

## **Tema 4. Modos de marcha y parada**

### **La guía GEMMA**

#### **Contenido del tema**

1. Presentación de la guía GEMMA
2. Metodología a seguir en la implementación de un automatismo
3. Ejemplos de modos de funcionamiento
4. Ejemplo completo de automatización

#### **1. Presentación de la guía GEMMA**

En un proceso productivo una máquina no está siempre funcionando en modo automático, pueden surgir problemas que, por ejemplo, conlleven a una parada inmediata de la máquina o proceso.

En la automatización de una máquina es necesario prever todos los estados posibles: funcionamiento manual o semiautomático, paradas de emergencia, puesta en marcha, ... y, a demás, el propio automatismo debe ser capaz para detectar defectos en la parte operativa y colaborar con el operario o técnico de mantenimiento para su puesta en marcha y reparación, entre otras.

La agencia ADEPA (Agence nationale pour le Developpement de la Production Appliquée a l'industrie) desarrollo la guía GEMMA (Guide d'Etudes des Modes de Marches et d'Arrêts), se trata de una representación organizada de todos los modos o estados de Marcha y Paradas en que se puede encontrar un proceso de producción automatizado y orienta sobre los saltos o transiciones que pueden darse de un estado a otro.

Un automatismo consta de dos partes fundamentales: el sistema de producción y el control del mismo (ordenador, autómeta programable, ...). El sistema de producción puede encontrarse en tres situaciones, en las cuales el sistema puede estar o no produciendo:

- funcionando, por lo tanto está en producción;
- parado, o en proceso de parada;
- en defecto, circunstancias en las cuales o bien el producto derivado no es aprovechable o lo es, si se manipula adecuadamente a posteriori.

El gráfico GEMMA muestra estas cuatro situaciones (control sin alimentación, funcionamiento, parada y defecto) con rectángulos grises y un quinto rectángulo, marcado en líneas discontinuas, que indica que el sistema productivo está en producción.

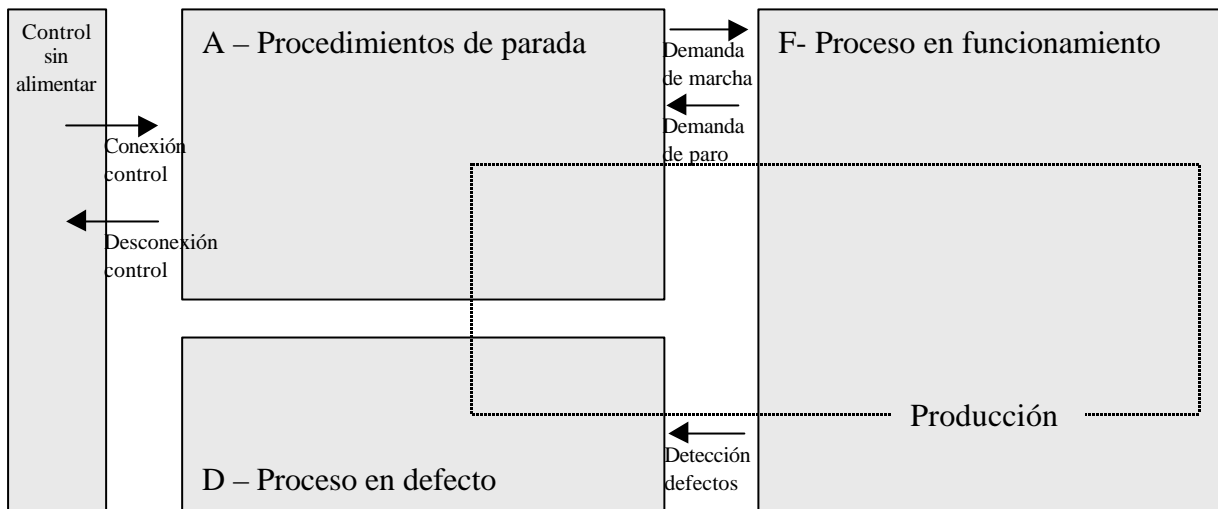


Figura 1. Modos de funcionamiento

Cada una de estas situaciones se subdivide de forma que al final la guía GEMMA presenta 17 estados de funcionamiento posible (ver figura2).

#### **Grupo F. Procedimientos de funcionamiento**

- F1 - Producción normal.** Estado en que la máquina produce normalmente. Es el estado más importante y en el se deben realizar las tareas por las cuales la máquina ha sido construida.
- F2 - Marcha de preparación.** Son las acciones necesarias para que la máquina entre en producción (precalentamiento, preparación de componentes,..).
- F3 - Marcha de cierre.** Corresponde a la fase de vaciado y/o limpieza que en muchas máquinas debe llevarse a cabo antes de la parada o del cambio de algunas de las características del producto.
- F4 - Marchas de verificación sin orden.** En este caso la máquina, normalmente por orden del operario, puede realizar cualquier movimiento o unos determinados movimientos preestablecidos. Es el denominado control manual y se utiliza para funciones de mantenimiento y verificación.
- F5 - Marchas de verificación con orden.** En este caso la máquina realiza el ciclo completo de funcionamiento en orden pero al ritmo fijado por el operador. Se utiliza también para tareas de mantenimiento y verificación. En este estado la máquina puede estar en producción. En general, se asocia al control semiautomático.
- F6 - Marchas de test.** Sirve para realizar operaciones de ajuste y mantenimiento preventivo, por ejemplo: comprobar si la activación de los sensores se realiza en un tiempo máximo, curvas de comportamiento de algunos actuadores, ...

#### **Grupo A. Procedimiento de paradas y puestas en marcha**

- A1 - Paradas en el estado inicial.** Se corresponde con el estado de reposo de la máquina. La máquina normalmente se representa en este estado en los planos de construcción y en los esquemas eléctricos.
- A2 - Parada solicitada al final del ciclo.** Es un estado transitorio en que la máquina, que hasta el momento estaba produciendo normalmente, debe producir solo hasta acabar el ciclo y pasar a estar parada en el estado inicial.
- A3 - Parada solicitada en un estado determinado.** Es un estado en que la máquina se detiene en un estado determinado que no coincide con el final de ciclo. Es un estado transitorio de evolución hacia A4.
- A4 - Parada obtenida.** Es un estado de reposo de la máquina distinto al estado inicial.
- A5 - Preparación para la puesta en marcha después de un defecto.** Es en este estado donde se procede a todas las operaciones, de: vaciado, limpieza, reposición de un determinado producto, ..., necesarias para la puesta de nuevo en funcionamiento de la máquina después de un defecto.
- A6 - Puesta del sistema en el estado inicial.** En este estado se realiza el retorno del sistema al estado inicial (reinicio). El retorno puede ser manual (coincidiendo con F4) o automático.
- A7 - Puesta del sistema en un estado determinado.** Se retorna el sistema a una posición distinta de la inicial para su puesta en marcha, puede ser también manual o automático.

#### **Grupo D. Procedimientos de defecto**

- D1 - Parada de emergencia.** Es el estado, que se consigue después de una parada de emergencia, en donde deben tenerse en cuenta tanto las paradas como los procedimientos y precauciones necesarias para evitar o limitar las consecuencias debidas a defectos.
- D2 - Diagnóstico y/o tratamiento de fallos.** Es en este estado que la máquina puede ser examinada después de un defecto y, con ayuda o sin del operador, indicar los motivos del fallo para su rearme.
- D3 - Producción a pesar de los defectos.** Corresponde a aquellos casos en que se deba continuar produciendo a pesar de los defectos. Se incluye en estas condiciones casos en que, por ejemplo, sea necesario finalizar un reactivo no almacenable, en que se pueda substituir transitoriamente el trabajo de la máquina por la de un operario hasta la reparación de la avería, ..

Además de los procedimientos de funcionamiento, la guía GEMMA muestra, en líneas discontinuas, los caminos que permiten evolucionar de un estado a otro. Para no complicar el gráfico solo se presentan los caminos más usuales y será tarea del diseñador añadir los caminos necesarios para cada aplicación en particular. En algunos casos hay algunas flechas sin procedencia, se utilizan para indicar que puede accederse a este estado desde todos los demás.

