, como muestra la [figura 50](#).

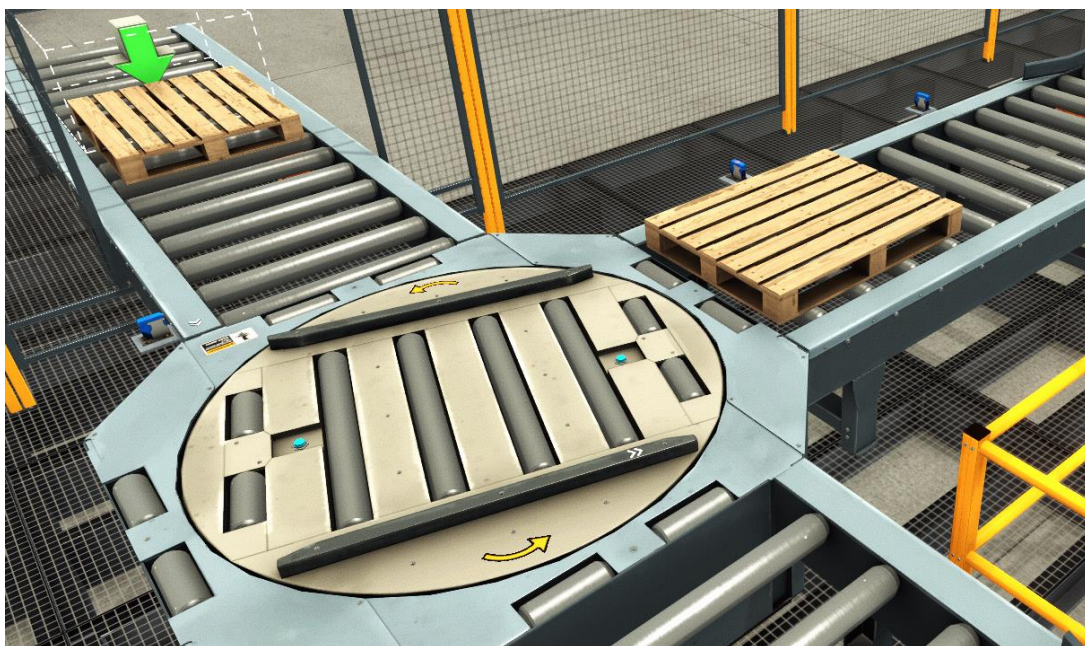


Figura 50. Palé destinado a las cajas pequeñas

Con este último sensor activado, se desactivarían las salidas “Girador 1 +” y “Girar 1”, a su vez se activaría la salida “Elevador rodillo +” junto con “Rodillo camino 1A +” y “Rodillo camino 1B +”. De esta manera el palé irá avanzando hasta llegar al sensor con la etiqueta “Limite elevador”.

En este momento el palé ya se encuentra ubicado en la zona de carga de las cajas pequeñas, entonces se desactiva la marca “Pallet 1” y el palé queda a la espera de que se active la marca “Caja pequeña lista”. Una vez que se activa esta variable, se activan las salidas “Elevador tope”, “Elevador +” y “Juntar paquetes”. Esto hará que el palé sea transportado a la parte superior del elevador hasta llegar al sensor con la etiqueta “Pallet listo”.

Con el palé en esta posición, se mantiene activa la salida “Juntar paquetes” y se activa “Abrir compuerta”, además se activa una marca “Caja pequeña completa”. Cuando las compuertas llegan al final de carrera “Compuerta abierta”, las cajas pequeñas ya están sobre el palé y se activan las salidas “Elevador tope”, “Abrir compuerta”, “Juntar paquetes” y “Elevador –”. Esto hará que el palé baje a la zona más baja del elevador donde hay un sensor con la etiqueta “Descarga lista”.

Con el elevador en esta posición, tendrá que subir un poco para ponerse a la misma altura que los rodillos transportadores. Esto se consigue activando la salida “Elevador +” con pulsos (no olvidar desactivar la salida “Elevador tope” sino volverá a subir a la posición más alta cuando se dé el pulso). Mientras el elevador va subiendo se debe desactivar la marca “Caja pequeña lista”. Una vez que el elevador activa el sensor con la etiqueta “Elevador en posición” se activarán las salidas “Rodillo camino 1A –”, “Rodillo camino 1B –” y “Rodillo elevador –”, tal y como se muestra en la [figura 51](#). Esto hará que el palé cargado con las cajas pequeñas empiece a volver por el mismo camino hasta que llega al sensor con la etiqueta “Espera 1”.



Figura 51. Palé cajas pequeñas lleno

Llegado a este punto, se desactiva “Rodillo elevador –” y se mantiene “Rodillo camino 1A –” y “Rodillo camino 1B –” hasta que el palé llega al sensor “Camino 1”. El palé se detendrá delante de este sensor y el sistema comprobará si de entre las variables auxiliares “Caja pequeña completa”, “Caja mediana completa” o “Caja grande completa”, solo está activada la de las cajas pequeñas. Si se diera el caso de que cualquiera de las otras variables estuviese activada, el palé quedaría a la espera de que se desactivaran para poder continuar, como muestra la [figura 52](#).

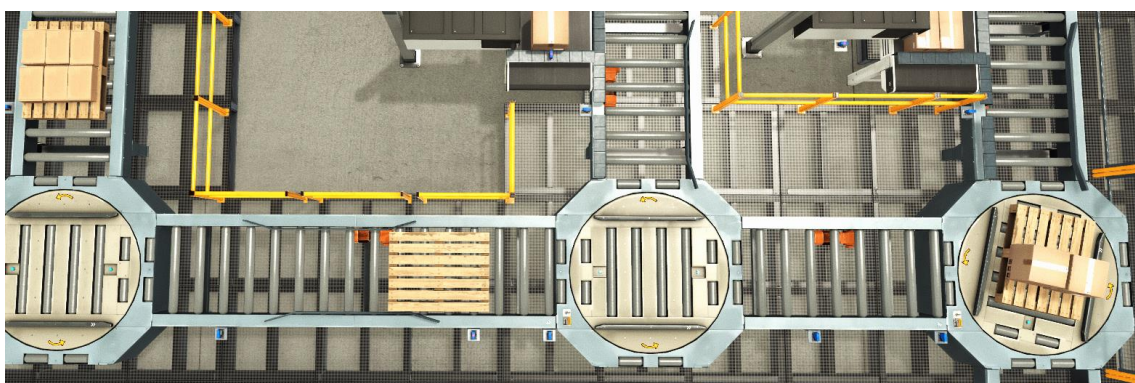


Figura 52. Espera de seguridad

Cuando se de esa condición, el sistema hará otra comprobación que es que no puede haber otro palé cruzando por el primer plato giratorio o en sus inmediaciones. Si se cumple también esta condición, se activará la salida “Girar 1” hasta que se active el final de carrara “Girado 1”. Una vez que el primer plato giratorio esté completamente

girado, se mantendrá activado “Girar 1” y se activarán las salidas “Girador 1 –”, “Rodillo camino 1A –” y “Rodillo camino 1B –” hasta que el palé llegue al sensor “Llegada 1”. En ese momento se desactivan “Girar 1”, “Girador 1 –”, “Rodillo camino 1ª –” y “Rodillo camino 1B –” hasta que el plato giratorio vuelva a su posición de reposo que es cuando se activa el final de carrera “Sin girar 1”.

Estando el plato giratorio en su posición de reposo, se activan las salidas “Girador 1 +” y “Rodillo 2”, esto hará que el palé empiece a dirigirse hasta la zona de extracción. Cuando el palé llegue al sensor con la etiqueta “Salida rodillo 2”, se desactivará la salida “Girador 1 +” quedando solo activada “Rodillo 2”. Al mismo tiempo, el sistema manda un nuevo palé a la zona de carga de las cajas pequeñas para empezar de nuevo el ciclo.

Con el sensor “Llegada 2” activado y manteniendo activada “Rodillo 2”, se activan “Girador 2 +” y “Rodillo 3” hasta llegar al sensor “Salida rodillo 3”. Con este último sensor activado, se desactivarán las salidas “Girador 2 +” y “Rodillo 2” quedando solo activada “Rodillo 3”, a su vez se activa la salida “Girador 3 +”. Al llegar el palé al sensor con la etiqueta “Salida 3”, se desactivarán las salidas “Rodillo 3” y “Girador 3 +” quedando el palé situado encima del tercer plato giratorio. En esta situación se activará la salida “Girar 3” hasta que se active el final de carrera “Girado 3”. Una vez que el tercer plato giratorio se ha girado completamente, se mantiene activada la salida “Girar 3” y se activan “Girador 3 –” y “Rodillo 4” hasta que el palé llegue al sensor con la etiqueta “Descarga”, como muestra la [figura 53](#).

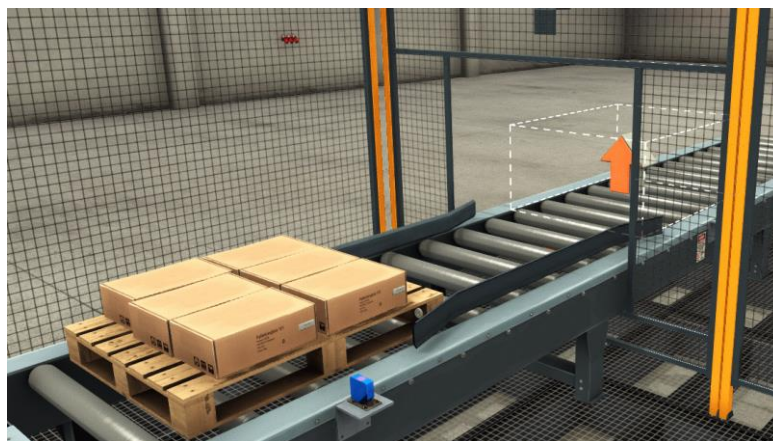


Figura 53. Sensor Descarga

En este punto se desactivan “Girar 3” y “Girador 3 –”, quedando solo activado “Rodillo 4”. Esto permitirá llegar al palé hasta el final de su camino donde un sensor con la etiqueta “Fin” nos informará de ello. Cuando este sensor se activa, se desactivará la marca “Caja pequeña completa” y se activará un temporizador de 0.5 segundos para hacer una pequeña espera.

Esto sería todo lo referente al palé destinado a las cajas pequeñas.

- Palé destinado a las cajas grandes:

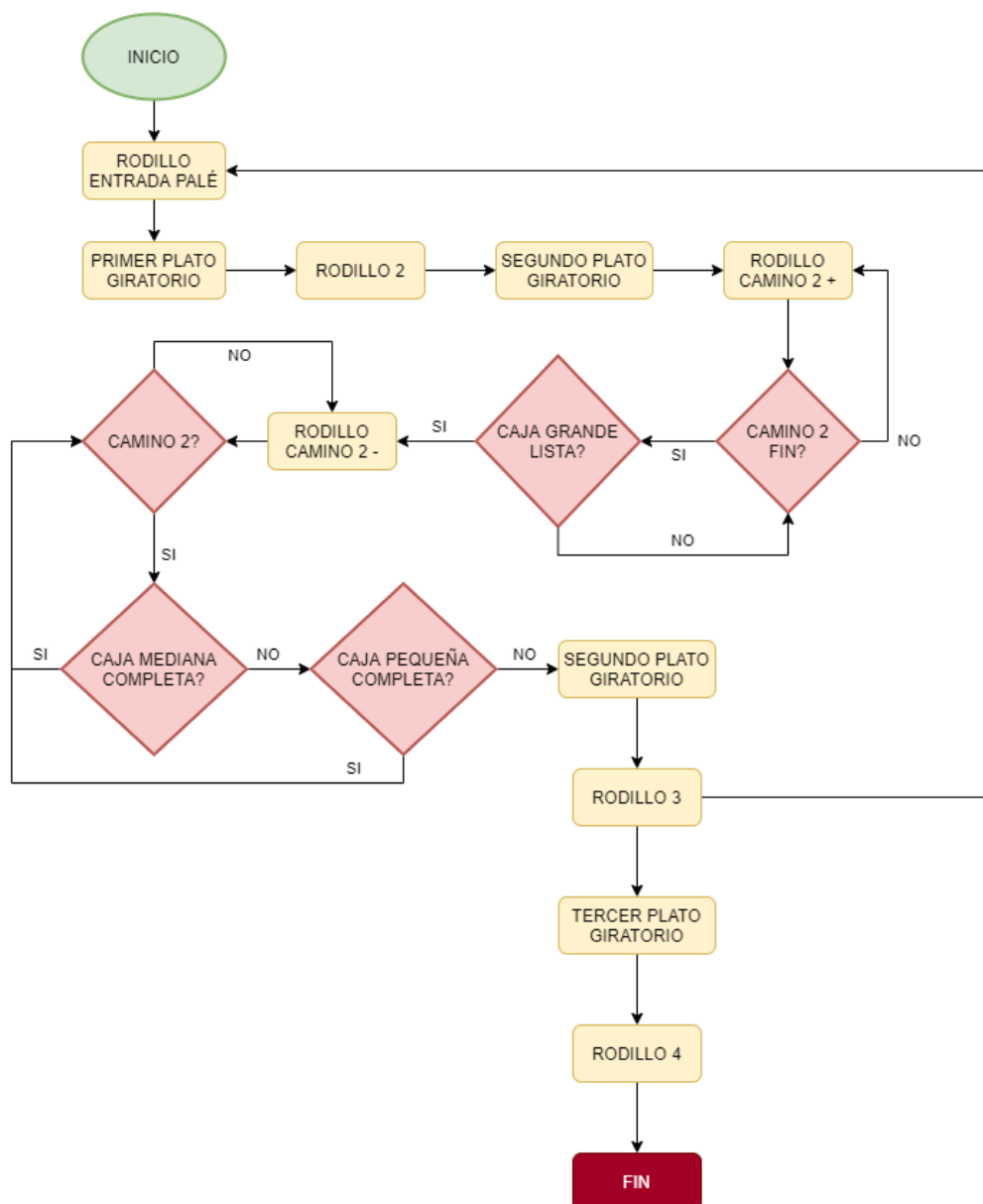


Figura 54. Diagrama cajas grandes

Como se ha observado en la [figura 54](#), el rodillo transportador con la etiqueta “Rodillo entrada pallet” comenzará a funcionar si se cumple que: se ha pulsado el botón de marcha, ningún plato giratorio está girando, que no esté activada la marca “Pallet 2”, que no hay ya un palé en el punto de carga, que el elevador esté en la posición de carga y que no haya ningún palé que este volviendo por el camino de la zona de carga de las cajas grandes.

