

4. Automatización del sistema de transporte.

Una vez efectuada la planeación y la adquisición de equipos se debe comenzar con la programación de todos los elementos que se necesitan controlar, para ello se utiliza el software que permite hacer el control de los PLCs de la familia S7 - 300, llamado Step 7.

Como primer paso se necesita automatizar la función que realiza el traslado del vidrio por todo su recorrido, así como los movimientos que deben realizarse en cada una de las partes del proceso. A partir de esta tarea se divide el movimiento en cuatro etapas denominadas: mesa principal, mesa Quench, mesa de entrada y mesa de salida. Por el traslado que se debe generar, todas las mesas deben estar sincronizadas, la mesa principal es la que coordina el movimiento de las demás mesas. La mesa principal, que es la que se encuentra en donde se realiza el calentamiento del vidrio, solicita a la mesa de entrada el vidrio a transportar cada vez que realiza un ciclo, cuando solicita un vidrio más a la mesa de entrada también traslada el vidrio que tiene a la mesa Quench para llevar a cabo el enfriamiento. Ésta a su vez controla el funcionamiento de la mesa de salida, cuando termina el enfriado del vidrio activa la mesa de salida para sacar al vidrio del proceso.

El templado requiere que el vidrio pase de la mesa de entrada a la mesa principal, en esta última el vidrio realiza oscilaciones. El operador indica la cantidad de vidrios que pueden estar al mismo tiempo dentro de la mesa y, a su vez, esto determina la cantidad de veces que repite las oscilaciones el vidrio. Posteriormente el vidrio pasa a la mesa Quench donde también realiza un movimiento oscilatorio durante el tiempo de enfriamiento programado y finalmente se transporta a la mesa de salida donde el vidrio termina su traslado.

En la siguiente figura 4.1 se muestra el movimiento que debe realizar el vidrio durante todo el proceso, desde la entrada hasta la salida. La programación de las bandas transportadoras se elabora a partir del siguiente diagrama, y se realiza una función para cada una de las bandas de todo el proceso. Éste capítulo define el diseño de la función para el sistema de transportación del vidrio, así como su programación.

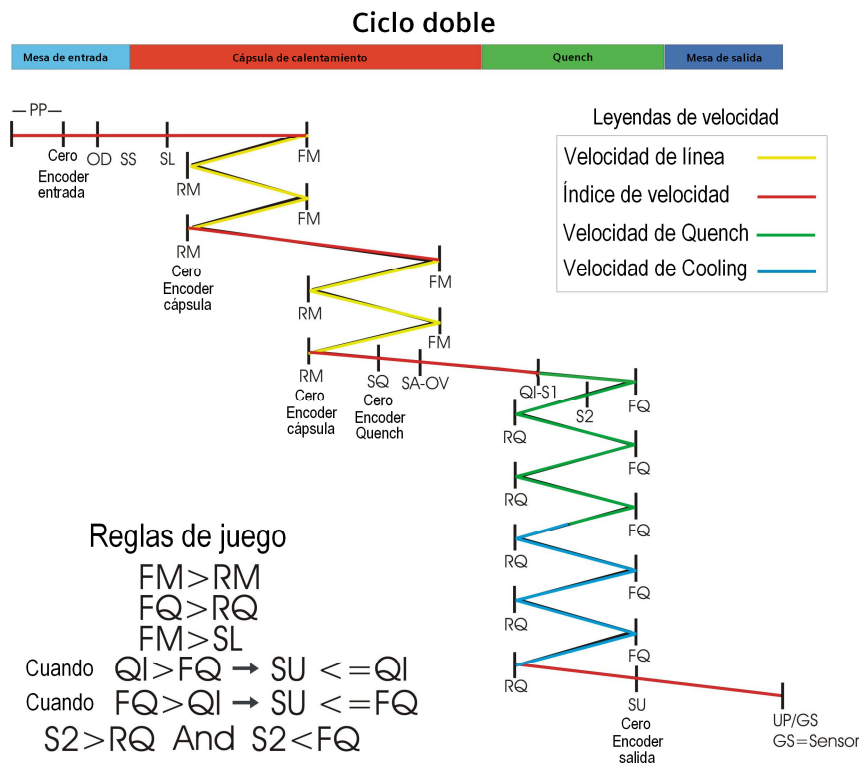


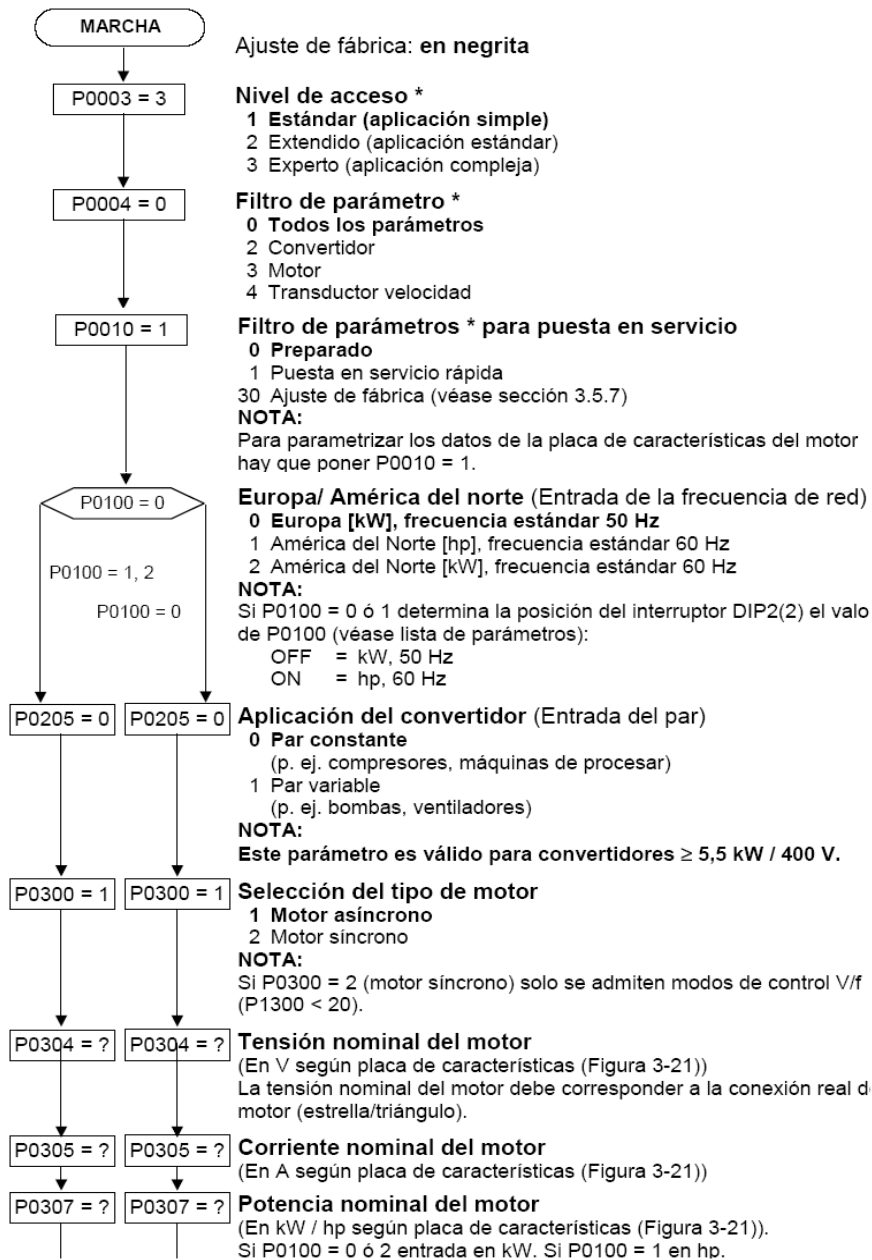
Figura 4.1 Diagrama de movimientos del sistema de transporte.

