

**GRAFSET APLICADO AL DISEÑO DE AUTOMATISMOS CON PLC S7-200**

**RAMÓN EDUARDO JASPE LOMBANA  
ÁNGEL DOUGLAS MOSQUERA AMAYA**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARTAGENA DE INDIAS**

**2007**

**GRAFSET APLICADO AL DISEÑO DE AUTOMATISMOS CON PLC S7-200**

**AUTORES**

**RAMÓN EDUARDO JASPE LOMBANA  
ÁNGEL DOUGLAS MOSQUERA AMAYA**

**Monografía para optar por el título de Ingeniero Electrónico e Ingeniero  
Mecatrónico respectivamente**

**Director**

**Jorge Eliécer Duque Pardo  
Ingeniero Electricista**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARTAGENA DE INDIAS  
2007**

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

\_\_\_\_\_  
Firma del Presidente del Jurado

\_\_\_\_\_  
Firma del Jurado

\_\_\_\_\_  
Firma del Jurado

Cartagena, septiembre de 2007

Cartagena 20 de Septiembre de 2007

Señores:

**COMITÉ DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE GRADO**

Facultad de Ingeniería

Distinguidos señores:

A petición de los señores Ramón Eduardo Jaspe Lombana y Ángel Douglas Mosquera Amaya, estudiantes matriculados en el programa de Ingeniería Electrónica e Ingeniería Mecatrónica respectivamente, a través de la presente me permito entregar la monografía titulada “**GRAFNET APLICADO AL DISEÑO DE AUTOMATISMOS CON PLC S7-200**”, para su estudio y evaluación, con el fin de que los estudiantes mencionados obtengan el título de Ingeniero Electrónico e Ingeniero Mecatrónico respectivamente.

En espera que se cumpla con las normas pertinentes establecidas por la institución me despido.

Atentamente:

---

**ING. JORGE DUQUE PARDO**

Cartagena 20 de Septiembre de 2007

Señores:

**COMITÉ DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE GRADO**

Facultad de Ingeniería

Distinguidos señores:

A través de la presente me permito entregar la monografía titulada “**GRAF CET APLICADO AL DISEÑO DE AUTOMATISMOS CON PLC S7-200**”, para su estudio y evaluación, como requisito fundamental para obtener el título de Ingeniero Electrónico.

En espera que se cumpla con las normas pertinentes establecidas por la institución me despido.

Atentamente:

---

**RAMON EDUARDO JASPE LOMBANA**

Cartagena 20 de Septiembre de 2007

Señores:

**COMITÉ DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE GRADO**

Facultad de Ingeniería

Distinguidos señores:

A través de la presente me permito entregar la monografía titulada “**GRAF CET APLICADO AL DISEÑO DE AUTOMATISMOS CON PLC S7-200**”, para su estudio y evaluación, como requisito fundamental para obtener el título de Ingeniero Mecatrónico.

En espera que se cumpla con las normas pertinentes establecidas por la institución me despido.

Atentamente:

---

**ANGEL DOUGLAS MOSQUERA AMAYA**

## DEDICATORIA

**A Dios** por darme la vida y llevarme por el camino adecuado.

**A mi padre** por su incondicional apoyo económico, moral y afectivo que me suministro para así cumplir mi sueño.

**A mi madre** por la educación que me brindo para hacer de mí un profesional de bien.

**A mi esposa** por estar siempre a mi lado y confiar en las metas que me propuse desde que la conocí.

**A mi hijo** por ser la razón de todo este esfuerzo que he hecho para poder triunfar en la vida y brindarle un mejor porvenir.

**A mis hermanas** por su colaboración y el empuje que me dieron para no decaer.

**A toda la gente** que confió en mí y en el esfuerzo que he hecho para mantenerme de pie durante este largo camino.

---

**RAMON EDUARDO JASPE LOMBANA**

## **DEDICATORIA**

**A Dios Padre Todopoderoso**, por regalarnos el don preciado de la vida.

**A mi familia**, por su apoyo decidido e incondicional para alcanzar este ideal.

**A mi Universidad y a su selecto cuerpo de docentes**, por la formación personal que iluminó mi camino y que será la impronta que guiara mi quehacer profesional.

---

**ÁNGEL DOUGLAS MOSQUERA AMAYA**



## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a todas aquellas personas que de una u otra forma ayudaron a que este proyecto sea una realidad. Brindándonos la posibilidad de ser buenos ingenieros del futuro. En especial a nuestro director de monografía Ingeniero Jorge Eliécer Duque Pardo por su ayuda y colaboración en este proyecto.

## RESUMEN

En este trabajo presentamos de manera clara y profunda el método gráfico GRAFCET (Gráfico Funcional de Control de Etapas y Transiciones), el cual nos servirá de base para la realización de los laboratorios que se diseñaran, y los cuales serán implementados en el PLC S7-200. El GRAFCET es un potente lenguaje gráfico para autómatas que permite representar los sistemas secuenciales, así podrá ser muy útil para explicar el funcionamiento ya sea de un convertidor electrónico, o de un ensayo de laboratorio como es nuestro caso. Presenta diversas estructuras y elementos los cuales nos servirán de mucha ayuda para el desarrollo de estos laboratorios. En la actualidad este método no tiene una amplia difusión, por lo que muchos autómatas no pueden programarse directamente en este lenguaje, a diferencia del LADDER que lo incorpora casi cualquier autómata.

Este documento tiene como objetivo la presentación de la metodología e implementación del lenguaje GRAFCET como solución al desarrollo de programas de control para procesos secuenciales. En nuestro trabajo enfatizamos el desarrollo del GRAFCET como herramienta para programar sistemas de control para las diversas aplicaciones que se mostraran, además se explicará con detalle las estructuras y símbolos que esta contiene. Al llevar este método a la práctica se deben respetar una serie de reglas las cuales se mencionaran en este trabajo.

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	
1. GRAFCET	2
1.1 RESEÑA HISTÓRICA DEL GRAFCET	2
1.2 NECESIDAD DEL LENGUAJE GRAFCET	3
1.3 ELEMENTOS GRÁFICOS	4
1.3.1 Etapas	4
1.3.2 Acción Asociada	5
1.3.2.1 Clasificación de las Acciones	7
1.3.2.1.1 Acciones Asociadas a Varias Etapas	7
1.3.2.1.2 Acciones Temporizadas	7
1.3.2.1.3 Acciones Condicionales	7
1.3.2.2 Representación de las Acciones Según IEC-848	8
1.3.3 Líneas de Evolución y Re-envíos	12
1.3.4 Transición	13
1.3.5 Receptividad Asociada a la Transición	14
1.3.6 Macroetapas	16

	Pág.
1.4 PRINCIPIOS BÁSICOS DEL GRAFCET	18
2. ESTRUCTURAS BÁSICAS DEL GRAFCET	20
2.1 SECUENCIA LINEAL	20
2.2 CON DIRECCIONAMIENTO O ALTERNATIVA	22
2.3 SUBPROCESOS SIMULTÁNEOS	23
3. NIVELES DEL GRAFCET	26
3.1 GRAFCET DE NIVEL 1: DESCRIPCIÓN FUNCIONAL	26
3.2 GRAFCET DE NIVEL 2: DESCRIPCIÓN TECNOLÓGICA	27
3.3 GRAFCET DE NIVEL 3: DESCRIPCIÓN OPERATIVA	28
4. REGLAS DE EVOLUCIÓN DEL GRAFCET	28
4.1 SITUACIÓN INICIAL	29
4.2 FRANQUEO DE UNA TRANSICIÓN	29
4.3 EVOLUCIÓN DE LAS ETAPAS ACTIVAS	30
4.4 EVOLUCIONES SIMULTÁNEAS	30

	Pág.
4.5 ACTIVACIÓN Y DESACTIVACIÓN SIMULTÁNEA	30
4.6 REGLAS DE SINTAXIS	31
4.7 SÍMBOLOS Y NORMAS DEL GRAFCET	32
5. IMPLEMENTACIÓN DEL GRAFCET	34
5.1 SIMATIC S7-200	36
6. GUÍAS DE LABORATORIO	39
6.1 LABORATORIO 1: PUERTA DE GARAJE	39
6.2 LABORATORIO 2: PUENTE GRÚA	44
6.3 LABORATORIO 3: MAQUINA RECOLECTORA DE CAJAS	50
6.4 LABORATORIO 4: SEMÁFORO DE PEATONES	56
6.5 LABORATORIO 5: CEPILLADORA DE VAIVÉN	62
CONCLUSIONES	
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Etapas de un Grafcet	5
Figura 2. Acción o Acciones Asociadas a una Etapa	5
Figura 3. Acción Asociada de Nivel 1	6
Figura 4. Acción Asociada de Nivel 2	6
Figura 5. Acciones Asociadas a Varias Etapas	7
Figura 6. Acciones Temporizadas	7
Figura 7. Acciones Condicionales	8
Figura 8. Acción Genérica	8
Figura 9. Acción Maquina de Bobinar	9
Figura 10. Acción Condicionada (Calentar)	9
Figura 11. Acción Retardada	10
Figura 12. Acción Limitada en el Tiempo	10
Figura 13. Acción Impulsional	10
Figura 14. Acción Memorizada	11
Figura 15. Acción Condicionada e impulsional	11

	Pág.
Figura 16. Líneas de Evolución	12
Figura 17. Re-envíos	12
Figura 18. Transición	13
Figura 19. Formas de Representar las Receptividades	15
Figura 20. Macroetapa	16
Figura 21. Representación de una Macroetapa (M2)	17
Figura 22. Expansión de M2	18
Figura 23. Etapa y Acción Asociada	19
Figura 24. Transición y Receptividad Asociada	19
Figura 25. Secuencia Lineal	21
Figura 26. Secuencia con Direccionamiento o Alternativa	22
Figura 27. Secuencia Simultánea	24
Figura 28. Divergencia y Convergencia en “Y”	24
Figura 29. Grafcet de nivel 1	26
Figura 30. Grafcet de nivel 2	27
Figura 31. Grafcet de Nivel 3	28
Figura 32. Grafcet Incorrecto por Transiciones	31

	Pág
Figura 33. Grafcet Incorrecto por Etapas	31
Figura 34. Casos a evitar	33
Figura 35. Combinación de Grafcet con diagramas de contacto	35
Figura 36. Ejemplo de Normalización	37
Figura 37. Técnica Relé-Memoria	38
Figura 38. Técnica etapa-biestable	38
Figura 39. Puerta de Garaje	40
Figura 40. Grafcet (Puerta de Garaje)	43
Figura 41. Puente Grúa	45
Figura 42. Grafcet (Puente Grúa)	49
Figura 43. Puerta de Garaje	51
Figura 44. Grafcet (Puerta de Garaje)	55
Figura 45. Semáforo de Peatones	57
Figura 46. Grafcet (Semáforo de Peatones)	61
Figura 47. Cepilladora de Vaivén	63
Figura 48. Grafcet (Cepilladora de Vaivén)	66



## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Elementos Gráficos	13
Tabla 2. Principales Símbolos y Reglas del Grafcet	15
Tabla 3. Principales Símbolos y Reglas del Grafcet	34
Tabla 4. Símbolos de Entradas (Puerta de Garaje)	41
Tabla 5. Símbolos de Salidas (Puerta de Garaje)	42
Tabla 6. Símbolos de Estados (Puerta de Garaje)	42
Tabla 7. Símbolos de Entradas (Puente Grúa)	47
Tabla 8. Símbolos de Salidas (Puente Grúa)	47
Tabla 9. Símbolos de Estados (Puente Grúa)	48
Tabla 10. Símbolos de Entradas (Maquina Recolectora de Cajas)	53
Tabla 11. Símbolos de Salidas (Maquina Recolectora de Cajas)	54
Tabla 12. Símbolos de Estados (Maquina Recolectora de Cajas)	54
Tabla 13. Símbolos de Entradas (Semáforo de Peatones)	59
Tabla 14. Símbolos de Salidas (Semáforo de Peatones)	60
Tabla 15. Símbolos de Estados (Semáforo de Peatones)	63
Tabla 16. Símbolos de Estados (Puerta de Garaje)	64
Tabla 17. Símbolos de Estados (Puerta de Garaje)	65
Tabla 18. Símbolos de Estados (Puerta de Garaje)	65

## INTRODUCCIÓN

Para resolver automatismos, encontrar averías, o simplemente aprender el uso correcto de sistemas automáticos, se necesita conocer con cierto detalle las secuencias que podrán ejecutarse. Al respecto, los esquemas de contacto y de bloque reflejan como están realizados pero no como se desarrollan los ciclos. Los diagramas de flujo son mucho más aclarativos y útiles en programación, pero no permiten representar secuencias simultáneas. Por último nuestro lenguaje corriente resulta muy pobre para expresar todos los condicionantes posibles, basta recordar que el número de combinaciones es una función exponencial del número de variables. Si algún caso posible no se tiene en cuenta en la resolución, la respuesta que tendrá el sistema es una cuestión de azar si ese caso llega a presentarse, incluso combinaciones poco probables son posibles por causa de averías o una manipulación impropia.

El GRAFCET (Grafico Funcional de Control de Etapas y Transiciones), supone una recopilación de la experiencia adquirida con otros medios descriptivos, permite representar gráficamente las especificaciones funcionales, que son totalmente independiente de la realización tecnológica, puede esta ser cableada o programada, se basa en los conceptos de etapa y transición, que simplifican en gran medida la síntesis de los automatismos secuenciales.

Surge en Francia a mediados de los años 70, debido a la colaboración entre algunos fabricantes de autómatas como Telemecanique y Aper, con dos organismos oficiales: AFCET (Asociación Francesa para la Cibernética, Economía y Técnica) y ADEPA (Agencia Nacional para el Desarrollo de la Producción Automatizada). Homologado en Francia (NFC-03-190), Alemania (DIN) y posteriormente por la comisión electrotécnica internacional (norma IEC 848, año 1988), actualmente es una herramienta imprescindible cuando se trata de automatizar procesos complejos con autómatas programables. El campo de aplicación abarca a todos los sistemas lógicos de mando en automatismos industriales, sea cual sea su complejidad o tecnología empleada.

## **1. GRAFCET**

El GRAFCET es un diagrama funcional que describe los procesos a automatizar, teniendo en cuenta las acciones a realizar, y los procesos intermedios que provocan estas acciones.

### **1.1 RESEÑA HISTÓRICA DEL GRAFCET**

El Grafcet nació en 1977 en un grupo de trabajo de la AFCET, creado en el año 1975. En principio se pretendía satisfacer la necesidad de disponer de un método de descripción de procesos, con total independencia de la tecnología, mediante un gráfico funcional que pudiera ser interpretado no solo por especialistas en automatización. El gráfico funcional permite unificar la forma de descripción del proceso para técnicos de distintos campos, desde el ingeniero de organización o de producción, que define las necesidades del automatismo, pasando por el de diseño, que debe implementar el sistema de control y los accionamientos, hasta el técnico de mantenimiento, que debe cuidar de su funcionalismo o introducir modificaciones en la fase de explotación. En 1982 el trabajo fue recogido por un grupo de trabajo de AFNOR (Organismo Encargado de la Normalización en Francia), la automatización y la enseñanza. Los trabajos realizados en los últimos años, han conducido a representaciones gráficas de las especificaciones funcionales que son totalmente independientes de la realización tecnológica, pudiendo ésta ser cableada (módulos neumáticos, relés electromecánicos o módulos electrónicos) o programada (PLC, ordenador o microprocesador). Estas nuevas formas de representación se basan en los conceptos de etapa y de receptividad que simplifica en gran medida la síntesis de los automatismos secuenciales, al considerar el hecho de que, entre el gran número de informaciones disponibles, pocas son significativas en un determinado momento.

A partir de estas ideas, los trabajos efectuados por las comisiones de AFCET y de ADEPA, han dado como resultado la definición de un diagrama funcional: el "GRAFCET".

Este diagrama funcional permite describir los comportamientos del automatismo en relación a las informaciones que recibe, imponiendo un funcionamiento riguroso, evitando de esta forma incoherencias, bloqueos o conflictos en el funcionamiento. En cada nivel de descripción, este diagrama puede ser modificado o corregido, sin necesidad de volver a partes ya estudiadas.

En la actualidad, diversos autómatas programables incorporan algunas instrucciones de programación que permiten introducir directamente el grafo de GRAFCET. En otros casos se dispone de un software capaz de compilar un grafo GRAFCET al lenguaje de la maquina, permitiendo en ambos casos una gran flexibilidad y rapidez de diseño, con ventajas sustanciales en las fases de verificación, explotación o eventual modificación del automatismo. El gráfico funcional, complementado con los métodos del algebra de Boole, permite ir más allá de la simple descripción e interpretación grafica de un proceso y se ha convertido en una potente herramienta de diseño de sistemas lógicos, con unas reglas bastantes simples.

## **1.2 NECESIDAD DEL LENGUAJE GRAFCET**

Un programador tiene que tratar directamente con señales que llegan y salen del dispositivo programable, al técnico de mantenimiento le interesan los accionadores y captadores, al encargado que plantea una modificación en el proceso le interesa tratar el problema en lenguaje más coloquial, pero exacto, sin ambigüedades. El GRAFCET satisface todas estas exigencias, es decir, se puede dibujar uno para cada caso de forma que sea comprensible para la persona que lo interpreta.

Pongámonos en el caso de un técnico de mantenimiento: ante una avería nueva, el primer caso sería buscar en el programa en que etapa se ha quedado parada la máquina (suelen funcionar simulando el estado de variables y acciones, y en el caso de Grafcet se simula directamente el estado de las etapas). La programación suele admitir nombres simbólicos que facilitan con que captadores y accionadores van asociadas las variables de programación, por lo tanto será sencillo detectar que captadores y accionadores pueden haber tenido influencia en la avería, incluso las referencias para buscar los repuestos en almacén pueden haberse previsto en el GRAFCET. Por lo tanto a menos que se trate de problemas mecánicos, la reparación suele consistir en unas pocas consultas y sustitución de un componente.