Cumpliendo todas estas condiciones, se activaría “Rodillo entrada pallet” que conduciría el palé hasta el primer plato giratorio. Al mismo tiempo se activaría la marca “Pallet 2” para evitar que se mande otro palé al mismo punto de carga.

Cuando el palé llega al sensor con la etiqueta “Llegada 1” y se cumple también cualquiera de estas condiciones: que el palé destinado a las cajas pequeñas ha llegado a su punto de carga, que el palé destinado a las cajas pequeñas está llegando a su punto de carga o que el palé destinado a las cajas pequeñas está regresando cargado, pero aún no ha llegado al sensor “camino 1”; entonces se mantendrá activada “Rodillo entrada pallet” y se activarán “Girador 1 +” y “Rodillo2”. De esta forma el palé pasará por el primer plato giratorio en dirección al segundo, como muestra la [figura 55](#).



Figura 55. Palé destinado a las cajas grandes

Cuando se activa el sensor “Salida rodillo 2”, se desactivarían “Rodillo entrada pallet” y “Girador 1 +” y se activarían “Girador 2 +” y “Rodillo 2”. El palé sigue avanzando hasta que llega al sensor “Llegada 2”, en ese momento se sigue

manteniendo activadas las salidas “Girador 2 +” y “Rodillo 2” para que el palé se pose sobre el segundo plato giratorio y active el sensor “Salida 2”. Con este último sensor activado, se desactivarían “Girador 2 +” y “Rodillo 2” dando lugar a que se active el giro del plato “Girar 2” hasta que llegue a su final de carrera “Girado 2”.

Estando en este punto, se mantiene activado “Girar 2” y se activarían “Girador 2 +” y “Rodillo camino 2 +” hasta que el palé accione el sensor con la etiqueta “Camino 2”. Cuando esto ocurre, se desactivan “Girar 2” y “Girador 2 +” quedando solo activado “Rodillo camino 2 +” hasta que se accione el sensor con la etiqueta “Camino 2 fin”.

En este momento el palé ya se encuentra ubicado en la zona de carga de las cajas grandes, entonces se desactiva la marca “Pallet 2” y el palé queda a la espera de que se active la marca “Caja grande lista”. Una vez que se activa esta variable, se tienen que cumplir otras condiciones antes de que el palé inicie su marcha hacia el punto de extracción. Las condiciones serían:

- No puede estar la marca “Caja pequeña completa” activada y se está activada, el palé de las cajas pequeñas cargado no debe haber llegado al sensor “Camino1”.
- No puede estar la marca “Caja mediana completa” ni puede haber un palé que esté yendo en dirección al tercer punto de carga.

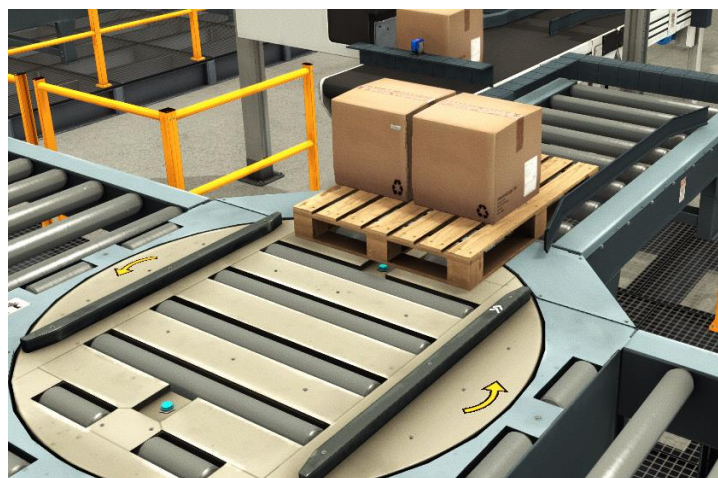


Figura 56. Palé cargado con cajas grandes

Cumpléndose todas estas condiciones, como se ha mostrado en la [figura 56](#), se activarían las salidas “Girador 2 –”, “Rodillo camino 2 –” y “Girar 2” hasta que el palé cargado llegue a tocar el sensor “Llegada 2”. En ese momento se desactivarían estas 3 últimas salidas y el plato giratorio volvería a su posición de reposo con el palé cargado sobre él. Estando en esta posición se tiene que cumplir que los sensores “Sin girar 2” y “Sin girar 3” estén activados para que se activen las salidas “Girador 2 +” y “Rodillo 3”, entonces el palé avanzaría hasta llegar al sensor “Salida rodillo 3”.

Con este último sensor activado se desactivaría la salida “Girador 2 +” quedando solo activada “Rodillo 3”, a su vez se activa la salida “Girador 3 +” y el sistema manda un nuevo palé a la zona de carga de las cajas grandes para empezar de nuevo el ciclo. Al llegar el palé al sensor con la etiqueta “Salida 3”, se desactivarán las salidas “Rodillo 3” y “Girador 3 +” quedando el palé situado encima del tercer plato giratorio. En esta situación se activará la salida “Girar 3” hasta que se active el final de carrera “Girado 3”. Una vez que el tercer plato giratorio se ha girado completamente, se mantiene activada la salida “Girar 3” y se activan “Girador 3 –” y “Rodillo 4” hasta que el palé llegue al sensor con la etiqueta “Descarga”.

En este punto se desactivan “Girar 3” y “Girador 3 –”, quedando solo activado “Rodillo 4”. Esto permitirá llegar al palé hasta el final de su camino donde un sensor con la etiqueta “Fin” nos informará de ello. Cuando este sensor se activa, se desactivará la marca “Caja grande completa” y se activará un temporizador de 0.5 segundos para hacer una pequeña espera.

Esto sería todo lo referente al palé destinado a las cajas grandes.

- Palé destinado a las cajas medianas:

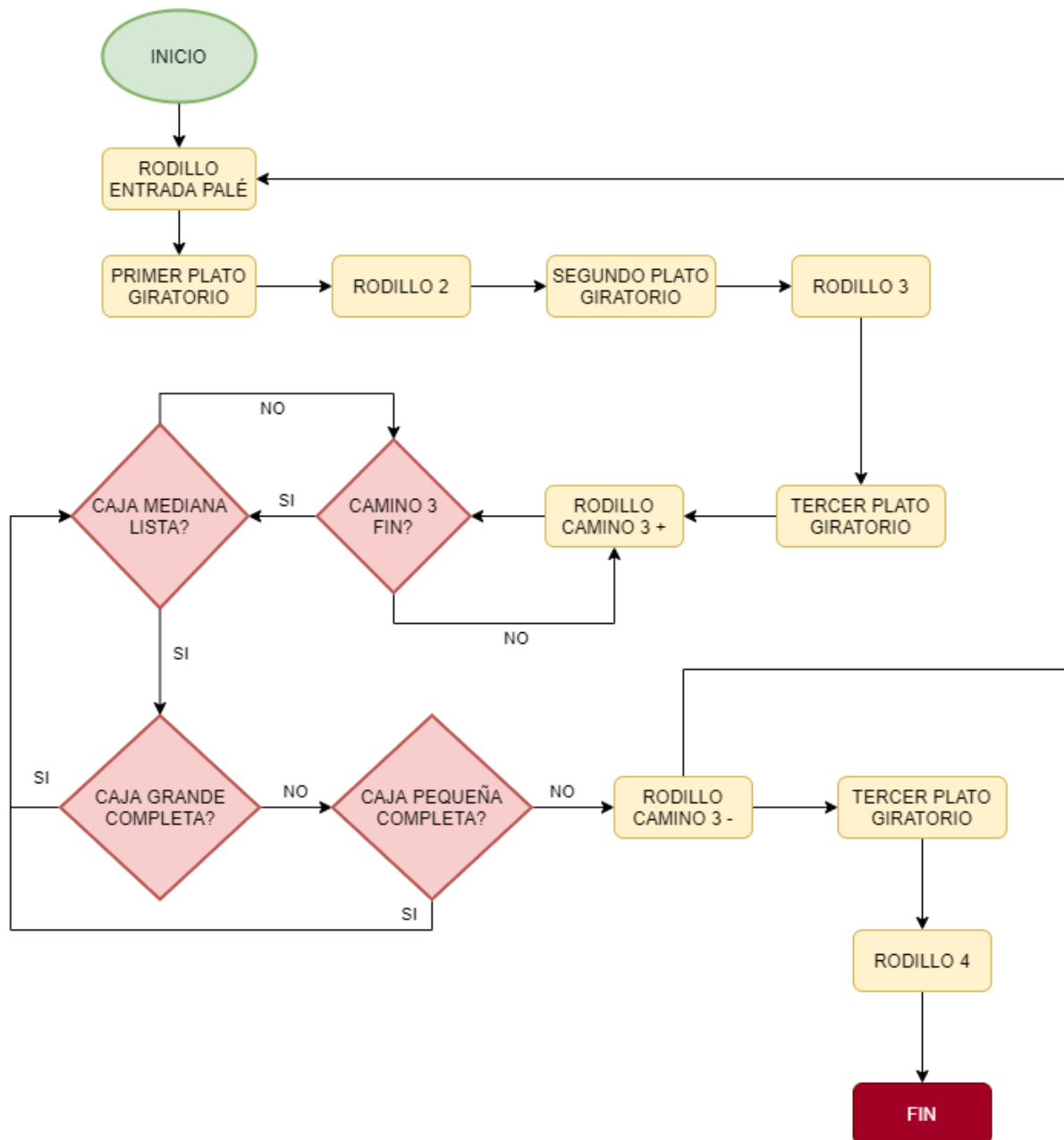


Figura 57. Diagrama caja mediana

Como se ha observado en la [figura 57](#), el rodillo transportador con la etiqueta “Rodillo entrada pallet” comenzará a funcionar si se cumple que: se ha pulsado el botón de marcha, ningún plato giratorio está girando, que no esté activada la marca “Pallet 3”, que no hay ya un palé en el punto de carga, que el elevador esté en la posición de carga y que no haya ningún palé que este volviendo por el camino de la zona de carga de las cajas medianas.

Cumpliendo todas estas condiciones, se activaría “Rodillo entrada pallet” que conduciría el palé hasta el primer plato giratorio. Al mismo tiempo se activaría la marca “Pallet 3” para evitar que se mande otro palé al mismo punto de carga.

Cuando el palé llega al sensor con la etiqueta “Llegada 1” y se cumple también cualquiera de estas condiciones: que el palé destinado a las cajas pequeñas ha llegado a su punto de carga, que el palé destinado a las cajas pequeñas está llegando a su punto de carga o que el palé destinado a las cajas pequeñas está regresando cargado, pero aún no ha llegado al sensor “camino 1”; y también cualquiera de estas: que el palé destinado a las cajas grandes ha llegado a su punto de carga o que el palé destinado a las cajas grandes se encuentra en camino al punto de extracción; entonces se mantendrá activada “Rodillo entrada pallet” y se activarán “Girador 1 +” y “Rodillo2”. De esta forma el palé pasará por el primer plato giratorio en dirección al segundo.

Cuando se activa el sensor “Salida rodillo 2”, se desactivarían “Rodillo entrada pallet” y “Girador 1 +” y se activaría “Rodillo 2”. El palé sigue avanzando hasta que llega al sensor “Espera 2”. En ese momento, si está activada la marca “Caja grande completa” el palé se detendrá hasta que el palé que está evacuando no entre en el punto de extracción o que venga otro palé por detrás y vaya a pasar al rodillo 2. Si la variable “Caja grande completa” no está activada y el palé llega al sensor “Llegada 2”, se sigue manteniendo activada la salida “Rodillo 2” y se activarían “Girador 2 +” y “Rodillo 3” para que el palé se pose sobre el segundo plato giratorio y avance en dirección al tercer plato giratorio, como muestra la [figura 58](#).



Figura 58. Palé destinado a las cajas medianas

Al accionarse el sensor “Salida rodillo 3” se desactivarían las salidas “Rodillo 2” y “Girador 2 +” quedando activada “Rodillo 3” y activando “Girador 3 +” hasta que el palé accionara el sensor “Salida 3”. En ese momento se desactivarían estas 2 últimas salidas para activar “Girar 3” hasta que llegue al final de carrera “Girado 3”. Con el plato completamente girado, se mantendría activado “Girar 3” y se accionaría las salidas “Girador 3 +” y “Rodillo camino 3 +” hasta que el palé llegue al sensor con la etiqueta “Camino 3”. Una vez accionado este sensor se desactivarían “Girar 3” y “Girador 3 +” quedando solo activado “Rodillo camino 3 +” hasta que se accione el sensor “Camino 3 fin”.

En este momento el palé ya se encuentra ubicado en la zona de carga de las cajas medianas, entonces se desactiva la marca “Pallet 3” y el palé queda a la espera de que se active la marca “Caja mediana lista”. Una vez que se activa esta variable, se tienen que cumplir otras condiciones antes de que el palé inicie su marcha hacia el punto de extracción. Las condiciones serían que no estén evacuando ninguno de los otros 2 palés. Cumpliendo esto, el sistema manda un nuevo palé a la zona de carga de las cajas medianas para empezar de nuevo el ciclo y se activarían las salidas “Girar 3”, “Rodillo camino 3 –” y “Girador 3 –” hasta que se accione el sensor “Salida 3”.

