



Universidad de Oviedo

Memoria del Trabajo Fin de Máster realizado por

JUAN ARSENIO BLANCO MARCOS,

para la obtención del título de

Máster en Ingeniería de Automatización e Informática Industrial

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SOFTWARE  
DE DIAGNÓSTICO Y SOLUCIÓN DE AVERÍAS EN  
LÍNEA DE TRANSPORTE DE VIDRIO**

Julio 2015





Universidad de Oviedo

**MÁSTER EN INGENIERÍA DE AUTOMATIZACIÓN  
E INFORMÁTICA INDUSTRIAL**

Memoria del Trabajo Fin de Máster

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SOFTWARE  
DE DIAGNÓSTICO Y SOLUCIÓN DE AVERÍAS EN  
LÍNEA DE TRANSPORTE DE VIDRIO**

Documento I: MEMORIA  
Documento II: PRESUPUESTO  
Documento III: ANEXOS

Juan Arsenio Blanco Marcos

Gijón, a 08 de Julio de 2015



Universidad de Oviedo

**MÁSTER EN INGENIERÍA DE  
AUTOMATIZACIÓN E INFORMÁTICA  
INDUSTRIAL**

**Documento I**

---

**Memoria**

*Diseño e implantación de software de diagnóstico y  
solución de averías en líneas de transporte de vidrio*

Juan Arsenio Blanco Marcos

Tutor: Felipe Mateos Martín



# Índice de contenidos

<b>1. Introducción.....</b>	<b>6</b>
1.1. Datos generales del proyecto.....	6
1.2. Saint-Gobain Cristalería.....	6
1.3. Fábrica de vidrio de Avilés.....	6
1.3.1. Productos y sus derivados.....	6
1.3.2. Carga, descarga y transporte del vidrio.....	8
1.3.3. Control de las líneas.....	9
1.3.4. Respuesta ante averías.....	9
1.3.5. Línea de Plateado.....	10
1.4. Antecedentes y problemática.....	10
1.5. Objetivos.....	12
1.6. Alcance del Trabajo Fin de Master.....	14
<b>2. Descripción general de la planta.....</b>	<b>15</b>
2.1. Elementos del puente.....	18
2.2. Elementos del carro.....	19
2.3. Elementos del cuadro de ventosas.....	20
2.4. Elementos del sistema de ventosas.....	23
2.5. Elementos de la mesa.....	23
<b>3. Especificación funcional del sistema.....</b>	<b>26</b>
3.1. Modos de funcionamiento.....	26
3.2. Proceso de carga del vidrio.....	26
3.3. Descripción del puesto de control.....	28
3.4. GDMMA.....	28
3.4.1. Evolución a través de los estados.....	31
3.4.2. Descripción de estados.....	31
<b>4. Arquitectura del sistema de control y supervisión.....</b>	<b>33</b>
4.1. Redes de comunicación.....	33
4.1.1. Red Ethernet.....	33
4.1.2. Profibus DP.....	34
4.2. Equipos para el control y supervisión.....	36
4.2.1. Equipos para el control.....	36
4.2.2. Equipos para la supervisión.....	37
<b>5. Desarrollo de la solución.....</b>	<b>40</b>
5.1. Decisiones de diseño.....	40



5.1.1. El SFC y las transiciones.....	40
Transiciones especiales .....	43
5.1.2. Formato del HMI.....	43
Ventanas del SFC .....	43
Ventana de transición .....	45
5.1.3. Presentación de la información y manejo de ventanas .....	46
5.2. Implementación de la solución.....	49
5.2.1. Organización del programa PLC .....	50
Copiar textos.....	51
Copiar booleanos.....	52
Alternativas de programación.....	53
5.2.2. Organización del programa en WinCC .....	54
Animación del SFC .....	54
Animación de la ventana de transición.....	54
5.2.3. Sincronización entre el PLC y el HMI .....	54
<b>6. Pantallas de explotación.....</b>	<b>57</b>
6.1. Pantalla principal de la volteadora de entrada.....	58
6.1.1. Botón GRAFCET VOLTEADORA ENTRADA.....	59
6.2. Pantalla principal del SFC.....	60
6.2.1. Objeto botón prismáticos.....	61
6.2.2. Objeto botón cambio de SFC .....	61
6.2.3. Objeto botón cerrar ventana .....	61
6.3. Ventana dos del SFC .....	63
6.3.1. Objeto cerrar ventana .....	64
6.4. Ventana de transición .....	64
6.4.1. Objeto botón actualizar condiciones .....	65
6.4.2. Objeto botón cerrar.....	65
<b>7. Conclusiones y posibles mejoras .....</b>	<b>65</b>
<b>8. Planificación.....</b>	<b>66</b>
8.1. Descripción de tareas.....	66
8.2. Planificación.....	69
<b>9. Bibliografía.....</b>	<b>70</b>



# Índice de figuras

Fig. 1: Hoja entera almacenada en un caballete. ....	7
Fig. 2: Ángulo de inclinación del caballete. ....	7
Fig. 3: Dos paquetes de travers almacenados en un caballete. ....	7
Fig. 4: Transportes de vidrio. ....	8
Fig. 5: Armario de control con un sistema Rockwell. ....	9
Fig. 6: Puesto de control en la entrada de la línea de plateado. ....	10
Fig. 7: Ejemplo de programación de un SFC en lenguaje de contactos. ....	11
Fig. 8: Foto panorámica del recinto de la volteadora de entrada. ....	15
Fig. 9: Esquema en planta del recinto de la volteadora de entrada. Situación de las zonas y caballetes. ....	16
Fig. 10: Esquema en planta de la volteadora de entrada. Situación y movimiento del puente y el carro. ....	17
Fig. 11: Esquema de funcionamiento del cuadro de ventosas. ....	17
Fig. 12: Sistema de apoyo y movimiento del puente sobre la estructura. ....	18
Fig. 13: Mecanismo reductor del carro. ....	19
Fig. 14: Transmisión de potencia mediante barra de reenvío en el carro. ....	19
Fig. 15: Zonas de pasillo y zonas de velocidad lenta. ....	20
Fig. 16: Detectores de cuadro arriba, cuadro abajo. ....	21
Fig. 17: Distribución de ventosas en el cuadro. ....	21
Fig. 18: Ubicación de los sensores en el cuadro de ventosas. ....	22
Fig. 19: Esquema de funcionamiento del palpador. ....	22
Fig. 20: Esquema de funcionamiento del dispositivo de vacío. ....	23
Fig. 21: Esquema de funcionamiento del mecanismo de elevación. ....	24
Fig. 22: Fotografía del mecanismo descrito. ....	24
Fig. 23: Mesa elevada. ....	25
Fig. 24: Movimiento hacia atrás del carro para situarse a la altura del vidrio. ....	27
Fig. 25: Movimiento hacia atrás del puente para enfrentar el cuadro de ventosas con el vidrio. ....	27
Fig. 26: Botonera del pupitre situado en la entrada. ....	28
Fig. 27: GDMMA de funcionamiento de la máquina. ....	30
Fig. 28: Distribución de redes y equipos hardware. ....	33
Fig. 29: Sistema con un único maestro. ....	34
Fig. 30: Velocidad de transmisión. ....	34
Fig. 31: Opción Plug&Play y tiempos de ciclo. ....	35



Fig. 32: Equipos conectados al bus. ....	35
Fig. 33: CPU 416-2. ....	36
Fig. 34: CP 443-1, módulo PROFINET IO. ....	36
Fig. 35: Tipo de comunicación del módulo CP 443-1. ....	37
Fig. 36: Tipo de tráfico en el módulo CP 443-1. ....	37
Fig. 37: HMI correspondiente a los controles de la parte de entrada de la línea. ....	38
Fig. 38: Configuración interface Ethernet de los PC's. ....	39
Fig. 39: Vista en planta de los transportes de entrada. ....	41
Fig. 40: Elección de condiciones. ....	42
Fig. 41: Condición mostrada en un cuadro de texto dentro de la ventana de transición. ....	42
Fig. 42: Cuadro de información para el operario. ....	43
Fig. 43: Ejemplo de acción asociada a un símbolo y su FC y segmento. ....	44
Fig. 44: Etapa, transición, acción y texto de ayuda. ....	45
Fig. 45: Condiciones y cuadro de texto dentro de la ventana de transición. ....	46
Fig. 46: Botón para iniciar el SFC de la volteadora de entrada. ....	47
Fig. 47: Botones de acceso a la siguiente pantalla del SFC. ....	47
Fig. 48: Ventana de transición. ....	49
Fig. 49: Flujograma de coordinación entre PLC y WinCC. ....	50
Fig. 50: Esquema de coordinación entre PLC y WinCC. ....	50
Fig. 51: Datos guardados en un DB de Siemens. ....	51
Fig. 52: Textos a copiar cuando se observa la transición 3. ....	52
Fig. 53: Entradas a la FC copiar bool. ....	53
Fig. 54: Programa en el interior de la función. ....	53
Fig. 55: Ejemplo de etapa con necesidad de variable auxiliar. ....	54
Fig. 56: Activación del FC7000. ....	55
Fig. 57: Se borran todos los datos que hayan podido quedar en el DB1801. ....	55
Fig. 58: Copia de booleanos, FC7000. ....	56
Fig. 59: Al final de la FC7000 se llama a la FC7001. ....	56
Fig. 60: Copia de textos en la Transición 45, FC7001. ....	56
Fig. 61: Al final del FC7001 se resetea Copia_cond. ....	56
Fig. 62: HMI de la volteadora de entrada en modo edición. ....	58
Fig. 63: Pantalla principal del SFC en RunTime. ....	60
Fig. 64: Ventana dos del SFC en modo RunTime. ....	63
Fig. 65: Ventana de transición en modo edición. ....	64
Fig. 66: Diagrama Gantt de la ejecución del proyecto. ....	69





# **1. INTRODUCCIÓN**

## **1.1. Datos generales del proyecto**

Título del Trabajo	Diseño e implantación de software de diagnóstico y solución de averías en líneas de transporte de vidrio.
Autor del Proyecto	Juan Arsenio Blanco Marcos
Tutor del Proyecto	Felipe Mateos Martín
Área de conocimiento	Ingeniería de Sistemas y Automática
Fecha de presentación	15 de julio de 2015

## **1.2. Saint-Gobain Cristalería**

Tal y como se puede leer en su página web ([www.saint-gobain.es](http://www.saint-gobain.es)), Saint-Gobain es una multinacional que fabrica y comercializa productos y soluciones innovadoras, energéticamente eficientes y de altas prestaciones, que aumentan el confort en el hábitat, contribuyendo a la protección medioambiental, y mejoran la vida diaria. Saint-Gobain es referencia mundial del Hábitat Sostenible.

Presente en 64 países, a través de más de 1000 empresas y de 195.000 empleados, el Grupo es líder en todas sus actividades y uno de los 100 primeros grupos industriales del mundo. Desde su sede en París, Saint-Gobain implanta su estrategia hacia el hábitat sostenible en todo el mundo, a través de una organización regional multi-país representada por 12 Delegaciones Generales, enlazada transversalmente con otra para los distintos sectores o polos de actividad. Así, la Delegación General de Saint-Gobain para España, Portugal, Marruecos, Argelia y Túnez coordina la actividad de todas las empresas implantadas en estos cinco países. Saint-Gobain Cristalería, antes Cristalería Española, es la empresa matriz del grupo en esta región mediterránea, donde está presente desde 1904.

## **1.3. Fábrica de vidrio de Avilés**

### **1.3.1. Productos y sus derivados**

La fábrica de vidrio de Avilés es la única fábrica de vidrio plano para la construcción que hay en España, en ella se transforman las distintas arenas que componen el vidrio en planchas de vidrio de diferentes grosores. Al proceso también se le añade en muchas ocasiones trozos de vidrio reciclado, denominado calcín, ya que el vidrio es 100% reciclable. Con todo ello se obtiene una única plancha de vidrio de 3210 mm de anchura, que sale de manera continua del horno, y que una vez enfriado se corta en función de una serie de parámetros, en unas longitudes standard. Según estas longitudes los subproductos obtenidos se dividen en dos grandes categorías:

- **Hoja entera**, que se trata de una plancha rectangular de 3210x6000 mm, siendo la hoja de mayores dimensiones que se hace en la fábrica.
- **Traver**, que es una hoja con el ancho standard pero de longitud variable.

Las hojas son almacenadas en caballetes casi verticalmente, con un cierto ángulo de inclinación que evita que las hojas se precipiten al suelo.



Fig. 1: Hoja entera almacenada en un caballete.

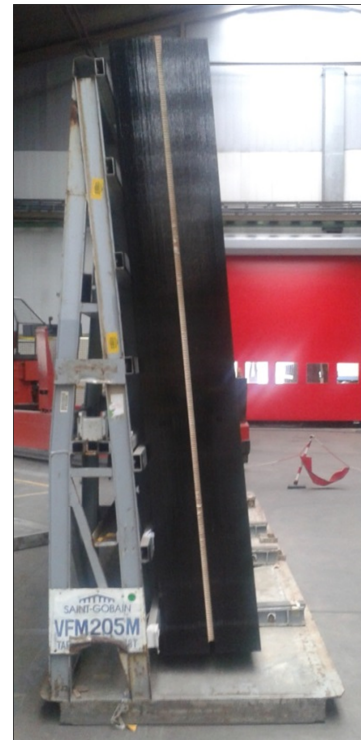


Fig. 2: Ángulo de inclinación del caballete.