Como ya se ha indicado, la guía GEMMA es un gráfico de soporte al diseñador de automatismos. El procedimiento a seguir en su utilización consiste en:

- Estudiar los estados necesarios de la máquina a automatizar, anotando en cada uno de los rectángulos la descripción correspondiente y posibles variantes, si las hay. Aquellos estados que no serán utilizados se marcan con una cruz, indicando así que no se han considerado.
- Estudiar entre que estados será posible la evolución. La guía permite mostrar de forma gráfica todos los caminos deseados, marcando estos con una línea continua.
- Finalmente, de forma parecida a como se indican las transiciones en GRAFCET, se marcan las condiciones necesarias para poder seguir un determinado camino. En algunas ocasiones un determinado camino no tiene una condición específica o determinada, en este caso puede no ponerse indicación o es posible utilizar la condición que la acción anterior sea completa.

## 2. Metodología a seguir en la implementación de un automatismo

Una vez expuesta la guía GEMMA, veamos en que etapas del desarrollo de un automatismo será utilizada. Para ello en primer lugar describiremos los pasos a seguir en la implementación de un automatismo. A los distintos pasos les denominaremos etapas, **E**:

- 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 detectores, indicadores y actuadores 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 el automatismo y realizar su descripción.
- E5** - Definir sobre GEMMA los caminos de evolución entre los distintos estados.
- E6** - Diseñar los elementos que componen el pupitre del operador y su ubicación.
- E7** - Definir sobre GEMMA las condiciones de evolución entre los distintos estados.
- E8** - Preparar el GRAFCET completo de segundo nivel a partir del de producción representado antes y de la GEMMA.
- E9** - Escoger la tecnología de control: número de autómatas programables, tipo de entrada y salidas, reguladores industriales, bus de comunicación, ...
- E10** - Representar el GRAFCET de tercer nivel concreto (a nivel de autómatas).
- E11** - Instalación, implementación, puesta a punto y pruebas.

El objetivo del tema es que los alumnos sean capaces de diseñar la interfaz hombre/máquina y la secuencia de gobierno utilizando como herramienta de trabajo la guía GEMMA. Ello se traduce en que, de las etapas descritas, sean capaces de analizar e implementar hasta la etapa **E8**. Las etapas restantes se irán complementado con el estudio de los temas posteriores.

Un aspecto que debe introducirse en este punto, por no haberse concretado en el tema anterior, es el cómo elaborar el GRAFCET completo a partir del GRAFCET de producción y la guía GEMMA, etapa 8.

### **- Elaboración de un GRAFCET completo**

En la elaboración de un GRAFCET completo se pueden utilizar dos métodos:

#### ➤ **Enriquecimiento del GRAFCET de base**

- Consiste en adicionar a la secuencia de funcionamiento normal las condiciones de maniobra
- Da lugar a un único GRAFCET, frecuentemente complejo
- Se reserva a sistemas sencillos

#### ➤ **Descomposición en tareas coordinadas**

- Consiste en múltiples GRAFCETs, cada uno con una tarea particular a realizar.
- *Ventajas:*
  - Facilita la automatización de cada tarea
  - Simplifica los GRAFCETs a realizar
  - Facilita el mantenimiento y posibles modificaciones del programa
  - Permite testar los subsistemas de uno en uno y a medida
  - Permite adicionar o eliminar tareas fácilmente
- *Inconvenientes:*
  - La coordinación entre los GRAFCETs puede resultar compleja
  - Aumenta del número de estados en total
  - Resulta difícilmente aplicable a sistemas cableados debido a que aumenta la complejidad

Hay dos tipos de coordinación: la vertical y la horizontal. Las características de cada una se citan a continuación.

#### - *Coordinación vertical o jerarquizada:*

Consiste en un GRAFCET “*MAESTRO*” que gobierna los otros GRAFCETs “*ESCLAVOS*”.

Los GRAFCETs “*ESCLAVOS*” son llamados por el GRAFCET “*MAESTRO*”, para ello no es necesario que un GRAFCET finalice antes de activarse otro.

#### - *Coordinación horizontal:*

No hay un GRAFCET “*MAESTRO*”, los GRAFCETs se llaman unos a los otros y, preferentemente, un GRAFCET debe terminar antes de empezar otro.

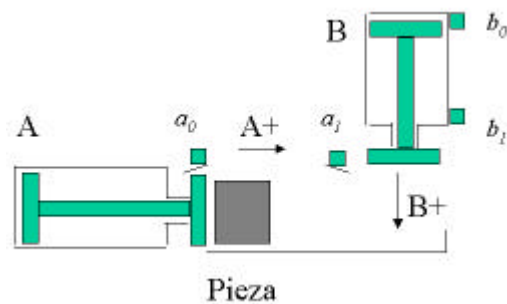
Se utiliza cuando hay pocas tareas a realizar y las relaciones entre ellas son limitadas.

El número de estados a utilizar es menor que en la coordinación vertical.

### 3. Ejemplos sencillos de modos de funcionamiento

#### 3.1. Ejemplo de marcha ciclo a ciclo con enriquecimiento del GRAFCET de base

En un ejemplo anterior teníamos una estación de marcaje de piezas que consistía en: un pistón A de transferencia de pieza a la zona de marcaje y un cilindro B de marcaje, habíamos considerado que los cilindros eran de doble efecto. Considerando que en condiciones iniciales tanto el pistón A como B están retrocedidos, asociando a A+, A- el avance y retroceso del pistón A respectivamente, a B+ y B- las acciones del pistón B, los finales de carrera de cada uno de los pistones  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $b_0$  y  $b_1$ , y siendo  $M$  un pulsador biestable, teníamos que el GRAFCET de funcionamiento normal era:



GRAFCET de primer nivel

GRAFCET de segundo nivel

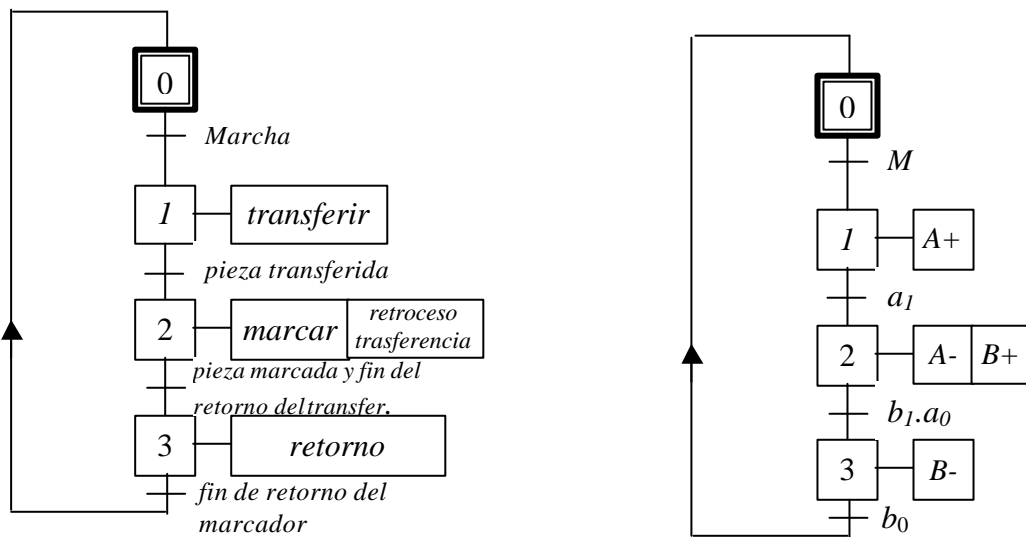


Figura 3. Esquema del sistema, GRAFCET de primer y segundo nivel

- Se quiere mejorar el GRAFCET anterior, incorporando la posibilidad de que la máquina funcione ciclo a ciclo o de forma automática. Para ello, se dispone de un selector de automático, AU, o ciclo a ciclo, CL. Corresponde al procedimiento A2.