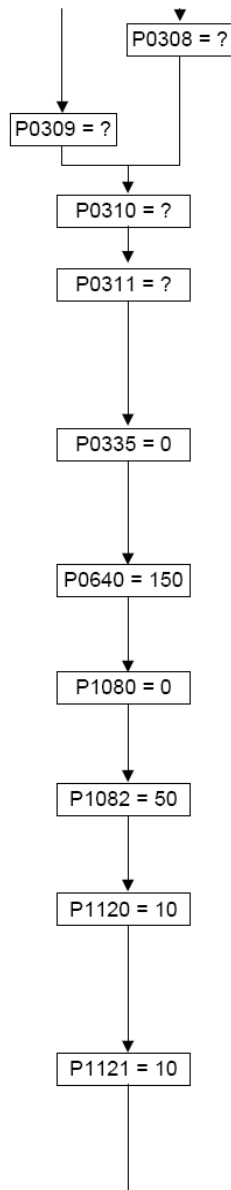
4.1 Comunicación de la banda transportadora con un variador de velocidad Micromaster.

El controlador elegido para la automatización de los elementos permite integrar dispositivos de campo. Por medio de una herramienta del software empleado para la programación, el controlador identifica con qué elementos debe interactuar. Dicha herramienta sirve para definir la configuración de Hardware llamado HW Config, en la cual se define la arquitectura de todos los equipos que están involucrados en el proceso. El PLC utilizado además cuenta con un puerto de comunicación con la red Profibus para comunicarse con los variadores de velocidad.

Una vez que se realiza la configuración correspondiente se descarga al PLC y se comprueba la disponibilidad de los variadores de velocidad poniendo en línea al controlador por medio del software de programación. En el variador de

velocidad Micromaster se lleva a cabo la puesta en servicio rápida, modificando algunos parámetros, como se muestra en la figura 4.2.





P0308 = ? Factor de potencia nominal del motor

(Entrada según placa de características (Figura 3-21); $\cos \phi$). Si el ajuste es igual a 0 se calcula el valor automáticamente.

P0309 = ? Rendimiento nominal del motor

(Entrada en % según placa de características (Figura 3-21)). Si el ajuste es igual a 0 se calcula el valor automáticamente.

P0310 = ? Frecuencia nominal del motor

(Entrada en Hz según placa de características (Figura 3-21)). La cantidad de los pares de polos se calcula automáticamente.

P0311 = ? Velocidad nominal del motor

(En V/min según placa de características (Figura 3-21)) Si el ajuste es igual a 0 se calcula el valor internamente.

NOTA:

La entrada es imprescindible para: control vectorial, control V/f con FCC y compensación de deslizamiento.

P0335 = 0 Refrigeración del motor (Sistema de refrigeración)

- 0 Autoventilación por ventilador montado en el eje del motor
- 1 Ventilación forzada por ventilador externo (ventilador ajeno)
- 2 Autoventilación y ventilador interno
- 3 Ventilación forzada y ventilador interno

P0640 = 150 Factor de sobrecarga del motor (En % según P0305)

Determina en % el valor máx. de salida de la corriente nominal del motor (P0305). Este parámetro se pone vía P0205 a 150 % (para par constante) y a 110 % (para par variable).

P1080 = 0 Frecuencia mínima (En Hz)

Ajusta la frecuencia mínima con que funcionará el motor independientemente de la consigna de frecuencia. El valor que se ajuste aquí sirve para ambos sentidos de giro.

P1082 = 50 Frecuencia máxima (En Hz)

Ajusta la frecuencia máxima con que se limita el motor independientemente de la consigna de frecuencia. El valor que se ajuste aquí sirve para ambos sentidos de giro.

P1120 = 10 Tiempo de aceleración (En s)

Tiempo que necesita el motor p. ej. para acelerar desde el punto muerto hasta la frecuencia máx. P1082. Parametrizar un tiempo demasiado corto puede producir la alarma A0501 (limitación de la corriente) o que se desconecte el convertidor con el fallo F0001 (sobrecorriente).

P1121 = 10 Tiempo de deceleración (En s)

Tiempo que necesita el motor p. ej. para desacelerar desde la frecuencia máx. P1082, hasta el punto muerto. Parametrizar un tiempo demasiado corto puede producir la alarma A0501 (limitación de la corriente) o A0502 (límite por sobretensión) o que se desconecte el convertidor con el fallo F0001 (sobrecorriente) o F0002 (sobretensión).

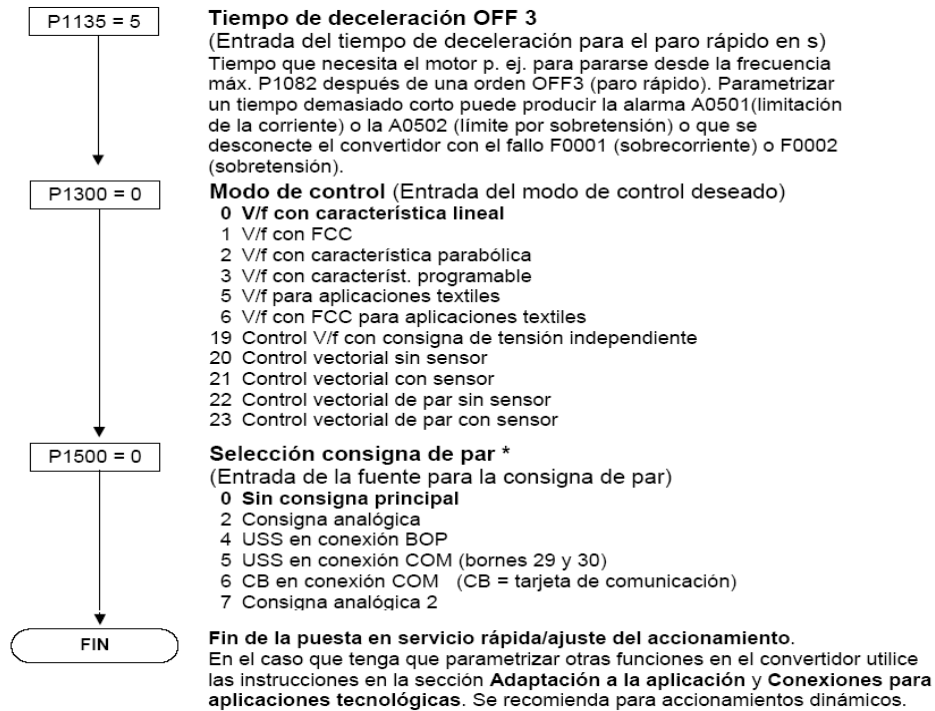


Figura 4.2 Puesta en servicio rápida.
Micromaster 440 Instrucciones de uso.