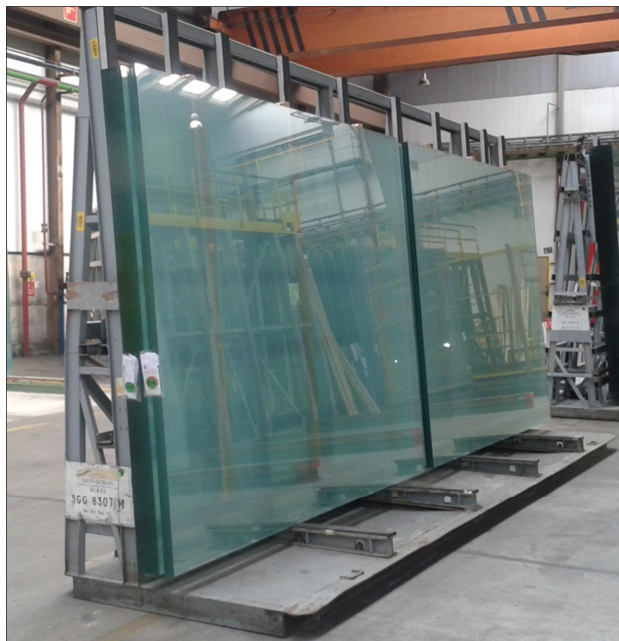


Fig. 3: Dos paquetes de travers almacenados en un caballete.

Es de vital importancia tener clara esta división durante todo el proceso de fabricación ya que los automatismos actuarán de manera muy diferente en función de esta división.

Continuando con la fábrica de Avilés, es importante destacar que además de fabricar vidrio base dispone de otras tres líneas para fabricación de productos transformados, derivados del vidrio base obtenido en una primera instancia. La más importante es la línea de vidrio laminado ya que este se usa cada vez más frecuentemente en los acristalamientos exteriores de



grandes edificios, por su seguridad y mayor resistencia, con lo que representa una cantidad importante de todo el vidrio vendido.

A su vez dispone de una línea de plateado en la cual se obtienen espejos, gracias a una capa de plata aplicada por una de las caras del vidrio.

Por último se dispone de la línea de capas en donde, mediante la aplicación de diferentes tipos de productos químicos o pinturas especiales se consiguen diferentes efectos en el vidrio, como por ejemplo vidrio ahumado de diferentes colores.

### 1.3.2. Carga, descarga y transporte del vidrio

La fabricación de vidrio requiere de multitud de transportes de rodillos que lleven el vidrio por las líneas, tanto de fabricación como de transformados. Estos transportes han de ser de una longitud determinada, diseñados para hacer plazas y en caso de ralentización de la producción o empaquetado, poder controlar en donde se encuentra cada hoja situada en la línea.

La longitud viene dada por la mayor longitud de la hoja que vaya a pasar por encima, así, transportes que puedan llevar hoja entera han de ser de como mínimo 6 metros de longitud (recordar que el ancho es estándar). Con esto se consigue que cada hoja quede en un transporte en caso de saturación de la línea (cada transporte es una plaza).



Fig. 4: Transportes de vidrio.

Los postes azules situados a pares disponen de fotodetectores que controlan la posición del vidrio, habiendo dos por transporte. El primero detecta en qué posición tiene que entrar la velocidad lenta en caso de tener que pararse el vidrio en el transporte y el segundo indica la posición de parada del vidrio en ese transporte.

Todas las líneas (a excepción de la que sale del horno) disponen de una máquina que carga el vidrio en la línea y otra similar, a la salida de la misma, para empaquetar el vidrio en caballetes. Como es lógico, la línea de salida del horno no dispone de cargadora, puesto que es de donde sale el producto base, pero si dispone de empaquetadoras que actúan en función de la medida del vidrio.



### 1.3.3. Control de las líneas

Como cabe esperar, todo el proceso de fabricación y transformación está controlado por medio de autómatas programables (Programmable logic Controller, PLC), en su gran mayoría de la firma Rockwell Automation, aunque también se utiliza Siemens (para la Línea de Plateado) u Omron (para pequeños controles de llenado de depósitos), entre otras grandes marcas. Se ha tomado como standard de programación de los PLC's el **lenguaje Ladder** y se procura mantener este estándar en todas las modificaciones y elementos añadidos.

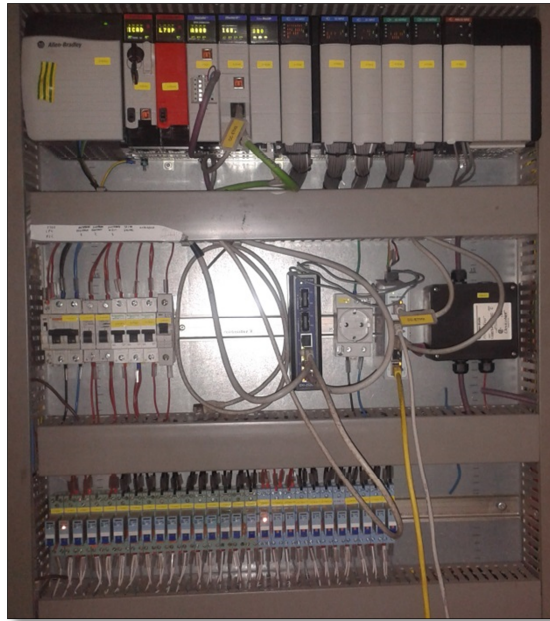


Fig. 5: Armario de control con un sistema Rockwell.

### 1.3.4. Respuesta ante averías

Al igual que en cualquier fábrica, se hace necesario disponer de un buen departamento de mantenimiento que evite problemas en las diferentes líneas de producción y así evitar pérdidas económicas, o en caso de producirse, responder rápida y eficazmente.

En la fábrica de Avilés, se dispone de un departamento de ingeniería de mantenimiento con diferentes secciones que abarcan las distintas áreas que componen la fábrica: Sección de Automatismos, Servicios Generales, Ingeniería, Mecánica, etc... A este departamento se le conoce con el nombre de **IMAF (Ingeniería de mantenimiento y Ayuda a la Fabricación)**, que a la hora de afrontar averías, sirve como apoyo a un primer equipo de acción denominado **Guardia** y que es el primero en asistir a la avería. En caso de que este equipo no tenga los conocimientos o medios necesarios para afrontarla delega en IMAF.

Tanto la Guardia como el departamento de IMAF tienen acceso total a los programas y configuraciones.

En las líneas también se dispone de **técnicos** que en caso de avería disponen de ciertos conocimientos técnicos con los que poder solucionar pequeños contratiempos. Así, si el técnico no puede solucionar el problema pasaría aviso a avisar a la Guardia, que a su vez avisaría al departamento de IMAF en caso de no poder hacer frente a la avería.

Los profesionales de la línea tienen restringido el acceso a los programas y configuraciones por motivos de seguridad.



### 1.3.5. Línea de Plateado

Como se menciona en capítulos anteriores, la línea de plateado trata el vidrio base para obtener espejos. A grandes rasgos, dispone de un área de carga con tres estructuras que pueden albergar sendos caballetes. Mediante un carro móvil (que lleva solidario un cuadro de ventosas), situado en puente grúa, se accede a los diferentes caballetes. Las hojas recogidas son depositadas en los transportes. Tras completar el proceso de plateado se dispone de una máquina similar en la salida que apila el producto en otros caballetes. Para una descripción detallada de la máquina de carga, acudir a los capítulos dos y tres.

Para el control de la línea se dispone de un PLC de Siemens y tres puestos de control, uno en la entrada, uno en la salida y un tercero en una sala general de control. En la entrada y la salida se dispone de controles manuales e Interface Hombre-Máquina (en inglés, Human Machine Interface, HMI). Mientras que en la sala de control solo se dispone del Interface gráfico.



Fig. 6: Puesto de control en la entrada de la línea de plateado.

## 1.4. Antecedentes y problemática

La línea de plateado es una línea con varias décadas de antigüedad. En sus inicios se trataba de una sencilla línea controlada mediante contactores y relés, que poco a poco ha ido ampliando sus funciones.

Con la proliferación de los autómatas programables se hizo absolutamente necesario hacer un cambio en el control de los automatismos, pues si se quería hacer una modificación o añadir una función nueva a la máquina, se hacía necesaria la intervención de varios profesionales, la reforma tardaba varios días en hacerse efectiva y requería un paro “prolongado” (para ciertos procesos continuos, como es el caso de un horno del que no para de salir vidrio, un paro de 5 ó 6 horas es mucho tiempo). Por ejemplo para añadir un desplazamiento en el carro durante el levantamiento de una hoja haría falta una persona que diseñase el circuito eléctrico, otra que hiciese el esquema (habitualmente es la misma persona) y



electricistas que cableasen la nueva configuración. Sin embargo con un autómata programable, bastaría una sola persona y una o dos horas para añadir dos o tres segmentos dentro de un programa y actualmente sin necesidad de parar ningún elemento.

El primer autómata programable que se instaló fue de la casa Rockwell para el que se creó un programa, en lenguaje de contactos, intentando describir un GRAFCET (del francés, Graphe Fonctionnel de Commande Etape Transition). Para ello se activaban marcas de forma secuencial en donde una marca de memoria B (en el ejemplo M537.1) se activaba tras haberse activado la A (en el ejemplo M537.0) y además unas condiciones (en el ejemplo tras la temporización de 300 ms del temporizador T135). La activación de B reseteaba la marca A. Siempre que A o B están activas se realizan una serie de acciones (en el ejemplo, para la M537.1, habría que acudir al bloque que representa el variador y se vería que activa una velocidad preseleccionada). En la siguiente figura se ve un ejemplo de una programación que describe un GRAFCET o SFC (Sequential Function Chart) como se conoce en la norma IEC-61131-3.

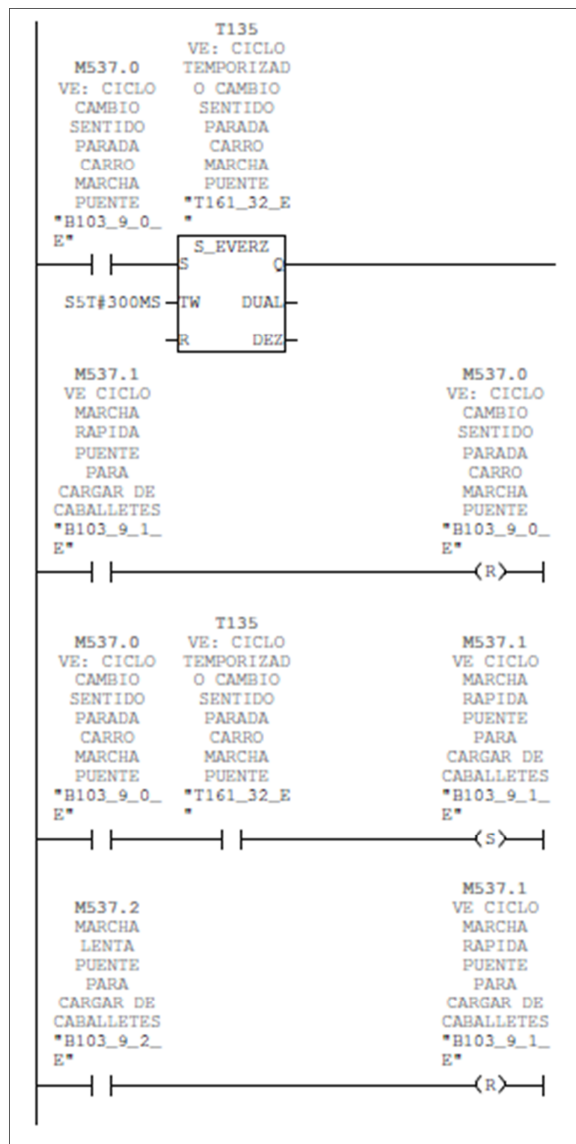


Fig. 7: Ejemplo de programación de un SFC en lenguaje de contactos.



Efectivamente, esta manera de programar es la esencia de un SFC, en donde la activación de una etapa lleva una, ninguna o varias acciones asociadas, que se activan secuencialmente y que para pasar de una a otra han de cumplirse unas condiciones (las transiciones).

El sistema de Rockwell pronto quedó obsoleto teniéndose que hacer una migración, que por motivos económicos se optó por un sistema de Siemens. El programa que corre en el autómatas de Siemens en la actualidad, es una adaptación del desarrollado para sistema de Rockwell, con lo que hubo que hacer diferentes modificaciones para adaptar la programación de un sistema a otro, sin que el funcionamiento de las máquinas se viese alterado. Como es de esperar la adaptación no fue perfecta, existiendo en la actualidad numerosos “gazapos” que provocan comportamientos anómalos en las máquinas en ocasiones contadas.

Al problema anteriormente mencionado se le añaden los fallos “normales” que siempre se presentan en los automatismos, fallos en los variadores, los detectores, etc... Y como no, fallos en el diseño del programa que se van depurando durante el funcionamiento de la máquina o mediante herramientas como la estudiada en este proyecto. Ningún programa, medianamente grande, está exento de fallos de diseño.

Como en todas las líneas de producción de cualquier fábrica, lo que se pretende es minimizar el número de paradas por fallos en las máquinas, o en caso de producirse, minimizar el tiempo de parada, pues es dinero perdido, así como el material perdido por fallos en automatismos. Con una buena herramienta de diagnóstico se podrían minimizar los tiempos de parada a tan solo unos pocos minutos, pues los técnicos de la línea serían capaces de solucionar el problema sin tener que avisar a la Guardia que podría tardar en llegar o incluso no estar disponible.

Una buena herramienta de diagnóstico también ayudaría a los ingenieros a encontrar fallos en el funcionamiento de las máquinas debidos a un mal diseño del programa, pues en ciertas ocasiones, encontrar fallos en programas de tal envergadura puede llevar días e incluso meses, o no encontrarse nunca (habitual en fallos extremadamente aleatorios que se producen una vez cada varias semanas y que no producen un paro de la máquina).