Hay distintas formas de resolver el problema:

- Se dispone de un pulsador monoestable de activación de ciclo,  $d_{cy}$ ;
- Igual que a), pero considerando que el ciclo debe ser único o anti-repetición (problema de seguridad)

Estudio de la guía GEMMA:

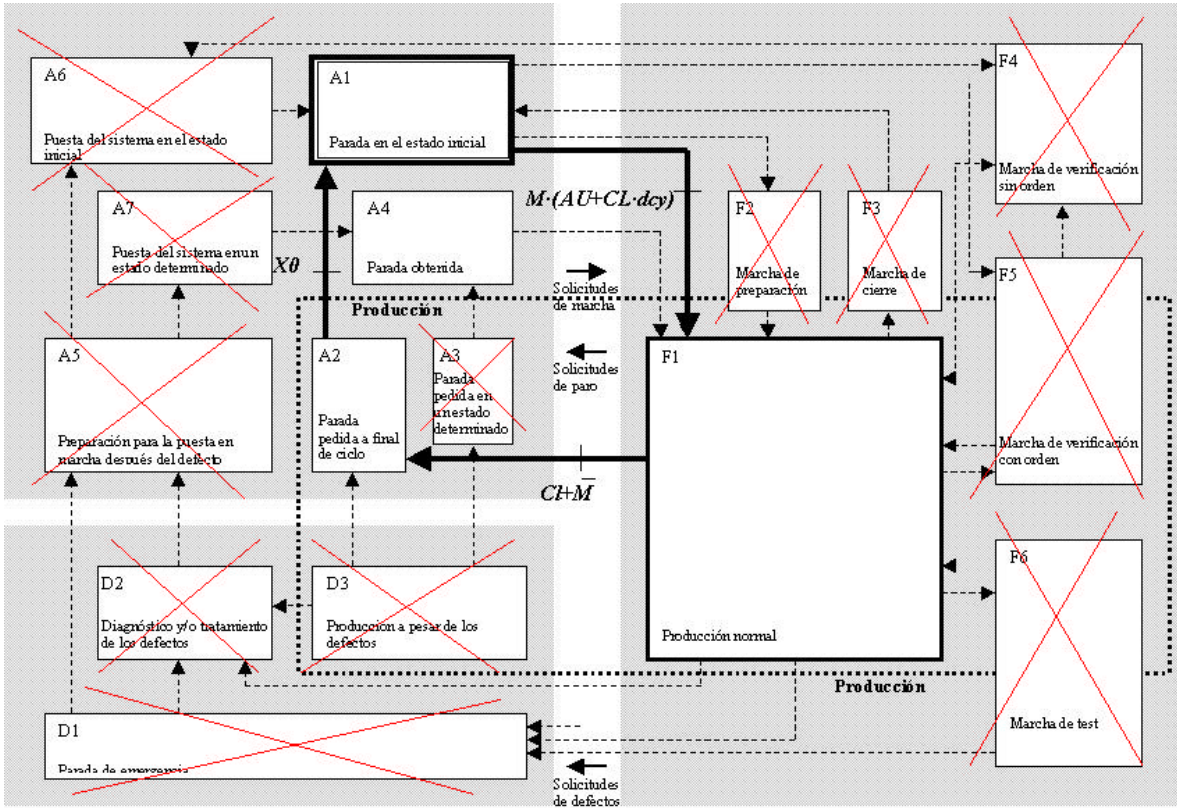


Figura 4. Estudio de la guía GEMMA

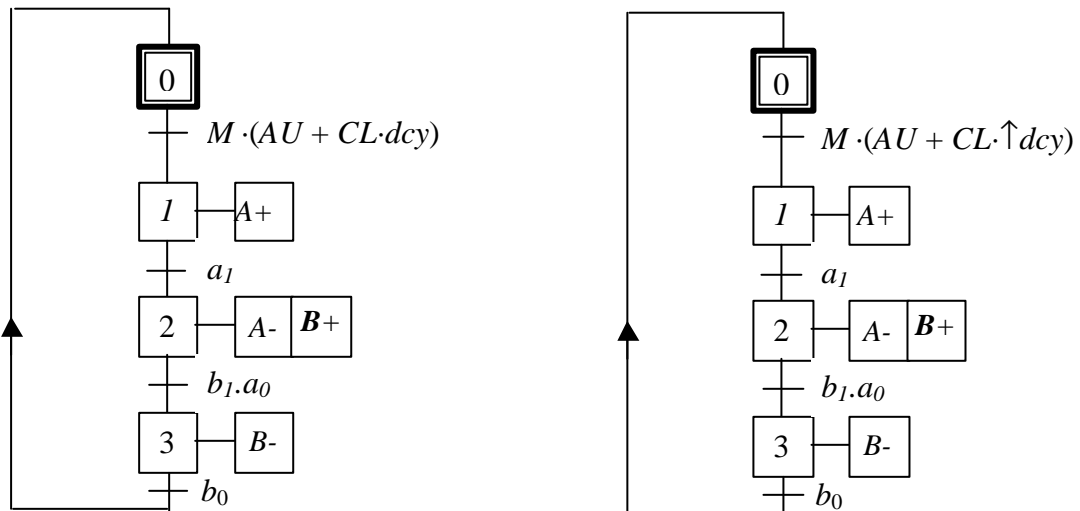


Figura 5. Enriquecimiento del GRAFCET de funcionamiento normal del sistema en los casos a) y b) respectivamente.

### 3.2. Ejemplo de marcha ciclo a ciclo y etapa a etapa con enriquecimiento del GRAFCET de base

- Se quiere que la máquina trabaje etapa/etapa, para ello se dispone de un selector de tres posiciones: automático (AU), ciclo a ciclo (CL) y etapa a etapa (ET). Se dispone dos pulsadores monoestables: el de activación de ciclo, *dcy*, y el de activación de etapa, *bp*. Corresponde a la etapa F5.

Estudio de la guía GEMMA:

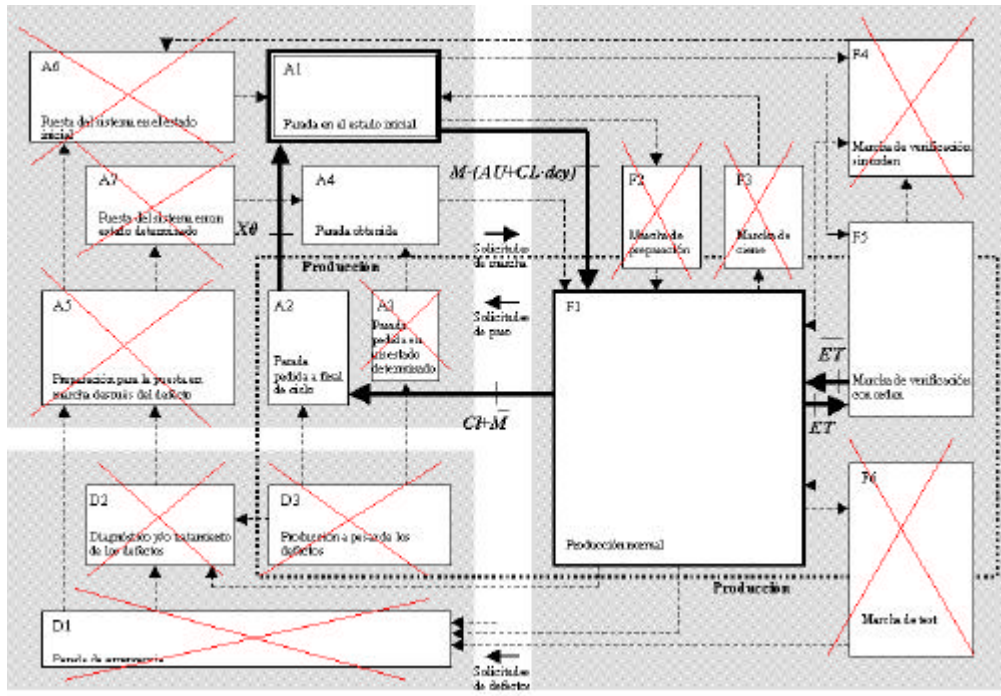


Figura 6. Estudio de GEMMA en modo etapa/etapa

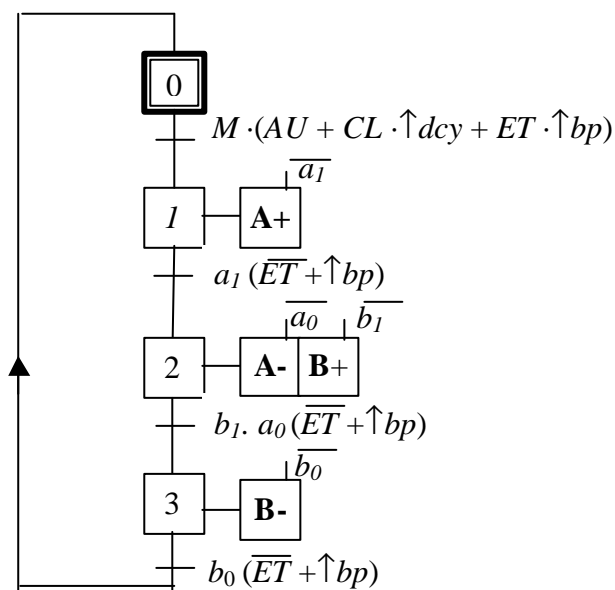


Figura 7. GRAFCET enriquecido



### 3.3. Ejemplo de gestión de la parada de emergencia

Hay distintas maneras de materializar una parada de emergencia, existiendo la posibilidad de combinarlas entre ellas:

- Inhibiendo las acciones asociadas a las etapas: se paran las órdenes que van a los preaccionadores utilizando acciones condicionadas.
- Inmovilizando la evolución GRAFCET: se consigue bloqueando las receptividades de las transiciones.
- Con el retorno al estado inicial:
  - En el caso de varios GRAFCETs simples se procede desactivando todas las etapas activas y maniobrándolo hacia las etapas iniciales.
  - En un solo GRAFCET o varios GRAFCETs complejos se fuerza la desactivación de todas las etapas activas y se fuerzan las etapas iniciales.
- Realizando alguna acción especial antes de volver a la condición inicial, se procede desactivando todas las etapas activas y maniobrando hacia una secuencia particular.
- Realizando algunas tareas especiales antes de volver a la condición inicial, se procede desactivando todas las etapas activas y se realizan las tareas particulares según las diferentes situaciones.

Las paradas de emergencia y seguridad de la instalación pueden evaluarse desde dos niveles, que serán estudiados en el tema 7:

- La seguridad de primer nivel se realiza con tecnología cableada, actuando sobre la parte operativa como si no hubiera sistema de control.
- La seguridad de segundo nivel, es la mayoría de las veces redundante con la primera, está activada por el sistema de control y gestiona las paradas y rearme de la máquina. Permite, además, incorporar la detección y diagnóstico de fallos en los componentes.

Este tema lo dedicaremos solamente a estudiar la gestión de las paradas de emergencia, el cómo realizar el programa para mejorar la seguridad de la instalación será estudiado en el tema 7.

- Utilizando el mismo ejemplo que en los casos anteriores, se desea incorporar una parada de emergencia, *PE*, considerando que *PE* es un pulsador normalmente cerrado (NC).

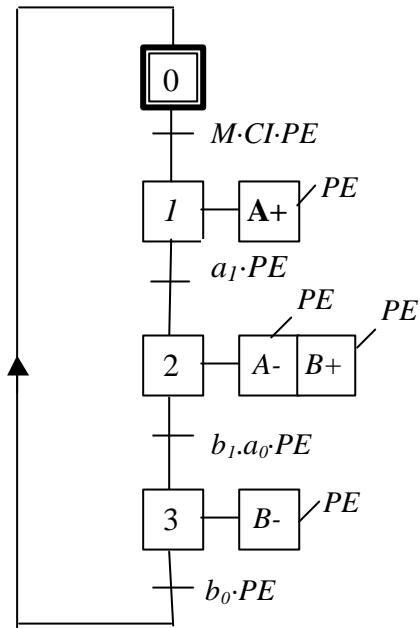


Figura 8. Ejemplo de parada de urgencia con inhibición y inmovilización

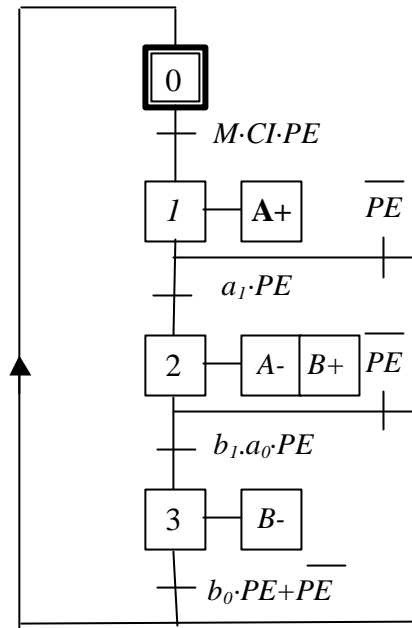


Figura 9. Ejemplo de retorno a la etapa inicial mediante maniobra

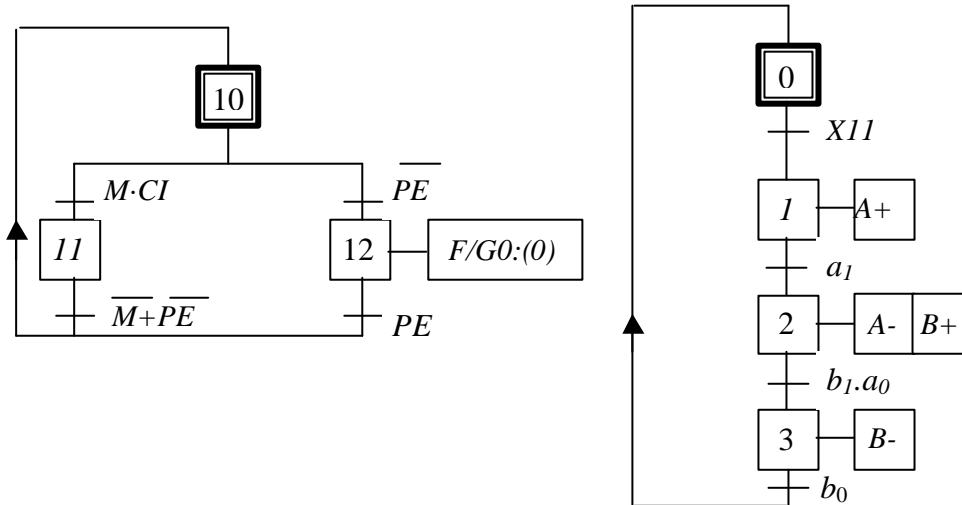


Figura 10. Parada de emergencia forzando el retorno a la etapa inicial

#### 4. Ejemplo de automatización. Encajado semiautomático

- Descripción del proceso (ya utilizado como ejemplo en el tema 3)

La actividad final de muchas industrias es el embalaje del producto fabricado. Los actuadores utilizados en ellas acostumbran a ser neumática, ya que tiene la ventaja de que permiten fácilmente el movimiento de volúmenes.

La máquina que se quiere automatizar realiza la agrupación de productos y su introducción en una caja de cartón (fig.11).

El operador prepara la caja y la sitúa en la máquina. Las otras actividades son realizadas de forma automática por los pistones A, B y C.

***Papel de los pistones:***

El producto que llega se sitúa en línea (en este caso de tres productos) sobre el pistón B. Este es el encargado de desplazar los tres productos a la altura del pistón A a través de una sección elástica que permite el ascenso pero no el descenso del producto.

Una vez se dispone de un paquete, grupo de 9 productos, situado enfrente del pistón A, este debe introducirlos dentro de la caja de cartón, el plato del pistón B le sirve de guía. El papel del pistón D es el de mantener la caja en posición horizontal. Una vez la caja esta llena (2 paquetes), el pistón D avanza y gira el mecanismo situando la caja sobre la cinta transportadora que es la encargada de evacuarla.

***Sensores disponibles:***

- $t_1$ , permite detectar el producto e indica la formación de una hilera de productos;
- $t_2$ , permite detectar el producto e indica la formación de un paquete de productos;
- $t_3$ , es un sensor de presión que indica que el paquete ha sido introducido en el interior de la caja;
- $a_2$ , es un sensor que detecta el recorrido del pistón A, cuando se den al mismo tiempo  $a_2 \cdot t_3$  indica que la caja esta llena;
- $a_0$ , indica la posición retrocedida e inicial del pistón A;
- $d_1$ , indica el inicio de carrera del pistón D, caja en posición horizontal;
- $b_0$  y  $b_1$ , indican el inicio y final de carrera del pistón B, respectivamente.