### 1.3 ELEMENTOS GRÁFICOS

Un Grafcet está compuesto de:

**1.3.1 Etapas.** Define cada uno de los estados en los que se encuentra el automatismo. El símbolo empleado para representar una etapa es un cuadro con un número o símbolo en su interior que lo identifica (Figura 1a). No puede haber dos etapas con el mismo número pero tampoco es necesario que sean números consecutivos ni que respeten ningún orden, un GRAFCET puede tener varias etapas activas sucesivamente. Cabe destacar que la entrada de una etapa es la parte superior y la salida es la parte inferior, sobresaltando que las salidas dependen únicamente de las entradas o, dicho de otro modo, la relación de entradas y salidas dentro de una etapa es puramente combinacional. La activación de una etapa lleva consigo una acción o una espera. Una etapa se caracteriza por un comportamiento invariable de una parte o de la totalidad del sistema representado. Corresponde a una situación elemental que implica un comportamiento estable. Cuando es necesario determinar la situación del Grafcet en un momento determinado, se pueden identificar todas las etapas activas, mediante un punto en la parte inferior de los símbolos de las etapas activas (Figura 1b). La etapa inicial es aquella en que se posiciona el sistema



Las acciones asociadas que implican la emisión de ordenes hacia el sistema que se esta controlando son de tipo externo y las que afectan a funciones propias del sistema de control son de tipo interno (incremento de un contador, etc.).

Tanto las acciones asociadas a las etapas como las receptividades asociadas a las transiciones se pueden describir a dos niveles:

- **Nivel 1:** No tienen en cuenta los elementos tecnológicos que implementan el órgano operativo y solo se atienden a las especificaciones de tipo funcional. Se trata de describir las funciones del sistema.

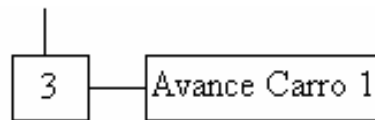


Figura 3: Acción Asociada de Nivel 1

- **Nivel 2:** Se especifican los aspectos tecnológicos del órgano operativo y de lo que le rodea y de las operaciones operacionales del órgano de control.

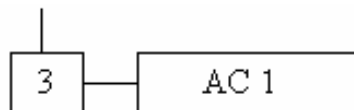


Figura 4: Acción Asociada de Nivel 2

Cuando las acciones están descritas en forma simbólica, debe haber una tabla con la relación entre cada símbolo utilizado y la acción a ejecutar. Para el ejemplo anterior debería existir algo como:

AC1: Avance del Carro 1

Los mensajes de receptividad asociados a cada transición indican las condiciones lógicas necesarias y suficientes para pasar de cada etapa a la consecutiva o consecutivas.

**1.3.2.1 Clasificación de las Acciones.** En un Grafcet nos podemos encontrar con alguna o varias de las acciones asociadas a una etapa que se describen a continuación.

**1.3.2.1.1 Acciones Asociadas a Varias Etapas.** Una misma acción puede estar asociada a etapas distintas. En la Figura 5 se muestra que la acción A se realiza cuando esta activa la etapa 6 o la 8 (función O).

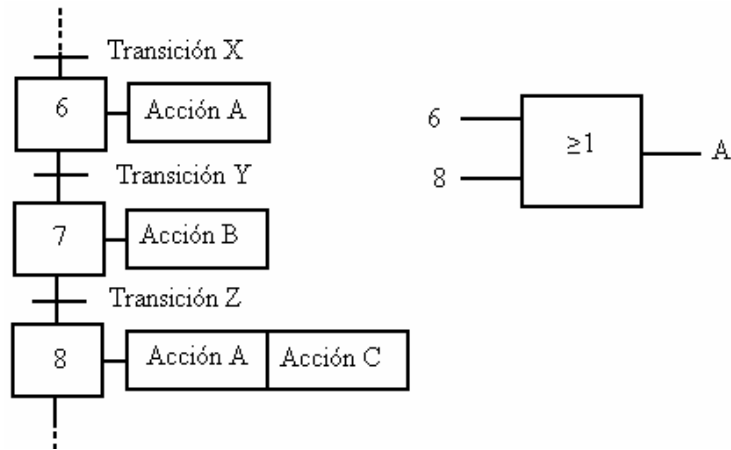


Figura 5: Acciones Asociadas a Varias Etapas

**1.3.2.1.2 Acciones Temporizadas.** Es un caso particular de las acciones condicionales que se encuentran en multitud de aplicaciones. En este caso, el tiempo interviene como una condición lógica más. En la Figura 6 se muestra que la acción A se realizara durante 15 segundos.

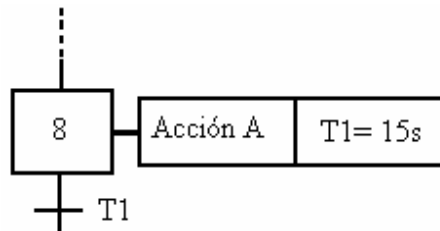


Figura 6: Acciones Temporizadas

**1.3.2.1.3 Acciones Condicionales.** La ejecución de la acción se produce cuando además de encontrarse activa la etapa a la que esta asociada, se debe verificar una



condición lógica suplementaria (Función Y). En la Figura 7 se muestra claramente esta acción.

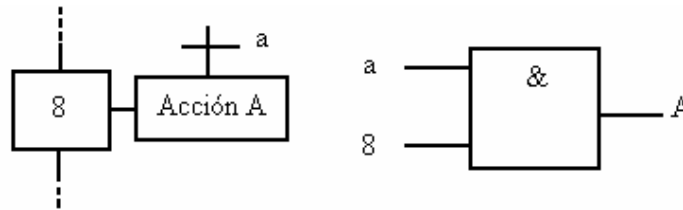


Figura 7: Acciones Condicionales

**1.3.2.2 Representación de las Acciones Según IEC-848.** La norma IEC-848 (Preparation of Function charts for control systems, Preparación de Diagramas Funcionales para Sistemas de Control) presenta una forma general de descripción de las acciones asociadas a las etapas.

Una acción genérica se representara como en la Figura 8, donde la casilla 2 contiene la descripción de la acción, la casilla 3 contiene la etiqueta que indica la referencia de la señal de comprobación de la ejecución y la casilla 1 indica las características lógicas que relacionen la realización de la acción con la activación de la etapa.

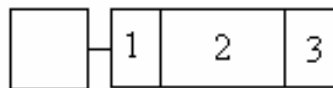


Figura 8: Acción Genérica

- C Acción Condicionada
- D Acción Retardada
- L Acción Limitada en el Tiempo
- P Acción Impulsional
- S Acción Memorizada

La tercera casilla se utiliza en pocas ocasiones. Se trata de señalar (con una etiqueta alfanumérica) cual de las condiciones indicadas en la receptividad inmediatamente posterior a la etapa, indica que la acción se esta ejecutando o se ha ejecutado. Solo

deben representarse las casillas 1 y 3 en caso de que sean necesarias. Vamos a ver algunos ejemplos de aplicación

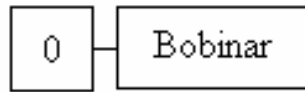


Figura 9: Acción Máquina de Bobinar

La figura 9 corresponde a el caso más simple, mientras este activa la etapa 0, la maquina ha de bobinar y dejar de hacerlo cuando se desactive la etapa. En el caso que se representa a continuación no se calentara mientras este activa la etapa 1 sino solo cuando, además de estar la etapa activa, el termostato este activado. Por ejemplo en el control de un horno hay una etapa de cocción (etapa 1) pero el quemador no ha de estar siempre activado sino solo cuando sea necesario para mantener la temperatura. Podemos representar la condición fuera del rectángulo (izquierda) o dentro (derecha).

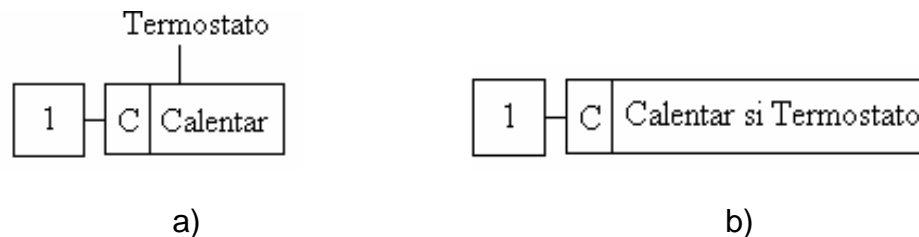


Figura 10: Acción Condicionada (Calentar)

La acción retardada (la letra D) implica que la acción empieza un cierto tiempo después de la activación de la etapa, siempre que la etapa todavía siga activa. En el ejemplo se empezara a cerrar después de medio segundo contado desde la activación de la etapa 2. Se dejara de cerrar cuando se desactive la etapa 2. Si la etapa se desactiva antes de los 0.5s no se debe cerrar. El caso de acción retardada se puede representar con un Grafcet que solo tenga acciones sencillas, como se muestra en la Figura 11. Fijémonos que la receptividad final (k) sea cierta antes del transcurso del tiempo.

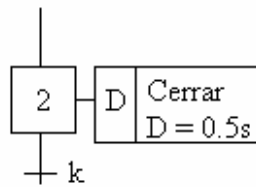


Figura 11: Acción Retardada

La acción limitada (letra L) implica que la acción termina un cierto tiempo después de la activación de la etapa, siempre que la etapa todavía siga activa. En el ejemplo, la sirena ha de comenzar a sonar cuando se active la etapa 3 y sonara durante dos segundos excepto en el caso de que la etapa 3 se desactive antes, en cuyo caso la sirena dejaría de sonar al desactivarse la etapa. El caso de acción limitada se puede representar con un Grafcet que solo tenga acciones sencillas, como se muestra en la Figura 12. Fijémonos que debe preverse el caso de que la receptividad final (h) sea cierta antes del transcurso del tiempo.

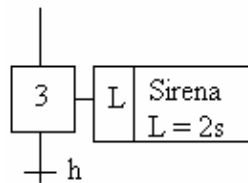


Figura 12: Acción Limitada en el Tiempo

La acción impulsional (letra P) corresponde a una acción limitada a un tiempo muy corto. La acción de activar comenzara cuando se active la etapa 4 y se desactivara inmediatamente. La duración de los impulsos será un tiempo muy pequeño pero suficiente para conseguir el efecto deseado.

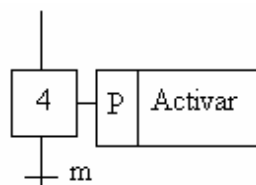


Figura 13: Acción Impulsional

Las acciones memorizadas implican que en una etapa determinada se activa una acción y esta acción se desactiva en otra etapa. En el ejemplo siguiente XBR se activa en la etapa 6 (XBR = 1) y se desactiva en la 8 (XBR = 0).

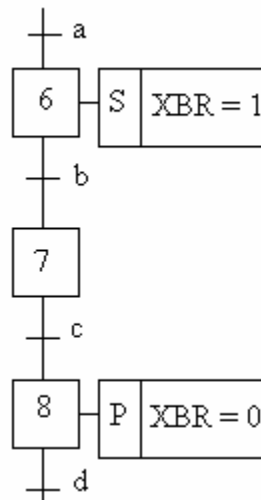


Figura 14: Acción Memorizada

La primera casilla puede contener más de una letra. En estos casos el orden en el que están las letras en la casilla indica el orden en que se han de realizar las funciones indicadas. En algunos casos este orden no tiene importancia pero en otros puede ser decisivo. En el siguiente ejemplo la acción de abrir comenzara cuando se active la etapa 5 si el pulsador esta pulsado y se desactivara automáticamente. Si no esta pulsado al activarse la etapa no habrá impulso. Se producirá un impulso cada vez que, mientras esta activa la etapa 5, alguien pulse el pulsador.

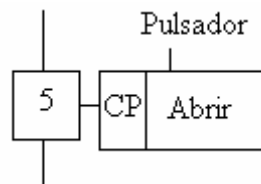


Figura 15: Acción Condicionada e impulsada

**1.3.3 Líneas de Evolución y Re-envíos.** Las líneas de evolución (Figura 16) unen las etapas a las transiciones y las transiciones a las etapas y señalan el camino de las evoluciones. Las líneas se entenderán siempre orientadas de arriba hacia abajo, a menos que se represente una flecha en sentido contrario. Las líneas oblicuas pueden ser empleadas excepcionalmente siempre que añadan claridad al diagrama. Dos líneas de evolución que se crucen deben de interpretarse en principio que no están unidas.

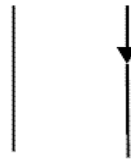


Figura 16: Líneas de Evolución

Los Re-envíos son símbolos en forma de flecha que indican la procedencia o destino de las líneas de evolución. Los Re-envíos son necesarios cuando un Grafcet se complica o no cabe en una sola hoja y evitan dibujar líneas de evolución con excesivos cruces. En la Figura 17a, se muestra que el Grafcet continúa en la etapa 8 y en la Figura 17b, vemos una llegada desde un Re-envió que viene de la etapa 9.

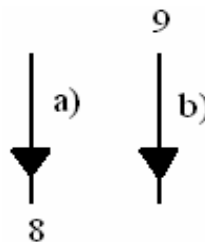


Figura 17: Re-envíos

Cuando un Re-envió va destinado a diversas etapas, se toma como referencia de destino la etapa representada más a la izquierda. Igualmente en aquellos casos en que un Re-envió parte de varias etapas, se toma también como referencia de origen la etapa representada más a la izquierda.

**1.3.4 Transición.** Es la condición o condiciones que, conjuntamente con la etapa anterior, hacen evolucionar al Grafcet de una etapa a la siguiente. Por ejemplo un pulsador, un detector, un temporizador, etc. Esta evolución se consuma al producirse el franqueo de la transición. Las transiciones representan las condiciones lógicas necesarias para que finalice la actividad de una etapa y se inicie la de la etapa o etapas inmediatamente consecutivas. Gráficamente se representan por una línea perpendicular a las líneas de evolución (Figura 18), para facilitar la comprensión del Grafcet cada transición puede ir numerada a la izquierda de la línea perpendicular.

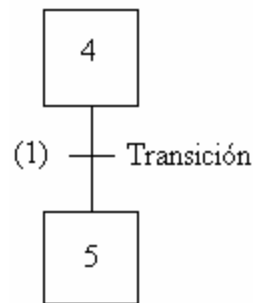


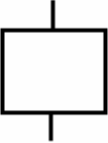




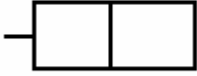
Figura 18: Transición

Una transición puede ser validada o no validada, se dice que esta validada cuando todas las etapas inmediatamente unidas a esta transición están activas.

Para que el lector tenga mayor entendimiento, en la Tabla 1, se muestran claramente cada uno de los elementos antes mencionados y otros que se verán a continuación.

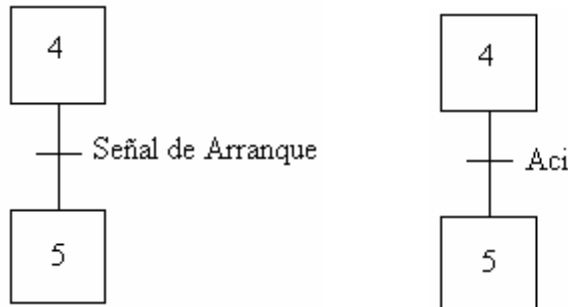
Tabla 1: Elementos Gráficos

Elementos GRAFCET de programación		
Símbolo	Nombre	Descripción
	Etapa inicial	Indica el comienzo del esquema GRAFCET y se activa al poner en RUN el autómeta. Por lo general suele haber una sola etapa de este tipo.

	Etapa	Su activación lleva consigo una acción o una espera.
	Unión o Línea de Evolución	Las uniones se utilizan para unir entre sí varias etapas.
	Transición	Condición para desactivarse la etapa en curso y activarse la siguiente etapa. Se indica con un trazo perpendicular a una unión.
	Direccionamiento	Indica la activación de una u otra etapa en función de la condición que se cumpla.
	Proceso simultáneo	Muestra la activación o desactivación de varias etapas a la vez.
	Acciones asociadas	Acciones que se realizan al activarse la etapa a la que pertenecen.

**1.3.5 Receptividad Asociada a la Transición.** A cada transición va asociada una proposición lógica llamada receptividad, que puede en cierto caso ser verdadera o falsa. Entre todas las informaciones disponibles en un momento determinado, la receptividad agrupa solamente aquellas que son necesarias para el franqueo de la transición. La receptividad es función de informaciones externas (entradas) o internas (estado de contactores, temporizadores, estados activos o inactivos de otras etapas).

Las entradas de la parte de mando corresponden a las informaciones externas provenientes de la parte operativa, de consignas dadas por el operador, o de informaciones de otros sistemas. La receptividad va escrita teórica o simbólicamente, preferentemente a la derecha del símbolo de la transición como lo indica la Figura 19.



a) Representación Literal

b) Representación Simbólica

Figura 19: Formas de Representar las Receptividades

Cuando la receptividad esta escrita en forma simbólica, una tabla debe dar la correspondencia entre cada símbolo utilizado y la información correspondiente, como se indica a continuación:

Aci: Señal de Arranque

Cuando no hay condición asociada a una transición, se dice que la receptividad es verdadera siempre y se escribe =1. En las ecuaciones booleanas el signo + representa la función O, el signo \* representa la función Y y una línea sobre la condición o variable correspondiente representa la negación (Función NO).