## **1.5. Objetivos**

El objetivo de este proyecto es desarrollar la herramienta mencionada en el apartado anterior, que sirva de ayuda para la localización de averías o defectos de funcionamiento en las máquinas tanto a los técnicos, como a la Guardia y a los ingenieros de mantenimiento. Para ello se aprovecha de la filosofía con la que fue desarrollado el programa, la de intentar plasmar un SFC en lenguaje de contactos, y simular de manera gráfica la evolución de la máquina a través de todas sus etapas. Pero para ello hay que realizar ingeniería inversa.

Habitualmente se desarrolla el SFC y el GDMMA del automatismo, con lo que se obtiene el funcionamiento de la máquina de manera visual. Tras este paso se comienza a desarrollar el programa con el lenguaje o lenguajes elegidos y se realiza una puesta en marcha.

En este caso la puesta en marcha está hecha desde hace ya varias décadas y el objetivo es plasmar el funcionamiento en modo automático de la máquina en un SFC y que este sea el correcto. Hay que tener en cuenta que pueden existir numerosas divergencias que no están reflejadas como tal en el programa (mediante comentarios por ejemplo) y que hay que saber cuáles son sus condiciones, donde empiezan, donde terminan y cuáles son las etapas que comprenden tales divergencias.



Con el SFC en papel los operarios de las máquinas y los técnicos, tras explicarles unas pocas nociones de lo que es un SFC, serían capaces de comprender el funcionamiento en modo automático de la máquina y seguirla durante todas sus etapas. Si además a ese SFC se añade el segmento o segmentos de la función donde se activan las etapa y sus acciones asociadas, así como las condiciones de cada transición necesaria para la activación de la siguiente etapa, permitiría a los usuarios avanzados un diagnóstico de averías y fallos en el diseño del programa mucho más rápido, pues observando en qué punto del SFC está el problema podrían acudir a los segmentos de manera directa y ver qué condiciones no se están cumpliendo para que la máquina continúe con los movimientos.

Finalmente si este SFC se dibuja en una pantalla de ordenador y se anima en sincronía con la máquina se consigue una potente herramienta de diagnóstico de averías, pues si la máquina se detiene, quedaría la etapa activa resaltada en diferente color con lo que se sabría exactamente en qué punto ha fallado. Incluso se podría mostrar en la pantalla el motivo exacto por el que la máquina no continúa si se crease una ventana en donde se muestren las condiciones para evolucionar a la siguiente etapa y además se resaltan las que no se han cumplido aún.

Este último párrafo resume los objetivos del proyecto:

- Obtener el SFC de la máquina en modo automático.
- Animar el SFC en sincronía con la máquina.
- Mostrar en pantalla las condiciones de cada transición y diferenciar las que se han cumplido de las que no.

Si finalmente se cumplen todos los objetivos la herramienta obtenida cumplirá las siguientes funciones:

- Comprender el funcionamiento automático de la máquina para cualquier persona de la fábrica
- Para los operarios y técnicos de la línea:
  - Poder solucionar pequeños problemas con los detectores y finales de carrera.
  - En caso de tener que avisar a la Guardia, poder indicarles de manera aproximada cuál puede ser el problema.
  - En caso de que la máquina se pare de manera aleatoria, poder indicar en el aviso que se hace a IMAF, en qué etapa se paró y cuáles eran las condiciones que no se cumplieron.
- A la Guardia le facilitaría el acceso a la función y segmento o segmentos implicados en el paro de la máquina, sin necesidad de hacer un estudio previo del programa, además de lo anteriormente mencionado.
- Para la sección de automatismos del departamento de IMAF, además de todo lo indicado en los puntos anteriores, permitiría poder hacer un seguimiento de una parada puntual por motivos desconocidos, que normalmente no impide volver a comenzar el modo automático y que de no encontrar la máquina parada sería difícil de obtener el motivo por el cual se produjo el paro.

Todas estas funciones se traducen en una reducción de los tiempos de parada y menor cantidad de material perdido por fallos en el funcionamiento del automatismo.

Para poder alcanzar estos objetivos es necesario estudiar y conocer el programa que hace funcionar la máquina, que como se ha mencionado con anterioridad, contiene numerosos





gazapos que hay que encontrar y corregir. Este es un objetivo secundario del proyecto, el aprovechar el estudio del programa para encontrar fallos de programación y errores durante la migración.

Finalmente, mencionar que este tipo de herramientas es una innovación en la fábrica, pues es la primera vez que se implanta un software de estas características, con lo que requiere un estudio de inversión, es decir, se necesita saber si el ahorro por la reducción de tiempos de parada y pérdidas de materiales por fallos en automatismos justifica la inversión realizada para desarrollar la mencionada herramienta. Por lo tanto se ha realizado un primer prototipo en la cargadora de entrada de la línea de plateado, siendo este prototipo el estudiado en este documento. Finalmente si el sistema permite ahorrar costes en la producción se implantará en los automatismos más complejos o que den mayores problemas.

## **1.6. Alcance del Trabajo Fin de Master**

El alcance del presente Proyecto comprende las tareas necesarias para la implementación de un sistema de diagnóstico de averías en los mecanismos automáticos de una máquina, así como de posibles fallos en el software de la misma. Constará de las siguientes etapas:

- Estudio del modo automático de la máquina y familiarización con el método de programación del software (descripción de un SFC en lenguaje LADDER).
- Desarrollo del SFC de la máquina.
- Toma de decisiones en cuanto a que condiciones poner en las transiciones.
- Elección del formato de visualización y animación del SFC y las transiciones.
- Creación de pantallas.
- Creación del software necesario para animar el sistema en tiempo ral.
- Ampliación de información de la máquina (estados de los módulos de seguridad e interruptores tipo seta, entre otros) en las pantallas creadas.
- Ensayos y puesta en marcha del sistema y corrección de errores.
- Creación de la documentación y manuales necesarios tanto para operarios como para Ingeniería de Mantenimiento.



## 2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA PLANTA

Tal y como se describe en apartados anteriores, las hojas de vidrio que salen del horno son colocadas en caballetes que después se “aparcen” en las plazas del almacén. Cuando una línea necesita disponer de vidrio para fabricar sus subproductos solicita uno de estos caballetes que se deposita en la zona de carga de la línea, siendo en esta zona donde entra a funcionar la primera máquina automática de la línea: la cargadora, desapiladora o volteadora de entrada. Todos estos términos hacen referencia a la misma máquina, que es la que coge hoja por hoja del paquete y las va depositando sobre el primer transporte de la línea. De manera oficial (tal y como viene en los planos y esquemas de la máquina) la máquina que carga el vidrio en la línea de plateado se llama volteadora de entrada, ya que el vidrio pasa de estar casi vertical en el caballete, a estar completamente horizontal en el primer transporte. En la siguiente figura se ha retratado la máquina panorámicamente.

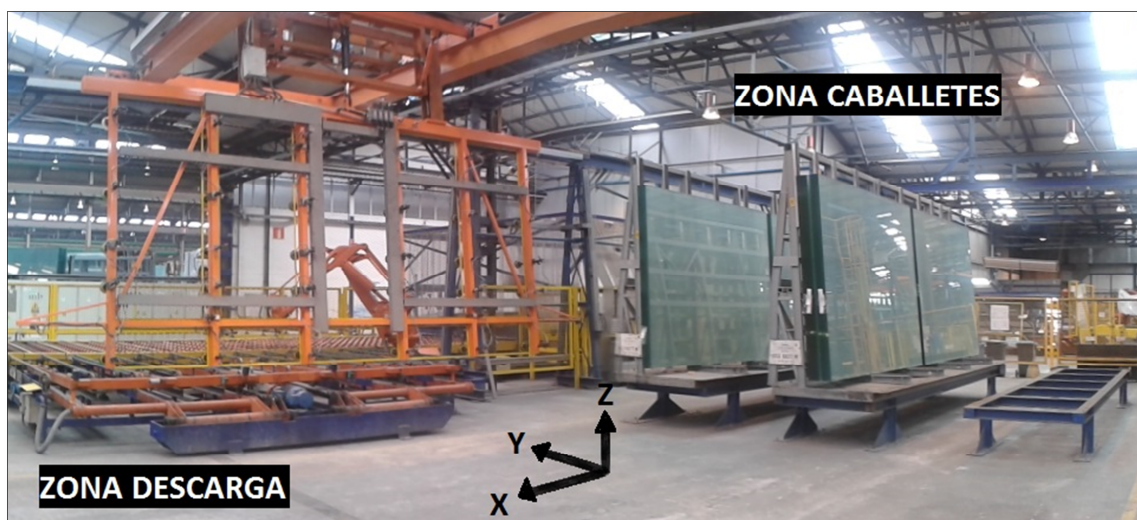


Fig. 8: Foto panorámica del recinto de la volteadora de entrada.

Para ello se vale de cinco elementos principales, tres que permiten mover el vidrio en los tres ejes (X,Y,Z), otro que permite la fijación del vidrio a la máquina y un último que voltear el vidrio y lo coloca horizontalmente sobre el transporte. Para entender el porqué de cada elemento se dispone del siguiente dibujo en planta con la situación del vidrio a descargar y la situación del elemento que recibe el vidrio. Los caballetes de las figuras 1 y 2 se colocan en las posiciones uno, dos o tres (lado caballetes). La máquina carga una hoja en una de esas posiciones y la transporta hasta la posición cero (lado mesa), donde la deposita encima de una mesa móvil, que en ese instante está en posición vertical. Al descender la mesa, posa la hoja sobre unas correas móviles, las cuales trasladan la hoja hasta el transportador de la línea.

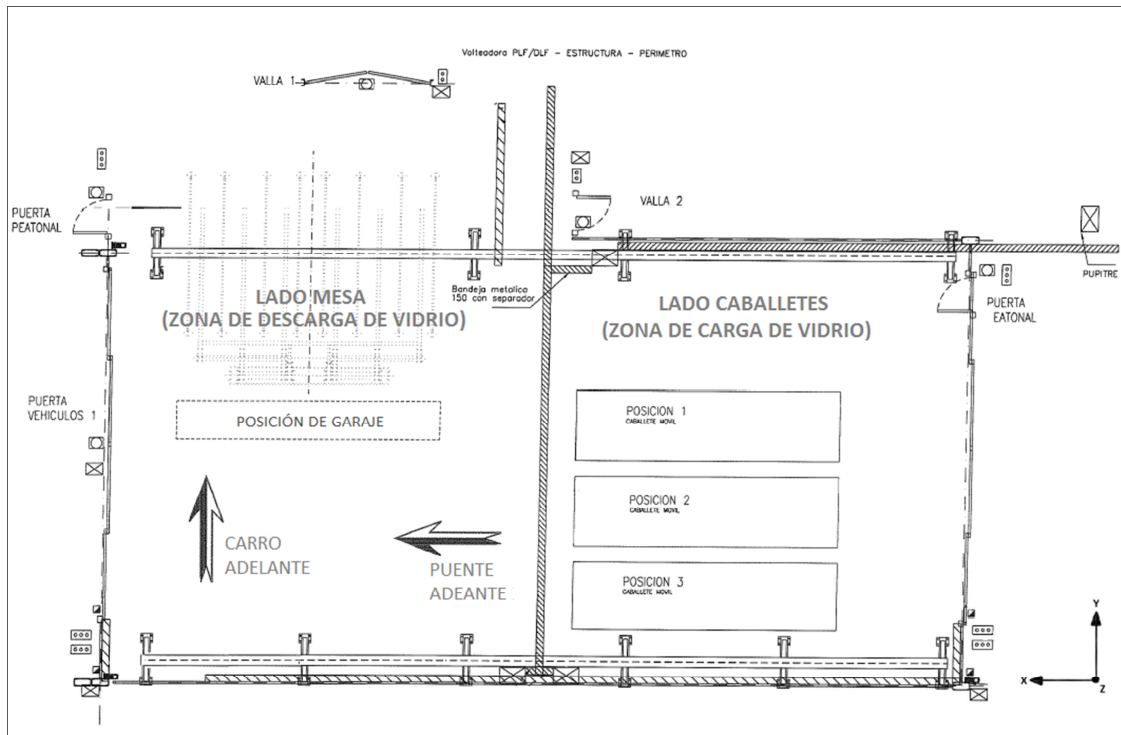


Fig. 9: Esquema en planta del recinto de la volteadora de entrada. Situación de las zonas y caballetes.

Para realizar los movimientos del vidrio desde el lado caballetes hasta el lado mesa se dispone de un puente grúa que se apoya sobre la estructura de vigas y tirantes. Este movimiento se realiza a lo largo del eje X. El siguiente elemento móvil, que desplaza el vidrio en el eje Y, es un carro situado sobre el puente móvil y que recorre el puente de un extremo a otro. En la siguiente figura se dispone de otro esquema en planta de la situación del puente y el carro sobre la estructura.