Siguiendo los pasos descritos en la figura 4.2 se realiza la configuración de cada uno de los variadores para poder controlarlos a través del PLC de modo automático, con esto el funcionamiento de los variadores depende de la lógica a programar dentro de Step 7, en donde se envía la información correspondiente para el control del giro y frecuencia del variador. Para los movimientos de las mesas por donde se transporta el vidrio se utiliza un rango de frecuencia de 0 a 60 Hz.

4.2 Mesa principal.

El aspecto más importante del movimiento del vidrio se concentra en la mesa principal, ya que ella es la que controla el funcionamiento de las demás mesas, aquí se determina la cantidad de láminas de vidrio que puede tener dentro de la cápsula y además el accionamiento de los aspersores colocados en cada una de las zonas con las que cuenta la cápsula.

El movimiento del vidrio dentro de esta mesa se da de forma oscilatoria, es decir, la banda transportadora debe funcionar en ambos sentidos de modo que el vidrio pueda ir para adelante y para atrás. Además, conforme avanza el vidrio sobre la mesa, se activan distintas señales que sirven para el accionamiento de diversos dispositivos durante todo el proceso, como la posición actual del vidrio o para el accionamiento de aspersores.

Para saber en qué parte de la banda se encuentra el vidrio, se utilizan encoders que determinan el lugar del vidrio en un momento específico del proceso, los cuales sirven para identificar el instante en el que la banda debe de cambiar el sentido de giro.

La mesa principal consta de un arreglo de 3 motores de 1 HP que trabajan sincronizadamente, puesto que con un motor no sería suficiente para moverla a gran velocidad, ya que la mesa es larga y además lleva rodillos pesados. La sincronización se hace a través de un variador de velocidad como maestro y los otros dos como esclavos. Para realizar esta sincronización basta con ajustar ciertos parámetros referentes al torque, la velocidad, el sentido de giro y la comunicación entre cada uno de los variadores involucrados.

Cada una de las mesas puede funcionar en modo manual o automático. En modo manual el movimiento del motor es sólo en un sentido y a velocidad constante, y se realiza a través de un botón pulsador (jog), en modo automático el movimiento se efectúa a través de una secuencia de oscilaciones programadas en el controlador.

4.2.1 Oscilación del vidrio.

Para poder automatizar la Mesa de entrada, en primer lugar se debe de conocer cómo debe transportarse el vidrio, para ello utilizamos esquema presentado en la figura 4.3 en el cual se puede observar cómo se tiene que efectuar el movimiento.

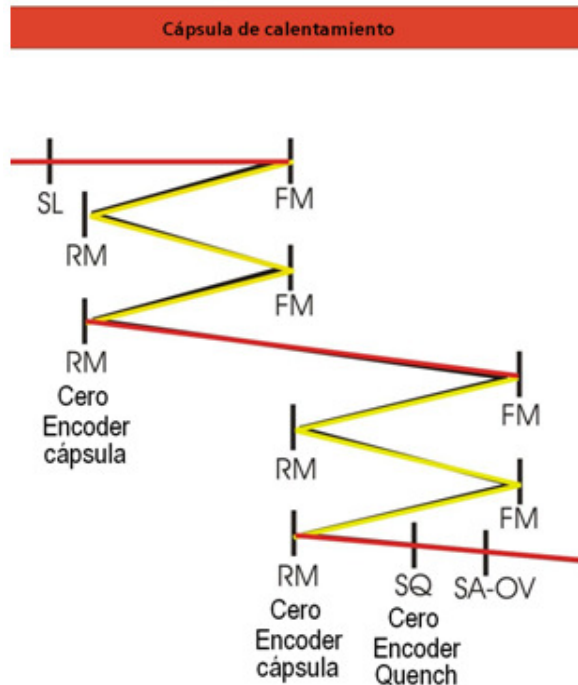


Figura 4.3 Oscilaciones en la mesa principal.

Como parámetros iniciales se definen dos puntos para generar un intervalo en el cual va a estar oscilando el vidrio, en este caso llamados RM y FM. A la posición inicial dentro de la mesa principal donde oscila el vidrio se denomina RM y a la posición final FM. Adicionalmente se tienen la señal SL que indica en que momento se debe realizar la transición del vidrio de la mesa de entrada a la mesa principal y la señal SQ que indica el momento en que se realiza el traslado del vidrio de la mesa principal a la mesa Quench.

Dependiendo del número de vidrios que se requieren tener al mismo tiempo en la Mesa principal, o de cargas dentro de la cápsula, es la distancia que se debe recorrer, en otras palabras, si se tienen más cargas se necesita un intervalo más pequeño de movimiento para cada carga, si sólo se presenta una carga se puede realizar una oscilación mucho más larga. El número de cargas máximo para esta aplicación es de cinco vidrios, ya que por las dimensiones de los mismos no se pueden colocar más. Así mismo, se necesita definir el número de veces que debe mantenerse la oscilación (reversas) para conocer en qué momento se va a introducir un nuevo vidrio o se debe trasladar el vidrio caliente a la siguiente mesa.

Una vez conocido el funcionamiento básico de la oscilación se procede a la programación de la mesa a través de una función dentro del programa Step 7, la cual contiene las siguientes acciones:

En primer lugar se tiene que leer la velocidad de la línea en el sistema SCADA, es decir la velocidad con la que se va a mover la banda y escalarla de modo que el variador reciba el valor de forma correcta, el variador funciona con frecuencias de 0 a 60 Hz. Además se debe escalar la velocidad con la que se trasladará el vidrio a la Mesa Quench y con la que se recibirá el vidrio de la Mesa de entrada. Este escalamiento se debe a que el operador introduce valores entre 0 y 60 Hz, y la palabra de control encargada de la frecuencia de giro requiere valores entre 0 y 1800.

Posteriormente se divide el movimiento en cuatro diferentes combinaciones con las cuales se cumplen todas las posibilidades, no importando el número de reversas y de cargas; estas combinaciones surgen al comparar la posición actual con los límites de movimiento RM y FM. En la tabla 4.1 se observan las condiciones que se deben cumplir para acceder a cada una de las combinaciones.