Tabla 1: Ejemplos de Receptividades

Receptividades	
Temp > 30°C	Cierta si la temperatura es superior a 30°C
C12	Cierta si el contador 12 ha alcanzado la preselección
SL1	Cierta si SL1 está desactivado



SL3 + SB2	Cierta si SL3 o SB2 están activados (indistintamente)
SL2 · SB4	Cierta si SL2 y SB4 están activados (simultáneamente)
BQ2 · (SL1 + SA1)	Cierta si BQ2 está activado y también SL1 o SA1
= 1	Receptividad siempre cierta

**1.3.6 Macroetapas.** El Grafcet es un método de descripción de sistemas que permite comenzar por niveles de descripción muy generales (Grafcet de Nivel 1) hasta describir completamente el proceso (Grafcet de Nivel 3). Dentro de esta tendencia, se proponen las macroetapas como representaciones de secuencias que, en conjunto, constituyen una actividad.

La utilización de las macroetapas permite que el Grafcet representado mantenga un cierto nivel de generalidad y que, cuando convenga, se pueda conocer el detalle de las acciones haciendo una simple expansión de la macroetapa. En la Figura 20 se observa el símbolo de una macroetapa (Macroetapa M3). La macroetapa no es una etapa del Grafcet ni actúa como tal sino que es una representación de un grafcet parcial (expansión de la macroetapa) que ha de poderse insertar en substitución de la macroetapa. Una macroetapa esta activa cuando lo esta una o mas de las etapas de su expansión.



Figura 20: Macroetapa

La expansión de una macroetapa puede contener etapas iniciales pero ha de ser siempre conexa. La expansión de una macroetapa siempre tendrá una sola etapa de entrada y una sola etapa de salida. La etapa de entrada se activara cuando se active la macroetapa, la activación de la etapa de salida implicara la validación de las transiciones inmediatamente posteriores a la macroetapa.

La transición de salida de la macroetapa puede tener cualquier receptividad pero normalmente será una transición siempre válida (=1) ya que las condiciones correspondientes ya se habrán tenido en cuenta dentro de la macroetapa. En estos casos es habitual representar esta receptividad escribiendo una indicación de fin de la macroetapa que, a efectos booleanos, equivale a una receptividad =1 ya que el fin de la macroetapa es quien valida esta transición.

Para facilitar la comprensión de la representación, las etapas de entrada y de salida de la macroetapa no tendrán acción asociada y la primera transición de la macroetapa será =1. Se puede incluir dentro de una macroetapa todo el conjunto de ciclos, como hemos hecho en la macroetapa M2 del ejemplo siguiente. En este caso la transición de salida de la macroetapa es =1, ya que las condiciones de final ya están dentro de la macroetapa y no hay ninguna selección de secuencia a la salida. En la Figura 21 se representa un ejemplo sencillo de lo que puede ser una macroetapa.

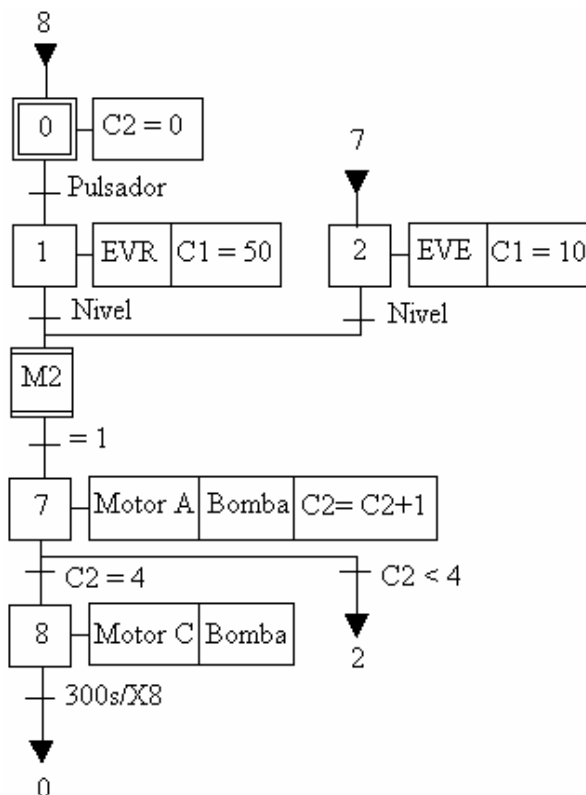


Figura 21: Representación de una Macroetapa (M2)

En la Figura 22 se ve la expansión de la macroetapa representada en el ejemplo de la Figura 21.

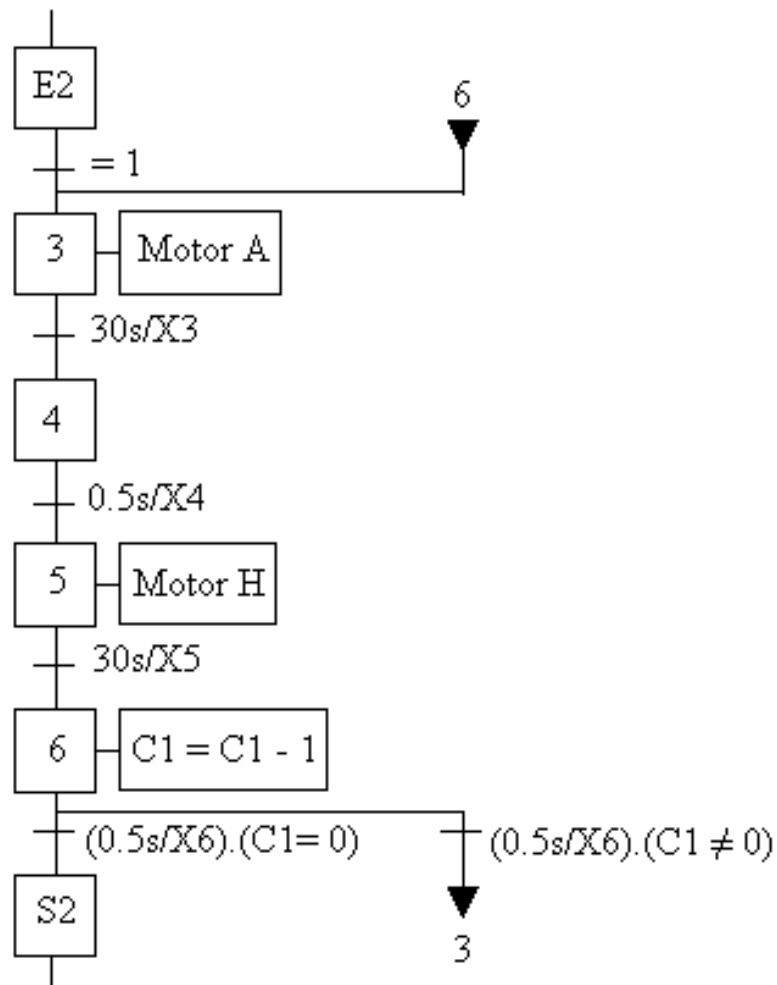


Figura 22: Expansión de M2

#### 1.4 PRINCIPIOS BÁSICOS DEL GRAFCET

Un Grafcet es una sucesión de etapas. Cada etapa tiene sus acciones asociadas de forma que cuando aquella etapa esta activa se realizan las correspondientes acciones, pero estas acciones no podrán ejecutarse nunca si la etapa no esta activa. Lo anterior se detalla en la Figura 23.

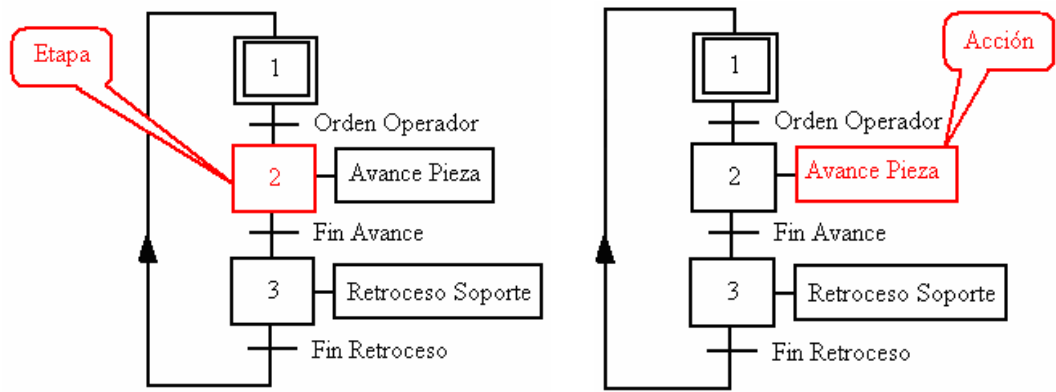


Figura 23: Etapa y Acción Asociada

Entre dos etapas hay una transición. A cada transición le corresponde una receptividad, es decir una condición que se ha de cumplir para poder pasar la transición. Una transición es válida cuando la etapa inmediatamente anterior a ella esta activa. Cuando una transición es válida y su receptividad asociada se cumple se dice que la transición es franqueable. Lo anterior se detalla en la Figura 24.

Al franquear una transición se desactivan sus etapas anteriores y se activan las posteriores.

Las etapas iniciales, que se representan con línea doble, se activan en la puesta en marcha.

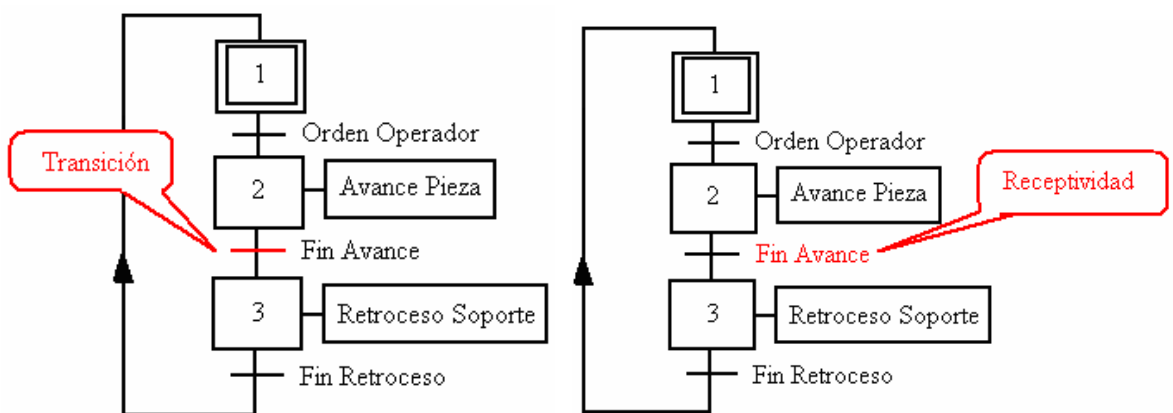


Figura 24: Transición y Receptividad Asociada

## **2. ESTRUCTURAS BÁSICAS DEL GRAFCET**

Existen procesos que requieren estructuras complejas, en las que se presentan bucles, tomas de decisiones o tareas simultaneas que deben sincronizarse. Para estos casos el Grafcet dispone de unas estructuras básicas a partir de las cuales pueden generarse los diagramas de dichos procesos. Las tres estructuras básicas en Grafcet, de las cuales pueden derivarse todas las demás, son:

- Secuencia Lineal
- Con Direccionamiento o Alternativa (Convergencia y Divergencia en O)
- Subprocesos Simultaneas (Convergencia y Divergencia en Y)

Cualquier función lógica puede expresarse mediante combinación de las operaciones “Y”, “O” y “NO”. Pues bien, haciendo un paralelismo podemos decir que los sistemas secuenciales, cualquiera que sea su complejidad, pueden expresarse siempre en Grafcet mediante gráficos que solo incluyan como estructuras básicas las tres citadas anteriormente.

### **2.1 SECUENCIA LINEAL**

La secuencia lineal es la estructura más simple posible, esta consiste en una sucesión alterna de etapas y transiciones unidas consecutivamente por las líneas de evolución, en las que las etapas se van activando una detrás de otra, como se refleja en la Figura 25. Además cada transición es validada por una sola etapa.

Las propiedades que cumple dicha estructura son las siguientes:

- Dentro de un tramo de secuencia lineal, solamente una etapa debe estar activa en un instante determinado. En realidad las reglas del Grafcet no impiden formalmente la posibilidad de que en una secuencia lineal pueden existir más

de una etapa activa, pero si esto sucede puede denotar una incoherencia de diseño.

- Se activa una etapa cuando se encuentra activada la anterior y se cumplan las condiciones de transición entre ambas.
- La activación de una etapa implica automáticamente la desactivación de la etapa anterior.
- Una secuencia lineal puede formar parte de una estructura más compleja.

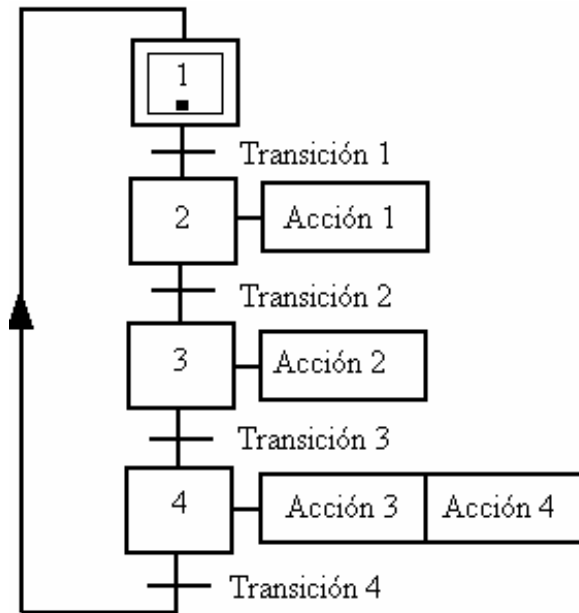


Figura 25: Secuencia Lineal

La secuencia esta activa si al menos lo está una etapa y está inactiva si todas las etapas están inactivas. Las acciones se realizaran en función de la etapa activa a la que están asociadas. Por ejemplo en la figura 25, la etapa 1 se activa al arrancar el programa, al cumplirse la transición 1 se activara la etapa 2, se desactivara la etapa 1 y se realizara la acción 1.

## 2.2 CON DIRECCIONAMIENTO O ALTERNATIVA (Divergencia o Convergencia en “O”)

En un Grafcet con direccionamiento el ciclo puede variar en función de la transición que se cumpla y no es necesario que las distintas secuencias tengan el mismo número de etapas. En la Figura 26, a partir de la etapa inicial se pueden seguir tres ciclos diferentes dependiendo de cual de las tres transiciones (1, 2 ó 3) se cumpla. (Solo una de ellas puede cumplirse mientras la etapa 1 este activa) Este caso es para la divergencia.

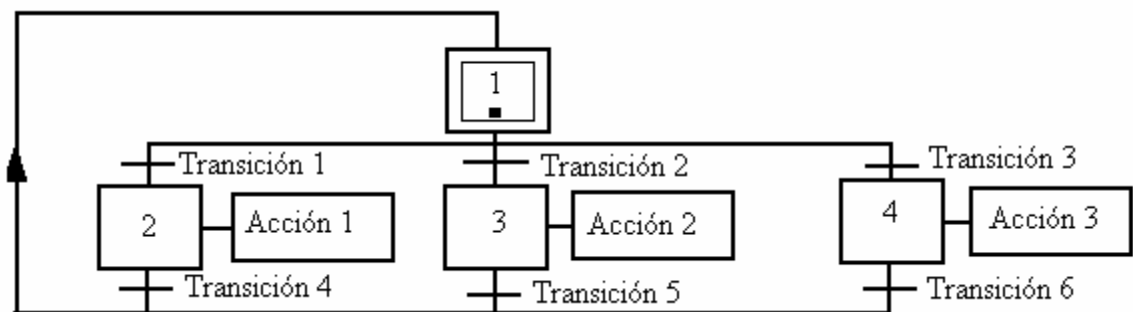


Figura 26: Secuencia con Direccionamiento o Alternativa

Para la convergencia en “O” la etapa inicial vuelve a su estado activo si estando activa una de las tres etapas se cumple la transición (4, 5, 6) asociadas a ella. Por ejemplo si la etapa 3 se encuentra activa y se cumple la transición 5 se activa la etapa inicial y se desactivara la etapa 3.

La divergencia y convergencia en “O” a la que también se le llama bifurcación en “O”, presenta unas propiedades básicas las cuales son:

- A partir del punto de divergencia el proceso podrá evolucionar por distintos caminos alternativos, cada uno de ellos debe tener su propia condición de transición.
- Las condiciones de transición de los diversos caminos de divergencia han de ser excluyentes entre si, de forma que el proceso solo podrá progresar en cada caso por uno de ellos. En realidad, las reglas del Grafcet no imponen esta

restricción, pero si no se cumple se produce una incoherencia. En efecto, si las condiciones no son exclusivas entre si, indicaría la posibilidad de procesos que pueden iniciarse simultáneamente en caso de cumplirse dos o más condiciones de transición simultáneamente.

- A nivel de grafico global, los distintos caminos iniciados como divergencia en “O” deben confluir en uno o más puntos de convergencia en “O”. Dicho de otra forma, la estructura debe ser globalmente cerrada y no pueden existir caminos abiertos, ya que esto denotaría situaciones sin posible salida.

Se excluye también que los caminos de una divergencia en “O” pueden concurrir en una convergencia en “Y”, puesto que esto provocaría un bloque del sistema en el punto de convergencia ante la imposibilidad de finalizar simultáneamente todos los caminos, habiendo iniciado solo uno.