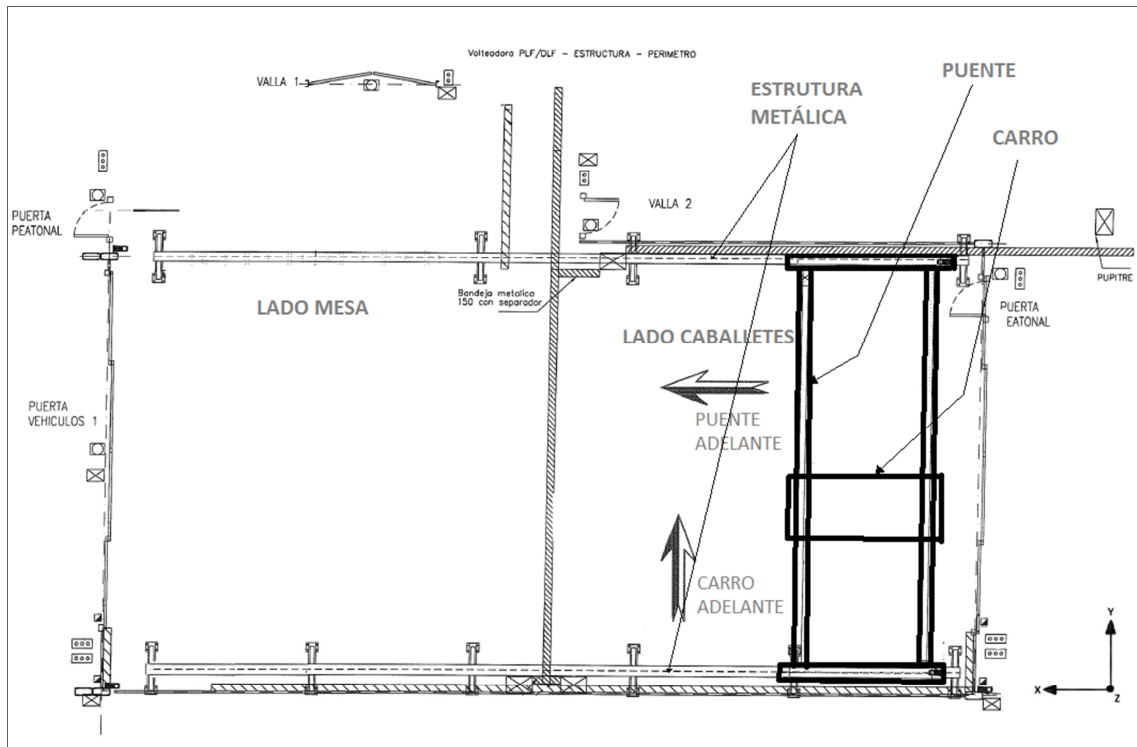


Fig. 10: Esquema en planta de la volteadora de entrada. Situación y movimiento del puente y el carro.

El último movimiento se realiza de forma vertical sobre el eje Z y es el que eleva el vidrio de los caballetes y lo descende sobre los tacos de goma de la mesa. Para este movimiento se dispone de un cuadro con varias filas de ventosas activadas por aire comprimido, las cuales fijan el vidrio por vacío al cuadro, estando este solidario al vástago de un cilindro hidráulico. El cilindro a su vez está solidario al carro y es el que hace la fuerza de elevación del cuadro y por tanto del vidrio fijado por las ventosas. Para ilustrar esta descripción se dispone de la siguiente figura que hace una descripción esquemática del conjunto y que por motivos de confidencialidad no es fiel al mecanismo instalado realmente.

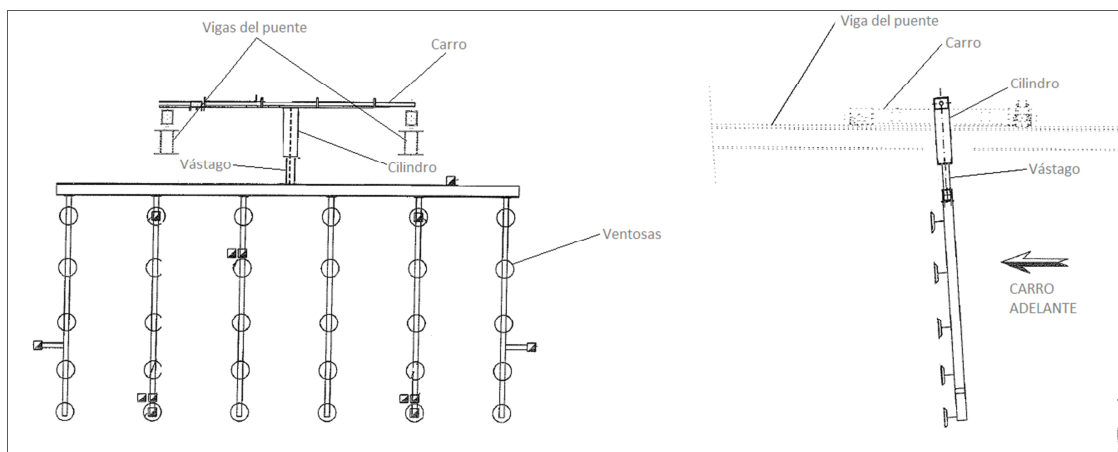


Fig. 11: Esquema de funcionamiento del cuadro de ventosas.



## 2.1. Elementos del puente

El puente es una estructura metálica formada por vigas de acero que forman un rectángulo, y que se apoya por sus lados más cortos sobre la estructura que forma el recinto. En los puntos de apoyo del puente sobre la estructura se intercala un conjunto de ruedas metálicas que son accionadas por un motor eléctrico y que permiten que el puente se mueva libremente sobre la estructura (ver esquema de la figura 9).



Fig. 12: Sistema de apoyo y movimiento del puente sobre la estructura.

Los motores que accionan las ruedas son dos motores eléctricos de 1,5 KW situados uno en cada punto de apoyo y que son gobernados por un variador de velocidad Altivar 71 de Schneider. Para ello se conectan en paralelo al variador. Cada motor dispone de un freno mecánico accionado por un elemento magnético, estando frenado cuando no tienen tensión y liberándose el freno en presencia de tensión eléctrica. El manejo del freno está programado en el variador, esto permite liberar el freno cuando el puente esté en movimiento y accionarlo siempre que no haya acción sobre el motor. Gracias al variador se pueden programar dos velocidades de movimiento del puente, una lenta para cuando está cerca de las posiciones inicial y final del movimiento y una rápida para el resto. Por ejemplo, para ir de A a B, iniciaría la marcha en lenta, seguidamente entraría la rápida para retornar a lenta en las proximidades del punto B y finalmente paro en B

Para conocer la posición del puente dentro del recinto se dispone de un telémetro laser situado en la estructura metálica del propio recinto y que indica en todo momento la distancia del puente con respecto a él. Gracias al telémetro se pueden programar zonas y puntos de inicio y destino, que para el puente son las siguientes:

- **Posición de garaje:** situada en el lado de la mesa
- **Posición caballetes:** situada en el lado de los caballetes



- **Zona de velocidad lenta en lado mesa:** zona de velocidad lenta tras entrar en lado mesa y antes de parar
- **Zona de velocidad lenta en lado de caballetes:** zona de velocidad lenta tras entrar en lado caballetes y antes de parar

Finalmente se dispone de dos finales de carrera a modo de seguridad, accionados mecánicamente, situados uno en cada extremo del recorrido y que sirven como seguridad en caso de que fallen los telémetros. Si se le ordenase al puente ir hasta la posición 3000 y el telémetro siempre diese 0 (como ya ha ocurrido) el puente podría acabar descarrilando por el extremo de la estructura, sin embargo con un final de carrera el puente se detendría al ser accionado.

## 2.2. Elementos del carro

El carro, al igual que el puente, se apoya sobre este último mediante unas ruedas que, al ser accionadas, le permiten deslizarse sobre los lados más largos de la estructura del puente. La estructura del carro es algo más compleja que la del puente, pues ha de albergar la sujeción del cuadro de ventosas, pero se puede asemejar a un cuadrado (ver esquema de la figura 9).

Para accionar los dos conjuntos de ruedas se dispone de un motor eléctrico de idénticas características que los del puente, incluido el freno mecánico y que, al igual que el puente, está controlado por un Altivar 71 de Schneider. Para transmitir el movimiento del motor a los dos conjuntos de ruedas, este se fija a un mecanismo reductor que dispone de un reenvío y que, mediante una barra, transmite el movimiento hasta el conjunto de ruedas opuesto.

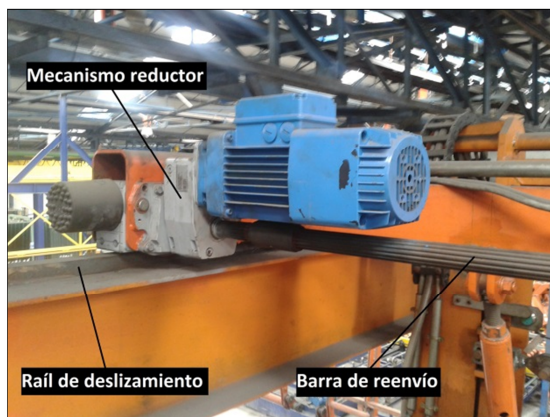


Fig. 13: Mecanismo reductor del carro.



Fig. 14: Transmisión de potencia mediante barra de reenvío en el carro.

Para conocer la posición del carro sobre el puente se dispone nuevamente de un telémetro laser que indica la posición del carro en todo momento, y que permite declarar las siguientes posiciones y zonas

- **Zona de garaje:** justo antes de la mesa.
- **Zona de velocidad lenta en garaje:** antes de llegar a la zona de garaje.
- **Zona segura para carga de caballetes:** zona situada encima de la mesa. Solo puede acceder cuando la mesa está abajo y se desea la entrada para cargar los caballetes en la zona de caballetes. El movimiento en esta zona se hace en lento, no hace falta declarar una zona de lento.



- **Zona pasillo X:** zona justo delante de los caballetes, por donde entra el cuadro de ventosas.
- **Zona de velocidad lenta en pasillo X:** justo delante de la zona de pasillo.

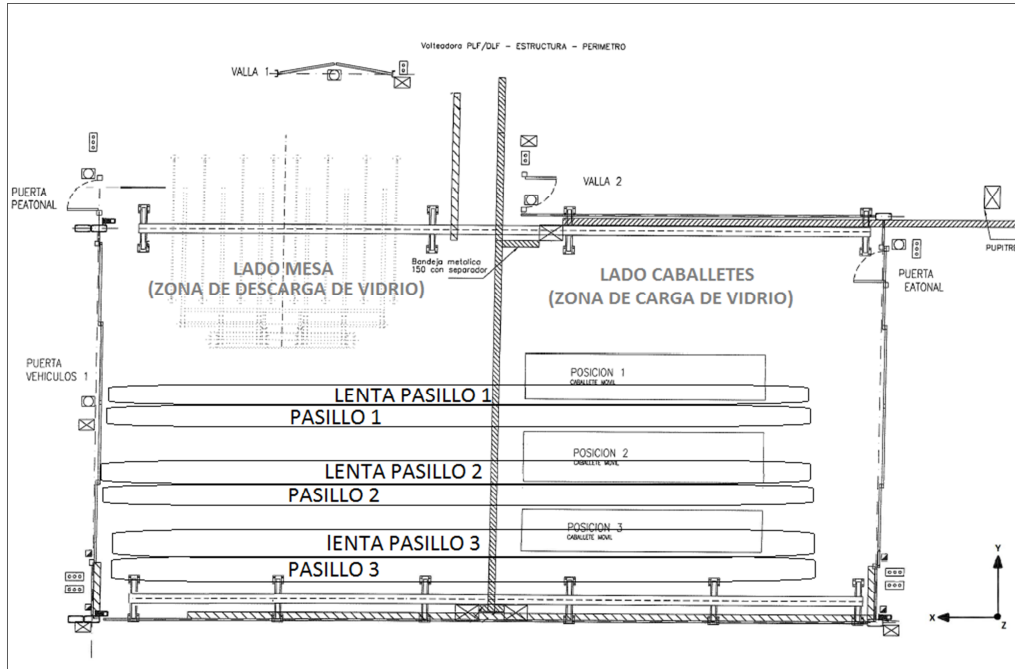


Fig. 15: Zonas de pasillo y zonas de velocidad lenta.

Como se aprecia en la figura, las zonas de velocidad lenta están encima de los caballetes, pues cuando el cuadro se aproxima a por una hoja del caballete, lo ha de hacer en velocidad lenta.

Finalmente, al igual que en el puente, se dispone de dos finales de carrera, uno en cada extremo que pararían el movimiento del carro en caso de fallo del telémetro.

### **2.3. Elementos del cuadro de ventosas**

El cuadro de ventosas dispone de un actuador y dos finales de carrera. El actuador es un cilindro hidráulico que eleva y desciende el cuadro de ventosas valiéndose de una bomba hidráulica y dos electroválvulas. Los finales de carrera son dos sensores inductivos que detectan una pletina metálica atornillada al cuadro. Como cabe esperar uno indica cuadro arriba y otro indica cuadro abajo.



Fig. 16: Detectores de cuadro arriba, cuadro abajo.

Dispone de una matriz de ventosas de cinco filas y seis columnas, divididas en dos zonas. Tres columnas para la zona derecha y las otras tres para la izquierda. Esto es debido a que en la línea se puede trabajar con travers y puede ser necesario coger un único travers de los dos montones almacenados en el caballete (ver figura 3), con lo que la otra zona queda desactivada y por lo tanto no recibe aire. A su vez estas zonas están divididas en dos cada una, zona superior que abarca las dos últimas filas, y zona inferior que abarca las tres primeras.