Con este último sensor activo, se mantendrán activadas las últimas salidas mencionadas además de “Rodillo 4” hasta que se acciona el sensor “Llegada 3”. En esta situación se mantienen activadas las salidas “Girar 3”, “Girador 3 –” y “Rodillo 4” hasta que el palé llegue al sensor con la etiqueta “Descarga”, como muestra la [figura 59](#).



Figura 59. Palé de cajas medianas completo

En este punto se desactivan “Girar 3” y “Girador 3 –”, quedando solo activado “Rodillo 4”. Esto permitirá llegar al palé hasta el final de su camino donde un sensor con la etiqueta “Fin” nos informará de ello. Cuando este sensor se activa, se desactivará la marca “Caja mediana completa” y se activará un temporizador de 0.5 segundos para hacer una pequeña espera.

Esto sería todo lo referente al palé destinado a las cajas medianas.

Si se observa la caja de control y maniobra, hay disponible un botón de paro junto con un botón selector que permitirá hacer 2 tipos de parada, como muestra la figura 60.



Figura 60. Botón selector asociado al de paro

- Parada en un punto: esto se consigue cuando el botón selector se coloca en la posición correcta y se pulsa el botón de paro. Al hacer esto, se detienen todas las salidas que están activas hasta que se vuelve a pulsar el botón de marcha.

La maqueta saldría del estado de producción para pasar al estado de parada obtenida, como muestra la figura 61.

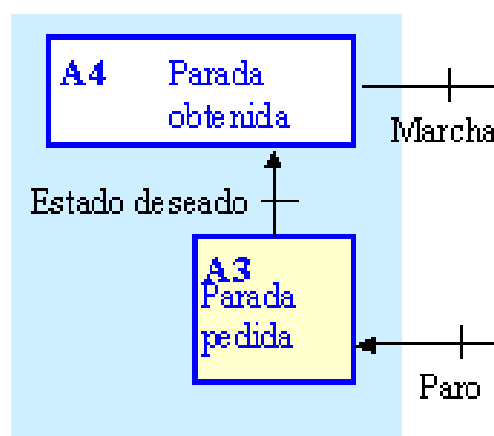


Figura 61. Parada obtenida

- Parada a final de ciclo: esto se consigue cuando el botón selector se coloca en la posición correcta y se pulsa el botón de paro. Al hacer esto, el sistema se detendrá cuando no quede ningún palé que esté siendo evacuado o esté listo para ser evacuado.

La maqueta saldría del estado de producción para pasar al estado de parada a final de ciclo, como se observa en la [figura 62](#).

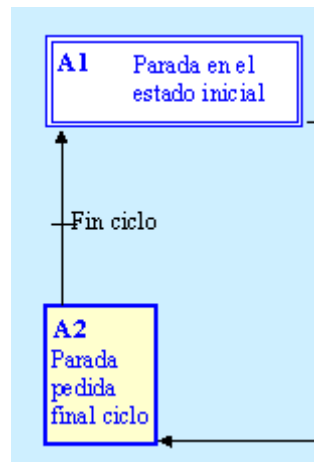


Figura 62. Parada obtenida a final de ciclo

También se dispone de una seta de emergencia, mostrado en la [figura 63](#), que tiene asociado otro botón selector. Dependiendo de la posición en la que se encuentre se puede continuar el ciclo por donde se quedó o efectuar un reinicio completo del sistema.

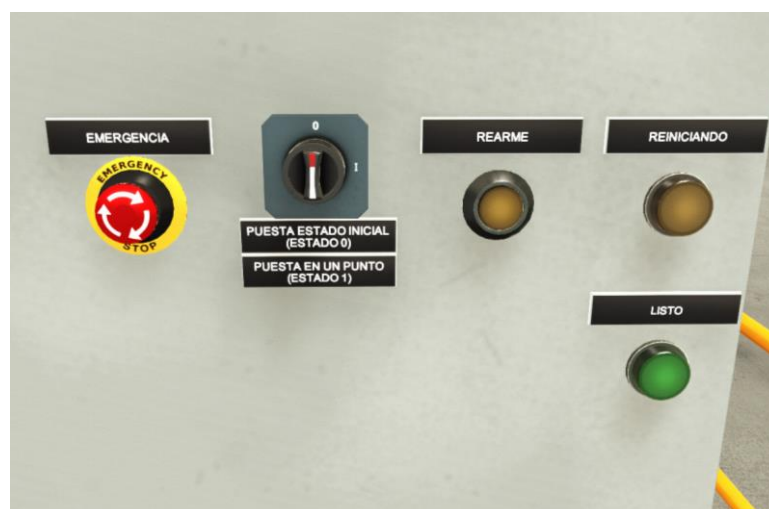


Figura 63. Seta de emergencia

Al pulsar la seta de emergencia se deshabilitarían todas las salidas de la maqueta. Luego se debe desenclavar la seta para que el sistema no quede bloqueado. Estando en este punto se debe elegir con el botón selector que es lo que se desea hacer:

- Continuar el ciclo por donde se quedó: esto se consigue cuando el botón selector se coloca en la posición correcta y se pulsa el botón de rearme. Al hacer esto, el sistema se desbloquea y se queda a la espera de que se pulse el botón de marcha para continuar con el proceso.

Al hacer esto, la maqueta sale del estado de producción normal para acabar llegando al estado de parada obtenida, como muestra la [figura 64](#).

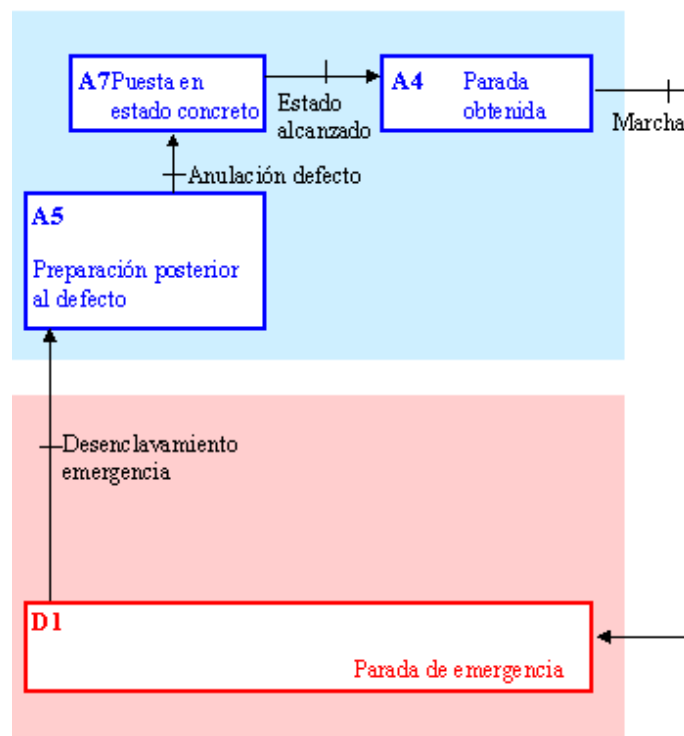


Figura 64. Parada de emergencia con parada en un punto

- Reinicio del sistema: esto se consigue cuando el botón selector se coloca en la posición correcta y se pulsa el botón de rearme. Al hacer esto se encenderá un indicador luminoso que informa que el sistema se está reiniciando mientras realiza las siguientes comprobaciones:
 - Si ninguno de los 3 puntos de carga tiene activado el sensor que informa de que hay un palé, el sistema activará los rodillos de estos 3 puntos para intentar retirar los palés que se hayan podido quedar por el camino. Esta acción durará 3 segundos en el caso de las cajas medianas y grandes, para las cajas pequeñas al ser el camino más largo, la comprobación durará 15 segundos.

En el caso de que los palés estuviesen en los puntos de carga no habría que realizar ninguna acción puesto que están en una posición segura.

- Terminada la comprobación de los puntos de carga, el sistema procederá a comprobar si hay algún palé que se encuentra en dirección al punto de extracción. En caso afirmativo se activarán los rodillos para evacuar ese palé. Esta acción durará 15 segundos y se reiniciará el tiempo cada vez que un palé sea evacuado. Si pasados los 15 segundos no se ha evacuado ningún palé, el sistema entenderá que ya no queda ninguno por lo que todo está listo para una nueva puesta en marcha. En ese momento se encenderá un indicador luminoso con la etiqueta “Listo” durante un segundo para indicar que ya se puede volver a pulsar el botón de marcha.

Al hacer esto, la maqueta sale del estado de producción normal para acabar llegando al estado inicial, como muestra la [figura 65](#).

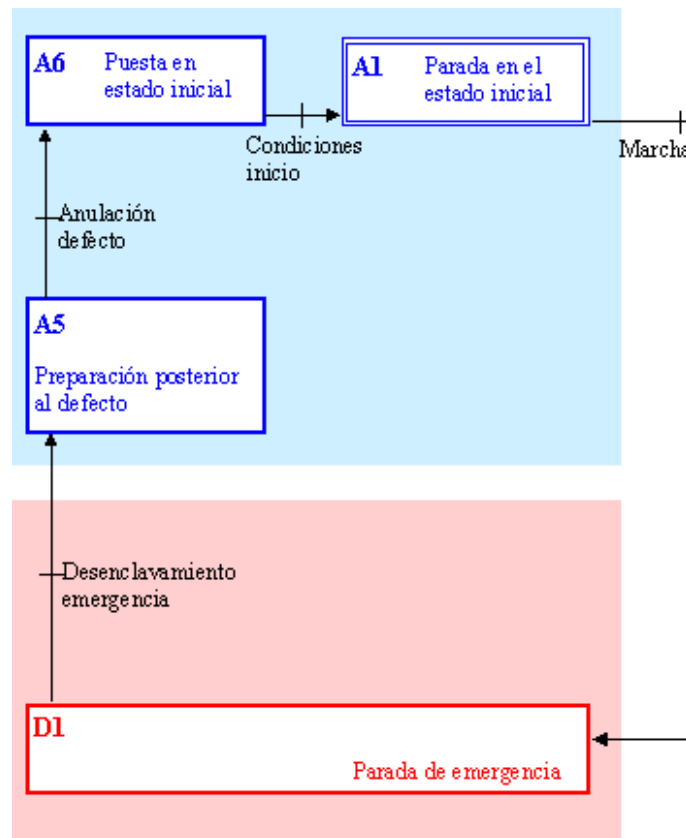


Figura 65. Parada de emergencia con parada en el estado inicial

Por último, se han colocado varios indicadores luminosos para informar del estado en el que se encuentra la maqueta:

- Se ha colocado uno en la entrada de los palés. Este se enciende cuando entra un palé y se apaga al llegar al plato giratorio. También se enciende cuando se pulsa el botón de emergencia.
- Se ha colocado uno en la salida de los palés. Este se enciende cuando un palé está llegando al punto de extracción y se apaga cuando es evacuado. También se enciende cuando se pulsa el botón de emergencia.
- Se ha colocado uno en el elevador. Este se enciende solo cuando el elevador esta un funcionamiento. También se enciende cuando se pulsa el botón de emergencia.

- Se han colocado 2 encima de la caja de control y maniobra, uno se enciende cuando se pulsa el botón de emergencia y el otro es un indicador de colores que cuando está en verde significa que la maqueta está en funcionamiento y cuando está en rojo significa que está en reposo.

Aquí concluiría el enunciado para la resolución de la maqueta.

Aclaraciones: Hay un pequeño inconveniente con el elevador. Su plataforma llega hasta el suelo, pero los rodillos están un poco más elevados por lo que hay que subir un poco la plataforma para que se sitúe a la misma altura, como se muestra en la [figura 66](#).

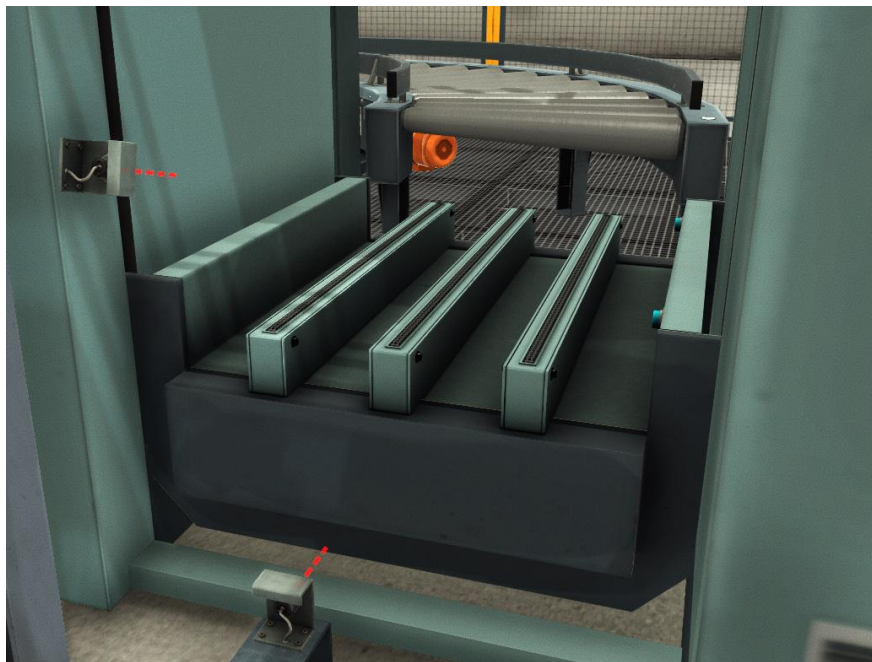


Figura 66. Posición del elevador predeterminada

Para lograr que la plataforma se ponga a la misma altura hay que activar la salida “Elevador +” mediante pulsos, de esta forma sube poco a poco. El generador de pulsos se ha creado utilizando 2 temporizadores, mostrados en la [figura 67](#).

