

SISTEMAS LÓGICOS

1. Obtener la tabla de verdad que cumple la siguiente ecuación:

$$f = (\bar{a} + b \cdot c) \cdot (a \cdot \bar{b} \cdot \bar{c})$$

Solución:

a b c	$x = (\bar{a} + b \cdot c)$	$y = (a \cdot \bar{b} \cdot \bar{c})$	$f = x \cdot y$
0 0 0	1	0	0
0 0 1	1	0	0
0 1 0	1	0	0
0 1 1	1	0	0
1 0 0	0	1	0
1 0 1	0	1	0
1 1 0	0	1	0
1 1 1	1	0	0

2. Obtener la tabla de verdad que cumple la siguiente ecuación:

$$f = b \cdot (\bar{a} + d) + (a \cdot c)$$

Solución:

a b c d	$x = b \cdot (\bar{a} + d)$	$y = (a \cdot c)$	$f = x + y$
0 0 0 0	0	0	0
0 0 0 1	0	0	0
0 0 1 0	0	0	0
0 0 1 1	0	0	0
0 1 0 0	1	0	1
0 1 0 1	1	0	1
0 1 1 0	1	0	1
0 1 1 1	1	0	1
1 0 0 0	0	0	0
1 0 0 1	0	0	0
1 0 1 0	0	1	1
1 0 1 1	0	1	1
1 1 0 0	0	0	0
1 1 0 1	1	0	1
1 1 1 0	0	1	1
1 1 1 1	1	1	1

3. Extraer la ecuación de la función indicada en la siguiente tabla en sus 2 formas canónicas.

a b c	f
0 0 0	0
0 0 1	0
0 1 0	0
0 1 1	1
1 0 0	0
1 0 1	1
1 1 0	0
1 1 1	0

Solución:

Las dos formas canónicas son la representación de la función lógica a través de: la suma de productos y el producto de sumas.

a) Suma de productos:

Si a utilizamos la suma de productos, entonces nos fijamos en las filas cuyo resultado es igual a **1**. Cada término que se suma es el producto de las variables, siendo dicha variable negada (\overline{var}) si vale **0**, y permanece igual (var) si vale **1**. De esta manera la primera forma canónica se representa como:

a	b	c	f
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	0

$$f = (\overline{a} \cdot b \cdot c) + (a \cdot \overline{b} \cdot c)$$

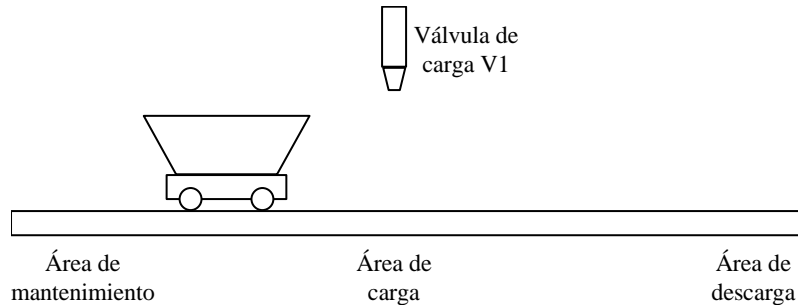
b) Producto de sumas:

Si a utilizamos el producto de sumas, entonces nos fijamos en las filas cuyo resultado es igual a **0**. Cada término que se multiplica es la suma de las variables, siendo dicha variable negada (\overline{var}) si vale **1**, y permanece igual (var) si vale **0**. De esta manera la segunda forma canónica se representa como:

$$f = (a + b + c) \cdot (a + b + \overline{c}) \cdot (a + \overline{b} + c) \cdot (\overline{a} + b + c) \cdot (\overline{a} + \overline{b} + c) \cdot (\overline{a} + \overline{b} + \overline{c})$$

Problema: Vagoneta

Se pretende automatizar el sistema de transporte de material de la figura:

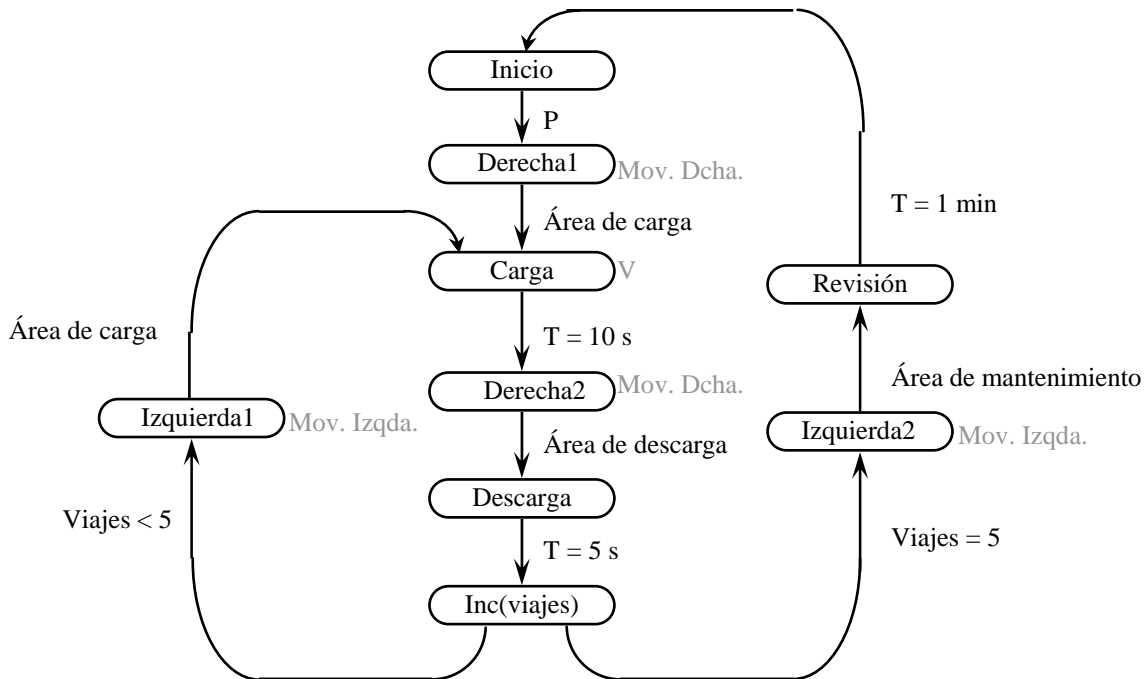


El funcionamiento del sistema es el siguiente:

- En el estado inicial la vagoneta se encuentra en el área de mantenimiento.
- El sistema se activa mediante un pulsador **P**.
- Se pone en marcha la vagoneta hacia la derecha (**Mov.Dcha.**) hasta llegar a la zona de carga (se detecta mediante un sensor) y se detiene.
- Se abre la válvula de carga **V1**, durante 10 segundos, tiempo empleado en llenar la vagoneta.
- Una vez llena se desplaza hacia la zona de descarga donde vacía su contenido en 5 segundos.
- Vuelve a la zona de carga y repite el proceso 5 veces.
- Concluida la quinta descarga, vuelve a la zona de mantenimiento (**Mov.Izqda.**) para una inspección de la vagoneta; la revisión dura 1 minuto.
- Terminada la revisión se puede repetir el ciclo actuando sobre el pulsador.
- Durante el proceso permanecerá encendido un piloto indicando el estado activo.