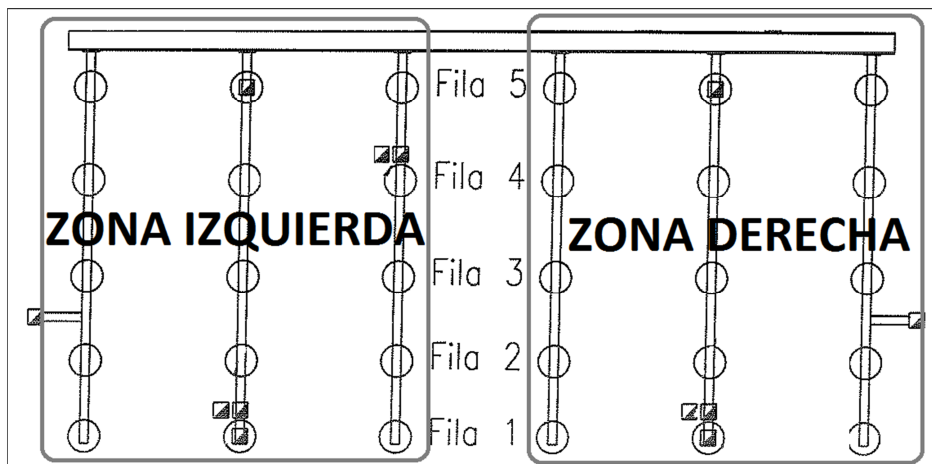


Fig. 17: Distribución de ventosas en el cuadro.

Por último dispone de varios sensores que indican la posición del cuadro con respecto a la hoja de vidrio:



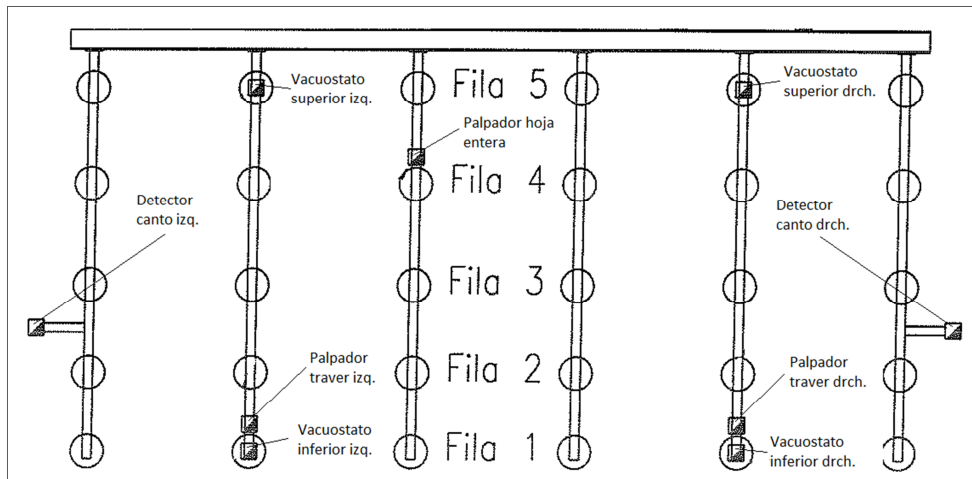


Fig. 18: Ubicación de los sensores en el cuadro de ventosas.

- Un detector de canto del vidrio a cada lado del cuadro para saber la posición del vidrio en el caballete. Cuando dejan de ver los dos detectores significa que el cuadro está centrado en el vidrio. Solo se utiliza en caso de trabajar con traves, pues la posición de los paquetes puede variar de un caballete a otro.
- Dispone de tres palpadores, que indican cuándo el cuadro ha tocado el vidrio y por la tanto las ventosas hacen contacto con el mismo. Es un cilindro metálico, con una protección de goma en la zona de contacto con el vidrio, que atraviesa el cuadro. En el otro extremo del cilindro lleva atornillado un disco que es detectado por un detector inductivo. Al presionar sobre el vidrio pierde este disco e indica que el palpador ha sido introducido en el cuadro. El palpador retorna con un muelle cuando se deja de ejercer presión sobre él. Un palpador para cada traver y un tercero para hoja entera.

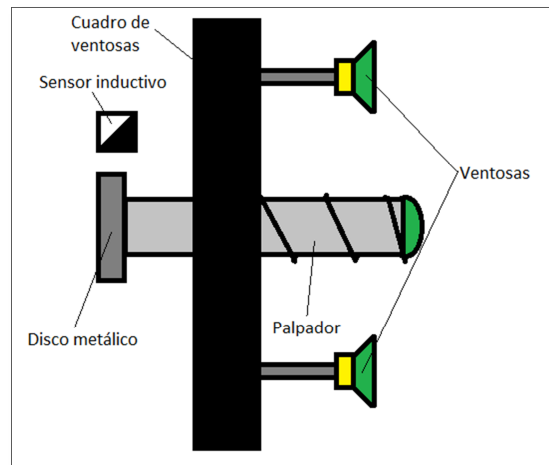


Fig. 19: Esquema de funcionamiento del palpador.

- Por último dispone de cuatro vacuostatos, uno por cada pareja de electroválvulas de aire comprimido (ver siguiente apartado para más información sobre las electroválvulas), repartidos en dos por cada zona, izquierda y derecha. Uno para las dos últimas filas y otro para las tres primeras lo que permite detectar si la hoja permanece sujeta al cuadro. El uso de dos vacuostatos por zona permite detectar un fallo de vacío o un defecto en los sensores, si hay discordancia entre ambos.



## 2.4. Elementos del sistema de ventosas

Las ventosas generan vacío gracias al Efecto Venturi. Cada una de ellas dispone de un dispositivo con un conducto que lo une con la ventosa. Al soplar por él hace que el aire contenido entre la ventosa y el vidrio sea aspirado por el conducto situado en el centro, con esto se genera el vacío y por la tanto la fuerza que une la ventosa al vidrio. Este dispositivo dispone de otra entrada de aire que permite expulsar aire por las ventosas para anular el efecto ventosa cuando se deja de hacer vacío. Dispone de un antirretorno que tapa la entrada de aire de soplado cuando se está haciendo vacío. Con lo que si se dispone de dos circuitos de aire, se puede conseguir soplar y hacer vacío con el mismo dispositivo.

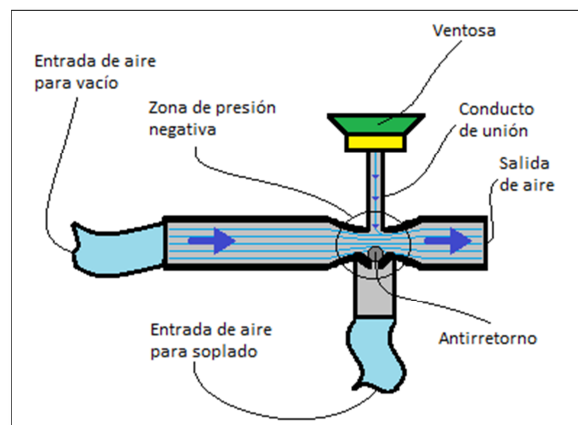


Fig. 20: Esquema de funcionamiento del dispositivo de vacío.

La división del cuadro hace que se utilicen dos electroválvulas por cada zona, una para vacío y otra para soplado, con lo que hacen un total de 8 electroválvulas que gobiernan el paso del aire hacia los dispositivos de Efecto Venturi. Como se menciona en el apartado anterior, cada pareja de electroválvulas dispone de un vacuostato que permite saber si se ha hecho vacío en las ventosas de la zona en la que está situado. El vacuostato no aporta información cuando se está soplando la hoja.

## 2.5. Elementos de la mesa

La mesa se vale de un motor y un doble mecanismo de biela-manivela para cambiar de posición horizontal a vertical. Dicho motor está unido a una reductora la cual lleva acoplado el doble mecanismo. Los extremos libres de las bielas son fijados a un eje excéntrico al eje de rotación, lo que hace que la mesa rote en torno a su eje de rotación y se posiciona verticalmente. Las siguientes figuras ilustran el mecanismo.

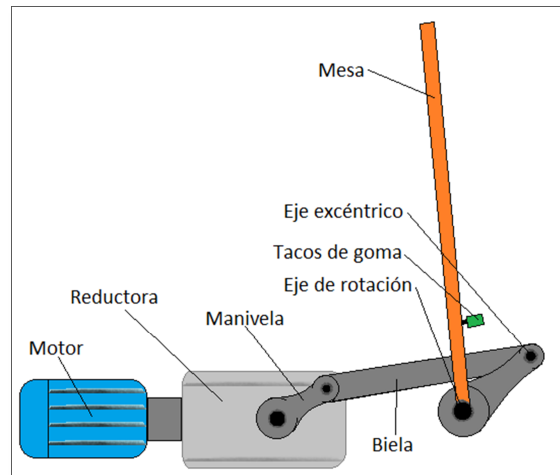


Fig. 21: Esquema de funcionamiento del mecanismo de elevación.

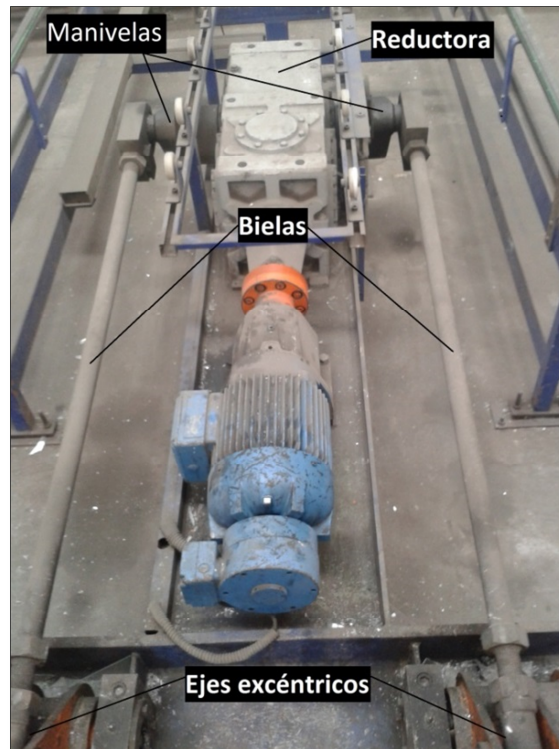


Fig. 22: Fotografía del mecanismo descrito.

El motor que acciona el mecanismo reductor desarrolla una potencia de 5,5 KW, gobernado por un variador Altivar 71 para conseguir dos velocidades de giro y por lo tanto de elevación y descenso de la mesa. Así se consigue que las paradas se hagan en velocidad lenta y sean menos bruscas. Dispone de un freno magnético de las mismas características y funcionamiento que el puente y el carro.

En la parte baja de la mesa se disponen unos tacos de goma en donde se apoya el vidrio cuando desciende el cuadro de ventosas con la hoja.



Fig. 23: Mesa elevada.

En cuanto a detectores, se vale de dos sensores ópticos cableados en paralelo al PLC que indican presencia de hoja sobre los tacos de goma. Si cualquiera de los dos ve, la entrada booleana del PLC recibe señal. Esto es debido a que para la mesa es indiferente si hay un traves a la izquierda, a la derecha o en ambos lados.

Para saber si hay hoja en la mesa, se vale de tres sensores mecánicos. Dos para traves, que nuevamente están en paralelo cableados al PLC debido al mismo motivo que los anteriores, y un tercero para hoja entera.



## **3. ESPECIFICACIÓN FUNCIONAL DEL SISTEMA**

### **3.1. Modos de funcionamiento**

El sistema cuenta con tres modos de funcionamiento seleccionables mediante un interruptor de tres posiciones situado en la mesa de control correspondiente a la entrada (ver figura 5).

El modo manual permite accionar cada uno de los cinco elementos principales de manera independiente, siempre dentro de los límites de seguridad. Por ejemplo no se permitirá avanzar al carro en el lado de caballetes hasta invadir el espacio ocupado por un caballete, pues como cabe esperar se producirían daños en ambos elementos. A continuación se describen los movimientos disponibles para cada uno de los cinco elementos principales:

- **Puente:** marcha adelante y atrás en velocidad lenta y rápida. Si se mantiene pulsada la velocidad rápida, entra la lenta automáticamente cuando se aproxime al final del movimiento. En caso de estar dentro de zona de velocidad lenta, solo entra la velocidad lenta.
- **Carro:** exactamente igual que el puente.
- **Cuadro de ventosas:** movimiento arriba y abajo. Cuando llega al final de carrera correspondiente el movimiento se detiene automáticamente. Este movimiento se permite en cualquier posición de la máquina.
- **Ventosas:** permite hacer vacío y soplar aire por ellas. Igualmente se permite en cualquier posición de la máquina.
- **Mesa:** elevar y descender la mesa. Tiene dos velocidades de funcionamiento que entran automáticamente. Inicia el movimiento en velocidad lenta hasta detectar el sensor correspondiente, pasando a velocidad rápida. Cuando detecta el siguiente sensor vuelve a velocidad lenta hasta que detecta el sensor de parada.

El segundo modo de funcionamiento es el modo semiautomático que sirve para llevar la máquina a la posición de garaje, HOME o referencia (cualquiera de las tres nombres referencian la misma posición), desde donde puede dar comienzo el modo automático. Para ello se coloca el selector en semiautomático y se pulsa el botón *RETORNO A REFERENCIA* (ver figura 26).

El último modo de funcionamiento es el modo automático que es el modo de producción y en donde automáticamente carga las hojas a la línea. La secuencia seguida en este modo se describe en el siguiente apartado.

### **3.2. Proceso de carga del vidrio**

A continuación se describen los movimientos que hace cada uno de los componentes de la máquina para cargar el vidrio en la línea:

Con la mesa levantada, el puente en “lado mesa” y el carro en posición cero (ver figuras 8 y 9) comienza el proceso de carga de vidrio, retrocediendo el carro hasta el caballete del cual tiene que recoger el vidrio, que en el caso de la imagen siguiente es el dos, situando la mano de ventosas a la altura del vidrio.



**Fig. 24: Movimiento hacia atrás del carro para situarse a la altura del vidrio.**

Seguidamente el puente retrocede hasta enfrentar el cuadro de ventosas delante del vidrio.