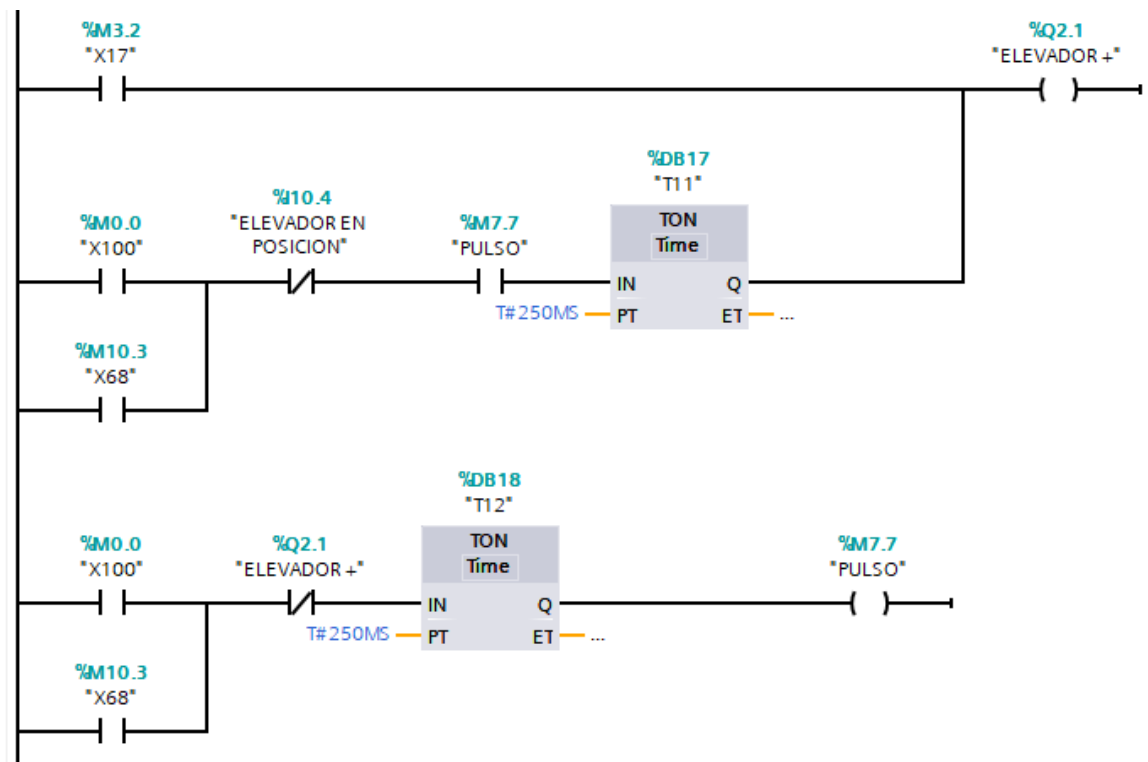


Figura 67. Generador de pulsos [12]

Todos los tiempos asignados a los temporizadores que se han ido comentando a lo largo del enunciado se han fijado así porque la simulación se hará a una velocidad de x2, mostrado en la [figura 68](#), de esta forma no se hará lenta ni pesada.



Figura 68. Establecer velocidad de simulación

Se recomienda experimentar un poco con las entradas y salidas de la maqueta, como muestra la [figura 69](#), para ver cómo funcionan antes de intentar hacer nada. Esto se consigue pinchando con el ratón sobre la etiqueta de cualquier entrada o salida. Aparecerá un pequeño menú con el que podremos forzar su funcionamiento.



Figura 69. Menú para forzar entradas o salidas

No olvidar presionar el botón de iniciar simulación para ver en funcionamiento los actuadores sino no servirá de nada forzarlos.

Se recomienda hacer varios GRAFCETS que se comuniquen entre sí para dividir el proceso. De esta manera resultará más sencillo dar con una solución.

Por último, se han usado algunas marcas más a parte de las ya mencionadas en el enunciado para garantizar un mejor funcionamiento, pero son opcionales. El alumno deberá decidir si desea usar o no más marcas.

5. CONCLUSIONES

Con todo ya expuesto se puede decir que se han alcanzado los objetivos marcados para este proyecto. Se ha conseguido crear una maqueta, programada con TIA Portal, que cumple con su función y que estaría lista para ser usada en cualquier parte. Aunque no se ha mencionado antes, la maqueta también puede ser usada conectado Factory I/O directamente a un PLC, no tiene por qué ser siempre con PLCSIM.

Crear la maqueta no ha sido una tarea sencilla ya que durante su desarrollo fueron apareciendo una serie de problemas que no siempre fueron fáciles de resolver. Sin duda, los mayores inconvenientes surgieron a la hora de intentar que la evacuación de los palés fuera más seguida y rápida. Cuando se creía que ya se había logrado, siempre aparecía un problema más, por lo que al final se convirtió en un trabajo de ensayo y error hasta que finalmente funcionaba como se pretendía.

Como todo proyecto, este tiene sus posibles mejoras. Por ejemplo, se podría haber creado un SCADA para controlar la maqueta de una forma más interactiva. Otra posible mejora podría estar en los GRAFCETS, hay etapas que quizás sobran y se podría simplificar un poco la programación.

Uno de los puntos fuertes que tiene esta maqueta es que no tiene por qué estar terminada. Se podría continuar haciendo más complejo el proceso y eso daría para hacer un nuevo proyecto. Quizás en un futuro otra persona pueda continuar este proyecto y actualizarlo, para entonces Factory I/O seguramente cuente con muchas más nuevas opciones.

Para terminar, lo que se espera haber conseguido con este proyecto es que sirva de apoyo a los y las estudiantes de las asignaturas de automática industrial y que vean que Factory I/O ofrece una forma muy práctica de aprender.

La escena de Factory I/O se podrá descargar junto con el proyecto en TIA Portal desde el siguiente código QR:



6. BIBLIOGRAFÍA

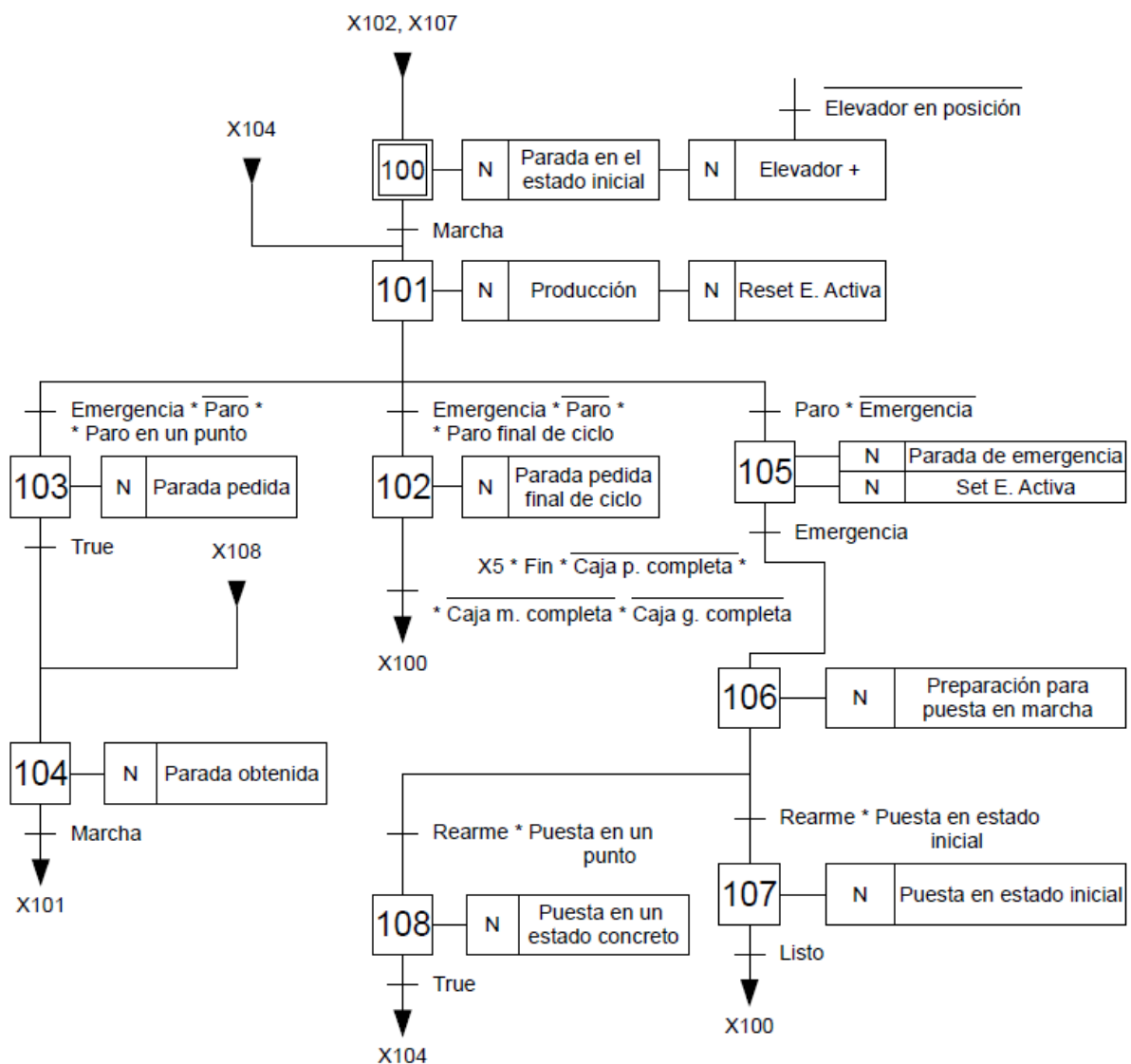
- [1] «Real Games: 3D Simulation Software,» 2021. [En línea]. Available: <https://realgames.co/>.
- [2] «Next-Gen PLC Training - Factory I/O,» 2021. [En línea]. Available: <https://factoryio.com/>.
- [3] «FlexSim: 3D Software de simulación y análisis,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.flexsim.com/es/>.
- [4] «Visual Components - 3D manufacturing simulation software,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.visualcomponents.com/>.
- [5] «CIROS® Studio: creación de entornos virtuales de aprendizaje,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.festo-didactic.com/>.
- [6] «ITS PLC - Interactive Training System for PLC - Real Games,» 2021. [En línea]. Available: <https://realgames.co/its-plc/>.
- [7] «Aspectos básicos de la guía GEMMA,» Año desconocido. [En línea]. Available: http://www.infoplac.net/files/documentacion/grafcet/infPLC_net_3_Aspectos_basicos_guia_GEMMA.pdf.
- [8] O. Boix, «Recursos CITCEA,» Año desconocido. [En línea]. Available: <https://recursos.citcea.upc.edu/grafcet/gemma/>.
- [9] «Modos de marcha y parada La guía GEMMA,» Año desconocido. [En línea]. Available: <http://isa.uniovi.es/~vsuarez/Download/GemmaTelemecanique.PDF>.
- [10] «MasterPLC,» 2020. [En línea]. Available: <https://masterplc.com/factoryio/simulador-siemens-s7-plcsim/>.
- [11] I. Gútiérrez, «Step 7... AWL, FUP o KOP ¿Cuál elijo?,» 2013. [En línea]. Available: <https://programacionsiemens.com/step-7-awl-fup-kop-cual-elijo/>.
- [12] «¿Cómo se puede programar un generador de impulsos en el STEP 7 (TIA Portal)?,» 2021. [En línea]. Available: [https://support.industry.siemens.com/cs/document/54647747/%C2%BFc%C3%B3mo-se-puede-programar-un-generador-de-impulsos-en-el-step-7-\(tia-portal\)-?dti=0&lc=es-ES](https://support.industry.siemens.com/cs/document/54647747/%C2%BFc%C3%B3mo-se-puede-programar-un-generador-de-impulsos-en-el-step-7-(tia-portal)-?dti=0&lc=es-ES).