Combinación	Dirección de movimiento del vidrio	Límite FM	Límite RM
1	Izquierda a derecha »»»»	Mayor o igual	-
2	Izquierda a derecha »»»»	Menor	-
3	Derecha a izquierda ««««	-	Menor o igual
4	Derecha a izquierda ««««	-	Mayor

Tabla 4.1 Condiciones para acceder a cada combinación de la mesa principal.

En la figura 4.4 se presenta el código con el fin de mostrar el editor de programa que usa Step 7, dicho código fue desarrollado en el formato AWL (lista de instrucciones). El código realiza las comparaciones de las posiciones y si se cumple la condición llama a la función encargada de la combinación correspondiente.

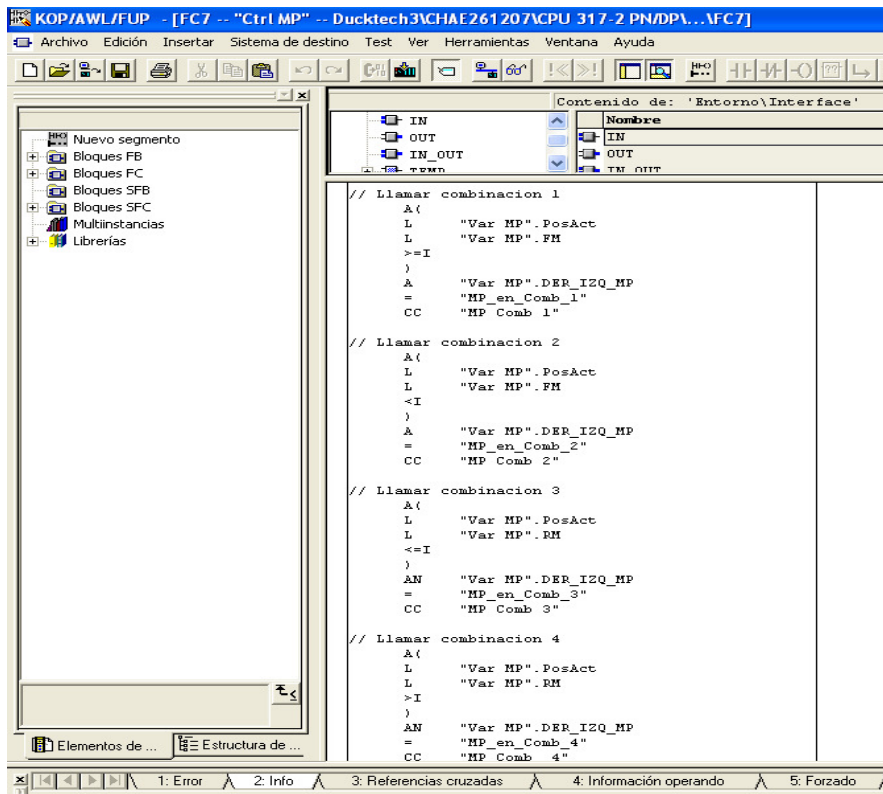


Figura 4.4 Programación de las combinaciones en AWL.

Una vez definidas las combinaciones con las cuales va a trabajar la Mesa principal se procede a la programación de cada una de estas combinaciones, detalladas a continuación. Para saber el orden de las combinaciones que se ejecutan después de la transición del vidrio de la mesa de entrada a la mesa principal, se utiliza el esquema mostrado en la figura 4.5 y posteriormente se describen las funciones que deben ejecutar. Dicho orden se define a partir de las condiciones mostradas en la tabla 4.1.

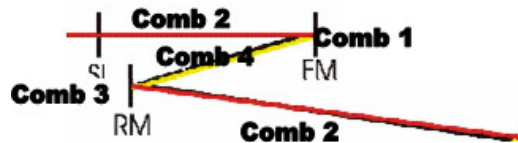


Figura 4.5 Combinaciones a partir de la oscilación.

Al terminar la transición la banda se mueve de izquierda a derecha a y la posición del encoder es menor a FM, por lo tanto la primer combinación que se ejecuta es la combinación 2. Posteriormente el valor del encoder es mayor a FM por lo que se cumplen las condiciones para la combinación 1, en ese momento cambia el sentido de giro, por lo tanto el vidrio se mueve de derecha a izquierda y el valor del enconder es mayor a RM por lo que se ejecuta la combinación 4 y finalmente el valor del encoder es menor a RM con lo que se realiza la combinación 3.

En primer lugar se analiza la Combinación 2, ya que es la primera etapa en la que se encontrará el vidrio dentro de la Mesa principal. Aquí se debe incrementar el encoder para saber la posición actual en la que se encontrará el vidrio dentro de la cápsula, esto se hace a través de una sumatoria de la posición actual más uno. Posteriormente se procede a definir si el movimiento del vidrio es con una velocidad de línea (velocidad de oscilación) o se va a utilizar una velocidad de índice (velocidad de traslado de vidrio), para enviarle la frecuencia requerida al variador de velocidad por medio de una señal que indica si va a haber un traslado (si tiene valor 1) o continúa en la oscilación (si tiene valor 0). En esta etapa se activan los aspersores colocados en la parte superior de la cápsula, los cuales estarán encendidos un cierto tiempo definido por el usuario del sistema SCADA. Finalmente con esta misma señal se definen las acciones que controlarán elementos de otras mesas, lo cual se observará en el apartado Control de las demás mesas de trabajo.

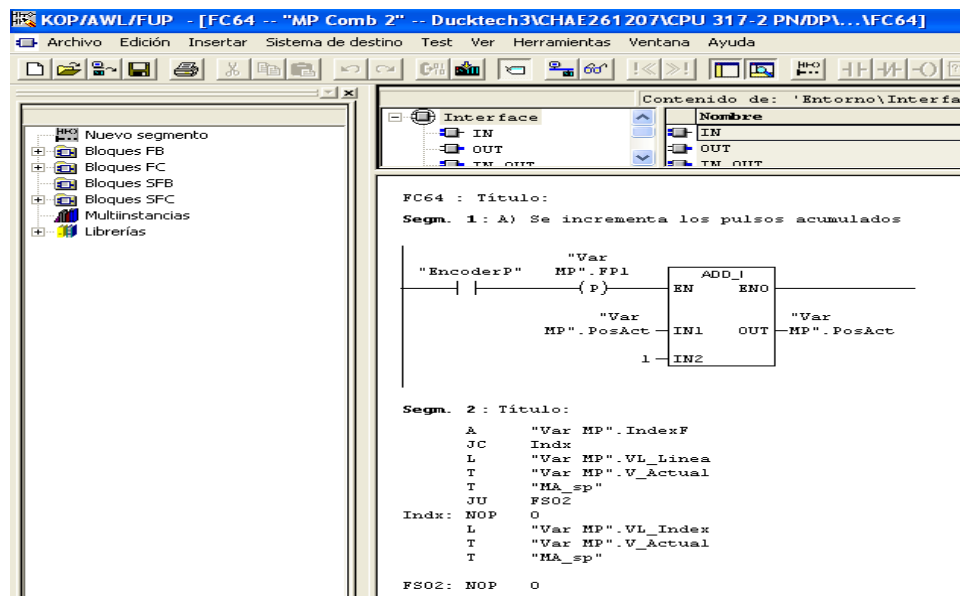


Figura 4.6 Combinación 2, movimiento de la banda a la derecha.