Solución al Problema: Vagoneta

El diagrama de estados seguido en la solución es el siguiente:

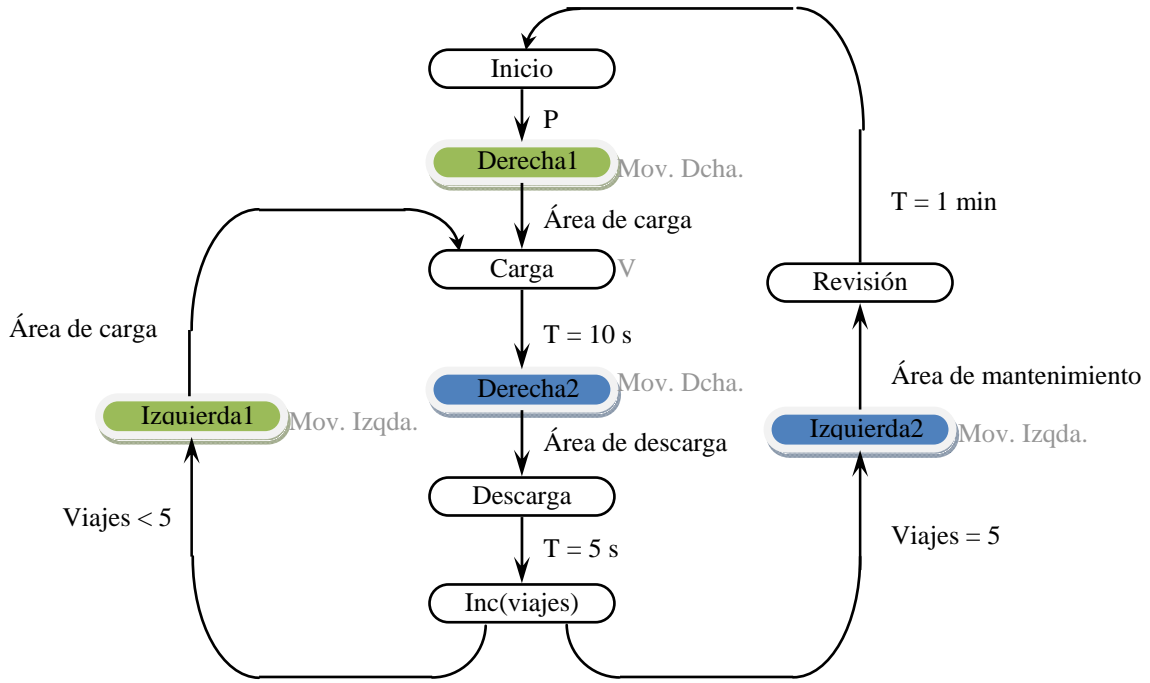


Explicaciones:

Todos los sistemas empiezan en una situación de reposo o inicio, antes de que ocurra ningún evento.

- El estado en el que se encuentra el sistema cuando no se ha iniciado el proceso, es decir, antes de accionar el pulsador P, es el estado que hemos denominado **Inicio**.
- Cuando sucede el evento “accionar el pulsador P” el sistema cambia de estado, se produce una transición de estado gobernada por la función lógica P. Es decir, cuando “P=1” (pulsador activado), se abandona el estado “**Inicio**” y pasamos al estado que hemos denominado “**Derecha1**”. En este estado la vagoneta se está moviendo hacia la derecha.
- La vagoneta dejará de moverse hacia la derecha cuando llegue a la zona de carga, es decir, cuando el sensor situado en la zona de carga detecte la presencia de la vagoneta se produce el evento “Área de carga” que provoca la transición de estado, esto quiere decir que el sensor que estará conectado al autómata le enviará una señal cuando detecte la vagoneta. Se abandona el estado “**Derecha1**” y pasamos al estado “**Carga**”.
- El sistema está efectuando la operación de carga durante 10 segundos, se encuentra en el estado “**Carga**” hasta que han transcurrido 10 segundos desde que se active este estado. Por ello el evento que provoca la transición al estado

siguiente es temporal, cuando $T > 10$ se abandona el estado “**Carga**” y se pasa a otro estado “**Derecha2**”. Este no es el mismo que ya habíamos visto antes (**Derecha1**), en el estado señalado en verde la vagoneta se mueve a la derecha hacia la zona de carga estando descargada; en el estado en azul, la vagoneta cargada se mueve a la derecha hacia la zona de descarga. Ambas situaciones son diferentes, aunque tengan las mismas salidas se trata de estados distintos del sistema.



- Abandona el estado “**Derecha2**” (en azul) cuando el sensor de la zona de descarga detecta la vagoneta, se produce el evento correspondiente, entonces pasa al estado denominado “**Descarga**” en el que permanece 5 segundos.
- Una vez terminada la descarga se ha puesto un estado “**Inc(viajes)**”, dado que se pide que el proceso se repita 5 veces es necesario contar cada vez que se termina el proceso. La forma más fácil de realizar esto, aunque no la única, es utilizar un estado en el que el sistema “cuente” los procesos finalizados.
- De este estado se puede salir por dos “camino”:

 - Si el número de viajes realizados es menor que 5, el proceso se ha hecho menos de 5 veces (“**Viajes<5**”), abandonaremos el estado “**Inc(viajes)**”, y pasaremos al estado “**Izquierda1**” (en verde) en este estado la vagoneta se mueve hacia la izquierda hasta que llega a la zona de carga de nuevo, entonces se produce el evento “**Área de carga**” porque el correspondiente sensor detecta la presencia de la vagoneta en el área de carga. A partir de ahí el proceso de carga y descarga se realiza igual que antes.
 - Si se han realizado ya 5 viajes, el proceso se ha concluido en 5 ocasiones (“**Viajes=5**”), abandonaremos el estado “**Inc(viajes)**”, y pasaremos al

estado “**Izquierda2**” (en azul) en este estado la vagoneta se mueve hacia la izquierda hasta que llega a la zona de mantenimiento, entonces se produce el evento “**Área de mantenimiento**” porque el correspondiente sensor detecta la presencia de la vagoneta en el área de mantenimiento. En ese instante dejamos el estado “**Izquierda2**”, ya no se mueve la vagoneta, y pasamos al estado “**Revisión**” en el que la vagoneta permanece durante 1 minuto. Transcurrido ese tiempo (evento **T=1min**), el sistema pasa al estado de reposo (“**Inicio**”).