7. ANEXOS

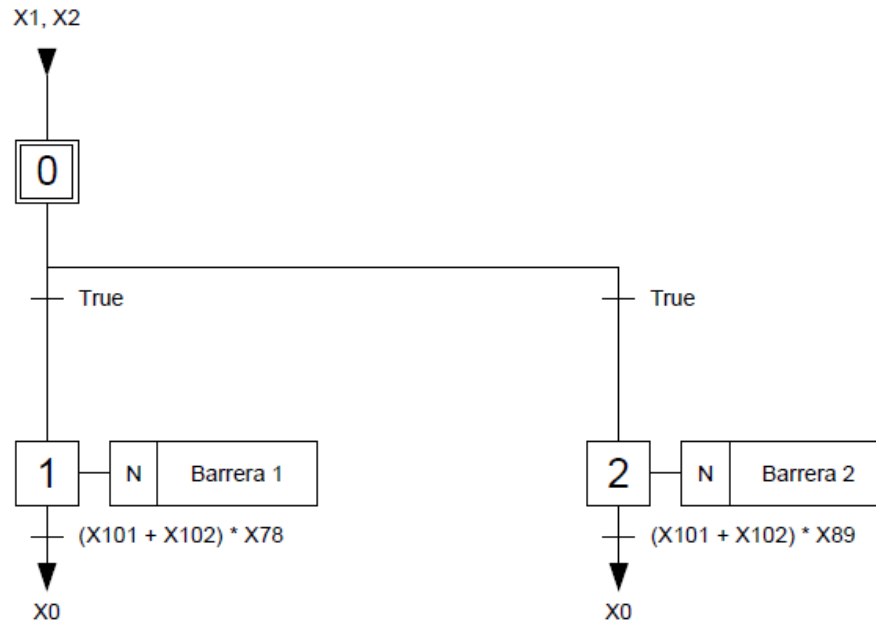
7.1. GRAFCETS

A continuación, se mostrarán los GRAFCETS que se han empleado para la programación en TIA Portal:

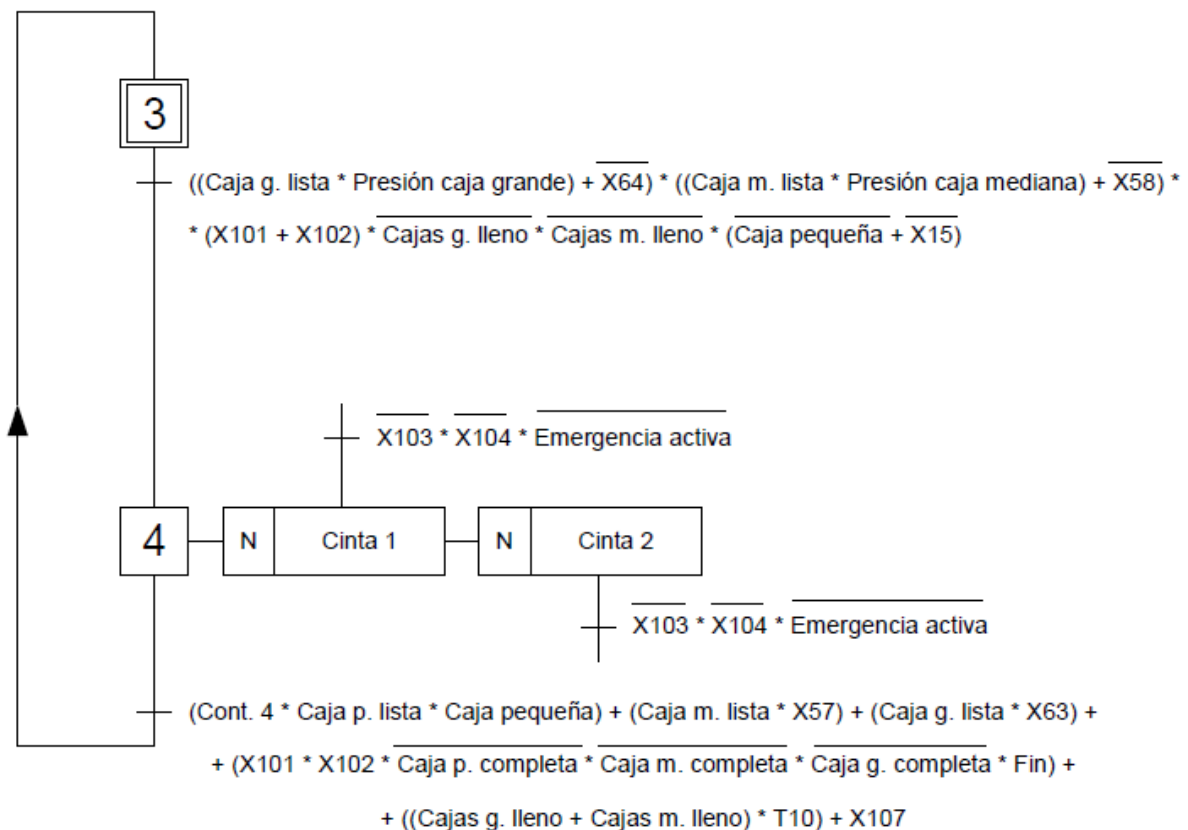
- GRAFCET de primer nivel sobre el funcionamiento de la maqueta.



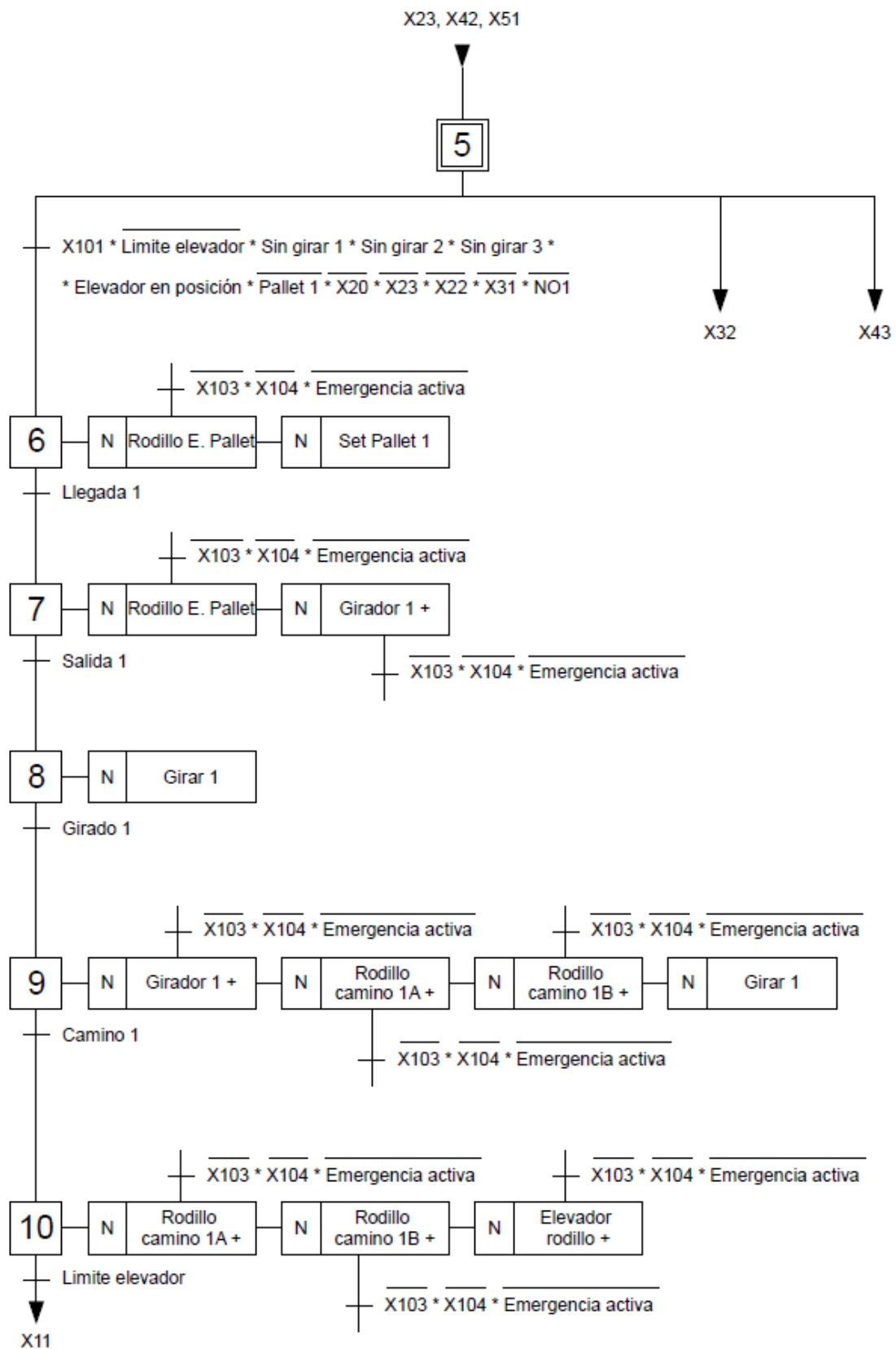
- GRAFCET para las barreras.

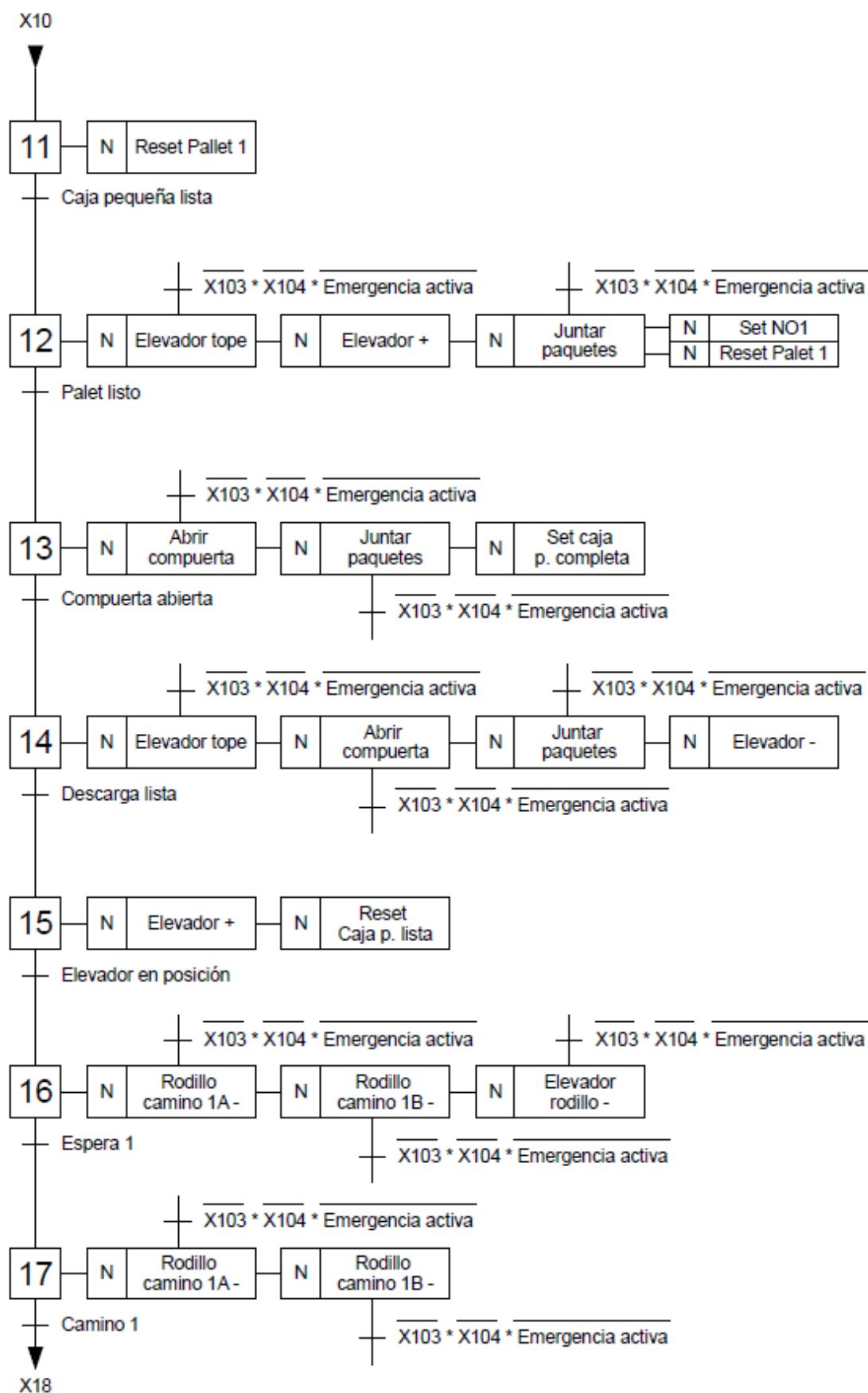


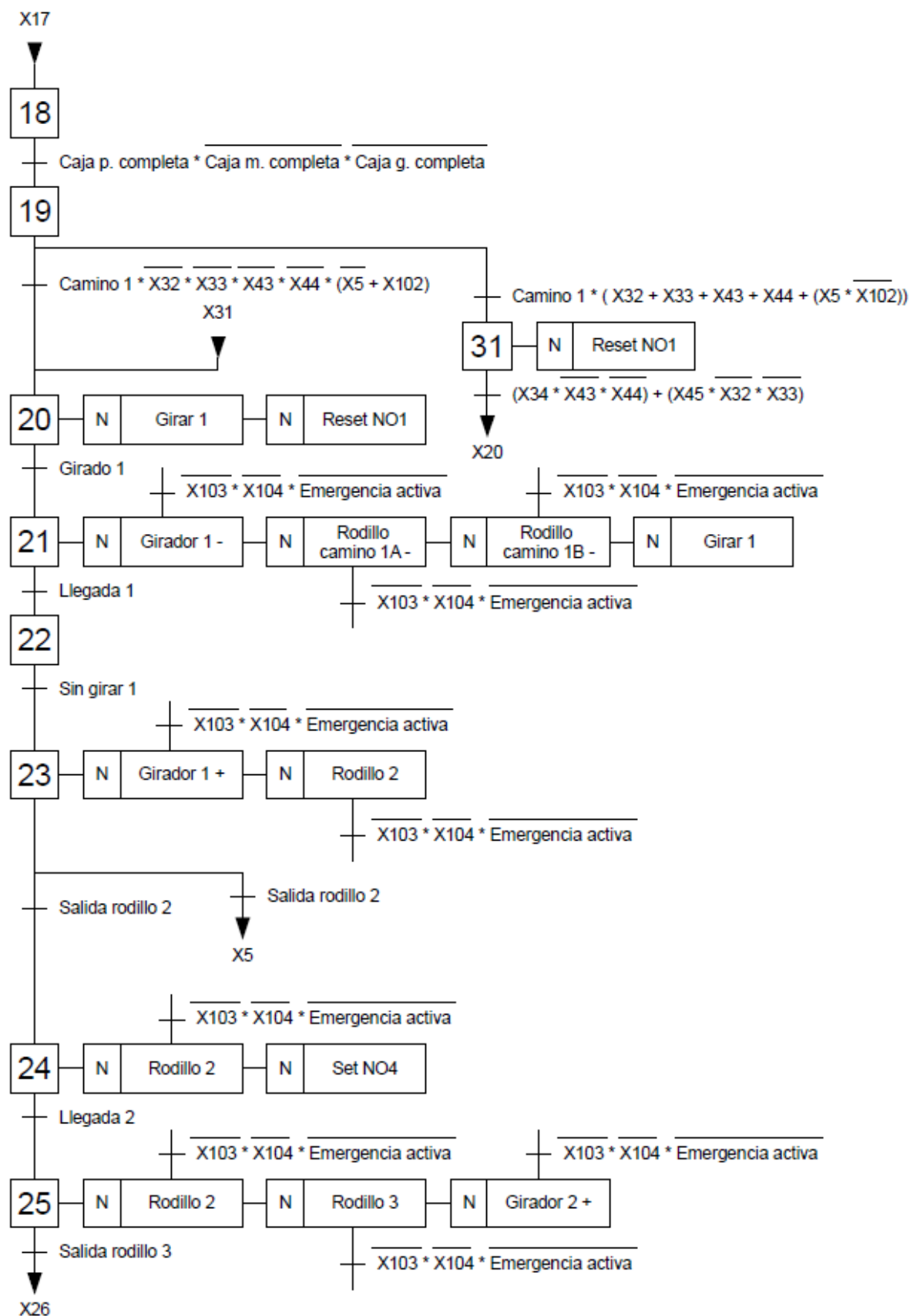
- GRAFCET para las cintas.