### **2.3 SUBPROCESOS SIMULTÁNEOS (Divergencia o Convergencia en “Y”)**

En las secuencias simultáneas varios ciclos pueden estar funcionando a la vez por activación simultánea de etapas y se ejecutan de forma independiente con distintos tiempos y condicionan la continuación del proceso en tanto no hayan terminado todos ellos. No es necesario que las distintas secuencias tengan el mismo número de etapas. El inicio y el final de una secuencia simultánea son después y antes de la transición correspondiente respectivamente, esta secuencia se representa con una doble línea horizontal. En la Figura 27 cuando se cumple la transición o condición 1 las etapas 2, 3 y 4 se activan simultáneamente, este es el caso de la divergencia en “Y”, en la que se inician varios caminos o subprocesos que deben iniciarse simultáneamente cuando se cumpla una determinada condición de transición común.



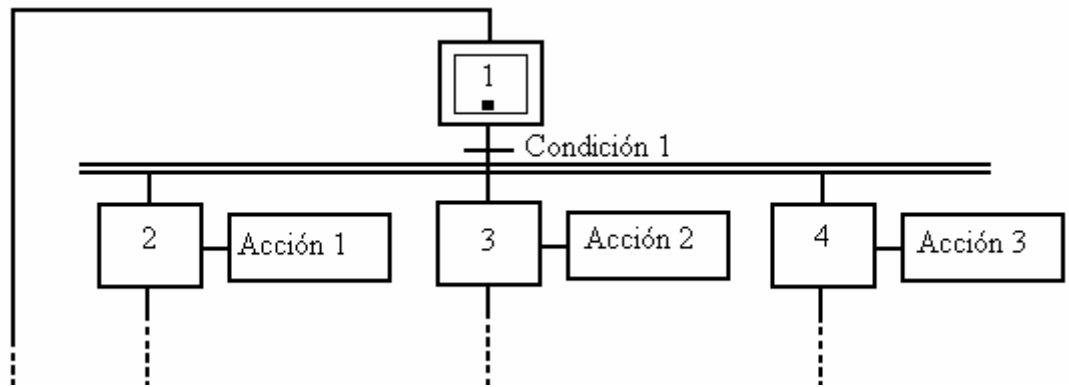


Figura 27: Secuencia Simultanea

Para la convergencia en “Y” una etapa pasa a estado activo si estando activas las etapas anteriores a ella se cumple la transición que las asocia. Por ejemplo en la Figura 28 se muestra que las etapas 5 y 6 se activan simultáneamente si se encuentra activa la etapa 4 y se cumple la transición 1 (Diverge), también que para que se active la etapa 7, tiene que estar activas las etapas 5 y 6 y cumplirse la transición 2 (Converge), este ultimo implica la condición de transición que todas las tareas que confluyen deben haber terminado para que el proceso pueda continuar.

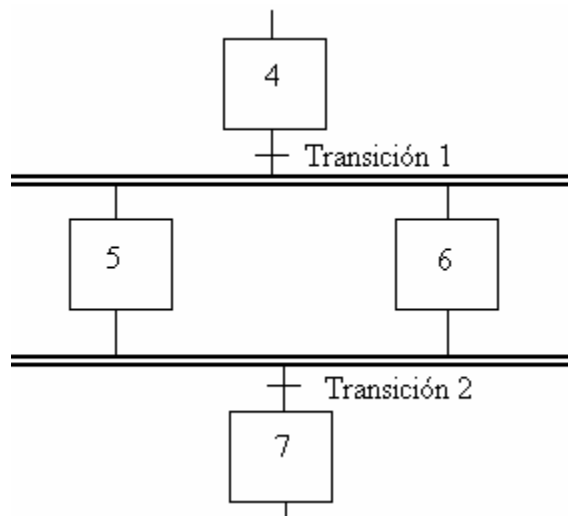


Figura 28: Divergencia y Convergencia en “Y”

Al igual que se dijo para las bifurcaciones en “O”, no es imprescindible que los subprocesos simultaneos que parten de una misma divergencia deban confluir en una misma convergencia, lo que si es imprescindible es que el grafico visto globalmente sea cerrado.

La divergencia y convergencia en “Y” a la que también se le llama bifurcación en “Y”, presenta unas propiedades básicas las cuales son:

- A partir del punto de divergencia el proceso evolucionara por varios caminos a la vez, ejecutando varias tareas simultáneamente.
- La condición de transición para iniciar las tareas simultáneas es única y común para todas ellas.
- A nivel de grafico global, los distintos caminos iniciados como divergencia en “Y” deben confluir en uno o mas puntos de convergencia en “Y”. dicho de otra forma, la estructura debe ser totalmente cerrada y no pueden existir caminos abiertos, ya que esto detonaría situaciones sin posible salida.

Se excluye también que los caminos de una divergencia en “Y” puedan concurrir en una convergencia en “O”. En realidad las reglas del Grafcet no prohíben explícitamente esta situación, pero en caso de cerrar una divergencia en “Y” con una convergencia en “O” se podrían activar varias etapas consecutivas de una estructura lineal que estuviera a continuación y esto esta en desacuerdo con la regla 1 de la secuencia lineal.

- La convergencia en “Y” impone una condición de transición como se indico anteriormente: Todas las tareas que confluyan deben haber terminado para que el proceso pueda continuar.

### 3. NIVELES DEL GRAFCET

El Grafcet puede utilizarse para describir los tres niveles de especificaciones de un automatismo. Estos tres niveles son los que habitualmente se utilizan para diseñar y para describir un automatismo, son:

- Grafcet de Nivel 1: Descripción Funcional
- Grafcet de Nivel 2: Descripción Tecnológica
- Grafcet de Nivel 3: Descripción Operativa

#### 3.1 GRAFCET DE NIVEL 1: DESCRIPCIÓN FUNCIONAL

En el primer nivel interesa una descripción global (normalmente poca detallada) del automatismo que permita comprender rápidamente su función. Es el tipo de descripción que haríamos para explicar lo que queremos que haga la maquina a la persona que la ha de diseñar o el que utilizaríamos para justificar, a las personas con poder de decisión en la maquina, la necesidad de esta maquina.

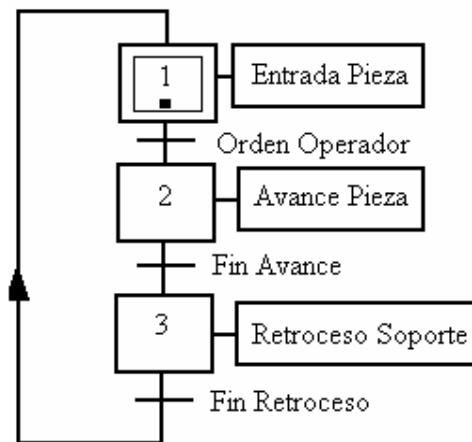


Figura 29: Grafcet de nivel 1

Este Grafcet no debe contener ninguna referencia a las tecnologías usadas; es decir no se especifica como hacemos avanzar la pieza (cilindro neumático, motor y cadena, cinta transportadora, etc.), ni como detectamos su posición (fin de carrera, detector capacitivo, detector fotoeléctrico, etc.), ni tan solo el tipo de automatismo utilizado (autómata programable, neumática, ordenador industrial, etc.).

### 3.2 GRAFCET DE NIVEL 2: DESCRIPCIÓN TECNOLÓGICA

En este nivel se hace una descripción a nivel tecnológico y operativo del automatismo. Quedan perfectamente definidas las diferentes tecnologías utilizadas para cada función. El Grafcet describe las tareas que han de realizar los elementos escogidos. En este nivel completamos la estructura de la maquina y nos falta el automatismo que lo controla.

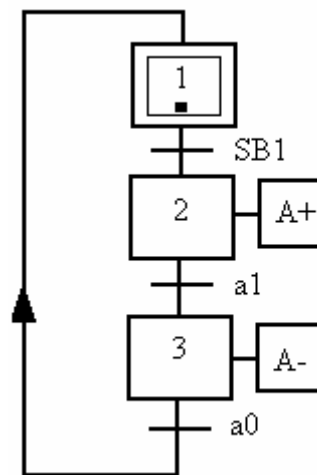


Figura 30: Grafcet de Nivel 2

### 3.3 GRAFCET DE NIVEL 3: DESCRIPCIÓN OPERATIVA

En este nivel se implementa el automatismo. El Grafcet definirá la secuencia de actuaciones que realizara este automatismo. En el caso de que se trate, por ejemplo, de un autómata programable, definirá la evolución del automatismo y la activación de las salidas en función de la evolución de las entradas.

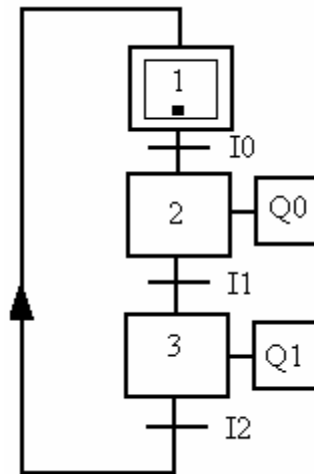


Figura 31: Grafcet de Nivel 3

### 4. REGLAS DE EVOLUCIÓN DEL GRAFCET

El Grafcet es, como se ha dicho, un modelo de representación gráfica del funcionamiento de un sistema automático. Como cabe esperar, una cadena secuencial debe poderse programar o resolver con esquemas cableados. Actualmente los fabricantes de autómatas programables están dotando los nuevos modelos con programación grafica mediante Grafcet, lo que en esencia es una simple aplicación de cadenas secuenciales con determinadas prestaciones añadidas. Existen reglas que representan una cadena secuencial como son:

## **4.1 SITUACIÓN INICIAL**

La etapa inicial o etapas iniciales tienen que ser activadas antes de que se inicie el ciclo del Grafcet, un ciclo está formado por todas las etapas posteriores a la etapa inicial. La situación inicial del Grafcet caracteriza el comportamiento inicial de la parte de mando en relación a la parte operativa, y corresponde a las etapas activas al comienzo del funcionamiento. Si esta situación es siempre la misma, caso de los automatismos cíclicos, estará caracterizada por las etapas iniciales. Este caso corresponde a un comportamiento de reposo.

En el caso de automatismos no cíclicos, la situación de partida depende del estado del proceso en el momento de la puesta en marcha de la parte de mando. La forma de establecer la situación inicial debe ser definida en el Grafcet o en documentación adjunta.

## **4.2 FRANQUEO DE UNA TRANSICIÓN**

La evolución de la situación del Grafcet correspondiente al franqueo de una transición no puede producirse más que:

- Cuando esta transición está validada y
- Cuando la receptividad asociada a esa transición es cierta.

Cuando estas dos condiciones se cumplen, la transición es franqueable y entonces es franqueada obligatoriamente.

El franqueo de una transición trae como consecuencia la activación simultánea de todas las etapas inmediatamente posteriores y la desactivación de todas las etapas inmediatamente anteriores.

### **4.3 EVOLUCIÓN DE LAS ETAPAS ACTIVAS**

El proceso se descompone en etapas que serán activadas de forma secuencial. Cada etapa debe corresponder a una situación tal que las salidas dependan únicamente de las entradas o, dicho de otro modo, la relación de entradas y salidas dentro de una etapa es puramente combinacional.

La conexión de cada etapa se hace cuando se encuentra activa la etapa anterior y se cumple la transición que sigue a dicha etapa. La desconexión de cada etapa se hace cuando se activa la etapa siguiente.

### **4.4 EVOLUCIONES SIMULTÁNEAS**

Varias transiciones que son franqueables simultáneamente, son simultáneamente franqueadas. Esta regla de franqueo simultáneo permite descomponer el Grafcet en varios diagramas, especificando claramente sus interconexiones. En este caso, es indispensable hacer intervenir, en las receptividades los estados activos de las etapas.

### **4.5 ACTIVACIÓN Y DESACTIVACIÓN SIMULTÁNEA**

Si en el curso del funcionamiento de un automatismo una etapa debe ser desactivada y activada simultáneamente, esta seguirá activada.

Una o varias acciones se asocian a cada etapa. Estas acciones solo se ejecutan cuando la etapa asociada esta activa.

La receptividad es la condición que se requiere para poder franquear una transición valida. Una receptividad puede ser cierta o falsa y se puede describir en forma literal (temperatura alcanzada, fin avance) o simbólica y debe ubicarse a la derecha del símbolo grafico de la transición. La transición será franqueada solo si la receptividad es cierta o 1.

## 4.6 REGLAS DE SINTAXIS

No puede haber nunca dos transiciones consecutivas sin una etapa en medio de ellas. Así pues la Figura 32 representa un Grafcet incorrecto ya que o bien le falta una etapa entre las transiciones 7 y 8 (que puede ser una etapa sin acción asociada, si así le corresponde) o deben ponerse todas las condiciones en la misma transición.

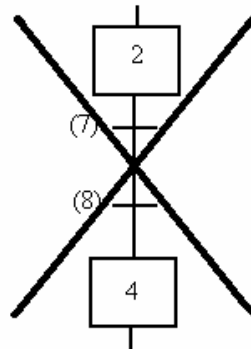


Figura 32: Grafcet Incorrecto por Transiciones

No puede haber nunca dos etapas consecutivas sin transición intermedia. Así pues la Figura 33 representa un Grafcet incorrecto ya que o bien le falta una transición entre las etapas 2 y 4 o deben ponerse todas las acciones en una de las dos etapas.

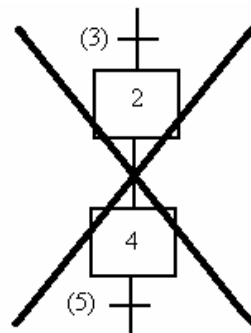


Figura 33: Grafcet Incorrecto por Etapas



## 4.7 SÍMBOLOS Y NORMAS DEL GRAFCET

Aunque son innumerables las formas de combinar las posibilidades de un Grafcet, la tabla 3 resume las que se utilizan con más frecuencia. Las acciones de las etapas y las variables de las transiciones son ficticias, puesto que no se ha pretendido resolver ningún problema concreto.

Como se puede ver en las transiciones, puede intervenir más de una variable. En general será una función lógica que tiene en cuenta solamente las variables que se necesitan para avanzar etapas, no importando el estado del resto de las variables. Además de las variables del proceso, en las transiciones puede intervenir el estado de otras etapas del esquema o de esquemas independientes, de modo que varias cadenas secuenciales podrán estar relacionada por la consulta del estado de etapas.

Las acciones de las etapas no tienen porqué corresponder necesariamente con el control de accionadores, también pueden representar acciones propias de programación, como conexión y desconexión de memorias, lanzamiento de temporizadores, control de contadores, ejecución de partes del programa que se encargan de tareas especiales como puede ser modificaciones de parámetros en procesos de regulación, selección de subrutinas, etc.

Fíjese especialmente en las posibilidades de salto como repeticiones o selección de secuencia, así como las ejecuciones de secuencias simultaneas. En este ultimo caso, cada secuencia avanza independientemente, pero es obligada a esperar cuando se encuentra el cierre con doble trazo, aunque se cumpla la transición siguiente. Dicha transición solo es tenida en cuenta cuando todas las secuencias simultáneas han finalizado.

En las etapas pueden ponerse varias acciones, bien en fila o formando una lista, pero el orden en que se coloquen no implica un orden de ejecución sino que todas se ejecutan a la vez. Sin embargo, algunas acciones pueden tener condiciones adicionales de ejecución, véase la acción H de la etapa 10 en la tabla 3, cuya

activación exige que esté activa la etapa 10 y a la vez, que se cumpla la condición “u” que tiene asociada. Entre otras cosas, esto permite establecer turnos de ejecución, obligando a que determinadas acciones se vayan activando solo cuando hayan terminado otras.

La norma establece una serie de principios para representar un Graficet, entre los que cabe destacar los siguientes: las líneas descendentes no llevaran flechas y serán horizontales o verticales, a menos que de otra forma se aporte claridad al esquema. Se admiten los cruces, pero deben evitarse por que se pueden confundir con uniones de líneas. La Figura 34 muestra algunos ejemplos a evitar.