**Fig. 25: Movimiento hacia atrás del puente para enfrentar el cuadro de ventosas con el vidrio.**

A continuación el carro avanza hasta que las ventosas entran en contacto con el vidrio, haciéndose en ese momento el vacío. Tras esto comienzan una serie de movimientos combinados del carro hacia atrás y el cilindro hidráulico hacia arriba que consiguen despegar la hoja en curso de la siguiente.

Cuando el despegue finaliza, el carro queda inmóvil entrando a funcionar el puente de nuevo que avanza hasta el “lado mesa” y se detiene para esperar por el siguiente movimiento. En ese momento el carro avanza hasta que choca con la mesa elevada, donde se frena y permite



al cilindro hidráulico actuar y descender el cuadro, y por consiguiente la hoja, dejándola encima de los tacos de goma.

Finalmente se sopla aire por las ventosas y se libera el vidrio que se deposita sobre la mesa. Esta última desciende hasta quedar horizontal mientras el conjunto puente-carro inicia un nuevo ciclo.

### **3.3. Descripción del puesto de control**

El puesto de control que se puede observar en la figura 6, dispone de un PC con un interface hombre máquina (HMI) que permite visualizar información de alarmas y estados de algunos sensores, además de los mandos manuales de la máquina. También se introducen datos del vidrio que se está produciendo (medidas), la cantidad de hojas que se quieren producir y, en caso de producir con travers, que lado del paquete coger.

También dispone de una botonera integrada en el pupitre que entre otros botones no relevantes para el proyecto, dispone para el operario de:

- Un pulsador de inicio de ciclo con piloto luminoso integrado para indicar ciclo activo.
- Una seta negra de paro de ciclo.
- Un pulsador de retorno a referencia con piloto luminoso integrado para retorno a referencia en progreso.
- Un selector de tres posiciones para elegir el modo.
- Tres pilotos luminosos que indican el modo de funcionamiento.
- Un piloto luminoso que indica si hay ciclo un ciclo activo parado (parada en estado intermedio).
- Seta roja de emergencia que detiene la línea completa.



Fig. 26: Botonera del pupitre situado en la entrada.

### **3.4. GDMMA**

La guía de estudio de los modos de marchas y paradas, o guía GEMMA (Guide d'Etude des Modes de Marches et d'Arrêts), es una metodología para prever todos los estados de un



automatismo. En ella se contemplan los estados de producción, parada y defecto. Siguiendo esta guía se obtiene el GDMMA (**G**ráfico **D**escriptivo de los **M**odos de **M**archa y de **P**arada) que describe el automatismo objeto de estudio. La máquina solo puede estar en uno de los estados contemplados en el y, a partir de él, solo puede evolucionar a los estados a los que esté conectado y siempre que se cumpla la transición asociada.

En la siguiente figura se puede observar el GDMMA del funcionamiento de la máquina, cuyos estados y cómo se evoluciona a través de ellos se explica a continuación de la misma.



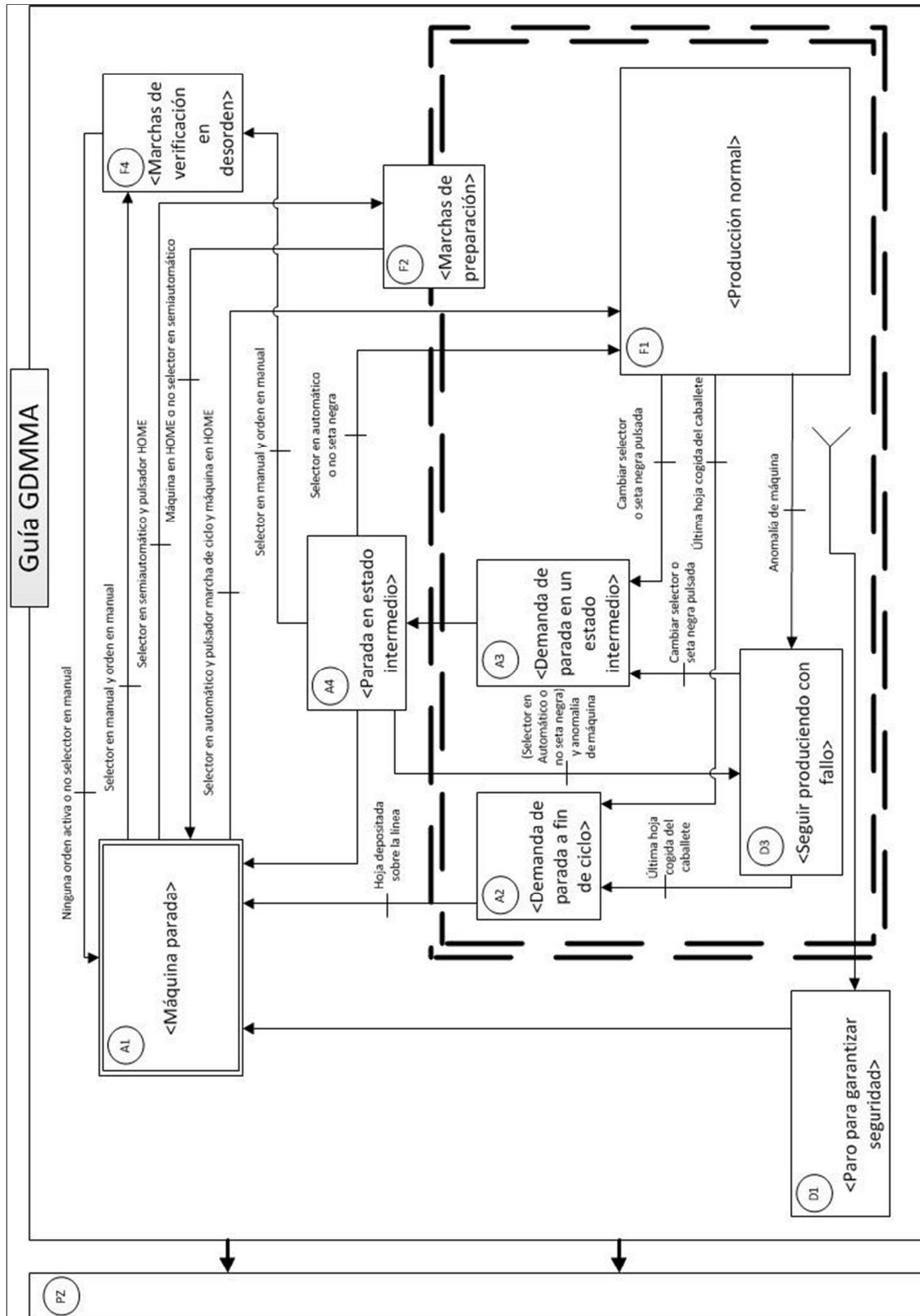


Fig. 27: GDMMA de funcionamiento de la máquina.



### 3.4.1. Evolución a través de los estados

La máquina solo dispone de dos estados de parada, un en producción en donde el ciclo continua activo y otro fuera de producción en donde no existe ninguna memoria de ciclo de producción. La memoria de ciclo guarda en qué etapa del SFC se encuentra la máquina antes del paro, cuantas hojas quedan por descargar de las solicitadas al inicio del ciclo y si se está fabricando travers y se ha solicitado coger solo con un lado del cuadro de ventosa. Estos estados de parada coinciden con **A1** y **A4**.

Los tres modos de funcionamiento coinciden con **F1**, **F2**, **F4** y **D3**, y siempre que se cambie de uno a otro la máquina pasa por **A1** o **A4**, a excepción de paro de emergencia que es asíncrono y entra directamente en **A1**.

Desde **A1** se puede evolucionar hasta **F4** si se mantiene el selector en modo manual y se realiza una orden de funcionamiento en manual. Cuando finaliza la orden la máquina retorna al estado **A1**. También se puede evolucionar a **F2** manteniendo el selector en semiautomático y pulsando el botón *RETORNO A REFERENCIA*. Para salir de **F2** es necesario que la máquina termine el posicionamiento o que durante las maniobras de posicionamiento se pulse la seta negra de paro de ciclo o se cambie el selector. Finalmente la máquina puede evolucionar desde **A1** hasta **F1** si la máquina está posicionada en HOME, el selector se mantiene en automático y se pulsa inicio de ciclo.

Una vez que la máquina se encuentra en producción normal **F1**, se puede realizar un paro momentáneo de la producción solicitándose una demanda de parada mediante la seta negra de paro de ciclo o cambiando el selector. Una vez demandado el paro la máquina entra automáticamente en el estado **A4**.

De **A4** se puede retomar la producción normal si se quita la seta o si se retorna el selector a la posición automática. Pero si la parada se ha realizado cambiando el selector de posición y se realiza un movimiento “manual”, la máquina perderá el ciclo y saldrá del modo automático. Con movimiento “manual” se refiere a pulsar *RETORNO A REFERENCIA* si el selector se ha colocado en semiautomático, o dar una orden en manual si el selector está en manual.

Otra posible salida de **F1** se produce al recoger la última hoja de las solicitadas entrando en el estado **A2**. En este estado se evita que la mesa vuelva a subir tras descender la última hoja. La máquina retorna entonces a **A1**.

Si se produce una anomalía en la máquina durante la producción normal que no implique riesgo para la estructura ni los materiales, la máquina seguirá produciendo tras mostrar una alerta pasando de **F1** a **D3**. Las salidas y entradas a este estado, así como las condiciones de las mismas, son idénticas a **F1**, pudiendo evolucionar hacia **A3** y **A2**, y retornando a él desde **A4**.

Finalmente si se produce un fallo importante la máquina parará automáticamente saliendo de cualquier modo y entrando en **A1** directamente a través de **D1**.

### 3.4.2. Descripción de estados

**A1:** Tras conectar la alimentación de la máquina esta queda parada en la posición en la que haya quedado antes de retirar la tensión de la misma. La máquina nunca se mueve sin orden del operario, con lo que cualquier cambio de modo automáticamente para la máquina. Si se está produciendo en modo automático y la máquina llega a este estado significa que se ha perdido la memoria de ciclo.



**F4:** Coincide con el modo manual de la máquina y en él se permite realizar todos los movimientos descritos en el apartado 3.6.-Modos de funcionamiento.

**F2:** Es el modo semiautomático y permite colocar la máquina en posición inicial para comenzar el ciclo automático. La máquina realiza automáticamente las maniobras necesarias para situarse en dicha posición.

**F1:** Modo automático de funcionamiento. Es el modo de producción y realiza cíclicamente las maniobras descritas en el apartado 3.7.-Proceso de carga del vidrio.

**D3:** Si durante el funcionamiento normal de la máquina en modo automático se produce algún fallo que no implique una parada inmediata, por no representar riesgo para la instalación ni los materiales, se entra en este estado en donde se informa al operario de que ha habido algún fallo y por lo tanto la máquina está funcionando con alguna anomalía. En este estado la máquina sigue funcionando de la misma manera que en **F1**.

**A3:** Si durante el proceso de fabricación se desea detener el ciclo momentáneamente se realiza una solicitud de parada, en donde se memoriza el ciclo.

**A4:** Es el estado en el que entra la máquina tras solicitar una parada momentánea. En este estado el ciclo permanece memorizado.

**A2:** La máquina entra en este estado tras coger la última hoja solicitada. En este estado la mesa no vuelve a subir tras descender la última hoja puesto que no hay que esperar por la siguiente.

**D1:** Si la máquina experimenta alguna anomalía que conlleve peligro para la instalación o los materiales de fabricación, o si así lo solicita el operario, la máquina ha de detenerse instantáneamente, perdiéndose la memoria de ciclo y entrando en el estado **A1**. Este paro se realiza de manera asíncrona.



## 4. ARQUITECTURA DEL SISTEMA DE CONTROL Y SUPERVISIÓN

Este capítulo tiene por objeto describir tanto las redes como los equipos que se utilizan para el control y supervisión de la línea, sus configuraciones y modos de trabajo.

### 4.1. Redes de comunicación

La línea de plateado dispone de periferia descentralizada cuyas tarjetas remotas de E/S se comunican con el PLC mediante Profibus-DP. Los telémetros láser disponen de interface para comunicación por Profibus-DP, con lo que cada uno de los cuatro telémetros es una estación más del bus (ver siguiente figura).

Para la parte de supervisión se ha dispuesto una red Ethernet Industrial que comunica el PLC con los SCADA (Supervisory Control And Data Adquisition) de los tres puestos de control (ver siguiente figura).