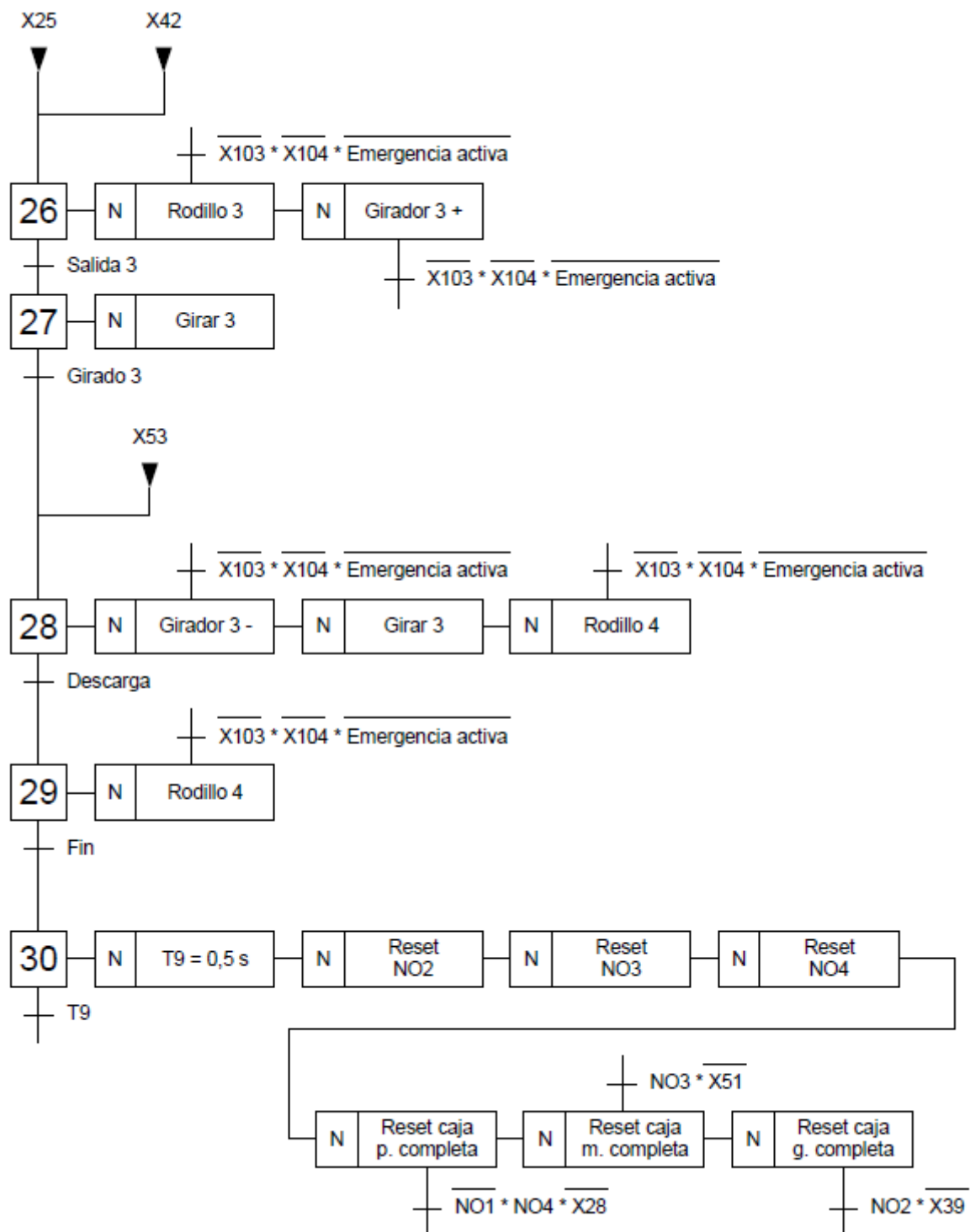


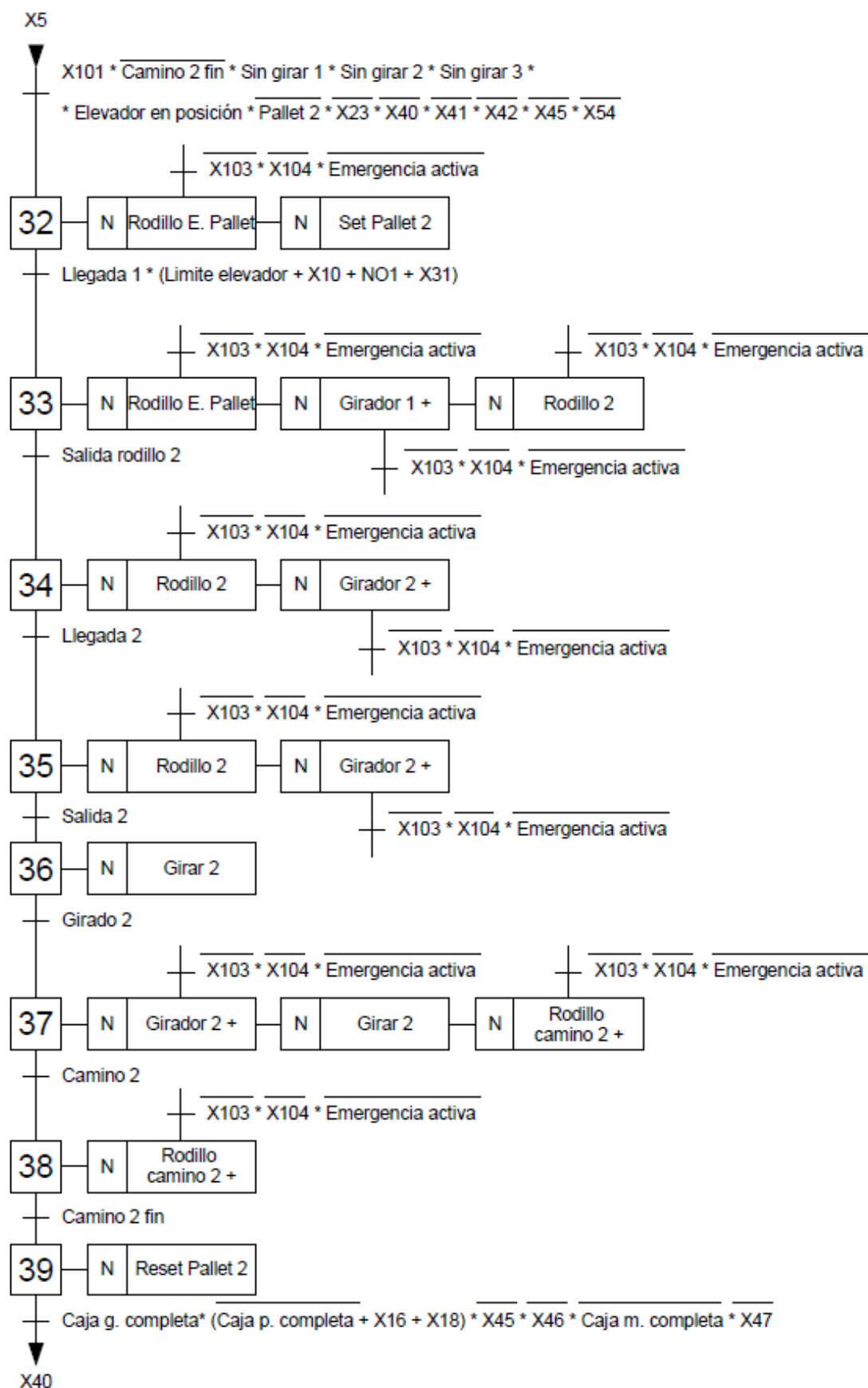
- GRAFCET para los palés.