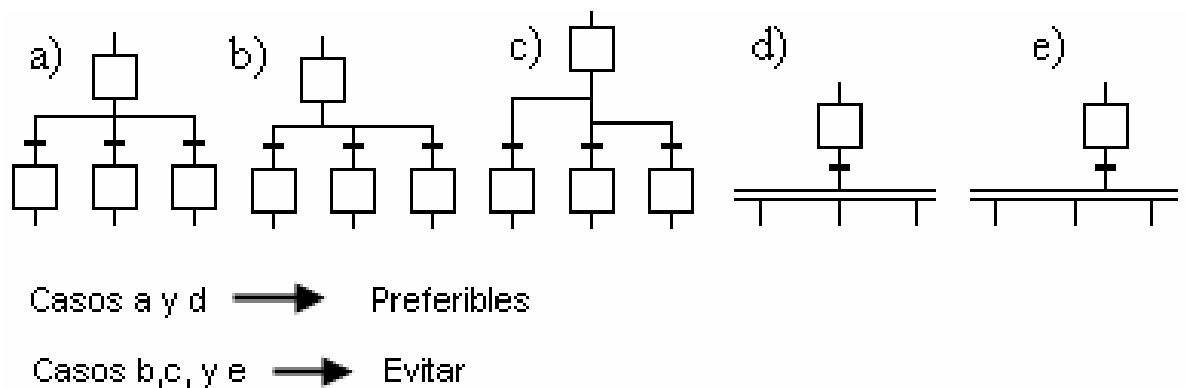
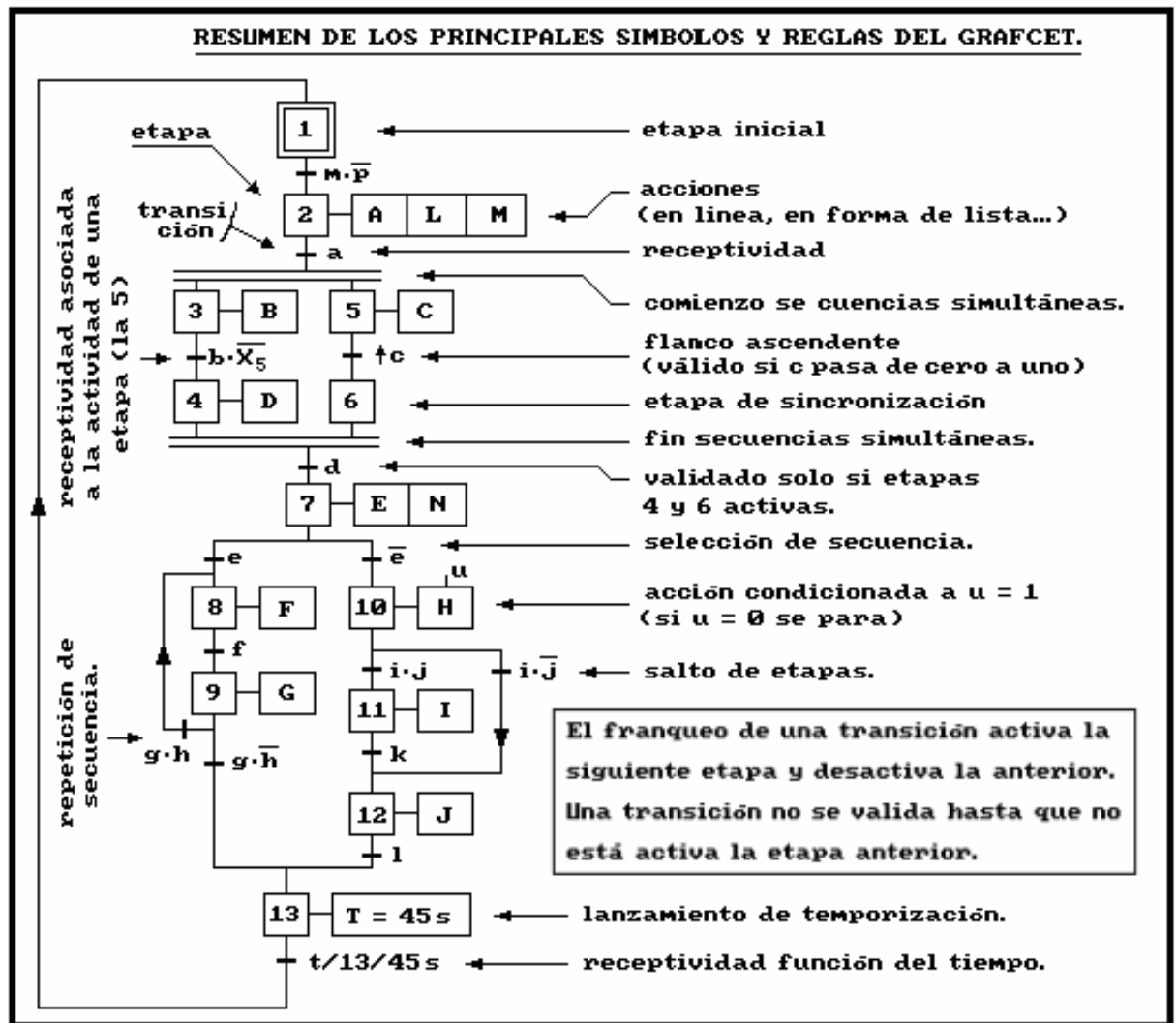


Figura 34: Casos a evitar

Tabla 3. Principales Símbolos y Reglas del Grafcet



## 5. IMPLEMENTACIÓN DEL GRAFCET

Una evolución del diagrama de flujos, que combina las ventajas de la representación secuencial grafica con la integración de los modelos preexistentes, es la representación por diagramas Grafcet. Una vez realizado el Grafcet del proceso que deseamos controlar, el paso siguiente es la obtención de las condiciones de activación

de las etapas, así como de las acciones asociadas a las mismas. Para ello se utilizara un proceso de normalización cuya norma internacional es IEC 848 en el cual, y partiendo del Grafcet realizado, vamos obteniendo las condiciones de activación para cada una de las etapas y acciones.

El Grafcet se reconoce como el modelo mejor adaptado a la parte secuencial de los automatismos. El Grafcet representa directamente la sucesión de las etapas dentro de un ciclo de producción, separadas por transiciones de salto entre unas y otras.

El ciclo se desarrolla etapa por etapa desde la que se define como etapa inicial, que se activa al comienzo del funcionamiento. Mientras una etapa esta activa, el control:

- Ejecuta la función de mando correspondiente a la etapa
- Consulta las condiciones de transición para el salto a la siguiente

En la práctica, es muy frecuente el empleo de esquemas de relés para representar etapas y transiciones, resultando un modelo totalmente grafico del sistema de control. El paso siguiente es la implementación en el lenguaje apropiado para el controlador que se haya escogido como unidad de control del proceso. En la Figura 35 se muestra la combinación de estructuras Grafcet con diagramas de contacto.

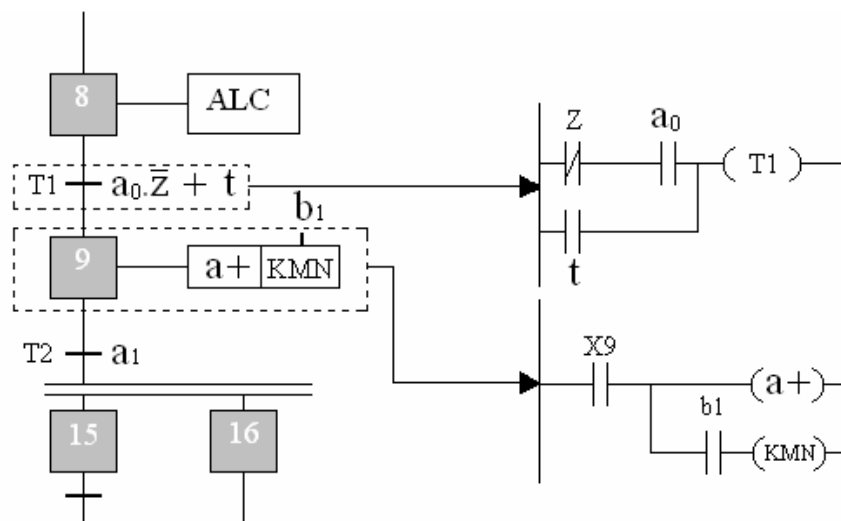


Figura 35: Combinación de Grafcet con diagramas de contacto

A continuación se expondrá como realizar la implementación de las diferentes condiciones de Grafcet para con los controladores Simatic S7-200.

## **5.1 SIMATIC S7-200**

Para controlar el proceso mediante Simatic S7-200, basándose en el Grafcet construido, lo que se hace es asociar a cada etapa un elemento de memoria que permita saber si la etapa está activada o no. En el caso del presente trabajo, a cada etapa del Grafcet se le ha asociado una marca interna del autómeta, de tal manera que la marca estará puesta a un 1 lógico si la etapa que tiene asociada está activa, y un 0 lógico en otro caso.

Para controlar el proceso se realiza un programa escrito en cualquiera de los dos lenguajes de programación del S7-200 (esquema de contactos, lista de instrucciones), que se ejecuta constantemente en el autómeta. El programa a construir no es más que la implementación de la secuencia de condiciones booleanas que definen la activación-desactivación de las etapas así como de las condiciones asociadas a estas, halladas durante el proceso de normalización posterior a la construcción del Grafcet.

El programa examina en cada ciclo de ejecución las entradas al autómeta (entradas del proceso), y en función de las condiciones de activación-desactivación de las etapas activa estas. En el programa también están implementadas las condiciones de ejecución de las acciones, y en función de la etapa o etapas que estén activadas produce salidas dirigidas al proceso a controlar.

Las condiciones de activación de las etapas obtenidas en el proceso de normalización son condiciones que se basan principalmente en operaciones booleanas AND y OR, por lo que la implementación de este tipo de condiciones en cualquiera de los lenguajes de programación del S7-200 es bastante fácil.

Otro ejemplo de normalización de etapas y acciones que sirve para comprender como se asocia el Grafcet con el lenguaje Ladder, se verá a continuación, teniendo como ejemplo el siguiente Grafcet:

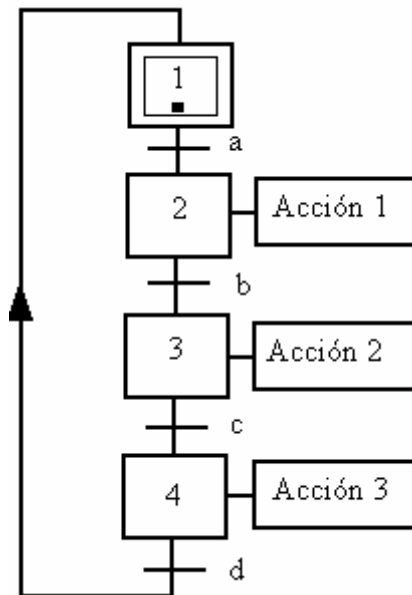


Figura 36: Ejemplo de Normalización

En la Figura 36, la etapa 2 se activará cuando estando activa la etapa 1 se verifique la receptividad a y dejará de estar activa cuando se active la etapa 3, la cual se activará cuando estando activa la etapa 2 se verifique b. La implementación de las condiciones de activación de la etapa 2, y de la acción asociada a esta etapa resultaría de la siguiente forma, si utilizamos la técnica relé-memoria:

X es el nombre de la etapa

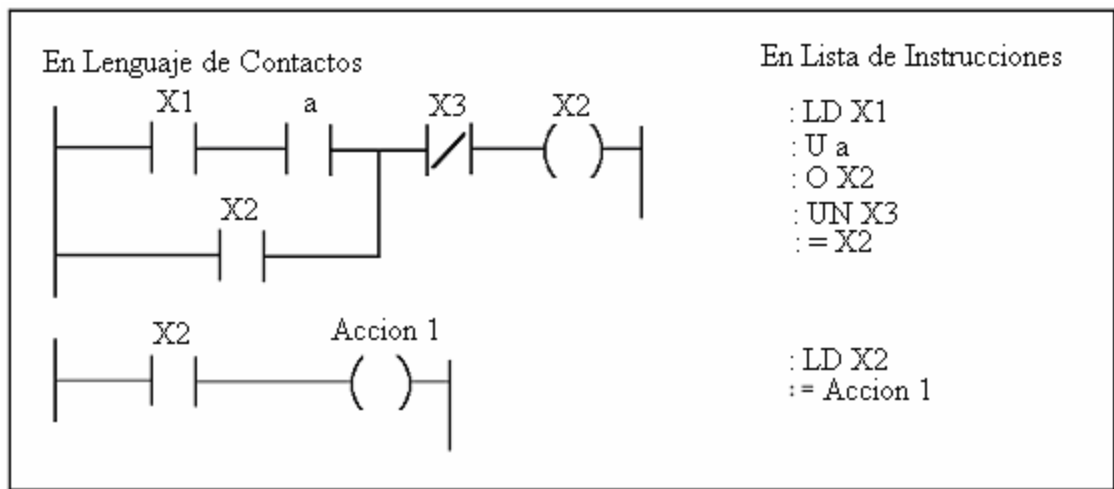


Figura 37: Técnica Relé-Memoria

Si por el contrario utilizamos la técnica etapa-biestable la implementación resultante sería la siguiente

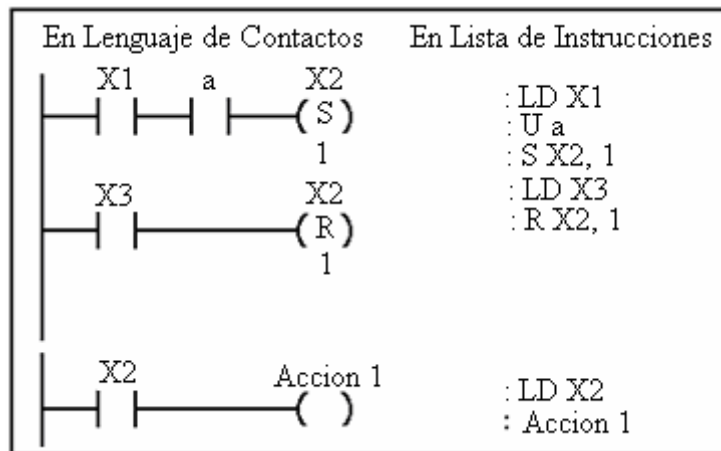


Figura 38: Técnica etapa-biestable

## **6. GUÍAS DE LABORATORIO**

### **6.1 PRACTICA DE LABORATORIO N°1**

#### **PUERTA DE GARAJE**

##### **OBJETIVOS:**

- Analizar y experimentar lenguajes de programación como son el diagrama funcional GRAFCET y el lenguaje de contactos LADDER, con la utilización del PLC S7-200 y la maqueta “Puerta de Garaje”, para solucionar problemas básicos de automatismos.
- Diseñar e implementar el automatismo de una puerta de garaje, simulando el procedimiento con el PLC S7-200 y la maqueta “Puerta de Garaje” encontrados en el laboratorio, para observar los resultados del diagrama funcional GRAFCET y el lenguaje de contactos LADDER.

##### **TRABAJO PREVIO.**

Realizar y simular el problema propuesto realizado en LADDER utilizando el PLC S7-200 encontrado en el laboratorio.

##### **EQUIPOS.**

- PLC S7-200
- Maqueta “Puerta de Garaje”

##### **PROCEDIMIENTO.**

1. Lea detalladamente el problema indicado a continuación y elabore la solución que usted considera necesaria para resolver este ejercicio empleando el



diagrama funcional GRAFCET. Defina claramente las entradas y salidas del proceso.

2. Tome el diagrama funcional GRAFCET elaborado anteriormente e implemente en el lenguaje de contactos LADDER.
3. Describa su funcionamiento utilizando el PLC S7-200 Y maqueta "Puerta de Garaje" en el laboratorio.

### Problema.

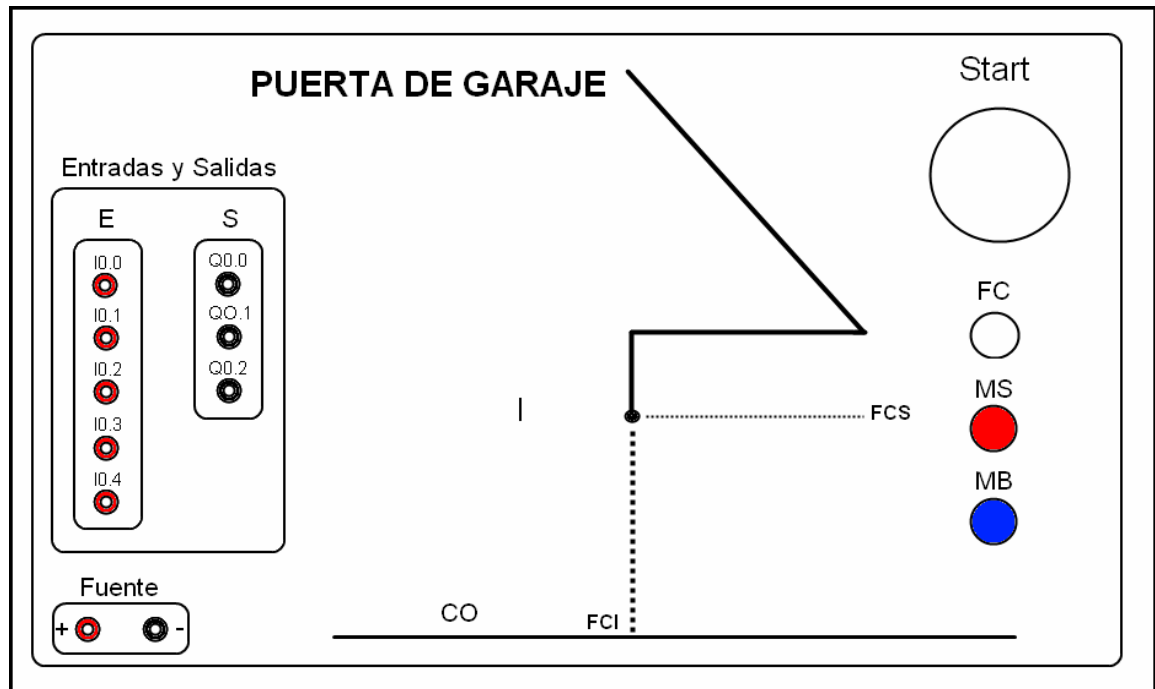


Figura 39: Puerta de Garaje

Cuando se pulsa el botón de START se acciona un motor que mediante un sistema de engranajes hace que la puerta suba. Existe un dispositivo de final de carrera superior (FCS) que indica cuando la puerta ha terminado de abrirse. Se establece un retardo suficiente para que el vehículo pueda traspasar la puerta y una vez transcurrido ese tiempo, el motor se acciona en sentido contrario para que la puerta baje. La puerta continúa bajando hasta que acciona un dispositivo de final de carrera inferior (FCI) que indica que se ha cerrado y en cuyo caso se retorna al estado inicial, ó hasta que se activa una célula fotoeléctrica (FC) que indica la presencia de otro vehículo y en cuyo caso, tras un retardo, la puerta sube de nuevo.

**EJERCICIO:** Adicionar un pulsador de parada (CO) de emergencia para evitar que si el auto se apaga cuando está entrando, la puerta se cierre.