***Condiciones de funcionamiento normal de la máquina:***

- el selector  $m$  autoriza el funcionamiento;
- la acción D se realiza si el operario aprieta el pedal,  $q$ , una vez la caja esté ubicada en su sitio.

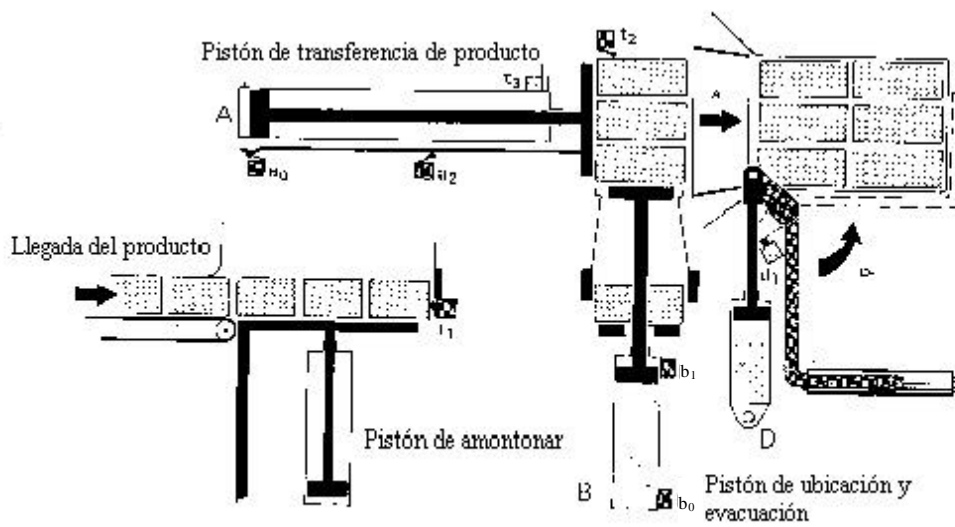
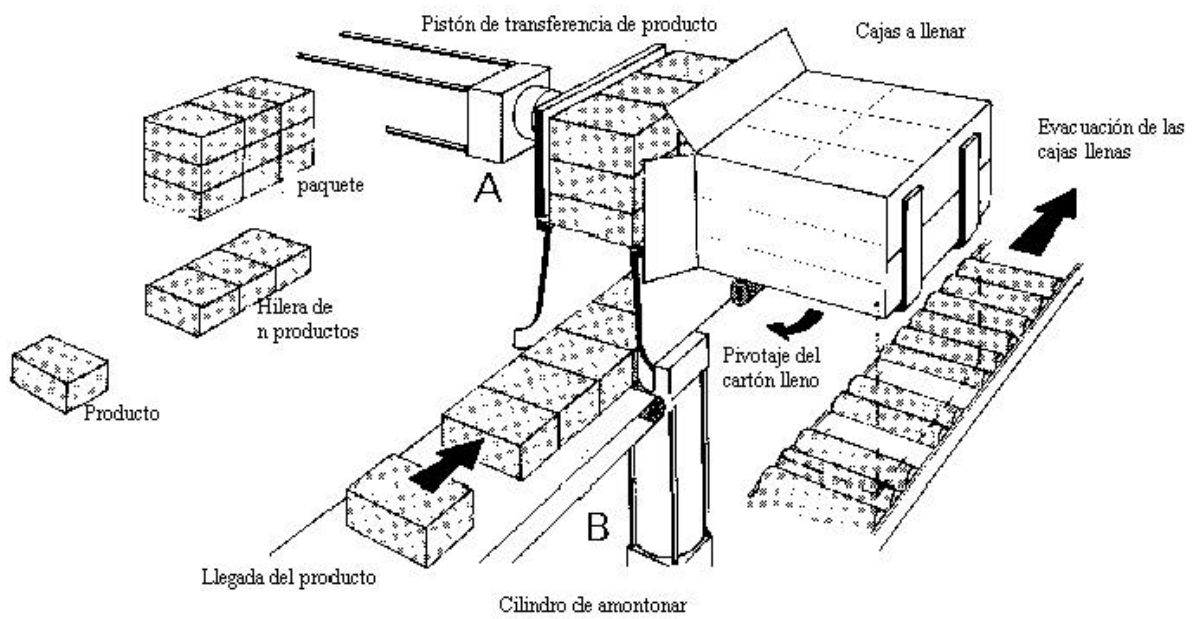


Figura 11. Encajado semiautomático  
 (la segunda figura indica el estado inicial de los pistones).

- Etapas 1, 2 y 3 de la metodología

Estas han sido expuestas en el tema anterior (tema 3).

El GRAFCET de funcionamiento normal se muestra en la figura 12.

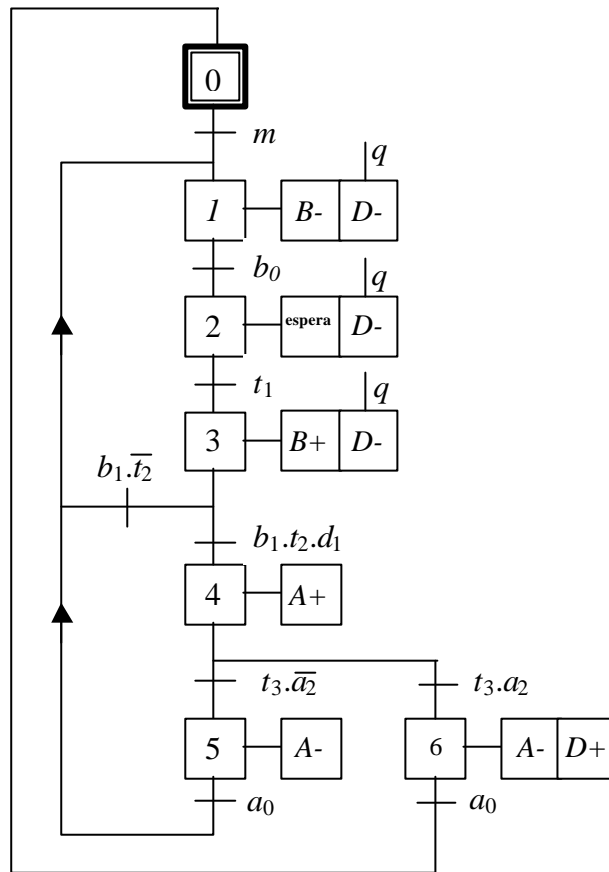


Figura 12. GRAFCET, G0, de producción normal de segundo nivel

- **Estudio sobre GEMMA. Etapas 4 y 5**

Los estados propuestos de GEMMA y representados en la figura 13 son:

**a) *Marcha y paradas normales***

Esta operación ha sido ya contemplada en la descripción del funcionamiento normal de la máquina, el selector ‘marcha’ será el responsable de pasar del estado A1 a F1, y el ‘paro’ o ‘no marcha’ será el responsable de hacer evolucionar la máquina del estado F1 a A2, terminar el ciclo y pasar a F1.

- Las condiciones iniciales pueden considerarse el estado inicial del de la máquina:  $b_1 \cdot a_0$

- El fin de ciclo coincide con el estado 0 del GRAFCET G0.

**b) *Parada de emergencia y procedimientos para la puesta en marcha***

En este tipo de máquinas, el problema más frecuente es el amontonamiento incorrecto de los productos, debidos en particular a los productos no conformes.

Estas pueden producirse debido a que los productos son impulsados o bien por el pistón **A**, o bien por el pistón **B**. Para hacer frente a este problema, el operador dispone de un pulsador *PE*, “*parada de emergencia*”, que, desde el estado ‘*producción normal*’ o desde cualquier estado, provoca el paso al estado D1.

La máquina está entonces en posición para su “*preparación para la puesta en marcha después del defecto*”, estado A5. Los pistones **A** y **B** están libres de presión, el operador procede a la reparación manual de los productos y decide finalizar o no el llenado de la caja, si es necesario él puede retirar la caja accionando un pulsador *iDa* que provoca el movimiento de *D+*.

Realizadas las tareas de reparación, si el operario aprieta el pulsador *REARME* y estando seleccionado el modo *AUTOMATICO*, de desencadena al paso al estado A6, “*puesta del sistema en estado inicial*”, provocando el movimiento de *A-* y *B+*, si son necesarios. Finalizados los movimientos, la máquina se encuentra de nuevo en el estado inicial A1 a partir del cual la producción se reanuda.