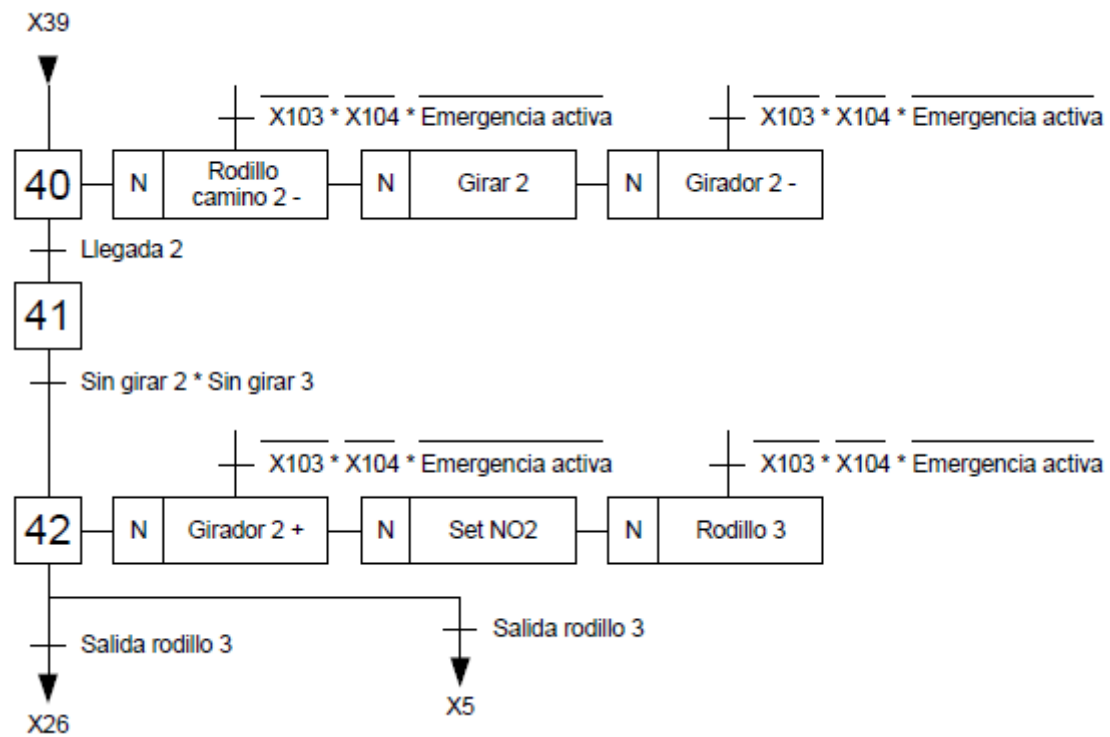


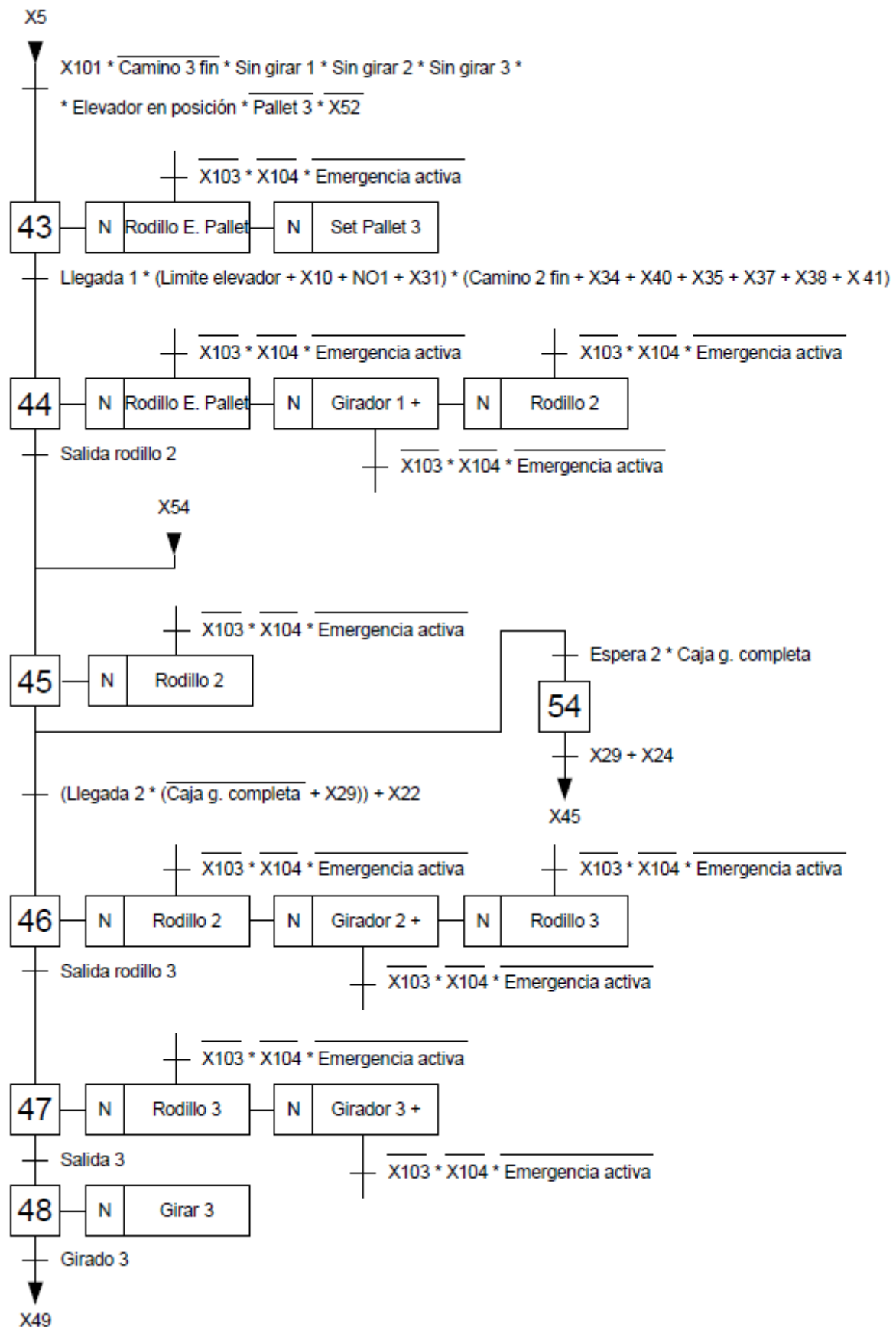


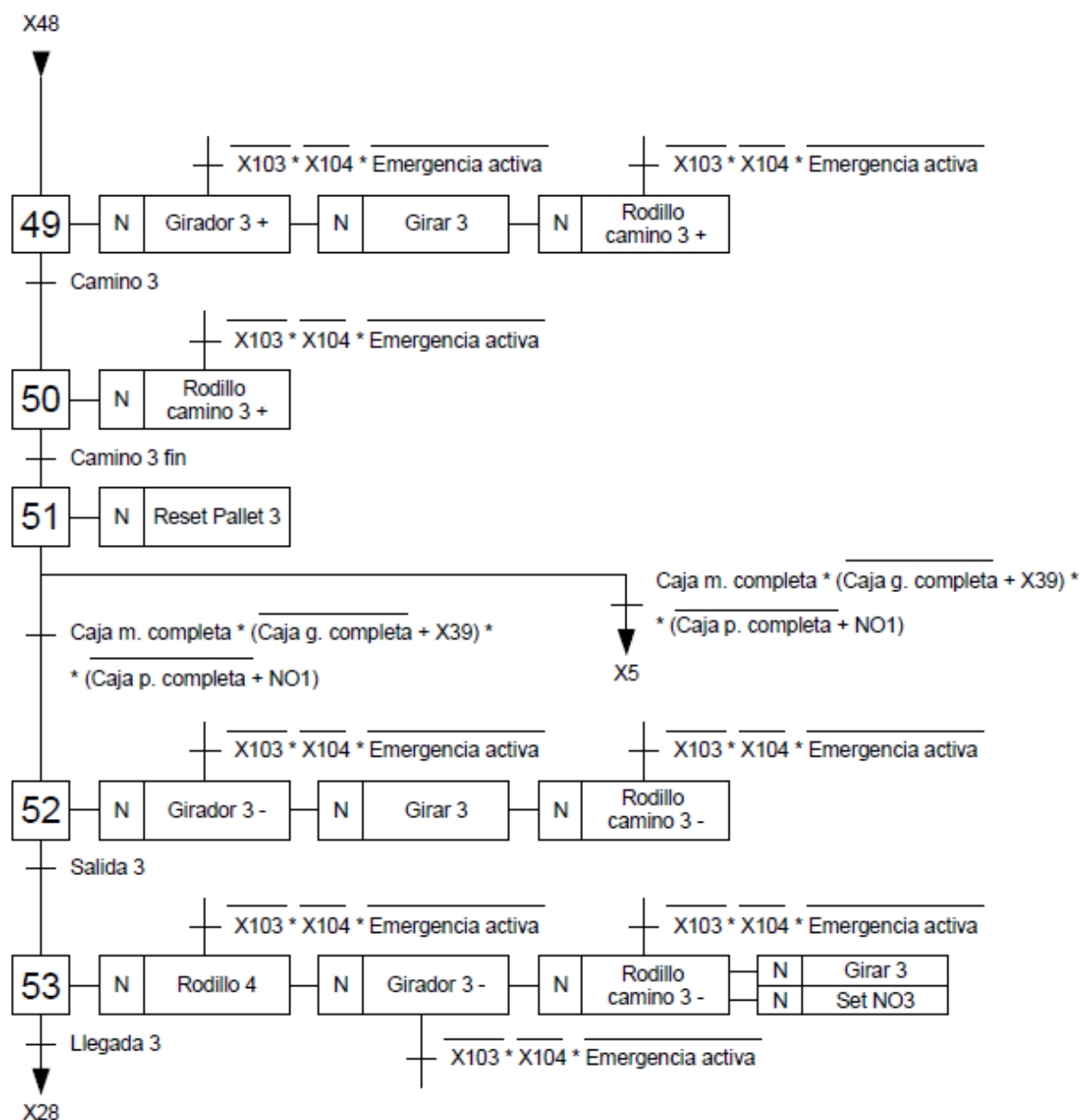




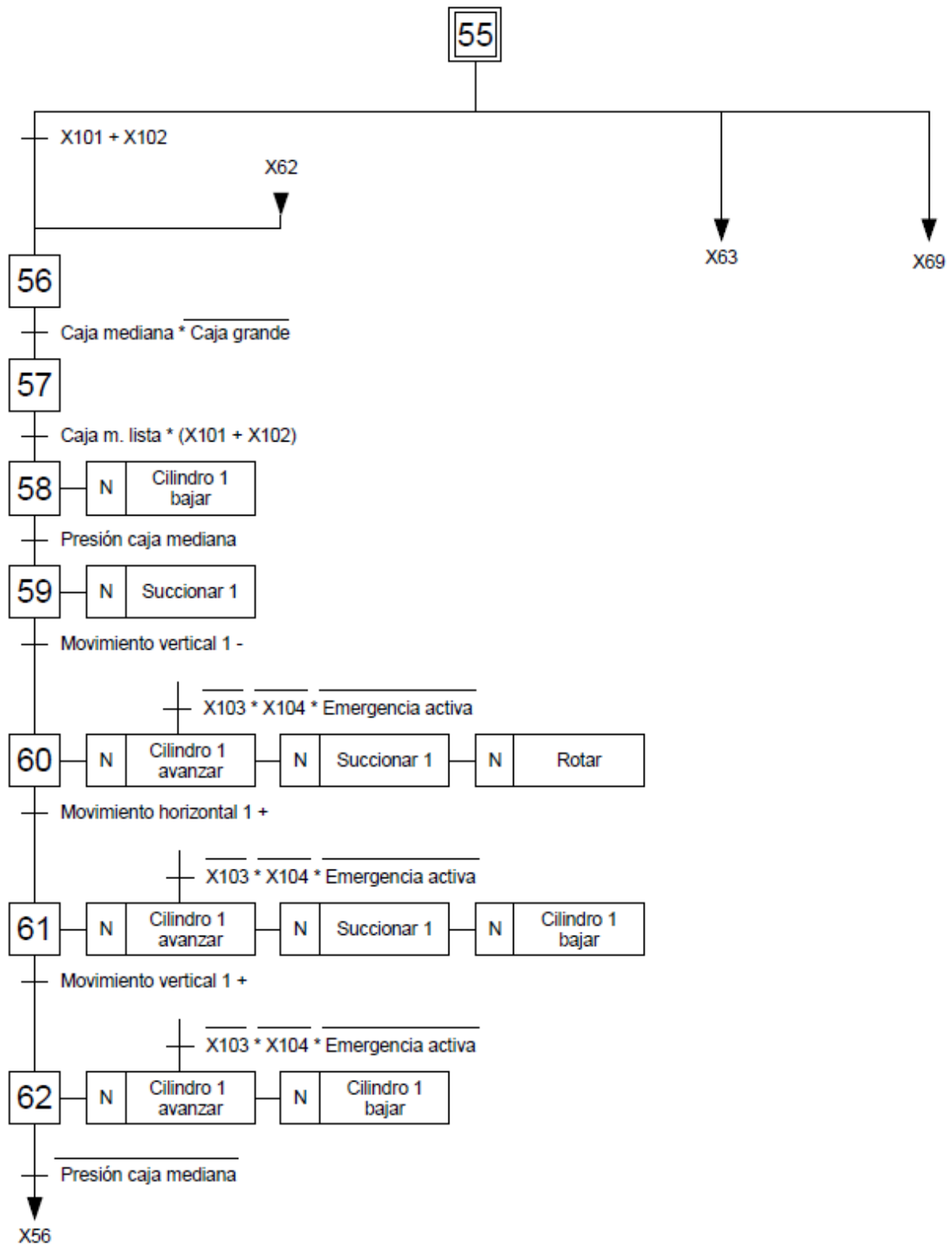


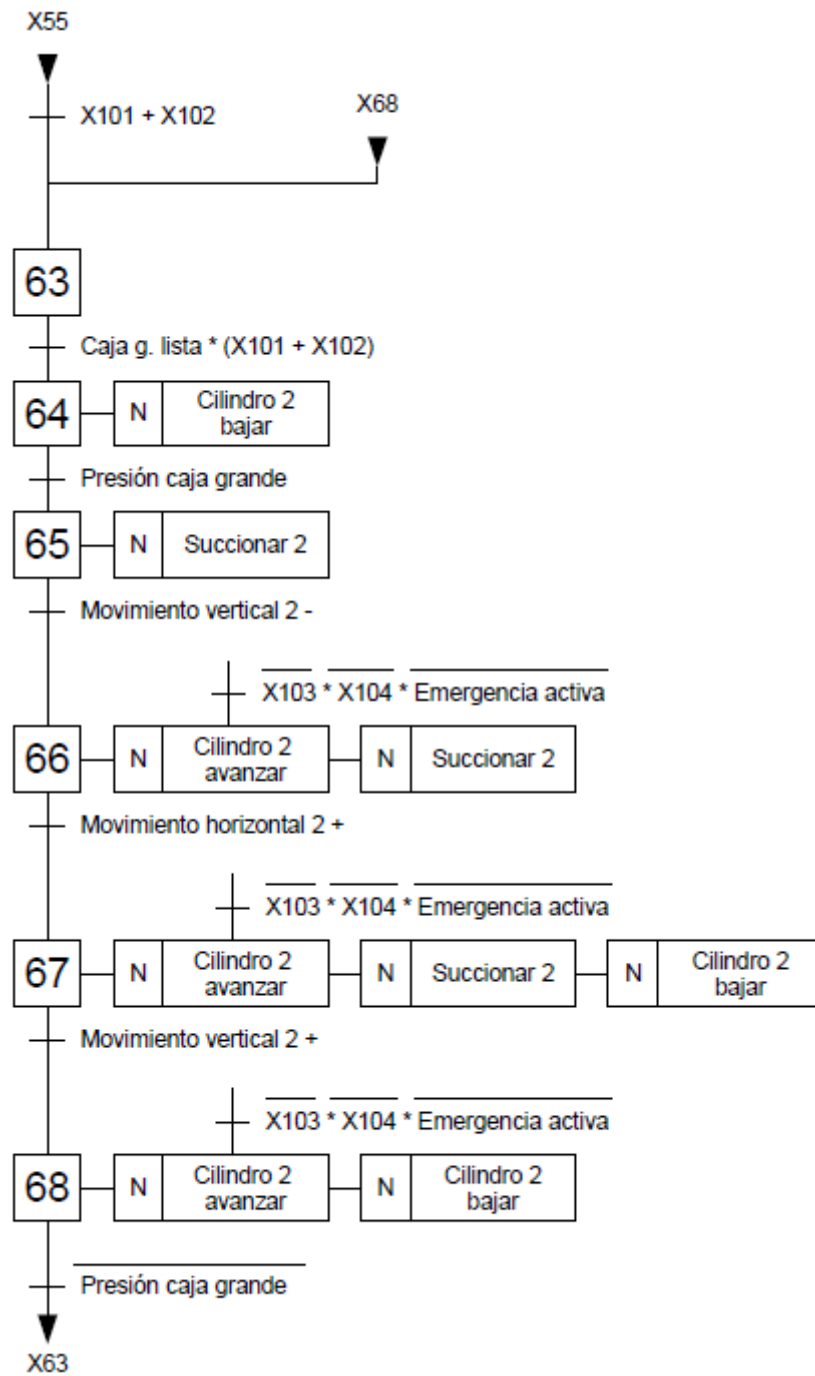


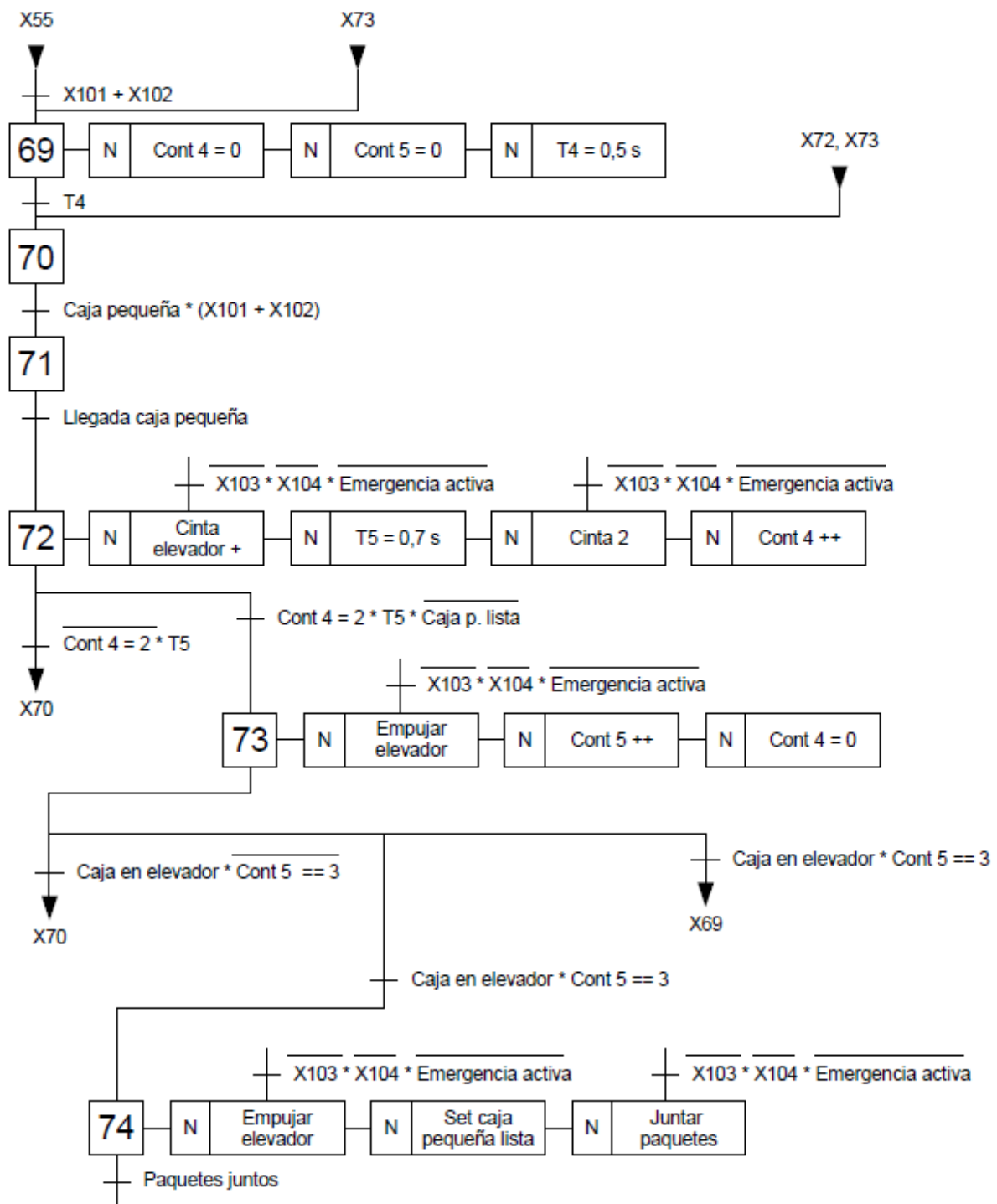