## SOLUCIÓN

### ENTRADAS

- START (Normalmente Abierto)
- FCS (Final de Carrera Superior) (NA)
- FCI (Final de Carrera Inferior) (NA)
- FC (NA)
- CO (NC)

### SALIDAS

- Motor Sube
- Motor Baja

Tabla 4. Símbolos de Entradas (Puerta de Garaje)

### Símbolos (Entradas)

<b>SÍMBOLO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VARIABLE</b>
START	Accionar el motor para subir la puerta	I0.0
FCS	Dispositivo de final de carrera superior (apaga el motor)	I0.1
FCI	Dispositivo de final de carrera inferior (apaga el motor)	I0.2
FC	Célula fotoeléctrica	I0.3
CO	Indica la presencia vehiculo u obstáculo	I0.4

Tabla 5. Símbolos de Salidas (Puerta de Garaje)

**Símbolos (Salidas)**

<b>SÍMBOLO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VARIABLE</b>
IN	Luz START	Q0.0
MS	Motor Sube	Q0.1
MB	Motor Baja	Q0.2

Tabla 6. Símbolos de Estados (Puerta de Garaje)

**Símbolos de Estados**

<b>SÍMBOLO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VARIABLE DE ESTADO</b>	<b>COPIA</b>
E0	Inicialización	M0.0	M1.0
E1	Sube la puerta	M0.1	M1.1
E2	Retardo	M0.2	M1.2
E3	Retorno	M0.3	M1.3
E4	Baja la puerta	M0.4	M1.4

## GRAF CET

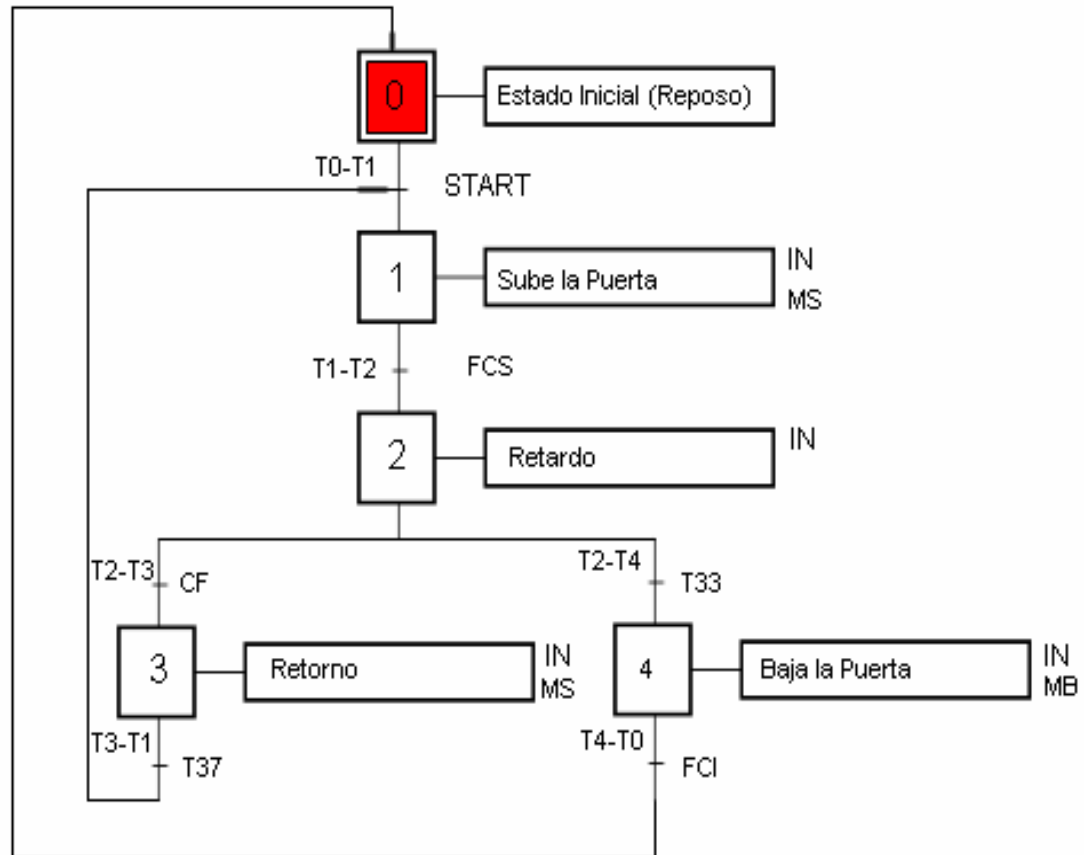


Figura 40: Grafcet (Puerta de Garaje)

## **6.2 PRACTICA DE LABORATORIO N°2**

### **PUENTE GRÚA**

#### **OBJETIVOS:**

- Analizar y experimentar lenguajes de programación como son el diagrama funcional GRAFCET y el lenguaje de contactos LADDER, con la utilización del PLC S7-200 y la maqueta “Puente Grúa”, para solucionar problemas básicos de automatismos.
- Diseñar e implementar el automatismo de una Grúa, simulando el procedimiento con el PLC S7-200 y la maqueta “Grúa” encontrados en el laboratorio, para observar los resultados del diagrama funcional GRAFCET y el lenguaje de contactos LADDER.

#### **TRABAJO PREVIO.**

Realizar y simular el problema propuesto realizado en LADDER utilizando el PLC S7-200 encontrado en el laboratorio.

#### **EQUIPOS.**

- PLC S7-200
- Maqueta “Puente Grúa”

#### **PROCEDIMIENTO.**

1. Lea detalladamente el problema indicado a continuación y elabore la solución que usted considera necesaria para resolver este ejercicio empleando el

diagrama funcional GRAFCET. Defina claramente las entradas y salidas del proceso.

2. Tome el diagrama funcional GRAFCET elaborado anteriormente e implemente en el lenguaje de contactos LADDER.
3. Describa su funcionamiento utilizando el PLC S7-200 Y maqueta “Puente Grúa” en el laboratorio.

### Problema.

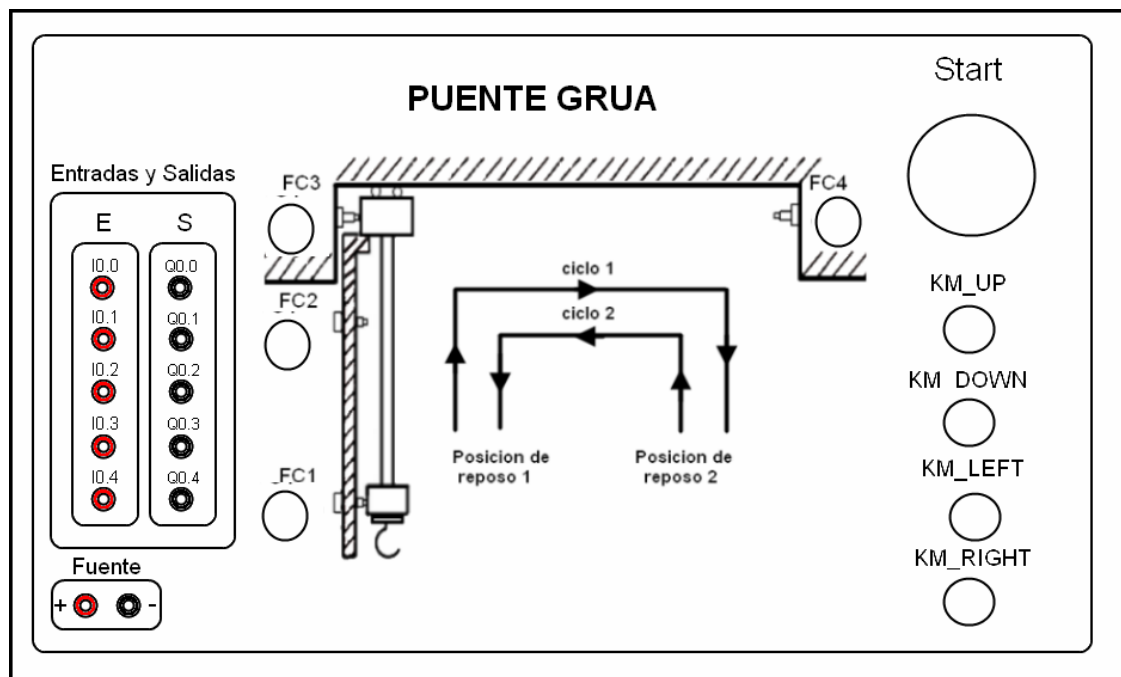


Figura 41: Puente Grúa

Se trata de llevar a cabo la automatización de 2 ciclos fijos de una grúa. Para realizar los movimientos de la grúa contaremos con dos motores de doble sentido de giro, los cuales se controlarán mediante contactores. Un motor será controlado por los contactores de arriba y abajo (KM\_UP y KM\_DOWN respectivamente), y el otro motor será controlado por los contactores izquierda y derecha (KM\_LEFT y KM\_RIGHT respectivamente). Para guiarnos en las posiciones extremas, utilizaremos finales de carrera (FC1, FC2, FC3 y FC4).

### **CICLO1:**

Partiendo de la posición FC1 y FC3 (es decir abajo y a la izquierda), primeramente subiremos la grúa hasta FC2, y una vez hecho esto moveremos la grúa hacia la derecha, hasta FC4. Una vez llegado ahí, bajaremos la grúa hasta FC1 de nuevo. Finalizaremos aquí el ciclo1.

### **CICLO2:**

Partiendo de la posición FC1 y FC4 (es decir abajo y a la derecha), subiremos la grúa hasta FC2, y una vez hecho esto moveremos la grúa hacia la izquierda, hasta FC3. Una vez llegado ahí, bajaremos la grúa hasta FC1 de nuevo. Finalizamos el ciclo2.

**EJERCICIO:** Entre el ciclo 1 y el ciclo 2 adicionar un tiempo de espera determinado.

## **SOLUCIÓN**

### **ENTRADAS**

- START (Normalmente Abierto)
- FC1(Final de Carrera 1) (NA)
- FC2 (Final de Carrera 2) (NA)
- FC3 (Final de Carrera 3) (NA)
- FC4(Final de Carrera 4) (NA)

### **SALIDAS**

- Primer motor arriba
- Primer motor abajo
- Segundo motor a la izquierda

- Segundo motor a la derecha

Tabla 7. Símbolos de Entradas (Puente Grúa)

**Símbolos (Entradas)**

<b>SÍMBOLO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VARIABLE</b>
START	Pulsador de inicio	I0.0
FC1	Final de carrera 1	I0.1
FC2	Final de carrera 2	I0.2
FC3	Final de carrera 3	I0.3
FC4	Final de carrera 4	I0.4

Tabla 8. Símbolos de Salidas (Puente Grúa)

**Símbolos (Salidas)**

<b>SÍMBOLO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VARIABLE</b>
IN	Luz START	Q0.0
KM_UP	Primer motor arriba	Q0.1
KM_DOWN	Primer motor abajo	Q0.2
KM_LEFT	Segundo motor a la izquierda	Q0.3
KM_RIGHT	Segundo motor a la derecha	Q0.4



Tabla 9. Símbolos de Estados (Puente Grúa)

**Símbolos de Estados**

<b>SÍMBOLO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VARIABLE DE ESTADO</b>	<b>COPIA</b>
E0	Inicio	M0.0	M1.0
E1	Contactador arriba	M0.1	M1.1
E2	Contactador derecha	M0.2	M1.2
E3	Contactador abajo	M0.3	M1.3
E4	Ciclo 2	M0.4	M1.4
E5	Contactador arriba	M0.5	M1.5
E6	Contactador izquierda	M0.6	M1.6
E7	Contactador abajo	M0.7	M1.7

## GRAF CET

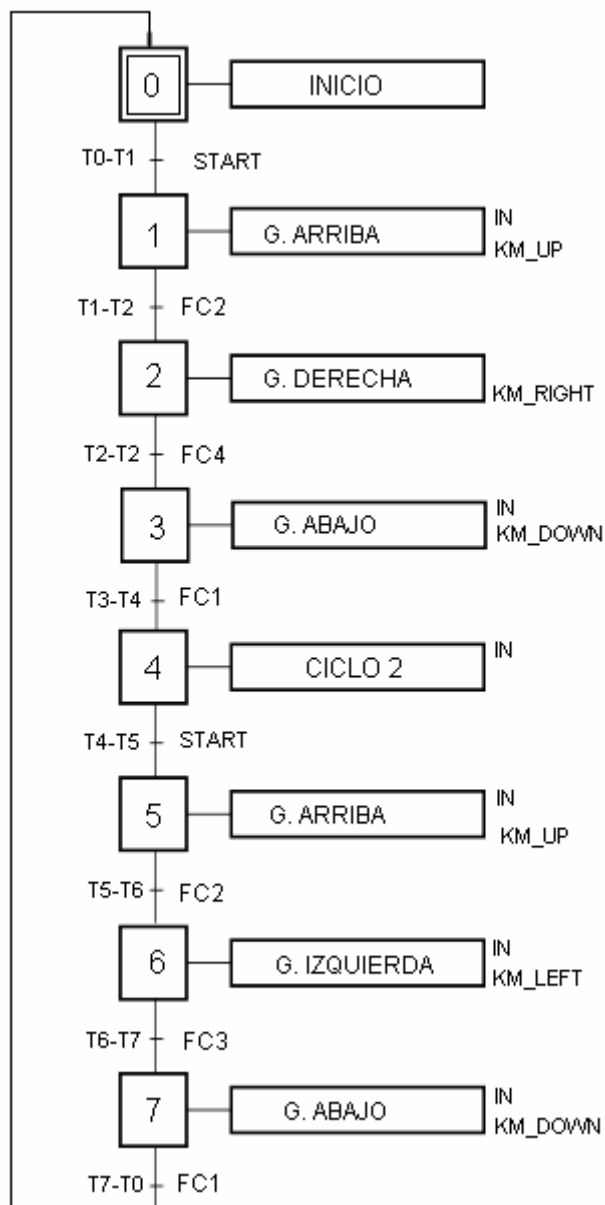


Figura 42: Grafcet (Puente Grúa)

### **6.3 PRACTICA DE LABORATORIO N°3**

#### **MAQUINA RECOLECTORA DE CAJAS**

##### **OBJETIVOS:**

- Analizar y experimentar lenguajes de programación como son el diagrama funcional GRAFCET y el lenguaje de contactos LADDER, con la utilización del PLC S7-200 y la maqueta “Maquina Recolectora de Cajas”, para solucionar problemas básicos de automatismos.
- Diseñar e implementar el automatismo de una Maquina Recolectora de Cajas, simulando el procedimiento con el PLC S7-200 y la maqueta “Maquina Recolectora de Cajas” encontrados en el laboratorio, para observar los resultados del diagrama funcional GRAFCET y el lenguaje de contactos LADDER.

##### **TRABAJO PREVIO.**

Realizar y simular el problema propuesto realizado en LADDER utilizando el PLC S7-200 encontrado en el laboratorio.

##### **EQUIPOS.**

- PLC S7-200
- Maqueta “Maquina Recolectora de Cajas”.

##### **PROCEDIMIENTO.**

1. Lea detalladamente el problema indicado a continuación y elabore la solución que usted considera necesaria para resolver este ejercicio empleando el

diagrama funcional GRAFCET. Defina claramente las entradas y salidas del proceso.

2. Tome el diagrama funcional GRAFCET elaborado anteriormente e implemente en el lenguaje de contactos LADDER.
3. Describa su funcionamiento utilizando el PLC S7-200 Y maqueta "Maquina Recolectora de Cajas" en el laboratorio.

### Problema.

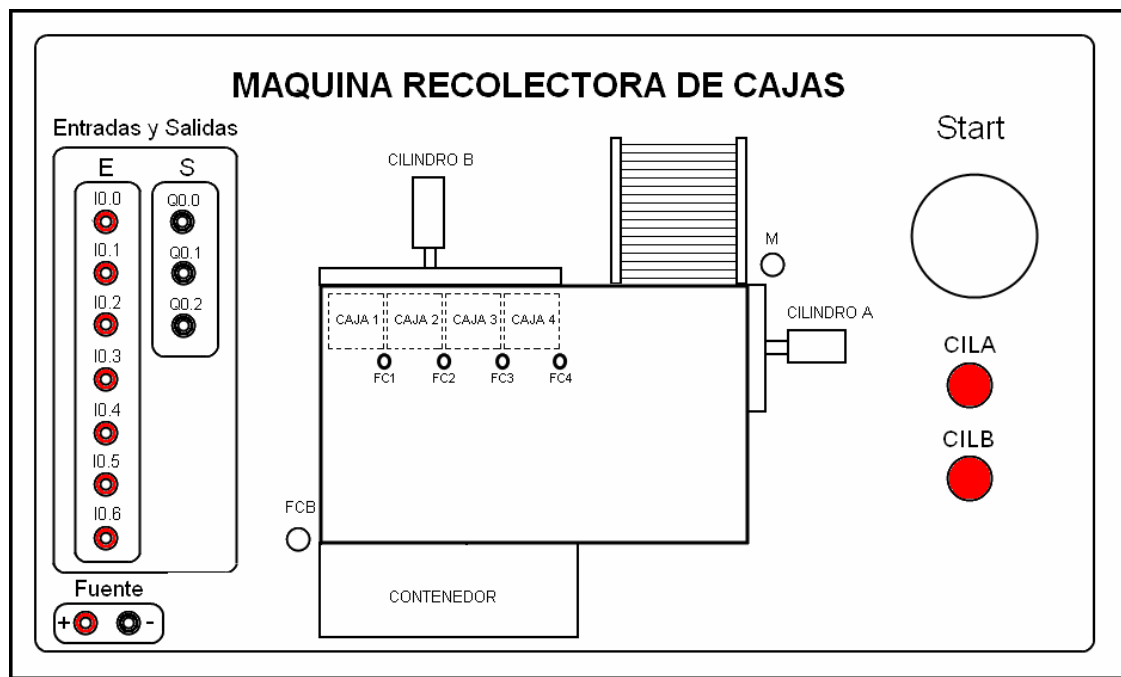


Figura 43: Maquina Recolectora de Cajas

Se debe llevar a cabo la automatización de una máquina que se dedica a reunir cajas de 4 en 4 para su posterior apilado. Para ello utilizaremos dos cilindros A, B (ambos de simple efecto).