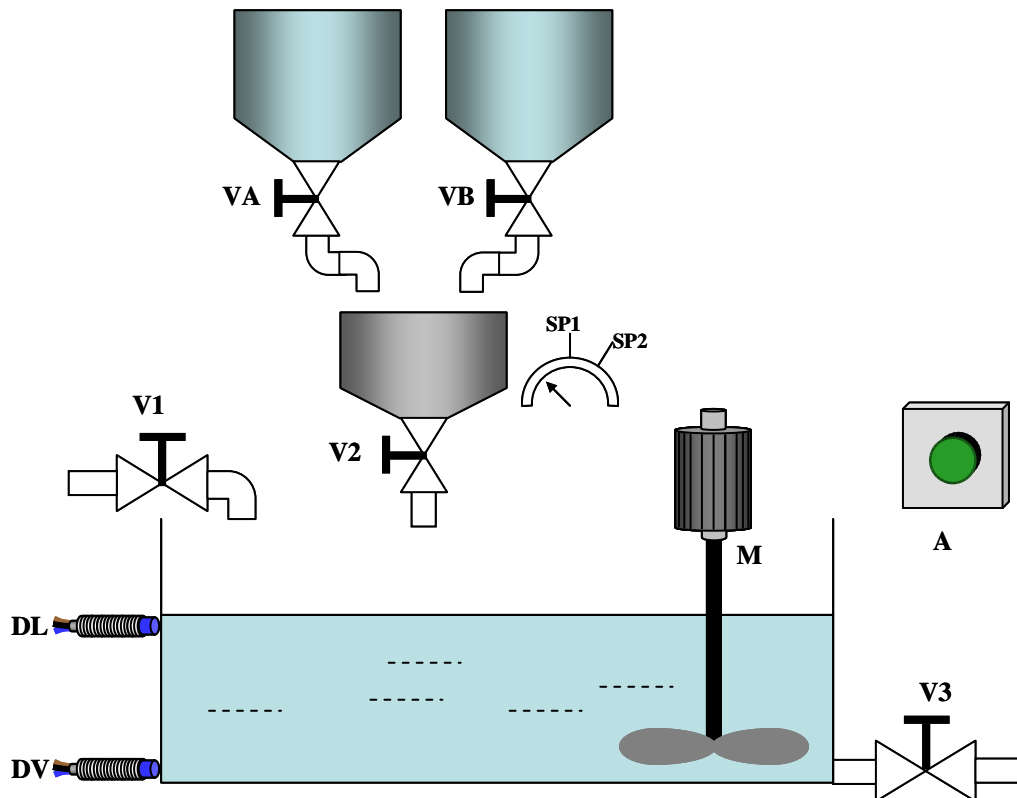
- Nota: Al igual que en el caso de “**Derecha**”, hay dos estados distintos de movimiento hacia la izquierda.

NOTAS:

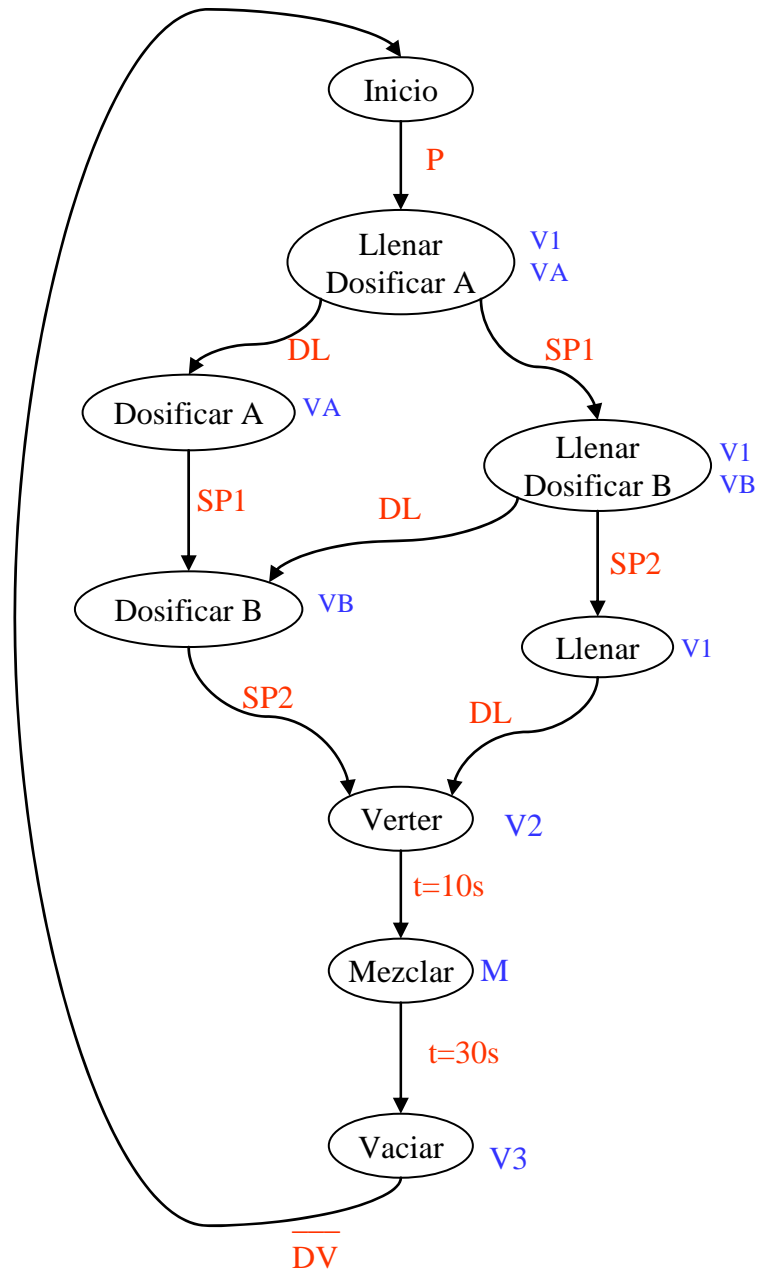
Daos cuenta de que nunca tenemos dos estados activos al mismo tiempo, cuando se pasa a un estado por una transición se abandona el estado anterior.

PROBLEMA: MEZCLADORA

Se quieren mezclar 2 productos con agua. Se llena el depósito de agua abriendo la válvula V1. La dosificación de los dos productos se realiza con una tolva acumulativa, se vierte el producto A sobre la tolva hasta que se alcanza un peso SP1 y a continuación se añade el producto B para conseguir el peso total de los 2 productos, SP2. Se abre la válvula de la tolva durante 10 segundos para dejar caer el contenido. Se realiza el proceso de mezclado durante 30 segundos accionando el agitador y se vacía el depósito para poder iniciar un nuevo ciclo. El proceso se activa con un interruptor P.