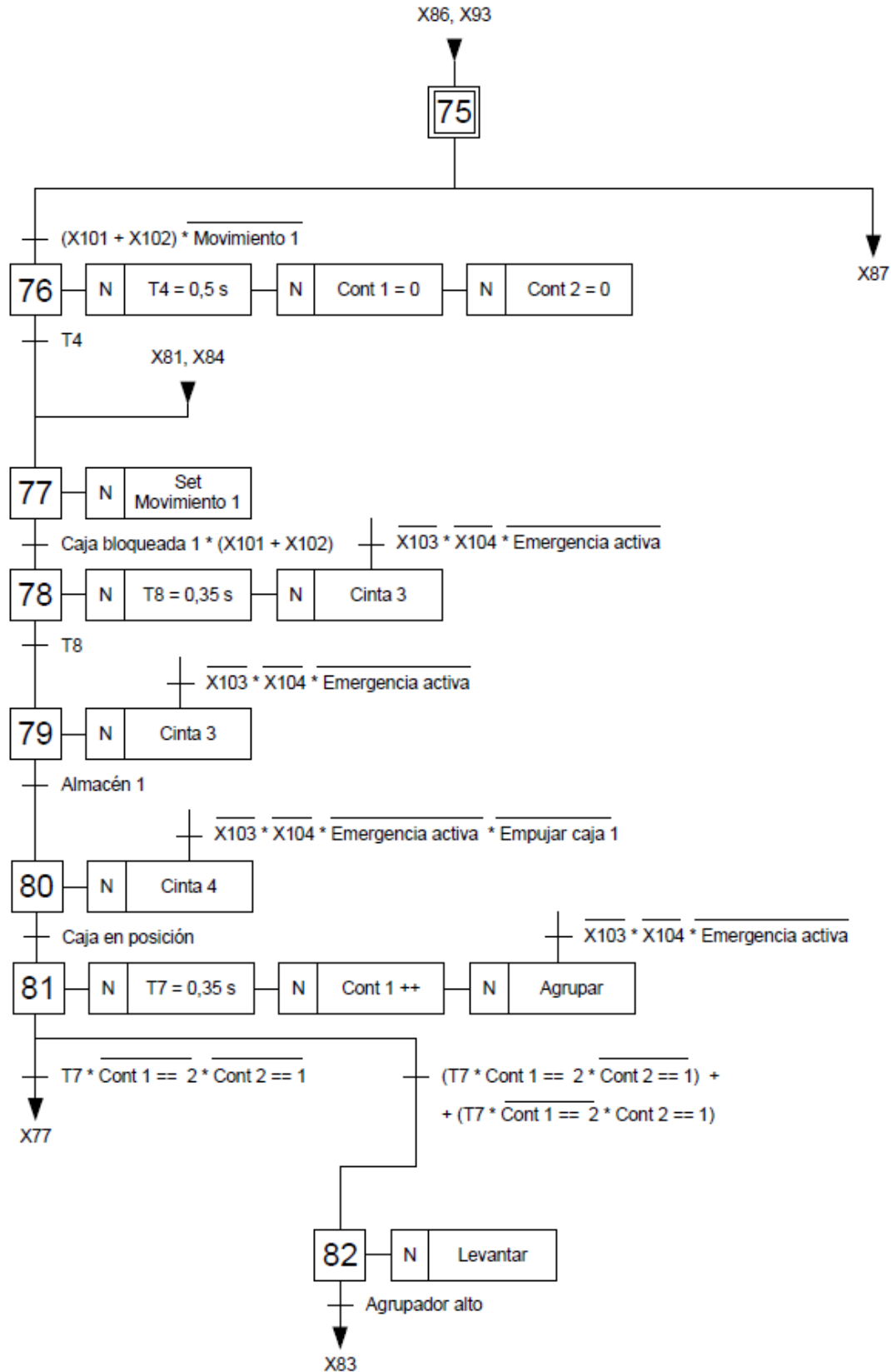
- GRAFCET para la clasificación de cajas.

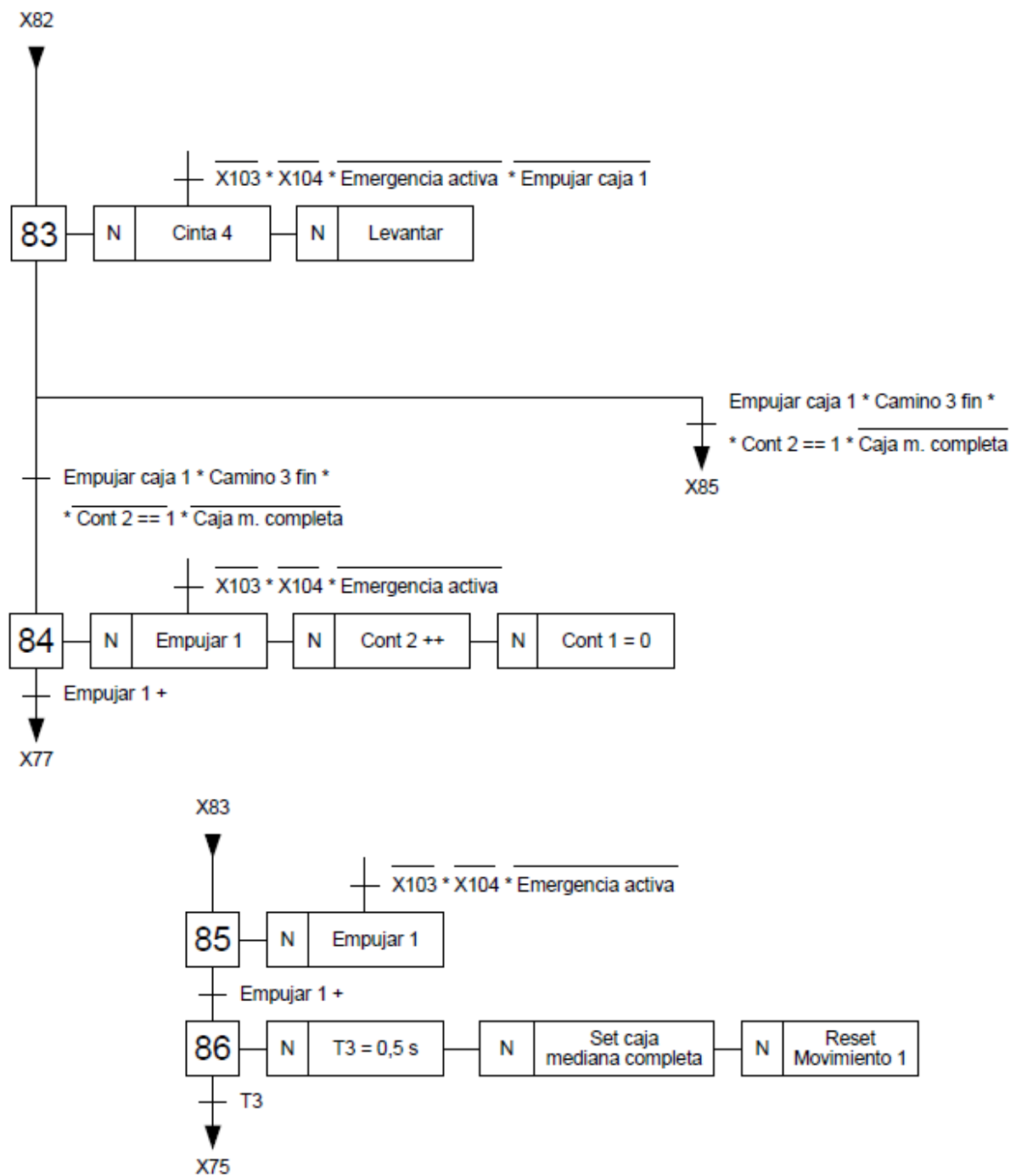


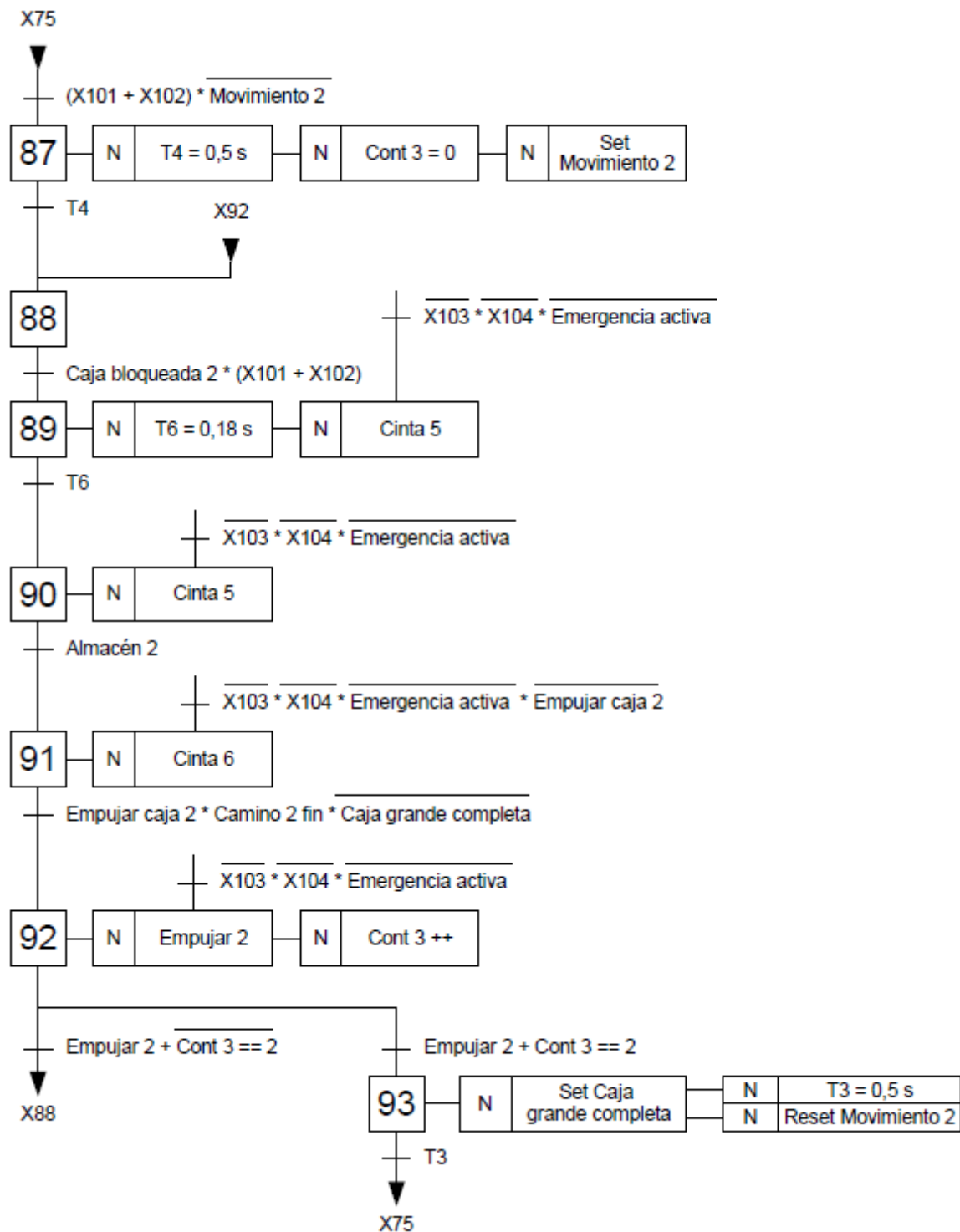




- GRAFCET para la carga de los palés.







- GRAFCET para el reinicio del sistema.