Tendremos finales de carrera para cada cilindro. El cilindro A, tendrá 4 finales de carrera: FC1, FC2, FC3 Y FC4. La motivación es para reunir 4 cajas una detrás de

otra. El cilindro B, tiene 1 finales de carrera FCB, Se encarga de apilar las 4 cajas al contenedor.

Tenemos un sensor de presencia de cajas (M). Antes de nada, el modo inicial en el que ha de estar dicha automatización es el siguiente, El cilindro A y B, han de estar retraídos.

Cuando se detecte una caja (sensor M activo), el cilindro "A" se extenderá empujándola primeramente hasta el final de carrera FC1. Después de esto retrocederá de nuevo el cilindro "A" a su estado inicial. En una nueva detección de caja, el cilindro "A" la apilará también, lógicamente hasta FC2, luego la siguiente caja hasta FC3 y finalmente hasta FC4. Después de cada caja, nuevamente el cilindro "A" retrocederá a su posición inicial.

Una vez que las 4 cajas estén agrupadas, el cilindro B se extenderá para llevar las 4 cajas en el contenedor. Posteriormente el cilindro B retrocederá al activar el sensor de final de carrera FCB, pasando todo a la etapa 1, en espera de una nueva caja.

**Nota:** importante es saber que estamos haciendo en cada momento, una buena manera de saberlo es utilizar las marcas. Sabiendo esto, el problema no es muy complejo.

## SOLUCIÓN

### ENTRADAS

- START (Normalmente Abierto)
- M (Sensor de presencia de piezas) (NA)
- FC1 (Posición 1 del cilindro A) (NA)
- FC2 (Posición 2 del cilindro A) (NA)

- FC3 (Posición 3 del cilindro A) (NA)
- FC4 (Posición 4 del cilindro A) (NA)
- FCB (Final de carrera de avance del cilindro B) (NA)

## SALIDAS

- Luz de “*START*” del automatismo.
- Movimiento de avance de cilindro A
- Movimiento de avance de cilindro B

Tabla 10. Símbolos de Entradas (Maquina Recolectora de Cajas)

### Símbolos (Entradas)

<b>SÍMBOLO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VARIABLE</b>
START	Inicialización del automatismo	I0.0
M	Sensor de presencia de piezas	I0.1
FC1	Final de carrera de avance del cilindro A en la posición 1	I0.2
FC2	Final de carrera de avance del cilindro A en la posición 2	I0.3
FC3	Final de carrera de avance del cilindro A en la posición 3	I0.4
FC4	Final de carrera de avance del cilindro A en la posición 4	I0.5
FCB	Final de carrera de avance del cilindro B	I0.6

Tabla 11. Símbolos de Salidas (Maquina Recolectora de Cajas)

**Símbolos (Salidas)**

<b>SÍMBOLO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VARIABLE</b>
IN	Luz START	Q0.0
CILA	Movimiento de avance de cilindro a	Q0.1
CILB	Movimiento de avance de cilindro B	Q0.2

Tabla 12. Símbolos de Estados (Maquina Recolectora de Cajas)

**Símbolos de Estados**

<b>SÍMBOLO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VARIABLE DE ESTADO</b>	<b>COPIA</b>
E0	Inicio	M0.0	M1.0
E1	Cilindro A hasta FCA4	M0.1	M1.1
E2	Cilindro A hasta FCA3	M0.2	M1.2
E3	Cilindro A hasta FCA2	M0.3	M1.3
E4	Cilindro A hasta FCA1	M0.4	M1.4
E5	Avance del Cilindro B	M0.5	M0.5

## GRAF CET

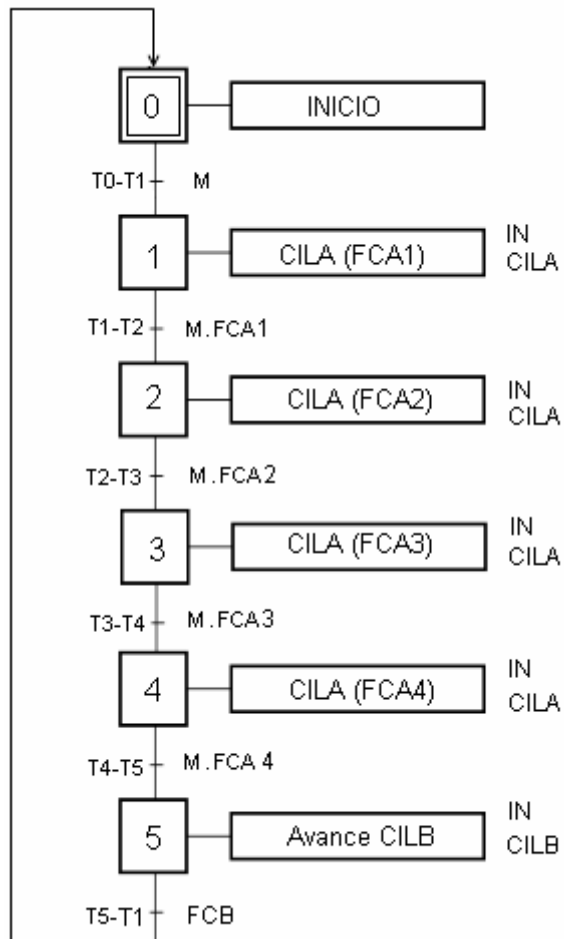


Figura 44: Grafcet (Maquina Recolectora de Cajas)



## **6.4 PRACTICA DE LABORATORIO N°4**

### **SEMÁFORO DE PEATONES**

#### **OBJETIVOS:**

- Analizar y experimentar lenguajes de programación como son el diagrama funcional GRAFCET y el lenguaje de contactos LADDER, con la utilización del PLC S7-200 y la maqueta “Semáforo de Peatones”, para solucionar problemas básicos de automatismos.
- Diseñar e implementar el automatismo de un Semáforo de Peatones, simulando el procedimiento con el PLC S7-200 y la maqueta “Semáforo de Peatones” encontrados en el laboratorio, para observar los resultados del diagrama funcional GRAFCET y el lenguaje de contactos LADDER.

#### **TRABAJO PREVIO.**

Realizar y simular el problema propuesto realizado en LADDER utilizando el PLC S7-200 encontrado en el laboratorio.

#### **EQUIPOS.**

- PLC S7-200
- Maqueta “Semáforo de Peatones”

#### **PROCEDIMIENTO.**

4. Lea detalladamente el problema indicado a continuación y elabore la solución que usted considera necesaria para resolver este ejercicio empleando el diagrama funcional GRAFCET. Defina claramente las entradas y salidas del proceso.

5. Tome el diagrama funcional GRAFCET elaborado anteriormente e implemente en el lenguaje de contactos LADDER.
6. Describa su funcionamiento utilizando el PLC S7-200 Y maqueta “Semáforo de Peatones” en el laboratorio.

**Problema.**

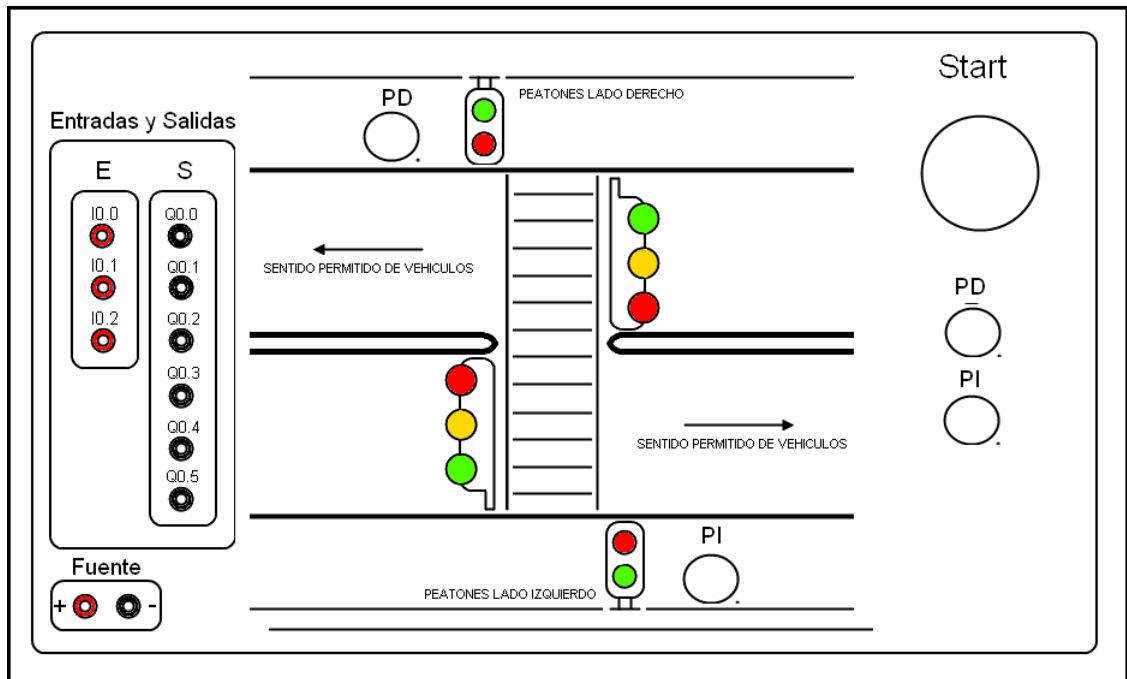


Figura 45: Semáforo de Peatones

El funcionamiento del semáforo será el siguiente:

- En el estado inicial estarán las luces amarilla de carros y las rojas de peatones de lo semáforos encendidas.
- Al pulsar “START” se pondrán los semáforos de carros en verde y los de peatones en rojo.
- Cuando algún peatón pulse alguno de los botones de solicitud de paso (PI) o (PD) se esperaran diez segundos y se pondrá el semáforo de carros en amarillo, cinco segundos después se colocará el semáforo de carros en rojo y

tres segundos mas tarde se pondrá en el semáforo de peatones en verde (para evitar accidentes con peatones).

- El semáforo de peatones se mantendrá en verde durante diez segundos.
- A continuación se pondrá el semáforo de peatones en rojo y pasado cinco segundos mas se colocara el semáforo de carros en amarillo (para dar tiempo a los peatones de pasar a tiempo la cebra), y tres segundos después en verde.
- A partir de este instante una nueva pulsación en alguno de los botones de solicitud provocara otro ciclo completo del semáforo.

## **SOLUCIÓN**

### **ENTRADAS**

- START (Normalmente Abierto)
- PD (NA)
- PI (NA)

### **SALIDAS**

- Luz inicialización del sistema
- Luz verde de carros
- Luz amarilla de carros
- Luz roja de carros
- Luz verde de peatones
- Luz roja de peatones

Tabla13. Símbolos de Entradas (Semáforo de Peatones)

**Símbolos (Entradas)**

<b>SÍMBOLO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VARIABLE</b>
START	Pulsador inicialización del sistema	I0.0
PD	Pulsador de solicitud de paso derecho.	I0.1
PI	Pulsador de solicitud de paso izquierdo.	I0.2

Tabla14. Símbolos de Salidas (Semáforo de Peatones)

**Símbolos (Salidas)**

<b>SÍMBOLO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VARIABLE</b>
IN	Luz START	Q0.0
LVC	Luz verde de carros	Q0.1
LAC	Luz amarilla de carros	Q0.2
LRC	Luz roja de carros	Q0.3
LVP	Luz verde de peatones	Q0.4
LRP	Luz roja de peatones	Q0.5

Tabla15. Símbolos de Estados (Semáforo de Peatones)

**Símbolos de Estados**

<b>SÍMBOLO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VARIABLE DE ESTADO</b>	<b>COPIA</b>
E0	Inicialización	M0.0	M1.0
E1	Luz verde de carros	M0.1	M1.1
E2	10 segundos para el cambio	M0.2	M1.2
E3	Luz amarilla de carros	M0.3	M1.3
E4	Luz roja de carros	M0.4	M1.4
E5	Luz verde de peatones	M0.5	M1.5
E6	Luz roja de peatones	M0.6	M1.6

## GRAF CET

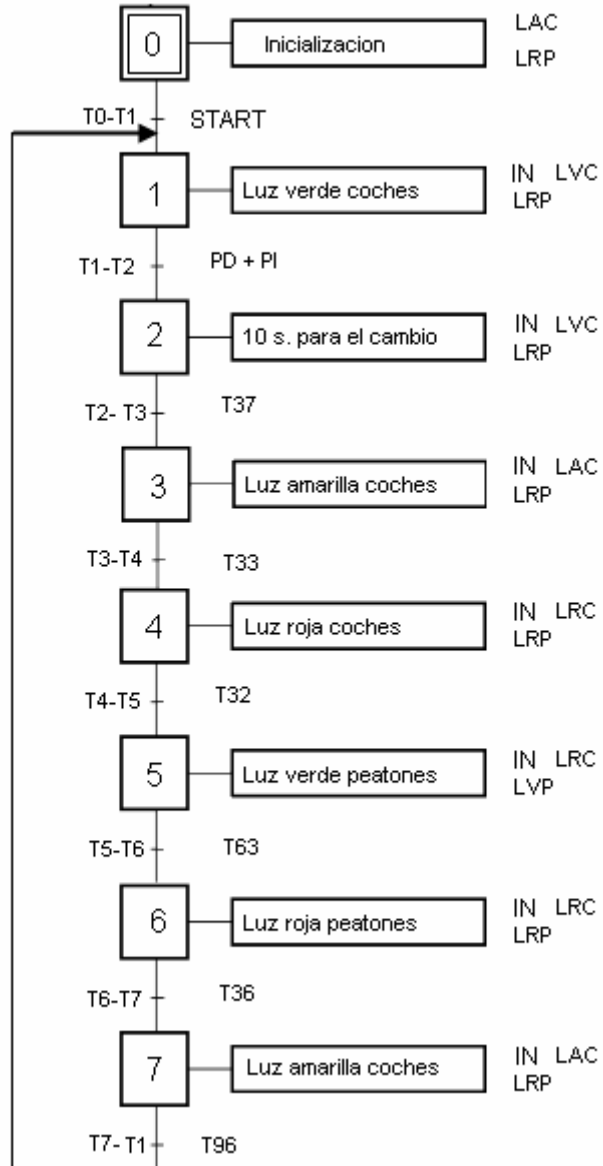


Figura 46: Grafcet (Semáforo de Peatones)

## **6.5 PRACTICA DE LABORATORIO N°5**

### **CEPILLADORA DE VAIVÉN**

#### **OBJETIVOS:**

- Analizar y experimentar lenguajes de programación como son el diagrama funcional GRAFCET y el lenguaje de contactos LADDER, con la utilización del PLC S7-200 y la maqueta “Cepilladora de Vaivén”, para solucionar problemas básicos de automatismos.
- Diseñar e implementar el automatismo de una maquina Cepilladora de Vaivén, simulando el procedimiento con el PLC S7-200 y la maqueta “Cepilladora de Vaivén” encontrados en el laboratorio, para observar los resultados del diagrama funcional GRAFCET y el lenguaje de contactos LADDER.

#### **TRABAJO PREVIO.**

Realizar y simular el problema propuesto realizado en LADDER utilizando el PLC S7-200 encontrado en el laboratorio.

#### **EQUIPOS.**

- PLC S7-200
- Maqueta “Cepilladora de Vaivén”

#### **PROCEDIMIENTO.**

7. Lea detalladamente el problema indicado a continuación y elabore la solución que usted considera necesaria para resolver este ejercicio empleando el diagrama funcional GRAFCET. Defina claramente las entradas y salidas del proceso.
8. Tome el diagrama funcional GRAFCET elaborado anteriormente e implemente en el lenguaje de contactos LADDER.