Solución 1: Diagrama de estados: Salidas=f(Entradas)



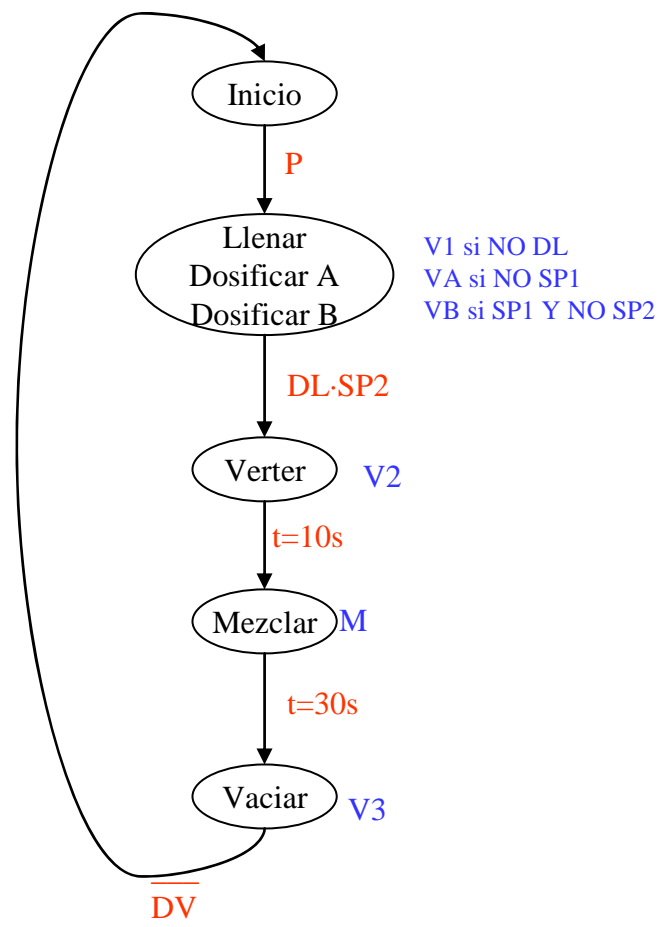
Explicación Solución 1:

- El sistema parte de un estado de reposo “**Inicio**”
- Cuando se activa el pulsador (evento “**P**”) pasamos al estado “**Llenar. Dosificar A**”, en este estado se abre la válvula VA para empezar a verter el producto A sobre la tolva, simultáneamente podemos abrir la válvula V1 para llenar de agua el depósito de forma que se vaya preparando para cuando tengamos la mezcla de productos en la tolva.
- No sabemos qué acción se va a terminar antes, puede llenarse primero el depósito de agua o terminar la dosificación del producto A. Por eso el estado “**Llenar. Dosificar A**” tiene dos posibles salidas. En caso de que el depósito de agua se llene primero, lo que nos indica el evento “**DL**” abandonaremos el estado “**Llenar. Dosificar A**” y pasaremos a “**Dosificar A**”, en este estado se continuará la dosificación del producto A (manteniendo abierta la válvula VA) pero se cerrará la válvula V1 para que no caiga más agua en el depósito. Si, por el contrario, se termina la dosificación del producto A primero, nos lo indica la señal SP1, entonces pasaremos al estado “**Llenar. Dosificar B**”, es decir, a un estado en el cual continuamos con el llenado del depósito (válvula V1 abierta), dejamos de verter producto A (se cierra VA) y a continuación comenzamos a verter el producto B (abrimos VB). Tened en cuenta que nos dicen que producto A y producto B deben caer a la tolva uno después del otro, no podemos abrir sus respectivas válvulas simultáneamente.
- Si nos encontramos en el estado “**Dosificar A**” ya tenemos lleno el depósito de agua, cuando acabemos de dosificar el producto A en la tolva, indicado por “**SP1**” debemos abandonar este estado y pasar a un estado en el que vertamos producto B en la tolva “**Dosificar B**” (recordad que ya tenemos lleno el depósito, luego en este estado V1 debe estar cerrada). Cuando se termine la dosificación del producto B, indicado por “**SP2**”, pasamos al estado “**Verter**”, en el que se producirá la apertura de la tolva durante 10 segundos para dejar caer el contenido, transcurridos estos 10 segundos (evento “**t=10s**”) pasamos a otro estado, denominado “**Mezclar**” en el que se realiza el proceso de mezclado durante 30 segundos accionando el agitador. Una vez finalizado este proceso (evento “**t=30s**”),

pasamos al estado “**Vaciar**”, en este se abrirá la válvula de vaciado hasta que los sensores de nivel nos indiquen que el depósito está vacío, es decir, hasta que el sensor “**DV**” deje de detectar líquido, lo cual se indica con la función lógica “**DV**” (la negación indica que la función lógica sólo valdrá 1, cuando DV sea 0, es decir, que sólo se cumplirá cuando DV no detecte). Terminado el vaciado el sistema vuelve a su estado de reposo “**Inicio**”.

- Si nos hemos ido por el otro camino, el lado derecho del diagrama de estados, nos encontramos en el estado “**Llenar. Dosificar B**”, es decir, continuamos llenando el depósito mientras dosificamos el producto B. Si se finaliza el llenado del depósito antes de terminar de dosificar B, tendremos que irnos al estado en que teniendo llenado el depósito, necesitamos verter producto B, este estado es el que ya habíamos descrito como “**Dosificar B**”, a partir de ahí seguiremos como se ha descrito en el punto anterior.
- Si estamos en “**Llenar. Dosificar B**”, y lo que finaliza antes es la dosificación del producto B, sin que el depósito de agua esté todavía lleno, tendremos que pasar a un estado en que terminemos de llenar el depósito teniendo ya cerradas las válvulas de los productos (ya se ha vertido la cantidad suficiente en la tolva), este es el estado “**Llenado**”. Cuando se termina el llenado del depósito (“**DL**”), se empieza el proceso de dejar caer el contenido, esto corresponde al estado “**Verter**”, que ya se ha descrito y a partir de ese momento se continúa el proceso como hemos explicado en los puntos previos.