Para la Combinación 1 sólo se requiere incrementar el encoder y cambiar el sentido en el cual el variador se encuentra girando, ya que el vidrio seguirá en oscilación, así pues debe conservarse la velocidad de línea. Tomando en cuenta que el variador de velocidad no se detendrá instantáneamente por la inercia que presenta y cambiará el sentido del giro, la condición para entrar a esta combinación indica que la posición actual sea mayor o igual a FM, con lo cual se concluye que en esta fase sólo se hace el cambio en el sentido de giro.

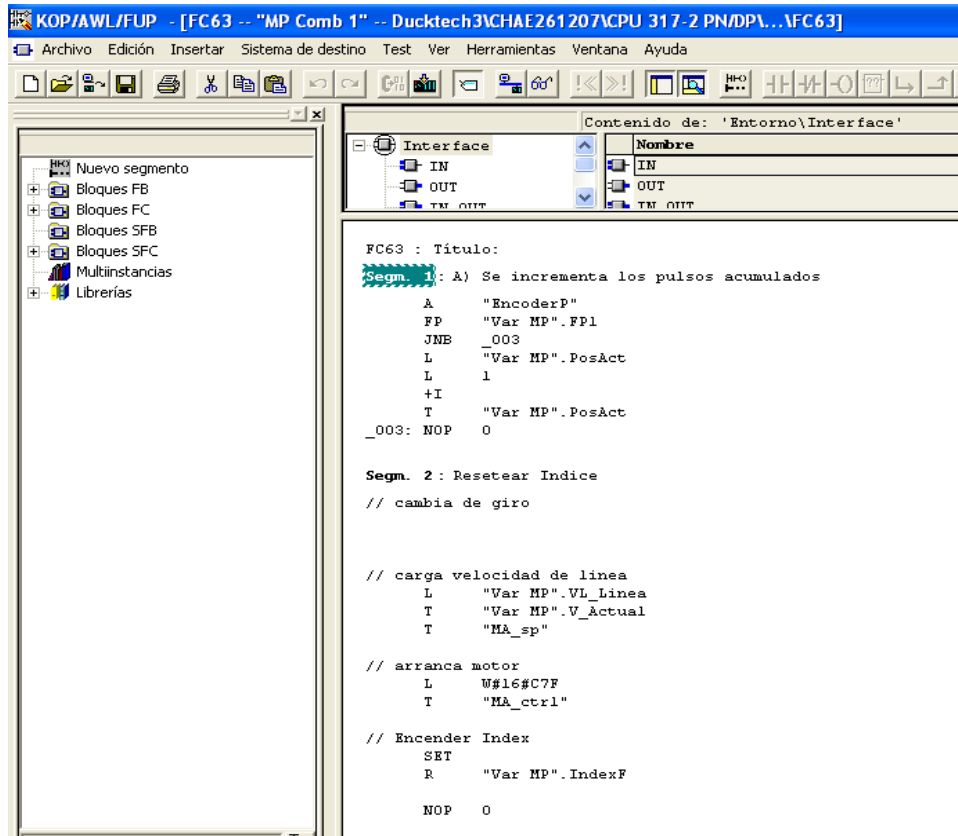


Figura 4.7 Combinación 1, cambio en el sentido de giro de la banda.

La Combinación 3 es de suma importancia ya que indica el número de cambios en el sentido de giro (reversas) que hacen falta para saber si se debe seguir en la oscilación o se tiene que trasladar el vidrio a la siguiente mesa. En primer lugar, se debe decrementar el estado del encoder porque el sentido del movimiento es de derecha a izquierda, una vez definido esto se tiene que cambiar el sentido en el que gira la banda transportadora modificando la palabra de control que afecta el giro del motor.

En este punto se va a realizar además la resta de reversas para conocer cuántos movimientos faltan para terminar la oscilación. Posteriormente se compara el número de reversas para saber si se requiere mantener la velocidad de línea para seguir dentro de la oscilación o si se debe activar la velocidad de índice para transportar el vidrio hacia la siguiente mesa.

Es importante mencionar que el número de reversas son definidas por el operador, a través del sistema SCADA. En este caso se deben guardar todos los datos provenientes de este sistema en los llamados bloques de datos (DBs) que utiliza el PLC para el almacenamiento de información. Este paso se hace utilizando un direccionamiento indirecto ya que el SCADA utilizado no permite escribir directamente los datos en los bloques de datos, por lo que se deben direccionar primero a un área de memoria del PLC y de allí enviarlos manualmente a los bloques de datos utilizando lógica en el PLC.

```

FC65 : Título:
Segm. 1 : A) Se Decrementan los pulsos acumulados
      A   "EncoderP"
      FP  "Var MP".FP1
      JNB _001
      L   "Var MP".PosAct
      L   -1
      +I
      T   "Var MP".PosAct
_001: NOP  0

Segm. 2: Sentido de giro 0 Der, 1 Izq
      A   "Var MP".EJEC1
      JC  FIN

// arranca motor (CAMBIA GIRO)
      L   W#16#47F
      T   "MA_ctrl"

// Decrementar reversas
      L   "Var MP".REVACT
      L   1
      -I
      T   "Var MP".REVACT

      SET
      S   "Var MP".EJEC1

FIN:  NOP  0

```

Figura 4.8 Combinación 3, decremento de reversas para conocer próximo movimiento del sistema de transporte.

Finalmente, con la Combinación 4 se activan nuevamente los aspersores y como la banda efectúa su movimiento en sentido contrario, es decir, de izquierda a derecha se debe decrementar el valor de los pulsos del encoder, para conocer la posición del vidrio en cualquier parte de toda la cápsula de calentamiento.

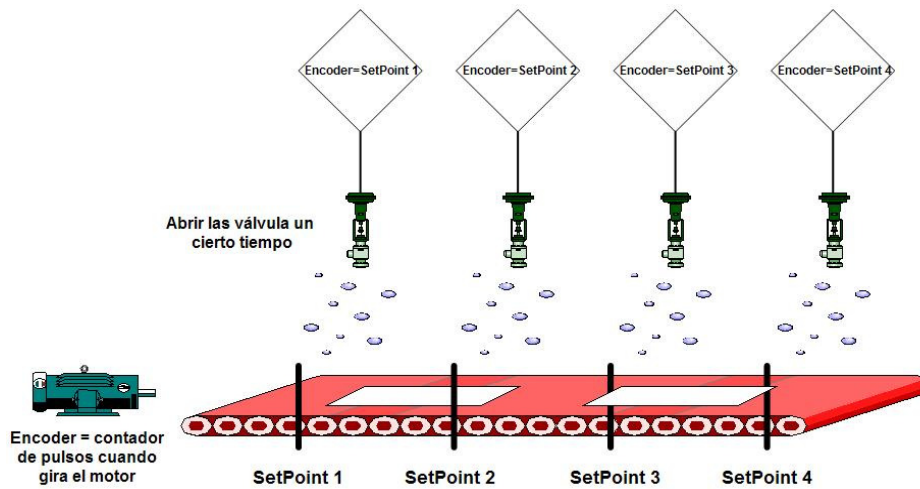
4.2.2 Aspersores.