9. Describa su funcionamiento utilizando el PLC S7-200 Y maqueta “Cepilladora de Vaivén” en el laboratorio.

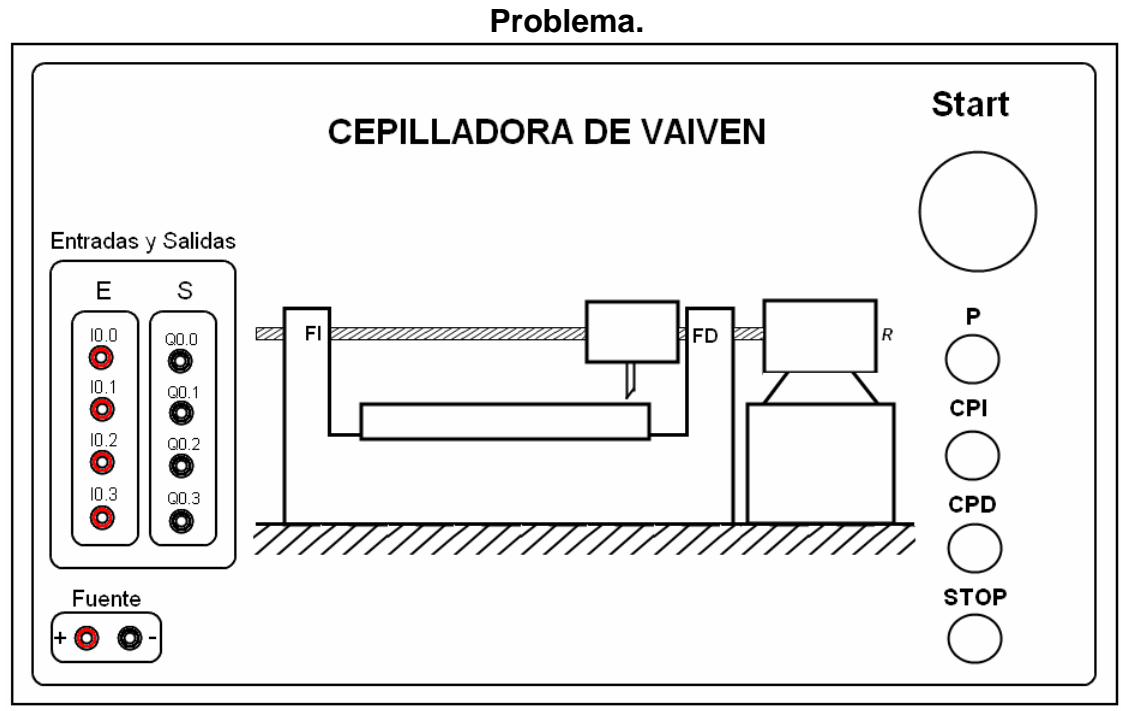


Figura 47: Cepilladora de Vaivén

La cepilladora automática de vaivén realiza el siguiente ciclo básico de trabajo: al activar su pulsador de marcha “**START**” el carro portaherramientas, que se encuentra en el extremo derecho, comienza su desplazamiento hacia la izquierda al hacer girar el eje sinfín al que va acoplado el carro por medio de un motor “**R**”. Cuando se llega al extremo izquierdo, se activa el final de carrera “**FI**”, lo que provoca la parada del carro y la inversión del sentido de desplazamiento. Al llegar el carro al extremo derecho, la activación del final de carrera “**FD**” invierte nuevamente el sentido de desplazamiento. Un botón de parada “**P**” permite parar el carro en cualquier punto de su recorrido.



## SOLUCIÓN

### ENTRADAS

- START (Normalmente Abierto)
- FI (Final de Carrera Superior) (NA)
- FD (Final de Carrera Inferior) (NA)
- P (NA)

### SALIDAS

- Bombillo indicador de la operación.
- Carro Portaherramientas hacia la Izquierda.
- Carro Portaherramientas hacia la Derecha.
- Parada del Carro Portaherramientas.

Tabla 16. Símbolos de Estados (Cepilladora de Vaivén)

#### Símbolos (Entradas)

<b>SÍMBOLO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VARIABLE</b>
START	Acciona el Carro Portaherramientas hacia la Izquierda	I0.0
FI	Dispositivo de final de carrera Izquierdo (cambia la dirección del Carro Portaherramientas hacia la Derecha)	I0.1
FD	Dispositivo de final de carrera Derecho (cambia la dirección del Carro Portaherramientas hacia la Izquierda)	I0.2
P	Parada del Carro Portaherramientas	I0.3

Tabla 17. Símbolos de Estados (Cepilladora de Vaivén)

**Símbolos (Salidas)**

<b>SÍMBOLO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VARIABLE</b>
IN	Luz START	Q0.0
CPI	Carro Portaherramientas hacia la Izquierda	Q0.1
CPD	Carro Portaherramientas hacia la Derecha	Q0.2
STOP	Parada del Carro Portaherramientas	Q0.3

Tabla 18. Símbolos de Estados (Cepilladora de Vaivén)

**Símbolos de Estados**

<b>SÍMBOLO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VARIABLE DE ESTADO</b>	<b>COPIA</b>
E0	Inicialización	M0.0	M1.0
E1	Desplazamiento del Carro Portaherramientas hacia la Izquierda	M0.1	M1.1
E2	Desplazamiento del Carro Portaherramientas hacia la Derecha	M0.2	M1.2
E3	Parada del Carro Portaherramientas	M0.3	M1.3
E4	Parada del Carro Portaherramientas	M0.4	M1.4

## GRAF CET

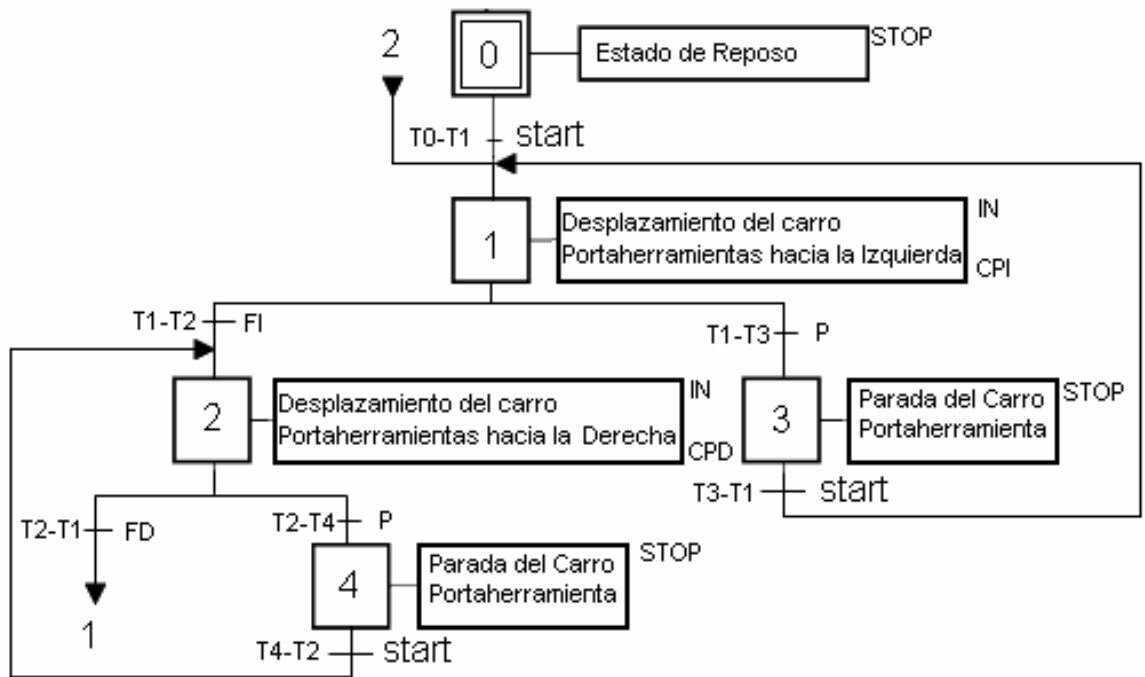


Figura 48: Grafcet (Cepilladora de Vaivén)

## CONCLUSIONES

La metodología GRAFCET es una solución eficaz para el desarrollo de programas de control para procesos secuenciales; este diagrama funcional permite describir los comportamientos del automatismo en relación a las informaciones que recibe, imponiendo un funcionamiento riguroso, evitando de esta forma incoherencias, bloqueos o conflictos en el funcionamiento.

La creación del GRAFCET fue necesaria, entre otros motivos, por las dificultades que presentaba la descripción de automatismos con varias etapas simultáneas utilizando el lenguaje normal. Dificultades similares aparecen al intentar hacer esta descripción con diagramas de flujo o usando los lenguajes informáticos de uso habitual.

Un sistema pensado en GRAFCET puede ser implementado fácilmente en cualquier tecnología secuencial (autómata programable, ordenador,...). En cada nivel de descripción, este diagrama puede ser modificado o corregido, sin necesidad de volver a partes ya estudiadas.

La implementación del GRAFCET en los PLCs facilita a las empresas mejorar su competitividad, al permitirles incrementar su productividad a unos costes adecuados y sin sacrificar la calidad; sus aportaciones son numerosas y se pueden analizar desde varios puntos de vista.

## BIBLIOGRAFÍA

- JOSEP, Balcells y ROMERAL, José Luís. Autómatas programables. Alfaomega
- Martínez, Victoriano Ángel. Automatización Industrial Moderna. Alfaomega.
- Murillo, Luís Fernando. Modulo PLC´S. Minor en Automatización Industrial 2005-2006
- [www.siemens.com/s7-200](http://www.siemens.com/s7-200)
- [www.automatas.org/redes/grafcet.htm](http://www.automatas.org/redes/grafcet.htm)
- [www.infoPLC.net](http://www.infoPLC.net)

### Físicos:

- Biblioteca UTB

### Humanos:

- Ing. Jorge E. Duque. [jduque@unitecnologica.edu.co](mailto:jduque@unitecnologica.edu.co) [joeldupar@yahoo.com](mailto:joeldupar@yahoo.com) Cel: 3008169496

**ANEXO A:** Foto de la maqueta "Puerta de Garaje"



**Foto de la maqueta "PUERTA DE GARAJE"**

**ANEXO B:** Foto de la maqueta “Puente Grúa”



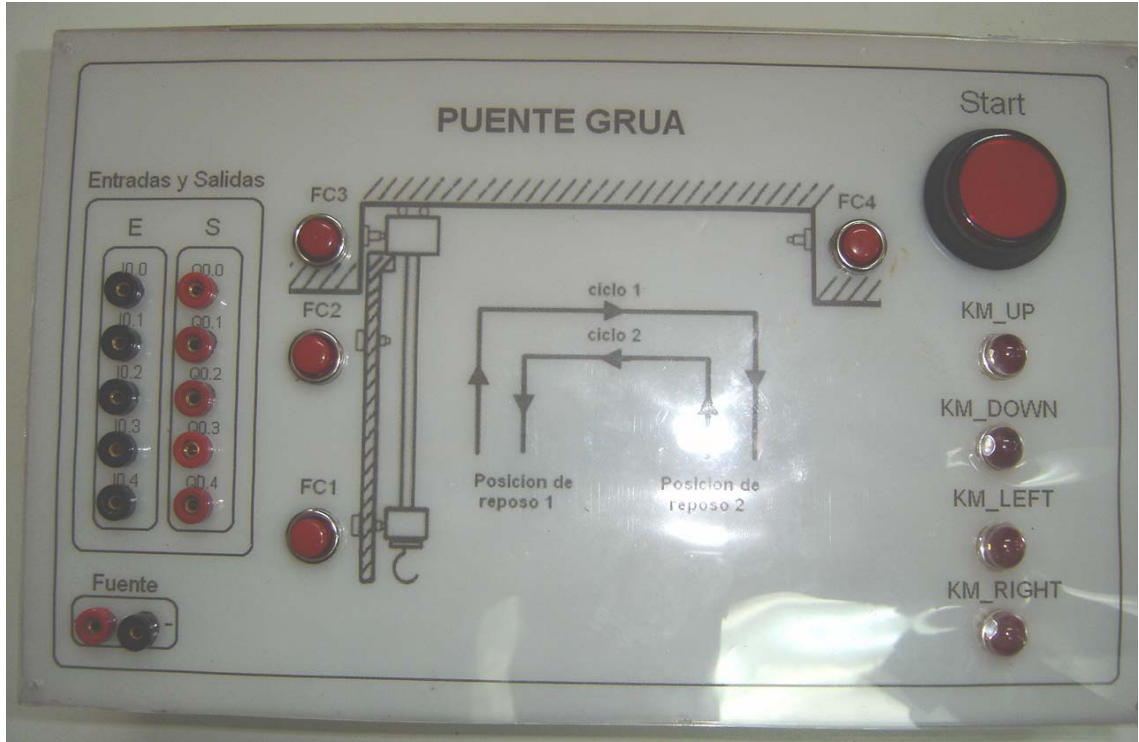


Foto de la maqueta "PUENTE GRÚA"

**ANEXO C:** Foto de la maqueta “Máquina Recolectora de Cajas”



**Foto de la maqueta “MAQUINA RECOLECTORA DE CAJAS”**

**ANEXO D: Foto de la maqueta "Semáforo de Peatones"**

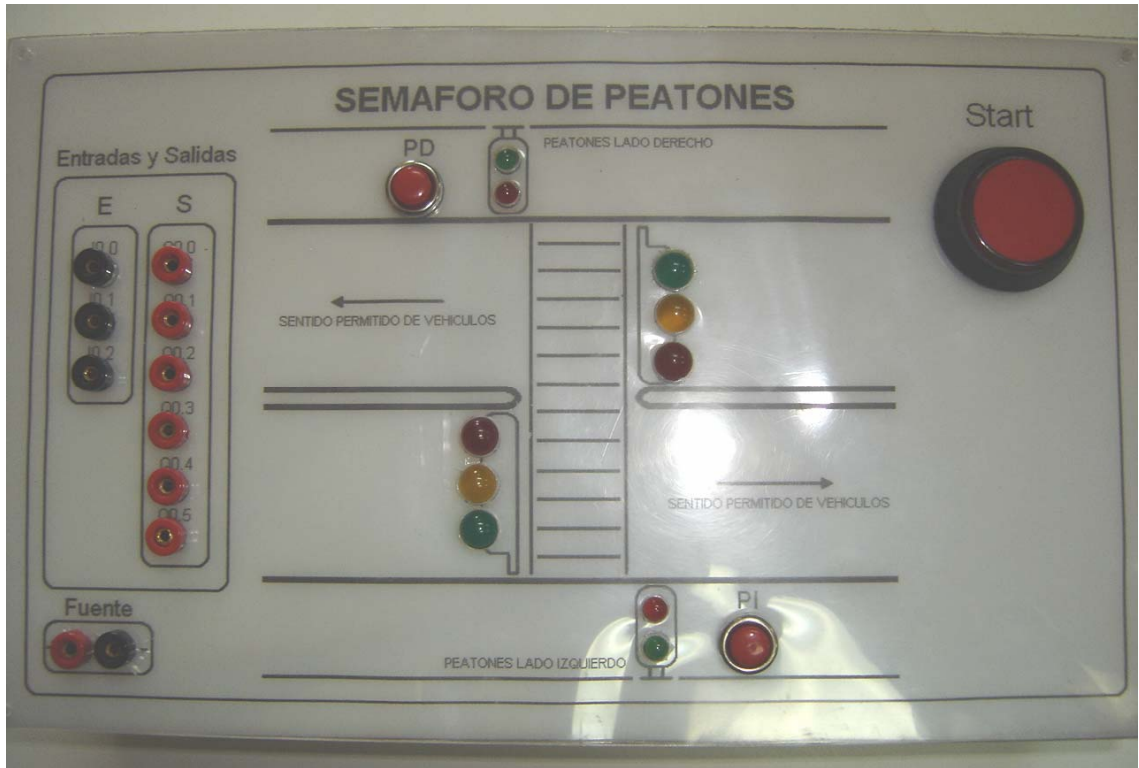
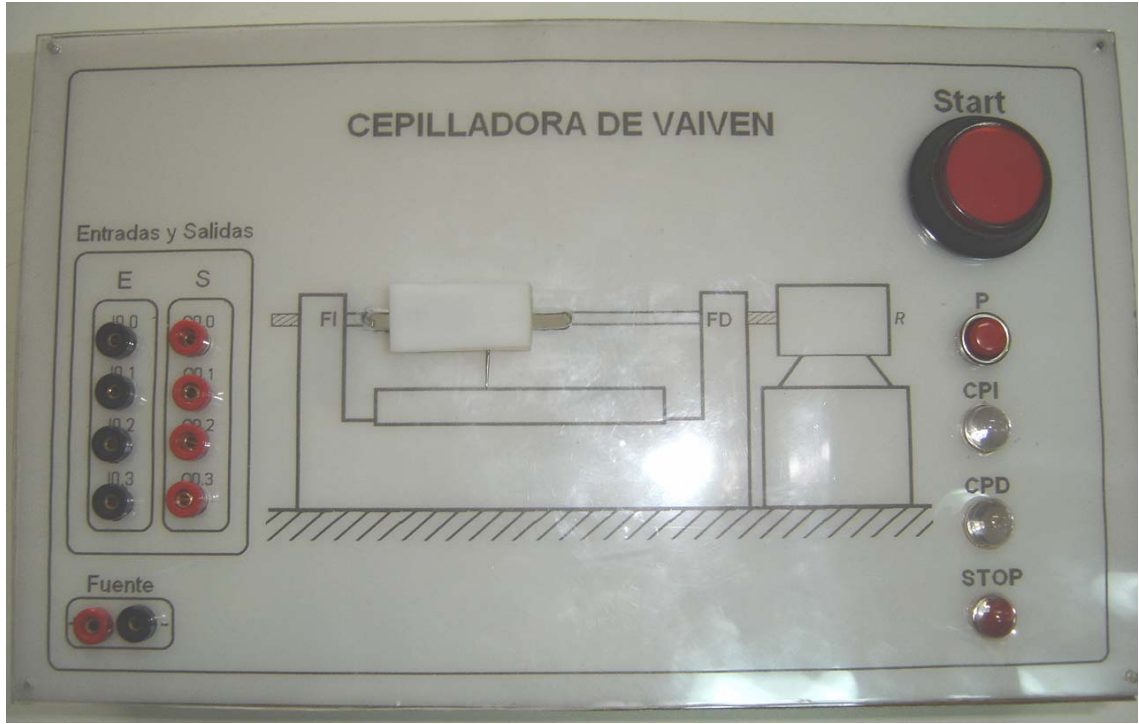


Foto de la maqueta "SEMAFORO DE PEATONES"

**ANEXO E:** Foto de la maqueta “Cepilladora de Vaivén”



**Foto de la maqueta “CEPILLADORA DE VAIVÉN”**

**ANEXO F: Foto del PLC SIMATIC S7-200**





**Foto del PLC SIMATIC S7-200**