**c) *Marcha de ajuste***

El funcionamiento de esta máquina es flexible ya que son posibles empaquetar: diferentes tipos de productos, diferentes tamaños de productos y de cartón y diferentes agrupaciones de producto. La máquina se adapta a cada caso variando en el recorrido (ajuste) del pistón **A**, a través de variar la posición del sensor  $a_2$ .

El operador dispone de un conmutador *AJUSTE* que sitúa la máquina en el estado F4, “*marcha de verificación sin orden*”. En este solo caso, se puede actuar manualmente sobre los actuadores, esto permite al operario gobernar manualmente y en cualquier orden todos los movimientos de la máquina.

El retorno del conmutador en posición automático y al apretar el pulsador de “*REARME*” provoca en retorno automático de la máquina al estado inicial A1 pasando por el estado A6.

El GEMMA con los estados y evoluciones se muestra en la figura 13.

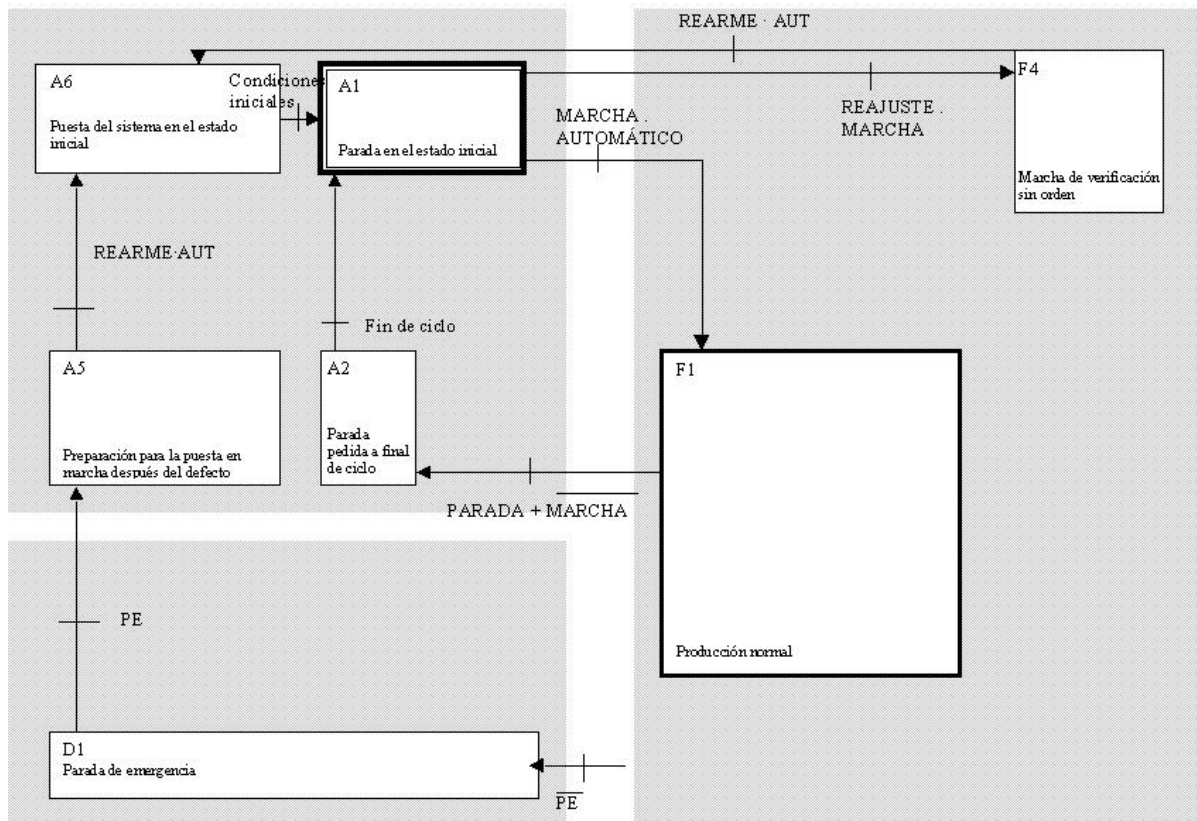


Figura 13. Estados de GEMMA propuestos

- **Etapa 6: diseño de los elementos que componen el pupitre del operador y su ubicación**

Los elementos que integran el pupitre del operador son los necesarios para gestionar los modos de funcionamiento y para enviar las ordenes al proceso.

En la Tabla 1 se muestra el tipo de elementos utilizados para gobernar la máquina y en la figura 14 se muestra su ubicación en el pupitre de operario.

**Tabla 1. Descripción de los elementos utilizados en el pupitre del operario**

Tipo de elemento	Entradas	Salida	Comentario
Indicador	--	IL1	Indica que la máquina está en producción
Indicador	--	IL2	Indica que la máquina a efectuado una parada de emergencia
Indicador	--	IL3	Indica que la máquina está en modo de ajuste
Indicador	--	IL4	Indica que la máquina está en servicio
Pulsador seta NC	PE	--	Parada de emergencia
Pulsador NA	SER.	--	Permite que la máquina entre en servicio
Pulsador NA	REARME	--	Pulsador para el rearme de la máquina
Conmutador 1-0	M	--	Puesta en marcha de la máquina
	P	--	Parada de la máquina
Conmutador 1-0	AUT	--	Funcionamiento automático
	AJUSTE	--	Funcionamiento en modo ajuste
Pulsador luminoso NA	MmDa	IDa	Modo manual y indicador de avance del pistón D
Indicador	--	IDr	Indicador de retroceso del pistón D
Pulsador luminoso NA	MmBa	IBa	Modo manual y indicador de avance del pistón B
Pulsador luminoso NA	MmBr	IBr	Modo manual y indicador de retroceso del pistón B
Pulsador luminoso NA	MmAa	IAa	Modo manual y indicador de avance del pistón A
Pulsador luminoso NA	MmAr	IAr	Modo manual y indicador de retroceso del pistón A

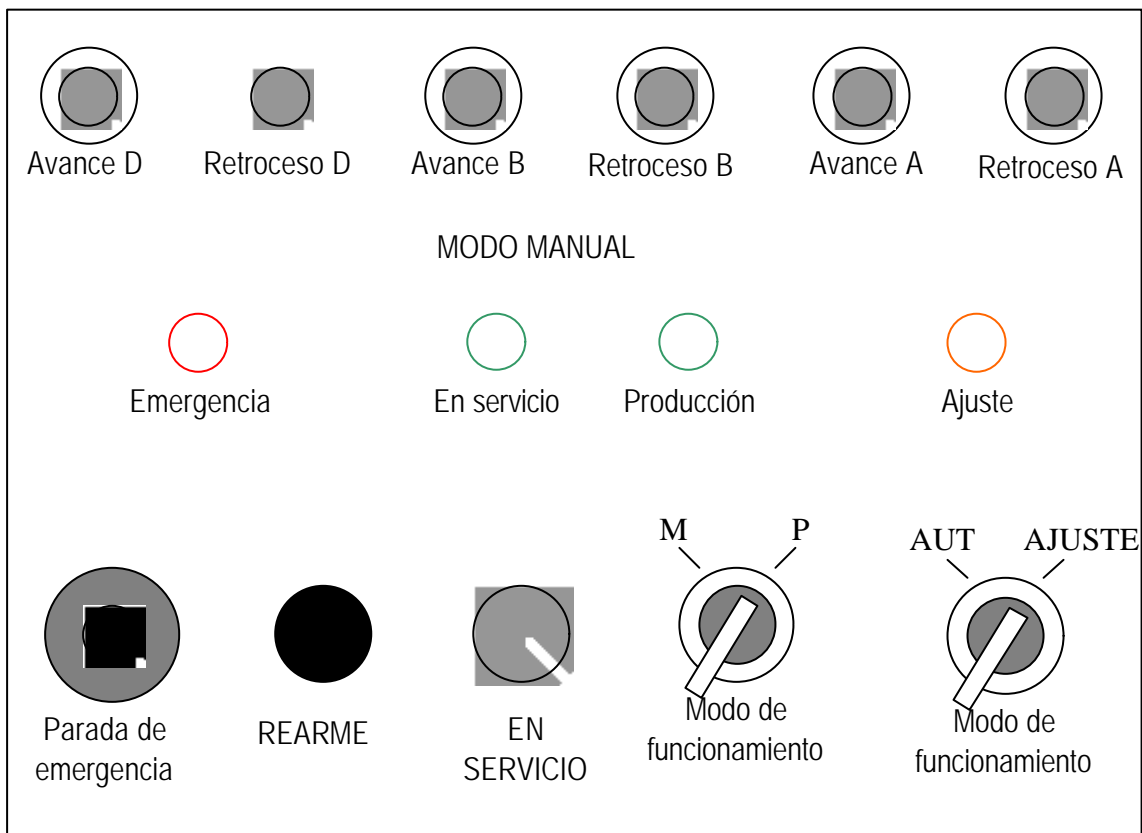


Figura 14. Pupitre del operario



- Etapa 7: preparar el GRAFCET completo de segundo nivel a partir del de producción y de GEMMA