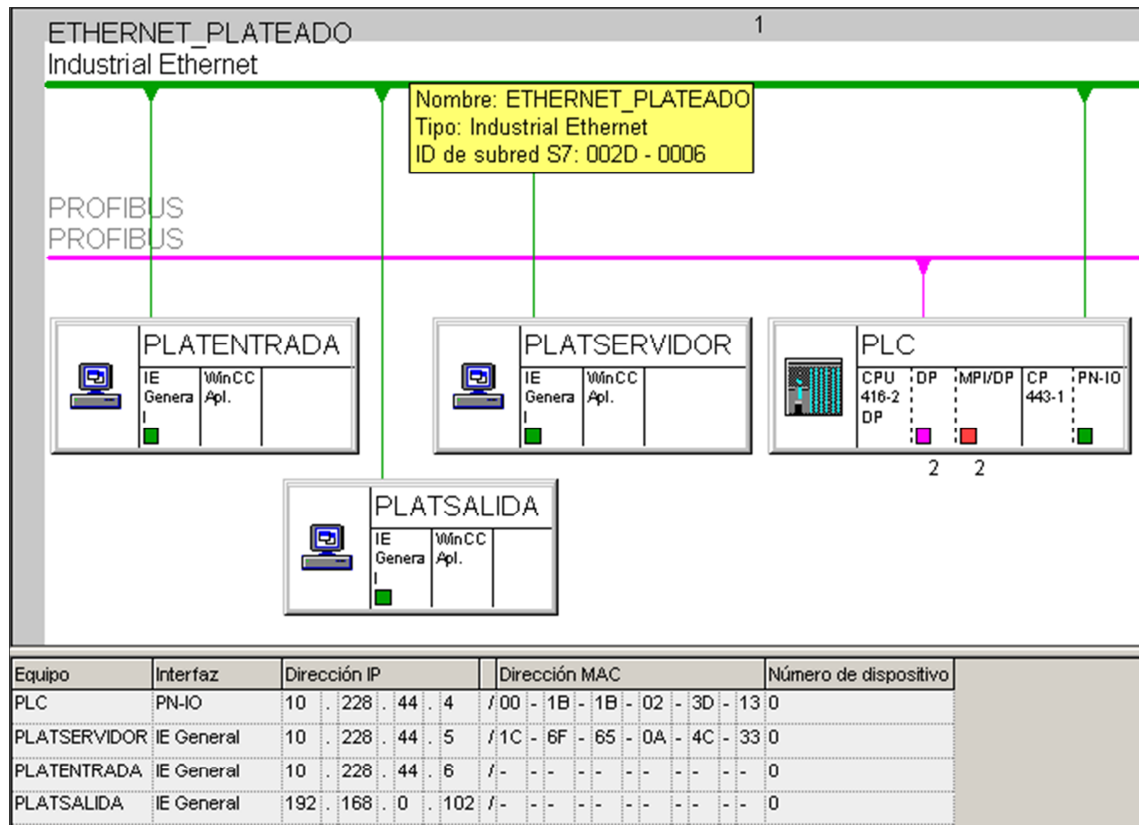


Fig. 28: Distribución de redes y equipos hardware.

#### 4.1.1. Red Ethernet

Es importante el uso de Ethernet Industrial frente a una red Ethernet convencional por su robustez en ambientes industriales. El tipo de comunicación que se realiza sobre esta red se verá en el apartado dedicado al hardware y su configuración.



### 4.1.2. Profibus DP

La red está compuesta por 20 equipos, de los cuales solo uno es maestro del bus (el PLC). Los esclavos están compuestos por tarjetas de entradas y tarjetas de salidas, tanto analógicas como digitales, y cuatro telémetros láser. Está configurado con una velocidad de transferencia de 12 Mbit/s y con opción Plug&Play ya que tiene activada la opción de distribución cíclica de los parámetros del bus, siendo estos parámetros los configurados de fábrica. Con esta opción activada cualquier dispositivo conectado al bus recibe la configuración del mismo y puede comenzar a funcionar dentro del bus. Todo lo mencionado se puede observar en las siguientes figuras, tanto en el aspecto de configuración del sistema como de visión general de la arquitectura.

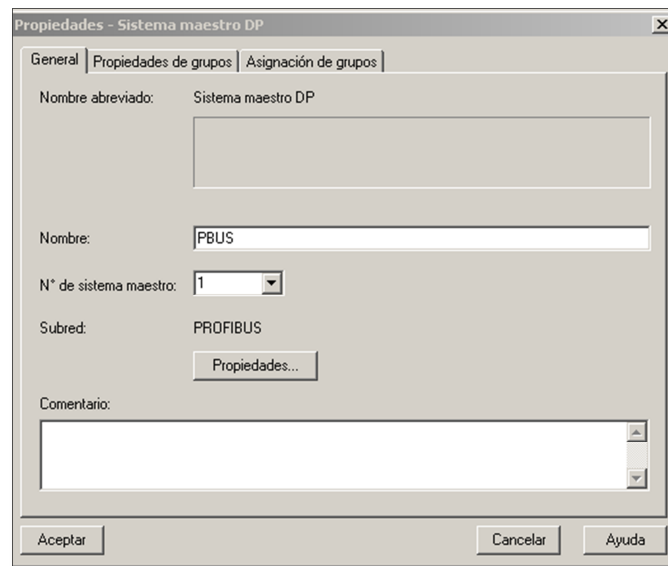


Fig. 29: Sistema con un único maestro.

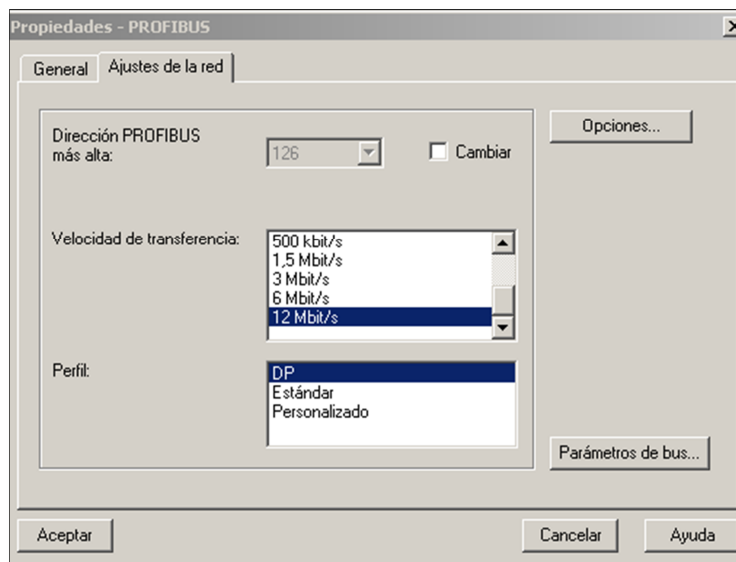


Fig. 30: Velocidad de transmisión.

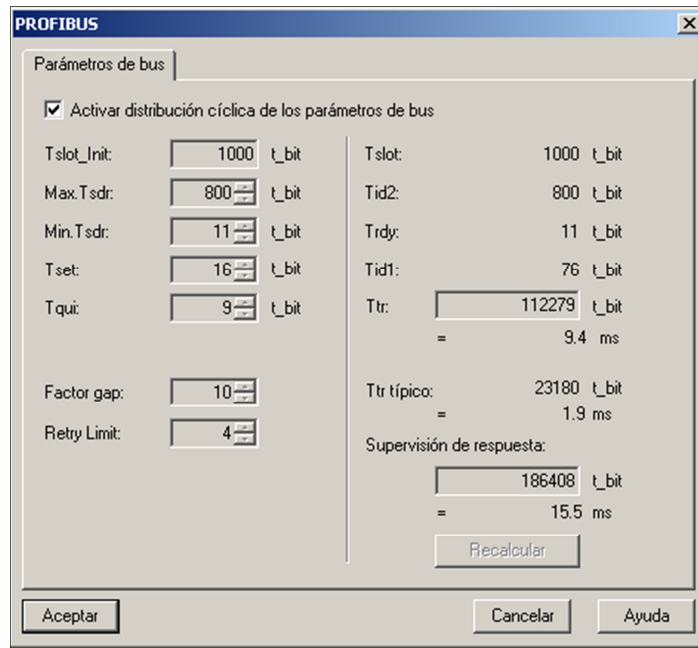


Fig. 31: Opción Plug&Play y tiempos de ciclo.

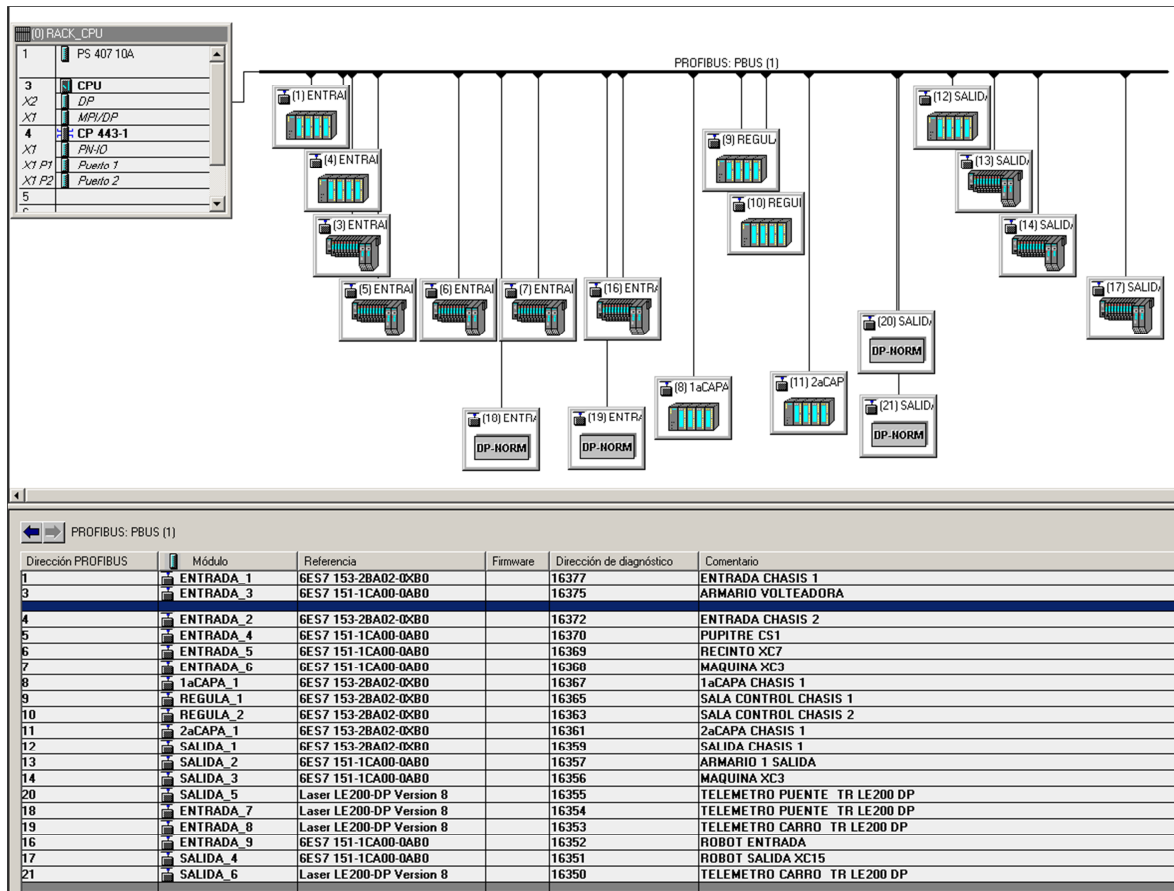


Fig. 32: Equipos conectados al bus.



## 4.2. Equipos para el control y supervisión

Para el control y supervisión de la línea se disponen tres PC's (Personal Computer) conectados a la red Ethernet industrial y un equipo de Siemens con conexión Profibus DP integrada y un módulo externo para comunicarse con la red Ethernet Industrial. El sistema de control de la línea no dispone de redundancia.

### 4.2.1. Equipos para el control

Se dispone de un equipo SIMATIC S7-400 con CPU 416-2 que integra interface Profibus DP. Y para la conexión con la red Ethernet Industria se ha de incluir en el rack del PLC un interface PROFINET IO CP 443-1 tal y como recomienda el fabricante.



Fig. 33: CPU 416-2.



Fig. 34: CP 443-1, módulo PROFINET IO.

La tarjeta CP 443-1 permite implementar comunicaciones PROFINET IO y PROFINET CBA a través de una red Ethernet Industrial. Para el caso de la línea de plateado se configura comunicación PROFINET CBA con tiempos de ciclo de emisión de 1 ms, lo que conlleva utilizar protocolo RT (Real Time). La utilización de este protocolo es necesario para alcanzar tiempos de ciclo de emisión por debajo de los 100 ms. Puesto que PROFINET CBA no admite tráfico IRT (isochronous real time) esta opción aparece como no disponible en la configuración del módulo, tal y como se puede ver en la figura 35.

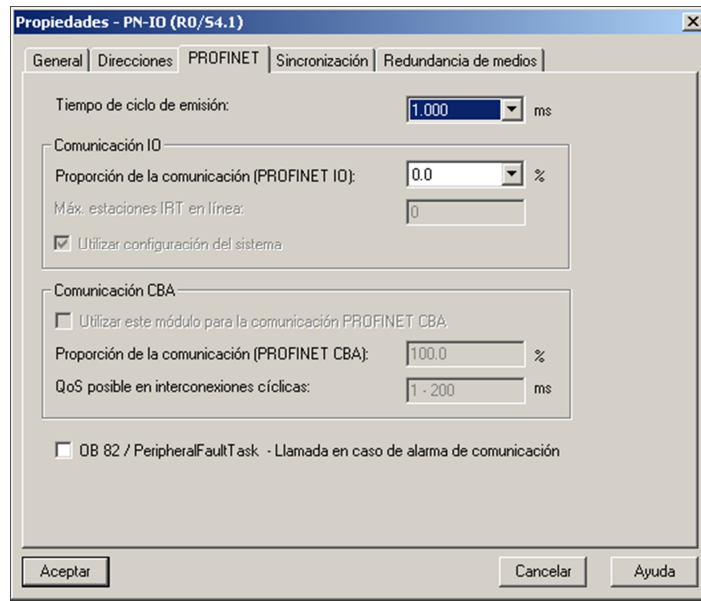


Fig. 35: Tipo de comunicación del módulo CP 443-1.