Para que se realice un templado de calidad el proceso requiere que mientras el vidrio se encuentra en la cápsula de calentamiento permanezca húmedo, para ello se requiere activar una línea de aspersores, los cuales se encuentran colocados en la parte superior de la cápsula de calentamiento y se activan mientras se está desarrollando la oscilación de vidrio, ya sea cuando se mueve de derecha a izquierda o viceversa.

De este modo, se debe conocer en qué parte de la oscilación se encuentra el vidrio para efectuar la activación de los aspersores. Analizando la figura 4.5, se observa que las combinaciones donde se realiza algún movimiento sin importar el sentido, son las combinaciones 2 y 4, es allí donde se realiza la activación de estos elementos.

Dichos aspersores deben permanecer activos durante un periodo específico de acuerdo al tipo de vidrio a templar y al diseño previo. Para las funciones de automatización se debe activar el primer aspersor cuando el vidrio se encuentre en una cierta posición dentro de la banda y, en una posición sucesiva o previa, según el sentido en el que se encuentre la banda.

Cada activación de los aspersores surge después de comparar la posición actual del vidrio sobre la cápsula y los límites fijados en el sistema SCADA, de tal modo que dependiendo de cómo avanza o retrocede el vidrio en su traslado se efectúa la activación de los aspersores.



```
// SP1
L "Var MP". PosAct
L "Var MP". SP1
==I
= "Var MP". SetTimeSP1
// SP2
L "Var MP". PosAct
L "Var MP". SP2
==I
= "Var MP". SetTimeSP2
// SP3
L "Var MP". PosAct
L "Var MP". SP3
==I
= "Var MP". SetTimeSP3
// SP4
L "Var MP". PosAct
L "Var MP". SP4
==I
= "Var MP". SetTimeSP4
```

Figura 4.9 Activación de aspersores por medio de comparación de posiciones.

Para programar el tiempo que deben permanecer activos los aspersores se utilizan diferentes temporizadores donde sólo se determina el intervalo de tiempo que permanecerá activo y la señal con la que se arrancará el conteo de tiempo, que como se dijo anteriormente, es por medio de una cierta posición del vidrio dentro de la mesa. En este caso se utilizaron temporizadores de pulso extendido, temporizadores que comienzan a contar con un flanco positivo en la entrada y que se mantiene activo durante el tiempo especificado sin la necesidad de mantener la señal de entrada.

Segm. 3 : Título:

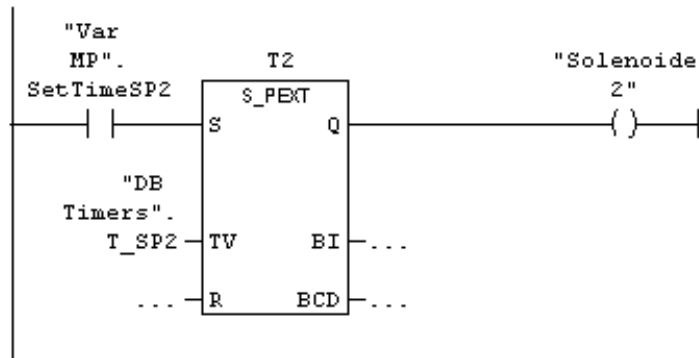


Figura 4.10 Temporizador para cada aspersor.

4.2.3 Control de las demás mesas.

Como se definió al inicio de este capítulo, la mesa principal va a determinar el accionamiento tanto de las mesas que tiene a su alrededor como de otras funciones que se activarán de acuerdo a la posición del vidrio sobre la banda, lo cual prepara a los demás elementos para hacer una correcta sincronización de las bandas por las que pasará el vidrio durante todo el proceso.

Cuando el vidrio se encuentra dentro de la Combinación 3, donde se determina si se continúa con el movimiento oscilatorio o se va a realizar un traslado, la mesa de entrada funciona de dos maneras.

La primera es cuando la mesa principal está en la última reversa y activa una señal que hace que el vidrio se acerque a la entrada de la cápsula de calentamiento. La segunda es cuando las reversas son iguales a cero, en ese momento se activa una señal para que la mesa de entrada traslade el vidrio a la mesa principal.

```

//Restantes = 1
SIG1: L   "Var MP".AuxRev
      L   1
      <>I
      JC   SIG2

      SET
      S   "Variables Mesa Entrada".LastPass
      S   "Var MP".Pre_Quench

//Restantes = 0
      L   "Var MP".AuxRev
      L   0
      <>I
      JC   SIG1
      L   0
      T   "Var MP".PosAct
      SET
      S   "Var MP".IndexF
      S   "Variables Mesa Entrada".ArrMotIndex

```

Figura 4.11 Función para sincronizar el movimiento del sistema de transporte.

Así mismo, cuando se está realizando el traslado del vidrio y éste se acerca a la posición final de la cápsula, se activa una señal que sirve para ejecutar el traslado del vidrio entre cada una de las mesas, es decir enviar el vidrio de la mesa principal a la mesa Quench y que a su vez el vidrio que se encuentra en la mesa Quench pase a la mesa de salida.

4.3 Mesa Quench.

En esta parte del proceso se realiza el enfriado del vidrio por medio de la presión que va a generar un motor de 600 HP a través de un ducto de ventilación, por lo que el proceso requiere que se mantenga al vidrio en constante oscilación, ya que si se mantiene fijo recibe la presión de aire en un solo punto y por el calentamiento previo se pueda estrellar o incluso romper. Esta mesa, al igual que la anterior, trabaja en modo manual a través de un botón pulsador (jog) y en modo automático por medio del control que realiza el PLC.

Como se definió en el apartado anterior, cuando el funcionamiento del sistema se encuentra en modo automático el accionamiento de la mesa se lleva a cabo por la activación de una señal dentro de las funciones de la mesa principal. Además de la mesa principal, se cuenta con otros elementos que determinarán el

funcionamiento de la mesa Quench, tal como lo es una función de enfriado inteligente que se explicará en el capítulo 7 Ahorro de energía. Al igual que la mesa principal, la mesa Quench controlará el funcionamiento de la mesa de salida para sacar al vidrio del proceso.