Utilizaremos en este ejemplo, la descomposición en tareas coordinadas. Por ello, el programa se ha estructurado en tres GRAFCETs: de modos de marcha (GEMMA), de seguridad y de producción. El de seguridad se realiza mediante un forzado de los estados del sistema a la posición inicial de todos los GRAFCETs a excepción del GEMMA. Se han considerado, para simplificar el problema, GRAFCETs adicionales para cada movimiento así como 2 GRAFCETs auxiliares: memorización del estado del sistema y un generador de señal pulso de 0.5 segundos.

La realización del GRAFCET de modos de marcha y paro (G100) consiste en asignar una etapa a cada estado de GEMMA (excepto del de seguridad) y unirlos mediante los caminos de evolución marcados. El GRAFCET que se obtiene se muestra en la figura 15.

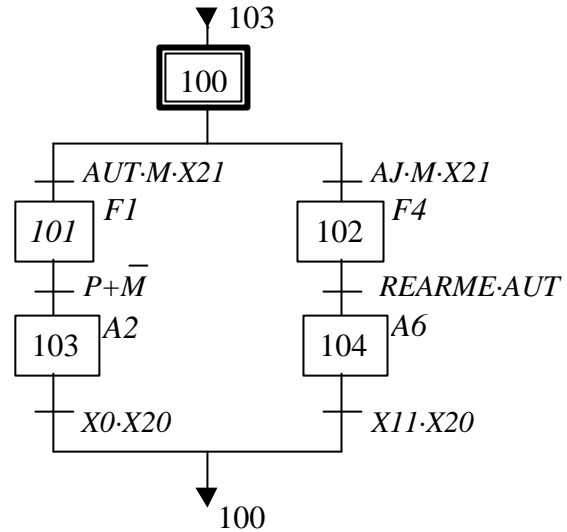


Figura 15. Relación entre los estados de GEMMA y el GRAFCET

La mayoría de las veces las acciones asociadas a las etapas del GRAFCET de modos de marcha consisten solo en la activación de indicadores luminosos que muestran al operario los modos de funcionamiento actual de la máquina: en forma fija los estados estables y en forma intermitente los estados no estables.

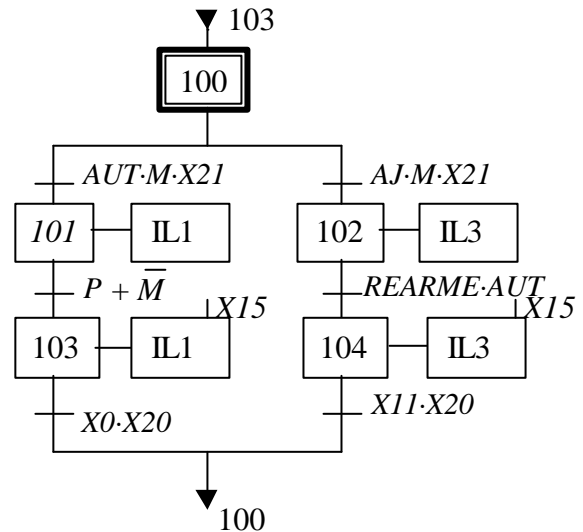


Figura 16. GRAFCET completo de GEMMA

El GRAFCET de seguridad (G20) tiene 5 estados: fuera de servicio (etapa 20), en servicio (etapa 21), en defecto (etapa 22), la etapa de preparación para la puesta en marcha (etapa 23) y la etapa de rearme para volver a las condiciones iniciales. Cuando se da una parada de emergencia los GRAFCETs que controlan el proceso y las salidas son forzados a su estado inicial y el GRAFCET de modos de funcionamiento es forzado en su estado  $X104$  (A6), permitiendo reinicializar el proceso tras conseguirse las condiciones iniciales.

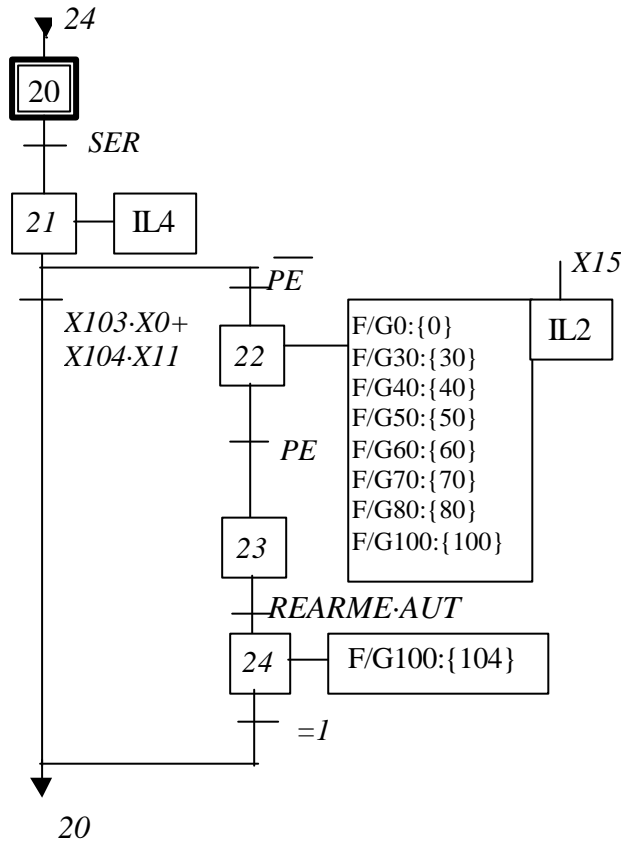


Figura 17. Parada de emergencia

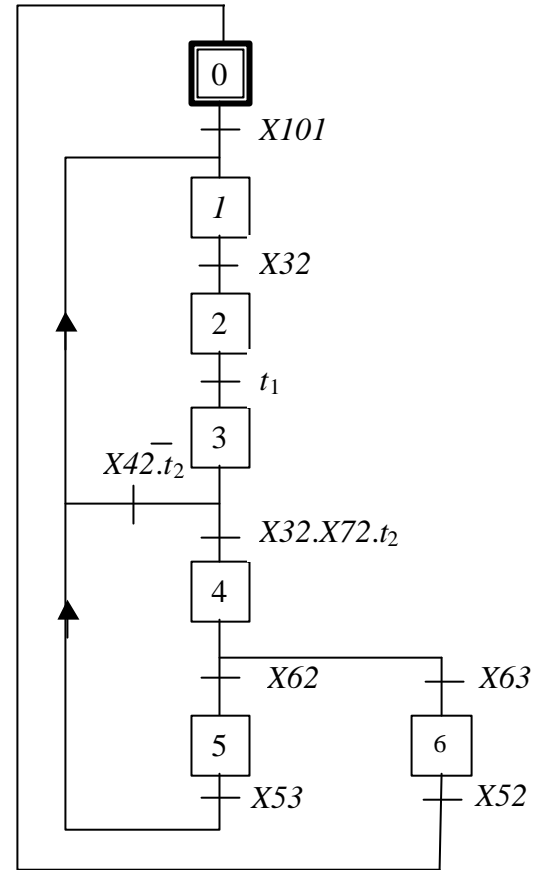


Figura 18. GRAFCET de funcionamiento normal controlado por G100 y G20

El GRAFCET de producción (G0) es similar al de la figura 12; la diferencia está en que las receptividades viene dadas por las etapas de final de movimiento de los distintos actuadores y que no tiene acciones asociadas.