- Solución 2: Diagrama de estados: Salidas=f(Entradas, Memoria)



Explicación Solución 2:

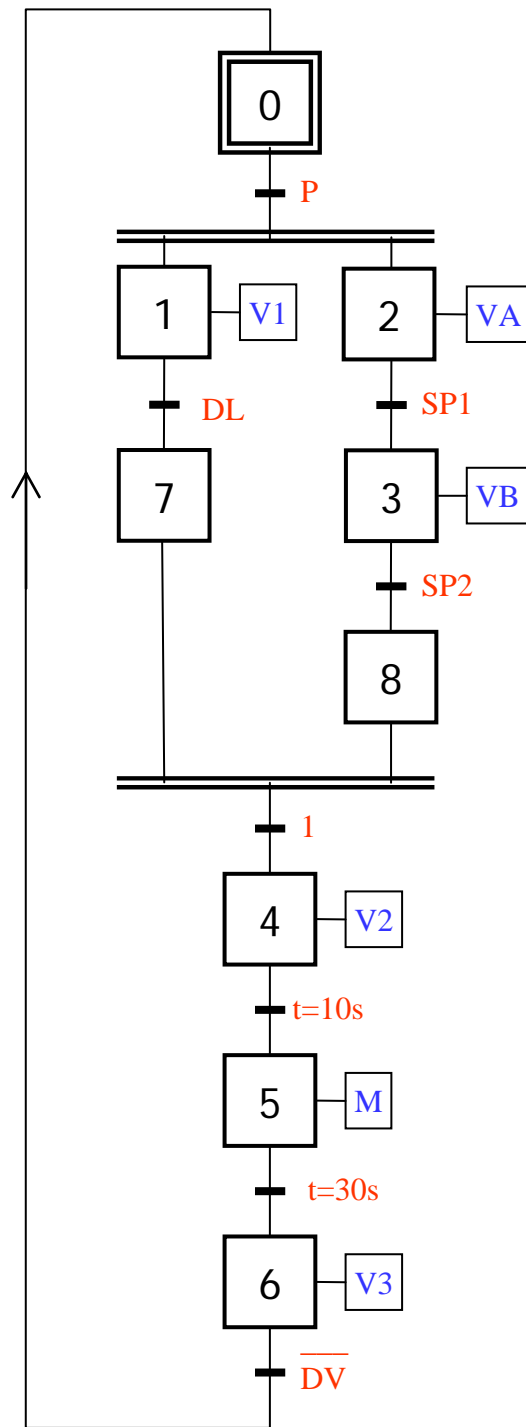
El diagrama de estados que se presenta en la solución 2 es más simple, a cambio la programación será más compleja dentro del estado.

- Se ha creado un único estado en el que se realizarán todos los procesos relacionados con el llenado del depósito y de la tolva de productos. Para salir de ese estado “**Llenar. Dosificar A. Dosificar B**” es necesario que se cumplan dos condiciones: que el depósito de agua esté lleno (esto lo indica el sensor **DL**) y, a la vez, que se haya finalizado la dosificación del último producto, el producto B, esto lo indica **SP2**; la función lógica que nos indica que ambas condiciones se cumplen es la función AND de las dos variables: **DL AND SP2**. Las acciones a realizar dentro de este estado tendrán en cuenta la apertura y cierre de válvulas según se vayan llenando el depósito y vertiendo la cantidad adecuada de productos A y B en la tolva.
- Una vez lleno el depósito de agua y la tolva con las cantidades adecuadas de productos A y B, se pasa a los estados “**Verter**”, “**Mezclar**” y “**Vaciar**” de forma sucesiva. Estos estados tienen el mismo comportamiento que se ha descrito en la solución 1.

NOTAS:

En esta solución, las salidas o acciones asociadas a un estado no son constantes durante el estado, dependen del valor que tomen las entradas (de ahí la expresión condicional). En la solución 1 las salidas o acciones asociadas a los estados son constantes durante todo el estado, es decir, están activas mientras el estado está activo.

Solución 3: Grafcet: Salidas=f(Entradas)



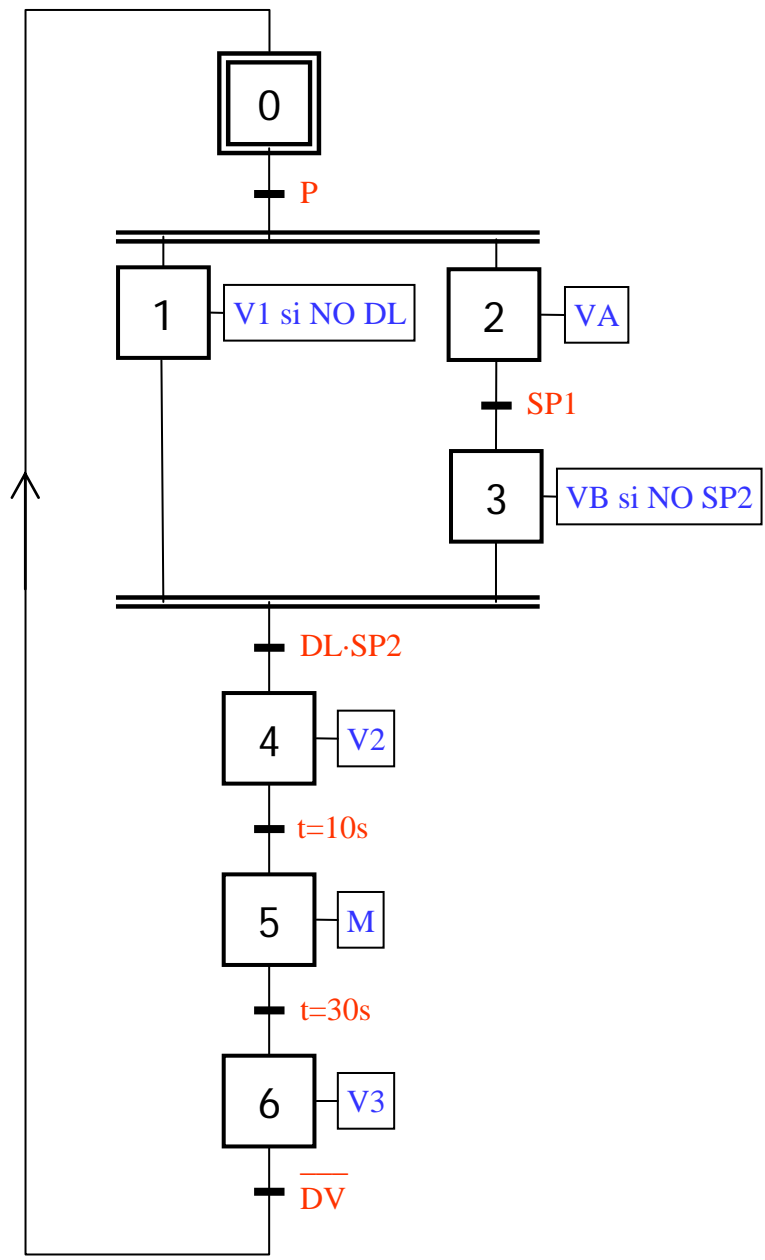
Explicación Solución 3:

- **Etapa 0:** etapa de inicio del GRAFCET, es la situación de reposo del sistema.
- La salida de esta etapa se produce cuando la función lógica que aparece en la transición de salida se cumple, es decir, cuando “**P=1**”: Esto se produce al pulsar el interruptor de activación del sistema.
- Al iniciar el proceso, se activan dos etapas simultáneamente (esto se indica en el GRAFCET con la doble línea horizontal después de la transición). En ese momento las etapas 1 y 2 están activas simultáneamente y se desactiva la etapa 0.
- **Etapa 1:** corresponde a la apertura de la válvula **V1** para llenar el depósito de agua. Se desactivará esta etapa cuando el depósito esté lleno, lo que se indica con el sensor **DL**, por eso la transición de la etapa 1 a la 7 se hace con la función lógica “**DL**”.
- **Etapa 2:** corresponde al vertido del producto A en la tolva, se abre la válvula VA. Se saldrá de esta etapa cuando se haya vertido la cantidad suficiente de producto A, indicado por **SP1**, es decir, la transición se cumple con **SP1**. Entonces se desactiva la etapa 2 y se activa la etapa 3.
- **Etapa 3:** corresponde al vertido del producto B en la tolva, se abre la válvula VB. Se saldrá de esta etapa cuando se haya vertido la cantidad suficiente de producto B, indicado por **SP2**, es decir, la transición se cumple con **SP2**. Entonces se desactiva la etapa 3 y se activa la etapa 8.
- Las **etapas 7 y 8** son etapas de espera. Es necesario que ambas ramas del GRAFCET se hayan completado (el llenado del depósito a la izquierda y el vertido de los productos en la tolva a la derecha) para poder pasar a las etapas de vertido, mezclado y vaciado, por eso deben desactivarse simultáneamente las dos ramas. Como no sabemos cuál acabará antes, ponemos estas etapas de espera.
- Para que se verifique la transición de desactivación de etapas simultáneas es necesario que las etapas precedentes, la etapa 7 y la etapa 8, estén activas, esto quiere decir que se han finalizado los procesos de llenado del depósito de agua y vertido de los productos, y que se cumpla la función

lógica asociada a la transición, como no necesitamos que se cumpla ninguna condición más se pone una función “siempre cierta” esto es “1”.

- **Etapa 4:** corresponde al proceso de vertido del contenido de la tolva, se abre la válvula V2 hasta que la tolva se vacía. La transición ocurre pasados 10s.
- **Etapa 5:** corresponde al proceso de mezclado, se activa el agitador durante 30s. La transición ocurre pasados 30s.
- **Etapa 6:** corresponde al proceso de vaciado del depósito, se abre la válvula V3 hasta que el depósito se vacía. La transición ocurre cuando el sensor **DV** está a 0, deja de detectar líquido. Es decir, la función lógica **DV**.

• Solución 4: Grafcet: Salidas=f(Entradas, Memoria)



En esta solución se eliminan las etapas de espera 7 y 8. El GRAFCET es el mismo, la única diferencia es que para eliminar estas etapas se hace la transición de desactivación simultánea con la función lógica “**DL AND SP2**”, es decir, cuando se cumple que el depósito de agua está lleno y también se ha terminado de verter la cantidad adecuada del producto B.

Para que no esté echando agua en el depósito más allá del nivel necesario, en la etapa 1 se cerrará la válvula V1 cuando el sensor de nivel **DL** detecte que se ha llenado. Esto no significa que se desactive la etapa 1, esto no sucederá hasta que se cumpla la transición de desactivación simultánea de las etapas 1 y 3.

Igual se puede comentar para las acciones desarrolladas en la etapa 3.

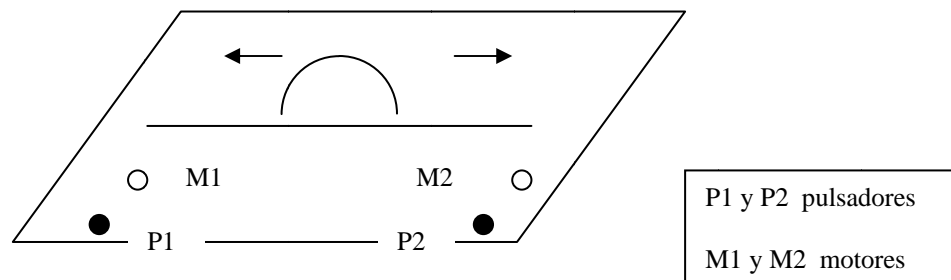
NOTAS:

En esta solución, las salidas o acciones asociadas a una etapa no son constantes durante todo el tiempo de activación de la etapa (etapas 1 y 3), dependen del valor que tomen las entradas (de ahí la expresión condicional). En la solución 2 las salidas o acciones asociadas a las etapas son constantes durante toda la etapa, es decir, están activas mientras la etapa está activa.

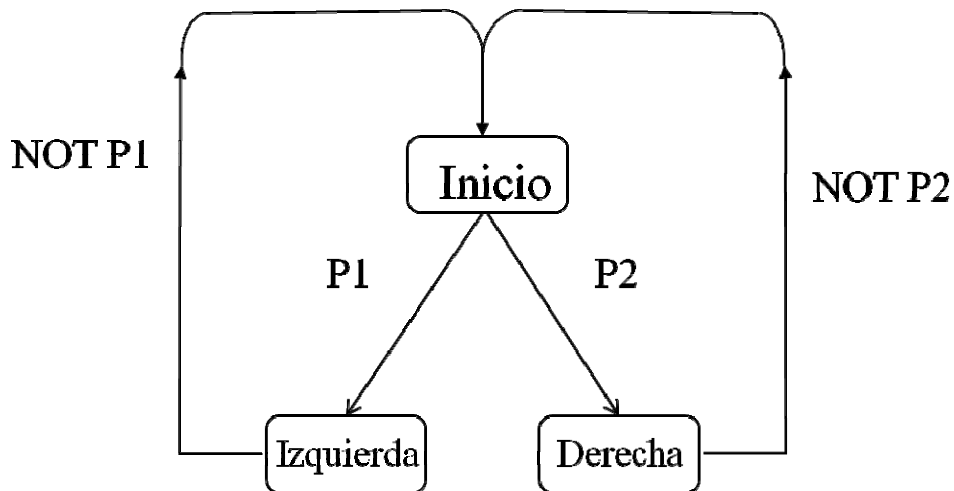
Problema: Sierra Mecánica

En este ejercicio se propone automatizar el funcionamiento de una sierra mecánica sencilla. La sierra se desliza a lo largo de una trayectoria en ambos sentidos.

Se proponen varios posibles funcionamientos de dicha sierra, cada uno de complejidad mayor al anterior. Se resolverán paso a paso describiendo el diagrama de estados.