El movimiento de esta mesa es diferente a las demás, puesto que cada una de las bandas lleva una velocidad de línea que debe ser un porcentaje de la velocidad de la mesa principal y, en cambio, ésta debe llevar el máximo valor de velocidad durante todo el proceso en el cual el vidrio es transportado. Se tienen dos tipos de velocidad dentro de la mesa Quench, una velocidad para cuando el proceso requiere una mayor presión y otra para cuando requiere menor presión.

Todo este movimiento se determina a través de la oscilación del vidrio en ambos sentidos, aquí no se dispone de reversas para conocer el tiempo que debe de estar el vidrio dentro del Quench. Para que el vidrio salga del movimiento oscilatorio hay que esperar la acción que mande la mesa principal. Por consiguiente, el vidrio permanecerá en esta mesa hasta que se ordene una transferencia de vidrio por parte de la mesa principal, con esto el vidrio que se encuentre en la cápsula pasará al Quench y el que se encuentra en él será transferido a la mesa de salida.

4.3.1 Oscilación del vidrio.

En primer lugar se determina la velocidad con la que debe funcionar el variador de velocidad relacionado a la Mesa Quench, dependiendo de cada una de las oscilaciones se tiene una velocidad específica, en primer lugar es necesario determinar la velocidad con la que arranca la mesa, en este caso el movimiento se inicia cuando el vidrio termina su ciclo en la mesa principal y debe pasar a la siguiente mesa, cada mesa cuenta con una velocidad de índice para la transición de vidrio, la cual es un factor de la velocidad de la mesa principal.

En esta parte del proceso se realiza el enfriamiento del vidrio por lo que se presentan dos variaciones de presión llamadas presión de Quench y presión de Cooling. Dependiendo de la presión empleada la mesa debe moverse a velocidades diferentes. Cada una de estas velocidades se define en el sistema SCADA donde se ajusta la frecuencia mínima y máxima con la que gira el motor de 600 HP.

```

L      "Var MP".ITAG_V_Index
DTR
L      "Var MQ".SpeedPer_Real_MQ
*R
L      2.730667e+001
*R
L      1.000000e+001
*R
RND
T      "Var MQ".VL_Index

L      "Var MQ".ITAG_V_Quench
DTR
L      2.730667e+001
*R
L      1.000000e+001
*R
RND
T      "Var MQ".VL_Quench

L      "Var MQ".ITAG_V_Cooling
DTR
L      2.730667e+001
*R
L      1.000000e+001
*R
RND
T      "Var MQ".VL_Cooling

```

Figura 4.12 Obtención de velocidades a partir de la velocidad en la mesa principal.

La longitud de la mesa Quench es 3 veces menor que la mesa principal, por lo tanto el sentido en el que se desplaza el vidrio no necesariamente es el mismo, además el vidrio se puede encontrar en cualquiera de las velocidades de oscilación. De esta manera cuando la mesa principal indica el traspaso del vidrio a la siguiente etapa, la velocidad debe cambiar inmediatamente a la velocidad de índice y se debe ajustar el sentido de movimiento de la banda. Para ello, al variador de velocidad se le debe indicar, el sentido al cual va a girar y la frecuencia (Hz) con la que tiene que realizar dicho movimiento, por medio de la manipulación de dos valores de 16 bits dentro del controlador.

Para definir la oscilación se utiliza un diagrama similar al empleado en la oscilación de la mesa principal. Para conocer la velocidad que debe tomar el variador, se debe definir el movimiento de oscilación a través de diferentes combinaciones, con lo que en todo momento se sabe en qué parte del movimiento se encuentra el vidrio, esto ayuda a simplificar la programación para controlar el variador de velocidad.

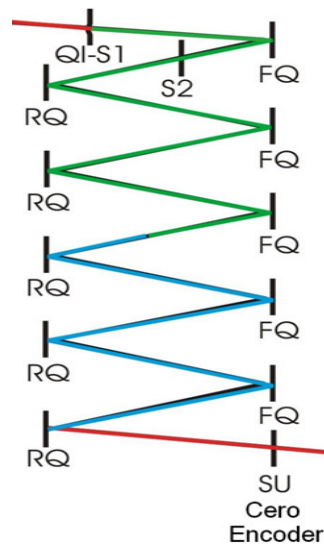


Figura 4.13 Diagrama de oscilaciones dependiendo de la presión requerida para el templado.

Como el movimiento es similar al que rige la mesa principal se definen también cuatro combinaciones con las que se cubre todo el movimiento, aquí se tienen como límites las señales RQ y FQ que se ajustan en el sistema SCADA; a la posición inicial del intervalo se le denomina RQ y a la posición final FQ. Entonces, para definir las combinaciones se tiene que hacer la comparación de la posición actual, determinada por el encoder, con cada uno de estos límites y además considerar el sentido en el que se encuentra girando el motor.

En la tabla 4.2 se observan las condiciones que se deben cumplir para acceder a cada una de las combinaciones.

Combinación	Dirección de movimiento del vidrio	Límite FQ	Límite RQ
1	Izquierda a derecha »»»»	Mayor o igual	-
2	Izquierda a derecha »»»»	Menor	-
3	Derecha a izquierda ««««	-	Menor o igual
4	Derecha a izquierda ««««	-	Mayor

Tabla 4.2 Condiciones para acceder a cada combinación de la mesa Quench.

```

// Lllamar combinacion 1
A(
L   "Var MQ".PosAct
L   "Var MQ".FQ
>=I
)
A   "Var MQ".DER_IZQ_MQ
=   "MQ_en_Comb_1"
CC  "MQ Comb 1"

// Lllamar combinacion 2
A(
L   "Var MQ".PosAct
L   "Var MQ".FQ
<I
)
A   "Var MQ".DER_IZQ_MQ
=   "MQ_en_Comb_2"
CC  "MQ Comb 2"

// Lllamar combinacion 3
A(
L   "Var MQ".PosAct
L   "Var MQ".RQ
<=I
)
AN  "Var MQ".DER_IZQ_MQ
=   "MQ_en_Comb_3"
CC  "MQ Comb 3"

// Lllamar combinacion 4
A(
L   "Var MQ".PosAct
L   "Var MQ".RQ
>I
)
AN  "Var MQ".DER_IZQ_MQ
=   "MQ_en_Comb_4"
CC  "MQ Comb 4"

```

Figura 4.14 Programación para acceder a las combinaciones.

Después de elegir cada una de las combinaciones se debe definir el funcionamiento de cada una de ellas. Para conocer el estado de cada una de las combinaciones se utiliza el siguiente diagrama.

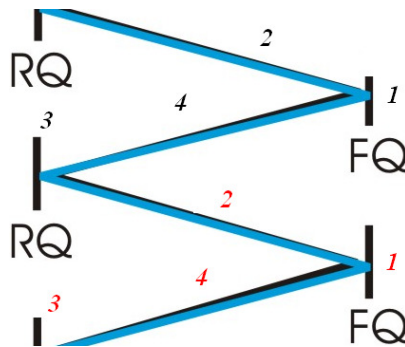


Figura 4.15 Estado o combinación en cualquier punto de la oscilación.