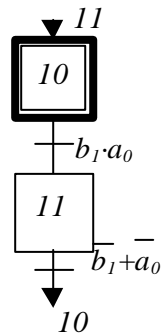


Figura 19. Estado inicial

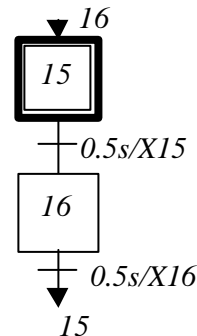


Figura 20. Generador de pulsos

Los GRAFCETs de movimientos son el de avance y retroceso de los tres cilindros. En todos ellos cuando se esta en movimiento se enciende el indicador luminoso correspondiente en forma intermitente y cuando se llega al final del movimiento el indicador permanece encendido. Se ha previsto una parada del movimiento de los cilindros como resultado de pulsar al mismo tiempo los pulsadores de avance y retroceso.

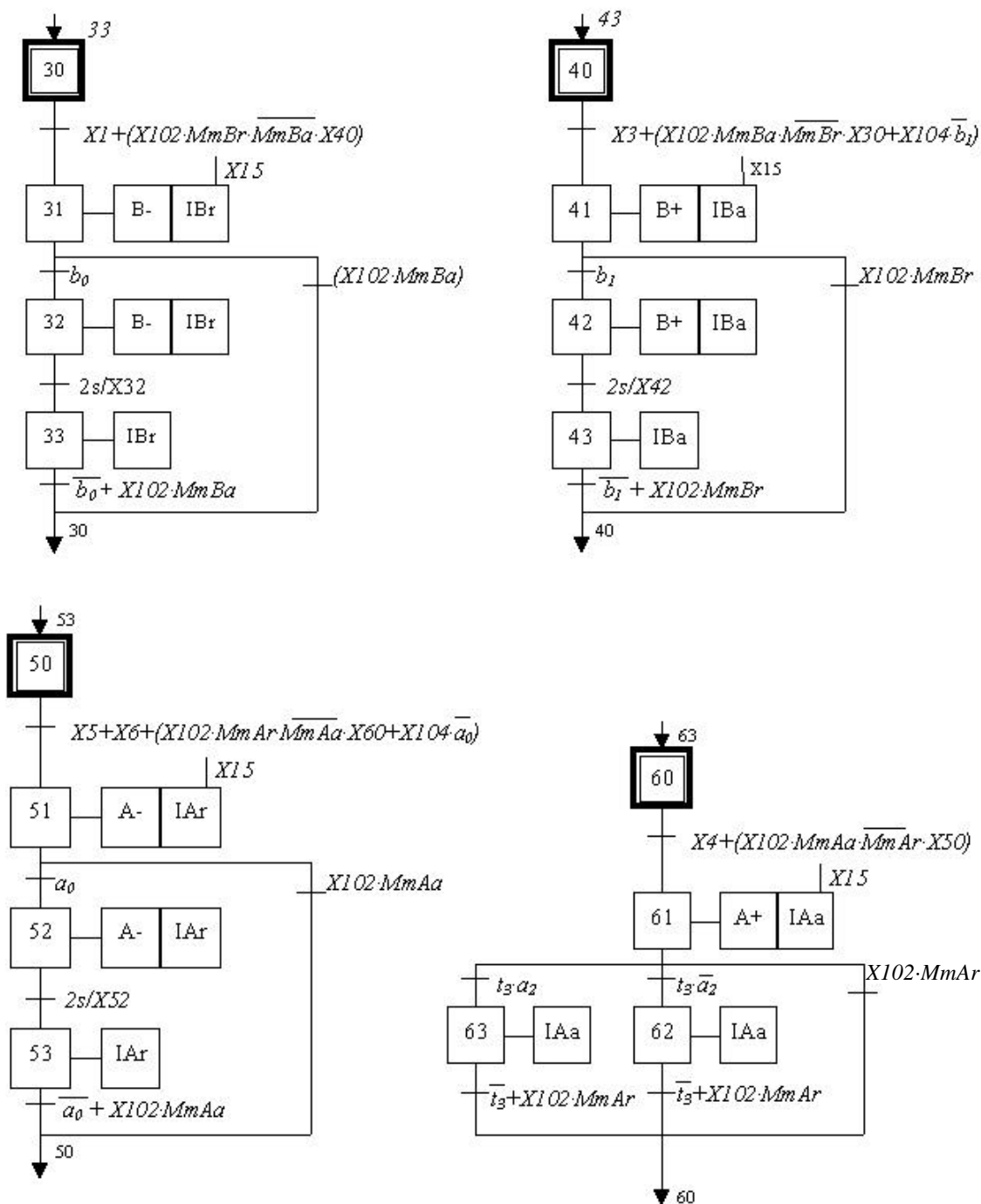


Figura 21. Control de movimiento de los cilindros A y B

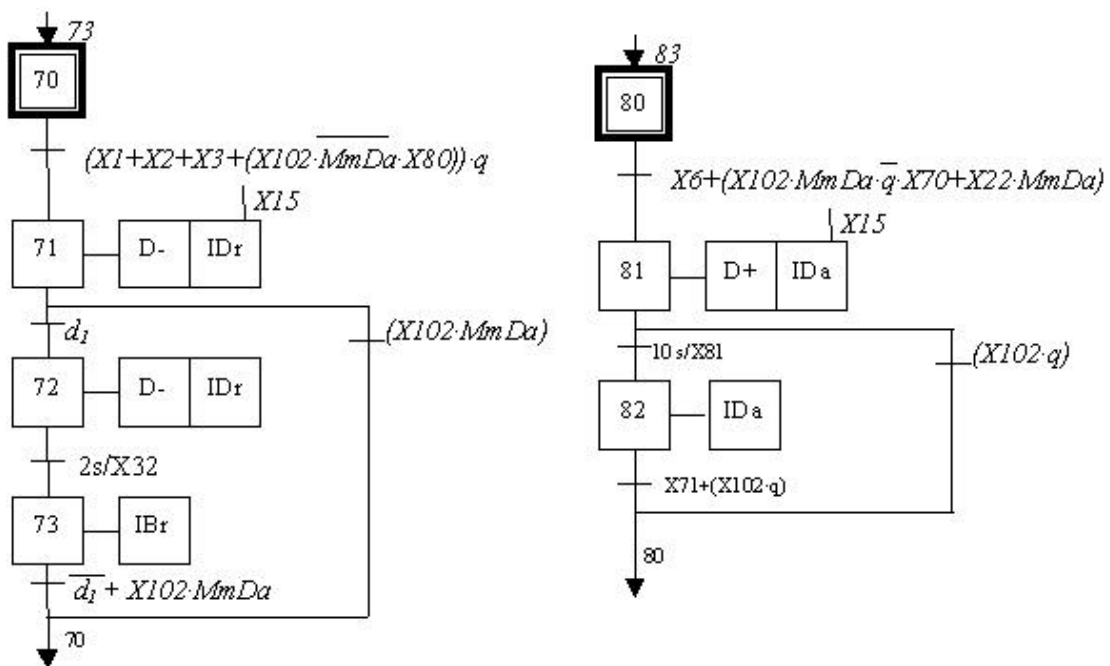


Figura 22. Control del movimiento del cilindro D

### Comentarios finales

Una vez desarrollado el GRAFCET completo ya se estaría en disposición de elegir la tecnología de gobierno del sistema y realizar el GRAFCET de tercer nivel.

En el problema planteado, es necesario que el sistema de control a utilizar disponga como mínimo de:

- \* 20 entradas lógicas
- \* 1 entrada analógica
- \* 16 salidas lógicas

En el caso en que la tecnología escogida fuera un API (tema 5), podría utilizarse, por ejemplo, el autómata compacto CPM1A de la casa OMRON.

Un aspecto a destacar de GEMMA es la posibilidad de incorporar programas auxiliares para la detección de fallos, teniendo en cuenta aspectos como:

- Los indicadores de fallos internos del API
- Tiempos máximos en la realización de una acción
- Captadores de seguridad
- Captadores que deben estar activos en Etapa

Estos aspectos serán descritos en el tema 7, a partir del cual, se podrán completar los problemas estudiados, incorporando mejoras en los programas para garantizar una instalación y un funcionamiento seguros.