1. La sierra se moverá mientras se mantenga pulsado uno de los dos pulsadores existentes. Cada pulsador permite el movimiento en uno de los posibles sentidos.

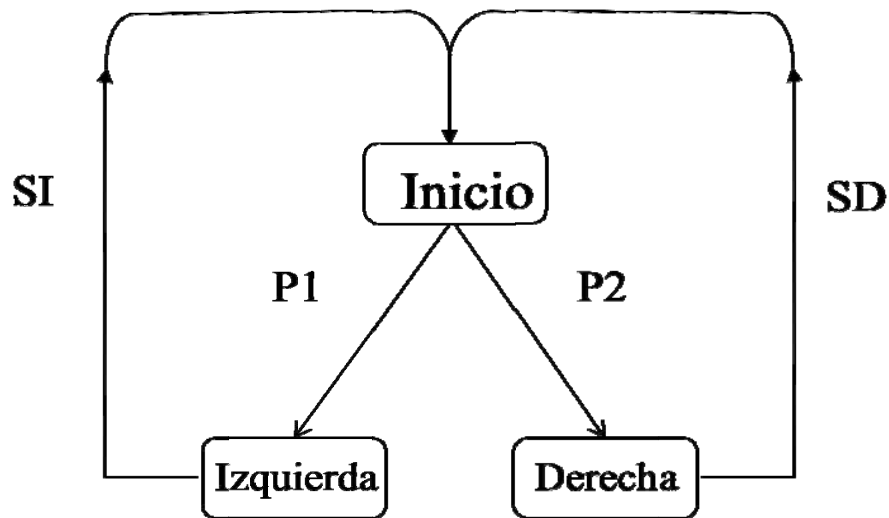


Explicación:

Todos los sistemas empiezan en una situación de reposo o inicio, antes de que ocurra ningún evento.

- El estado en el que se encuentra el proceso cuando ningún pulsador esté activado es el estado denominado "Inicio".
- Este estado se puede abandonar si pulsamos el interruptor P1, entonces pasamos al estado "Izquierda", y la sierra se moverá hacia la izquierda (accionando el motor M1).

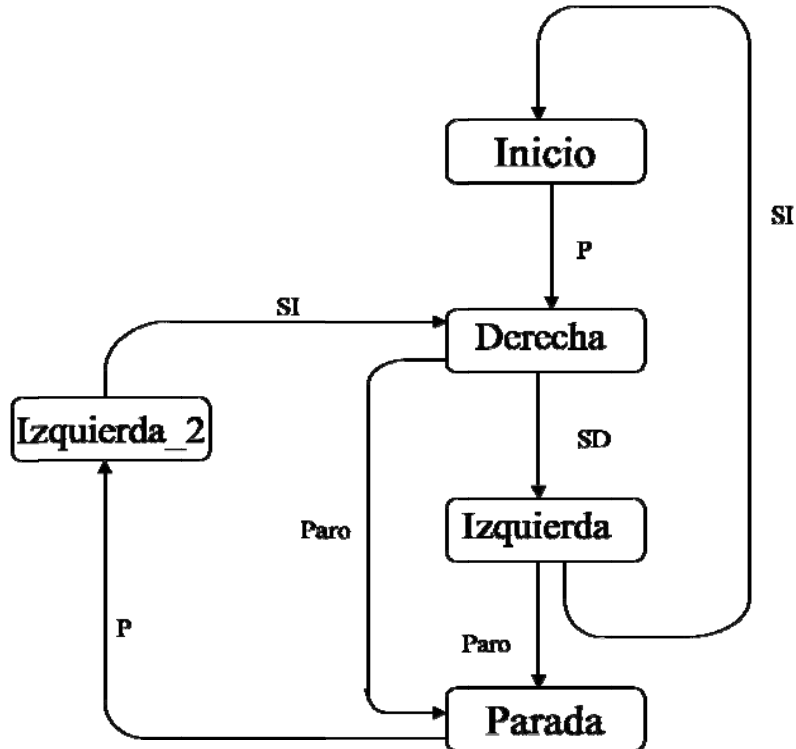
- También se puede salir del estado “Inicio” pulsando P2, entonces pasamos al estado “Derecha” y la sierra se mueve hacia la izquierda (accionando el motor M2).
 - Para salir de “Derecha” o “Izquierda” basta con que se deje de pulsar el pulsador correspondiente y se vuelve al estado de inicio.
 - Nota: No se establece ningún procedimiento para detectar que la sierra está en alguno de los extremos del recorrido.
2. La sierra se moverá al pulsar uno de los pulsadores, no es necesario mantenerlo pulsado durante el movimiento. El movimiento finalizará cuando el sensor del extremo opuesto detecte la sierra.



Explicación:

- El diagrama de estados es igual en su inicio.
- El sistema continúa en el estado “Izquierda” hasta que el sensor situado en el extremo izquierdo del recorrido, al que hemos denominado SI, detecta la presencia de la sierra. Esto se indica con la función lógica “SI”. Aunque dejemos de pulsar P1, la sierra sigue moviéndose hacia la izquierda, no sale de este estado.
- El sistema continúa en el estado “Derecha” hasta que el sensor situado en el extremo derecho del recorrido, al que hemos denominado SD, detecta la presencia de la sierra. Esto se indica con la función lógica “SD”.

3. En este caso, suponemos que sólo tenemos un pulsador de puesta en marcha, la sierra ejecutará un recorrido completo, ida y vuelta, cada vez que se oprima el pulsador. Se dota al sistema de un botón de emergencia que pare la sierra al ser oprimido. Cuando se reinicia la marcha tras una parada de emergencia, la sierra se desplazará siempre hacia el extremo izquierdo para comenzar desde allí el nuevo recorrido.

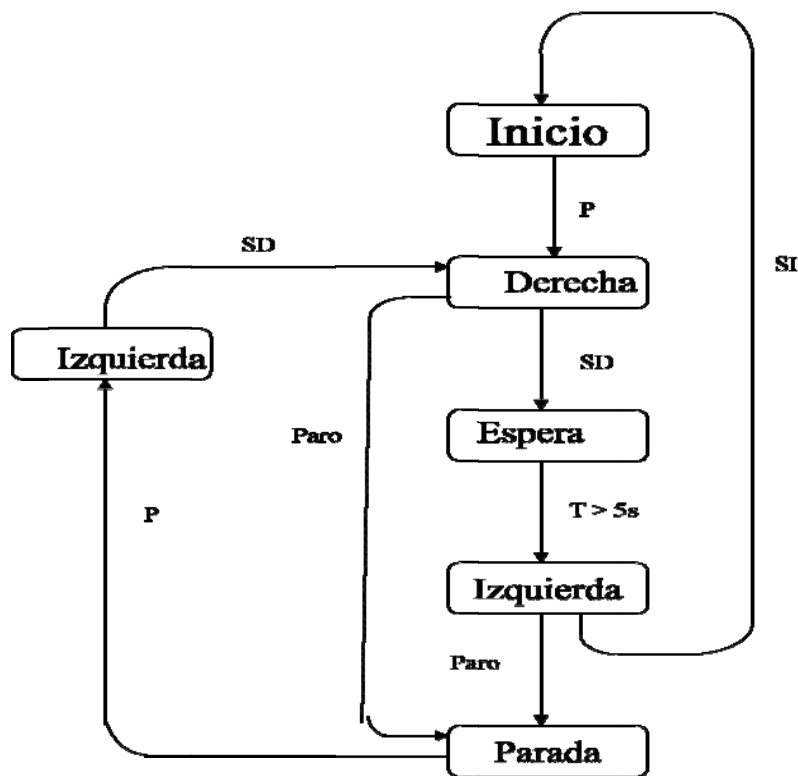


Explicación:

- Partimos del estado “Inicio” cuando no se ha pulsado el pulsador de puesta en marcha, P.
- Al accionar el pulsador P (puesta en marcha), se abandona el estado “Inicio” y el sistema pasa al estado “Derecha” en el que comienza a moverse hacia la derecha (se accionará el motor correspondiente).
- Cuando el sensor SD (sensor situado en el extremo derecho del recorrido) detecta que la sierra ha llegado al extremo, el sistema abandona el estado “Derecha” y pasa al estado “Izquierda” en el que comienza a moverse hacia la izquierda (se accionará el motor M1).
- Cuando el sensor SI (sensor situado en el extremo izquierdo del recorrido) detecta que la sierra ha llegado al extremo, el sistema abandona el estado “Izquierda” y pasa al estado “Inicio”, quedando preparado para una nueva activación del recorrido. Ha completado un recorrido completo de ida y vuelta.
- Si en cualquiera de los estados que implican movimiento de la sierra, estado “Derecha” o estado “Izquierda” se pulsa el botón de emergencia “Paro”, se pasa al estado “Parada”, es decir, se abandonan los estados de movimiento y se pasa a un estado de inactividad de la sierra. Hemos de tener claro que este estado y el estado “Inicio” no son iguales. En el estado “Inicio” la sierra siempre está situada en el extremo izquierdo del recorrido, no viene de ninguna situación de emergencia, y puede iniciar un proceso de funcionamiento normal. En el estado

“Parada” la sierra puede encontrarse en cualquier situación del recorrido y al reiniciar el proceso deberá recolocarse en el extremo izquierdo.

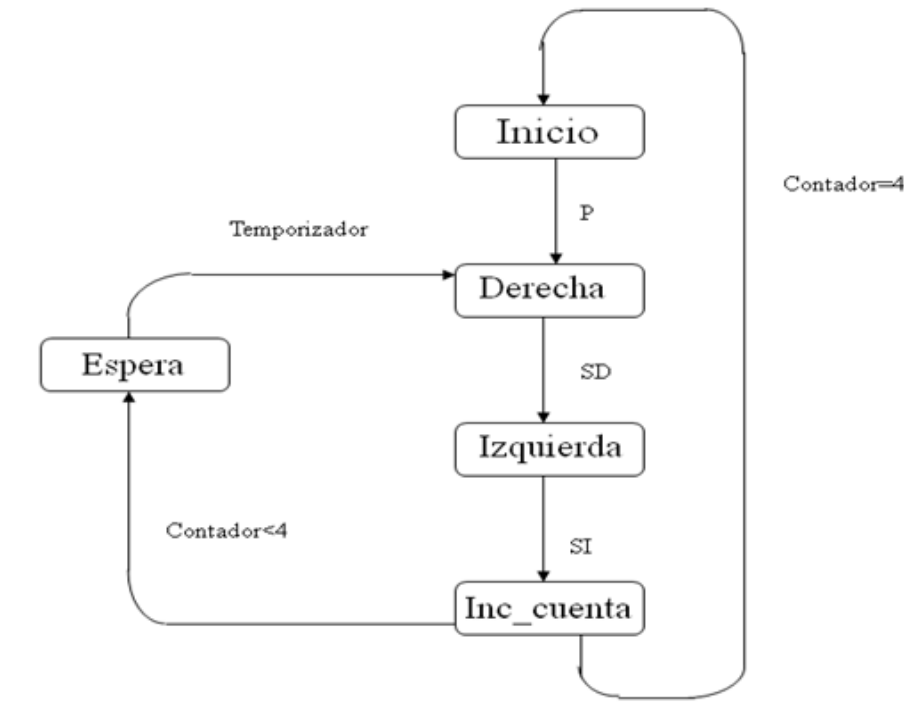
- El estado de “Parada” se abandona al oprimir de nuevo el pulsador de puesta en marcha “P”, se pasará al estado “Izquierda_2” moviéndose hacia el extremo izquierdo. Cuando llegue al extremo izquierdo, lo que detecta el sensor SI, comienza el proceso de un recorrido completo de ida y vuelta, secuencia de estados “Derecha”, “Izquierda” e “Inicio”.
4. Cada vez que se oprima el pulsador de puesta en marcha, la sierra ejecutará el siguiente recorrido: se desplazará hasta el extremo derecho, se parará allí durante cinco segundos y volverá al extremo izquierdo a la posición de reposo. Las condiciones de parada de emergencia serán igual que en el apartado 3.



Explicación:

El Diagrama de Estados es igual al del apartado 3. La única diferencia es la inclusión de un estado “Espera” cuando la sierra llega al extremo de la derecha. Se queda en este estado hasta que transcurren 5 segundos. El evento que provoca la salida del estado “Espera” para pasar a “Izquierda” es que hayan transcurrido esos 5 segundos.

5. Cada vez que se oprima el pulsador de puesta en marcha, la sierra ejecutará cuatro recorridos completos de ida y vuelta, parando 5 segundos cada vez que llegue a la posición de partida.



- Se ha implementado un proceso igual al descrito en el apartado 2, al pulsar el botón de puesta en marcha se inicia el recorrido completo de ida y vuelta.
- Cuando se finaliza un recorrido completo (“Derecha” hasta SD, “Izquierda” hasta SI), pasamos a un estado que hemos denominado “Inc_cuenta”, en el que contabilizamos el número de recorridos completos que hemos realizado.
- Al salir de este estado “Inc_cuenta” pueden ocurrir dos cosas:
 - Si hemos hecho menos de 4 recorridos completos, pasamos a un estado de espera, “Espera”, en el que permaneceremos durante 5 segundos antes de iniciar el siguiente recorrido.
 - Si hemos completado los 4 recorridos, volvemos al estado “Inicio”, quedando el sistema preparado para una nueva activación.
- Nota: No se ha implementado el botón de emergencia.