La primera combinación a analizar es la Combinación 2, puesto que es la primera que se presenta cuando el vidrio es transportado hacia el Quench. En esta etapa, el motor se encuentra girando de izquierda a derecha y se debe realizar siempre que la posición actual no sea mayor que FQ, cuando se realiza este movimiento debido a la transición del vidrio se incrementa el encoder dentro de esta función y además se prepara la mesa de salida para recibir el vidrio y sacarlo del proceso. De lo contrario, si no se realiza el traslado del vidrio sólo se incrementa el encoder para aumentar la posición actual.

Para activar la mesa de salida se fija una posición en el SCADA de la mesa Quench, que sólo es alcanzada durante la transición del vidrio de la mesa principal al Quench, cuando la posición actual es igual a la posición definida en el SCADA se realiza la activación del movimiento de la mesa de salida.

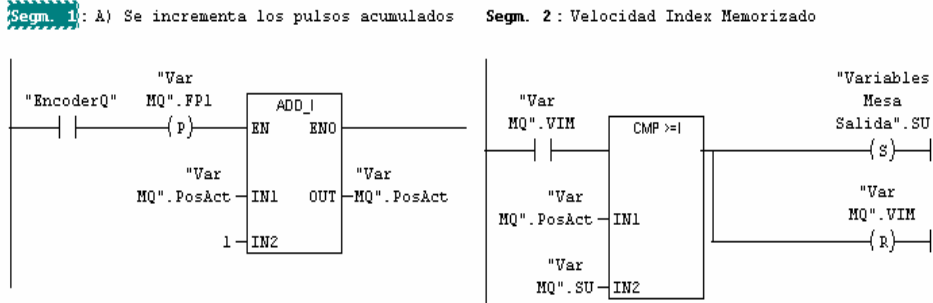


Figura 4.16 Incremento de la posición actual y activación de la mesa de salida.

Cuando el movimiento abandona la Combinación 2 y no hay transición de vidrio sólo se tiene que invertir el sentido del giro para continuar la oscilación y además hacer el incremento del encoder para conocer la posición actual, se sigue incrementando el encoder porque físicamente no se puede detener el motor inmediatamente y comenzar a girar en sentido contrario. Una vez terminada esta acción se inicia el decremento del encoder indicado en la combinación 4, en la cual se sabe que el motor gira ya de derecha a izquierda, el movimiento continúa de esta manera hasta que la posición actual es menor o igual a RQ. Finalmente, cuando el vidrio se encuentra dentro de la Combinación 3 donde se continúa el decremento del encoder y se invierte el sentido del giro para ir nuevamente de izquierda a derecha.

Todas estas combinaciones se mantienen a lo largo de la permanencia del vidrio dentro del Quench no importando si se encuentra en la presión de Quench o de Cooling, y hasta que la mesa principal indique el traslado del vidrio a la mesa siguiente.

4.4 Mesa de entrada.

La Mesa de entrada es por donde comienza todo el proceso del templado de vidrio, aquí el operador coloca el vidrio manualmente y este se introduce al proceso, el movimiento de esta mesa está a disposición de lo que le indique la

Cuando la mesa principal indica el traslado de vidrio, la mesa de entrada inicia el movimiento con la velocidad de índice durante un determinado tiempo y posteriormente se reestablece el valor de la posición actual para poder tener de nuevo la posibilidad del movimiento de preposición para el siguiente vidrio.

4.5 Mesa de salida.

El movimiento de la mesa de salida es el más sencillo de todos porque se realiza en una sola dirección y a una misma velocidad. La velocidad que define este movimiento es una fracción de la velocidad de índice de la mesa principal. En cuanto la mesa Quench indica que se realizará el traslado del vidrio a la parte final del proceso, se activa la mesa de salida con una velocidad de índice.

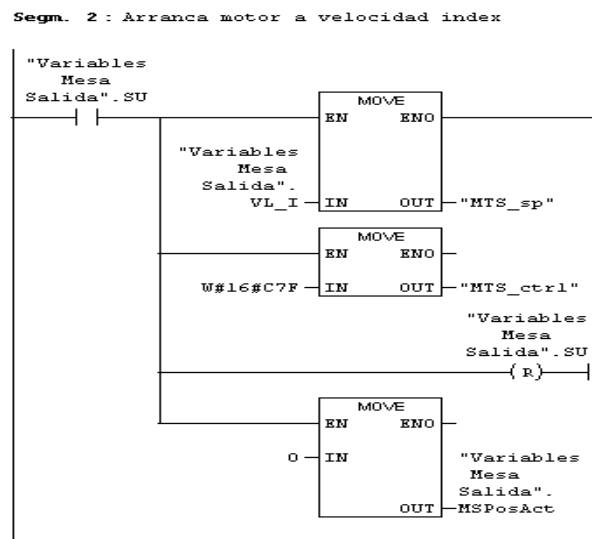


Figura 4.18 Inicio de movimiento de la banda de salida.

En esta mesa se cuenta también con una posición definida para detener el movimiento, por lo que cuando el incremento del encoder indica que se ha alcanzado este punto se activa la acción que reestablece la posición actual y detiene el movimiento del vidrio dentro de la mesa, para que el operador saque al vidrio ya templado del proceso.

Segm. 3 : Para Motor

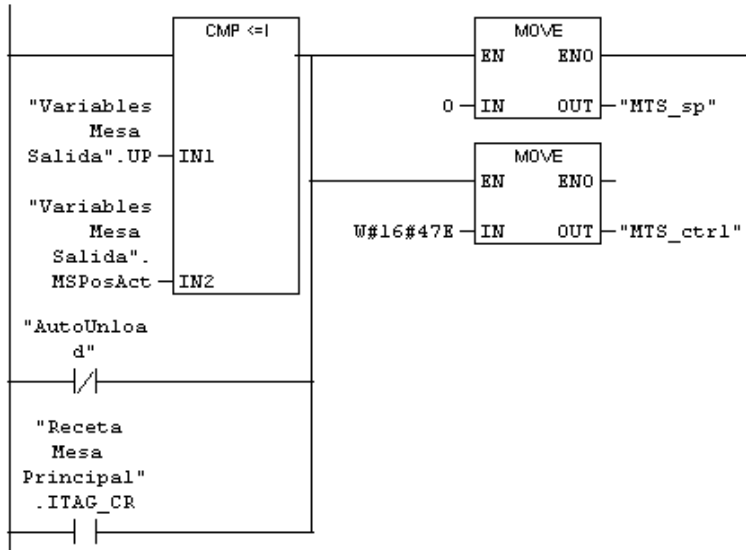


Figura 4.19 Función para detener el movimiento de la banda comparando la posición con un límite definido.

Si no se restableciera la posición actual, la banda quedaría girando y provocaría que el vidrio cayera de la mesa. Para llevar a cabo el templado del vidrio se requiere de dos operadores, uno colocado al inicio y otro al final del proceso, tanto para introducir el vidrio como para retirarlo ya templado.