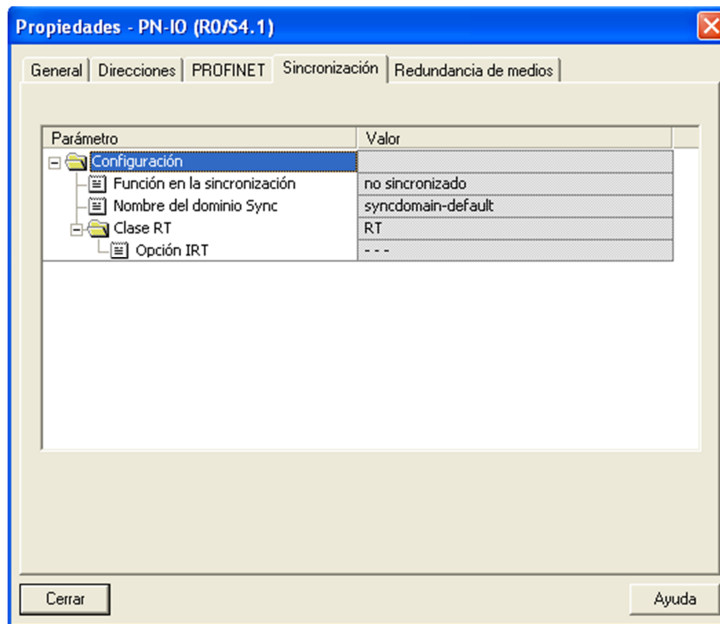


Fig. 36: Tipo de tráfico en el módulo CP 443-1.

#### 4.2.2. Equipos para la supervisión

Se dispone de tres PC's de idénticas características uno para cada puesto de control: uno en la entrada, otro en la salida y un tercero para toda la línea. En los tres está disponible el mismo sistema SCADA pero la conveniencia de utilizar parte del mismo depende de cada puesto. Por ejemplo en la entrada que es donde se sitúa la máquina objeto de este proyecto es conveniente utilizar el HMI de la entrada, aunque como se ve en la siguiente figura se podría controlar toda la línea.



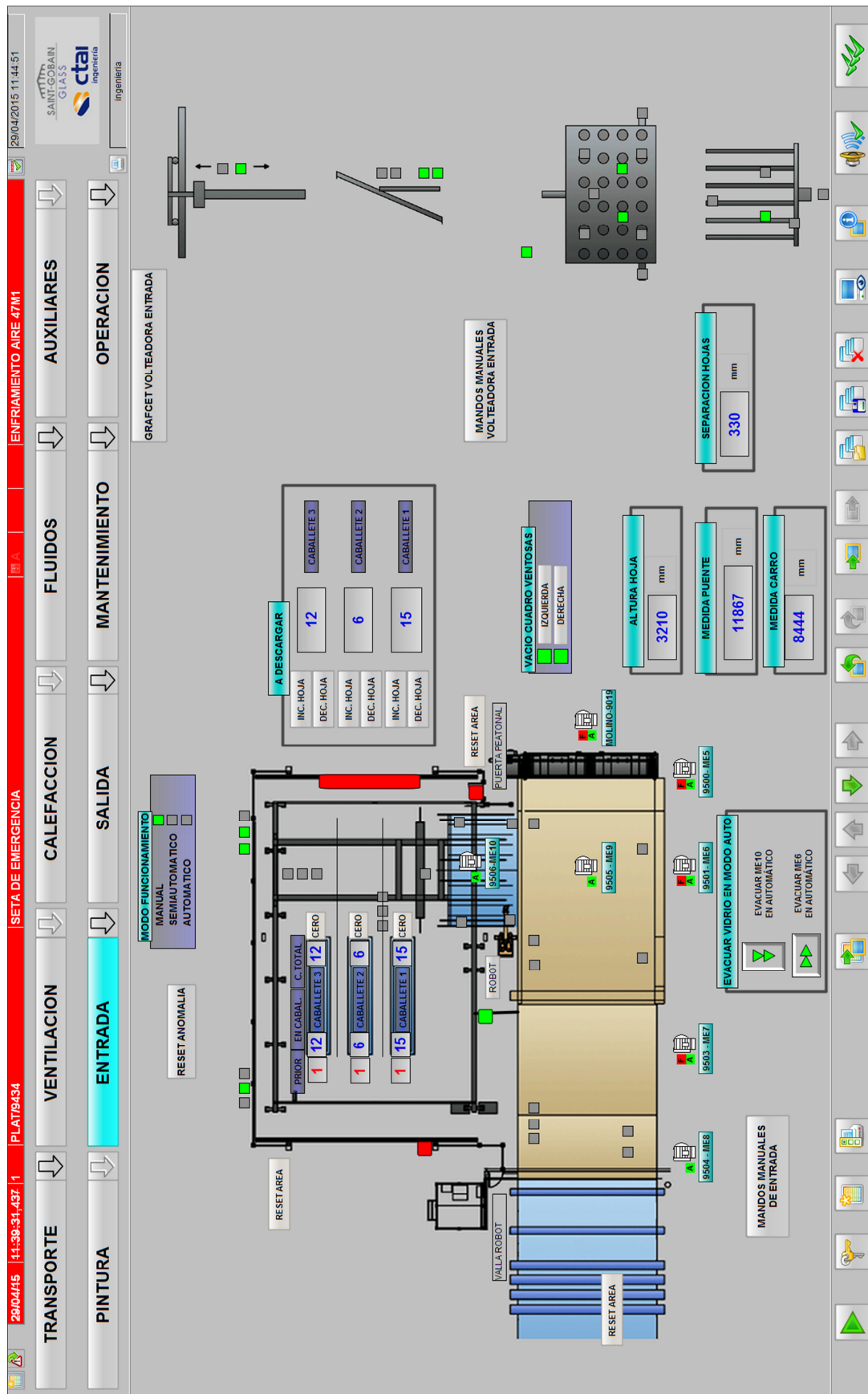


Fig. 37: HMI correspondiente a los controles de la parte de entrada de la línea



Los PC's corren el sistema operativo Windows XP y disponen de "SCADA system SIMATIC WinCC" de Siemens, herramienta que permite crear todo el sistema SCADA, desde las pantallas hasta los servidores y clientes necesarios para comunicar y obtener las variables del PLC. Las comunicaciones utilizan protocolo ip sin router.

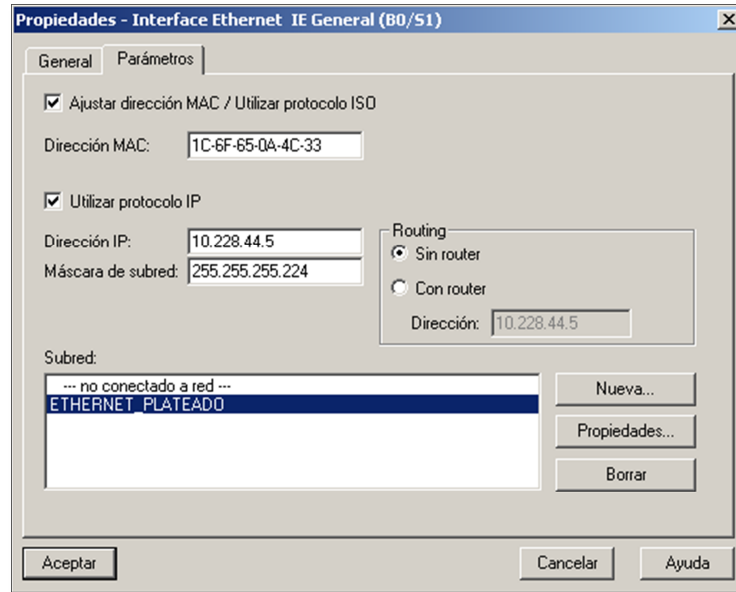


Fig. 38: Configuración interface Ethernet de los PC's.



## **5. DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN**

La solución a alcanzar para cumplir los objetivos del proyecto carece de especificaciones concretas, con lo que las decisiones de diseño se fueron tomando a medida que se avanzaba en la solución, bien por consenso, bien por decisión del cliente.

### **5.1. Decisiones de diseño**

Las decisiones tomadas para el diseño de la solución se dividen en tres fases:

- Como hacer la representación del programa mediante el SFC.
- Como presentarlo en una pantalla y que su manejo sea fácil e intuitivo.
- Como hacer la implementación del programa atendiendo a ciertas necesidades.

#### **5.1.1. El SFC y las transiciones**

El proyecto partió con la idea de obtener un SFC por cada parte de la máquina (cinco en total) y plasmarlos en pantalla de manera que se pudiese acceder de independientemente al SFC de funcionamiento de cada una de las partes. Siguiéndose dicha especificación se obtuvieron los SFC requeridos y se observó que todos ellos disponían de estados de espera ficticios (inexistentes en el programa), que deberían ser creados para poder representarlos en el SFC simulado en pantalla. Por ejemplo, durante un ciclo de descarga de hoja, el carro, partiendo de la posición de garaje avanza hacia atrás hasta encontrar el pasillo, seguidamente el puente tiene que desplazarse desde la zona de descarga hasta la zona de caballetes. Durante el movimiento del puente, el carro ha de estar a la espera, para poder realizar el movimiento de acercamiento al vidrio cuando el puente finalice su desplazamiento. En realidad ese estado de espera como tal no existe en el programa si no que se trata de una secuencia “carro atrás” “puente atrás” “carro adelante”, con lo que efectivamente si se pretende separar el funcionamiento de esos dos elementos se han de introducir estados de espera.

Con los resultados en la mano parece más conveniente hacer un SFC completo de descarga del vidrio, desde el instante en que la máquina sale de la posición de garaje hasta que esta deja la hoja en la mesa y se retira nuevamente hasta la posición de garaje para iniciar desde ahí un nuevo ciclo. Esta nueva opción descarta incluir uno de los elementos de la volteadora: la mesa, pues el funcionamiento de esta no depende de la maquinaria que mueve el vidrio (carro, puente, cuadro de ventosas y ventosas), si no del transporte que recibe el vidrio desde la mesa. Si el transporte está ocupado la mesa no volverá a subir hasta que la hoja no haya sido evacuada al transporte por las correas móviles.

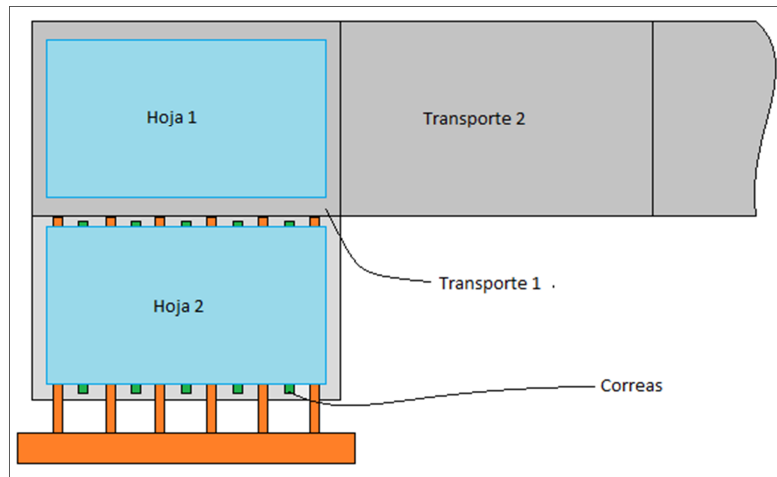


Fig. 39: Vista en planta de los transportes de entrada.

El funcionamiento de evacuación de hoja es el siguiente: las correas liberan la mesa introduciendo la hoja descargada en el transporte 1. Si el transporte 1 está ocupado, no se podrá mover la hoja 2 hasta que el transporte 1 quede libre, y por tanto la mesa no se podrá elevar

Tras desarrollar ambas soluciones se realiza una reunión en donde se convoca a personal de la guardia y de IMAF-Automatismos para mostrar el trabajo y las conclusiones obtenidas. En la reunión hay argumentos a favor y en contra de ambas soluciones y estos argumentos se centran en dos puntos básicos: utilidad para encontrar una avería y utilidad para poder explicar el funcionamiento de la máquina a una persona no familiarizada con ella.

A favor de realizar un SFC para cada parte de la máquina están lo que opinan que con esta solución un usuario experto, conocedor del programa y de la secuencia de funcionamiento de la máquina podría centrar su atención en una parte de la máquina y no tener que acudir a un SFC extenso y pesado. Sin embargo esto puede ser un punto en contra, pues puede darse el caso de tener que abrir varios SFC's para encontrar una avería y el consiguiente manejo de ventanas, tanto las que simulan el SFC como las de las transiciones abiertas. Otro punto en contra es el hecho de que deducir el funcionamiento completo de la máquina a partir de varios SFC's es complejo y más para una persona no familiarizada con los automatismos como es el caso de los operarios.

Para la segunda solución, consistente en realizar un solo SFC, una persona familiarizada con los automatismos podría deducir fácilmente el funcionamiento de la máquina, y le sería más fácil el seguimiento de la avería, pues basta con acudir a la transición siguiente de la etapa en donde se ha parado y ver qué condiciones no cumple. También es más fácil de explicar el funcionamiento de la máquina a un operario no familiarizado con los automatismos. El único punto en contra es la extensión de SFC resultante que dispone de más de 40 etapas y otras tantas transiciones, además de varias divergencias en "Y" y en "O".

Finalmente tras votación, totalmente innecesaria pues los argumentos a favor de un solo SFC son claramente superiores, se decidió implementar esta última opción en donde se reflejase el funcionamiento coordinado del puente, el carro, el cuadro de ventosas y las ventosas en un solo SFC, dejando la mesa fuera del mismo. El SFC resultante está incluido en el Anexo II.

El siguiente paso tras obtener el SFC completo es decidir qué condiciones poner en las transiciones. Este es un punto delicado pues una condición puede depender de varias, y estas a su vez de varias condiciones más, e ir encadenando hasta obtener una transición con un número



excesivo de condiciones que pueden no aportar información a la hora de enfrentarse a una avería. Véase el siguiente ejemplo:

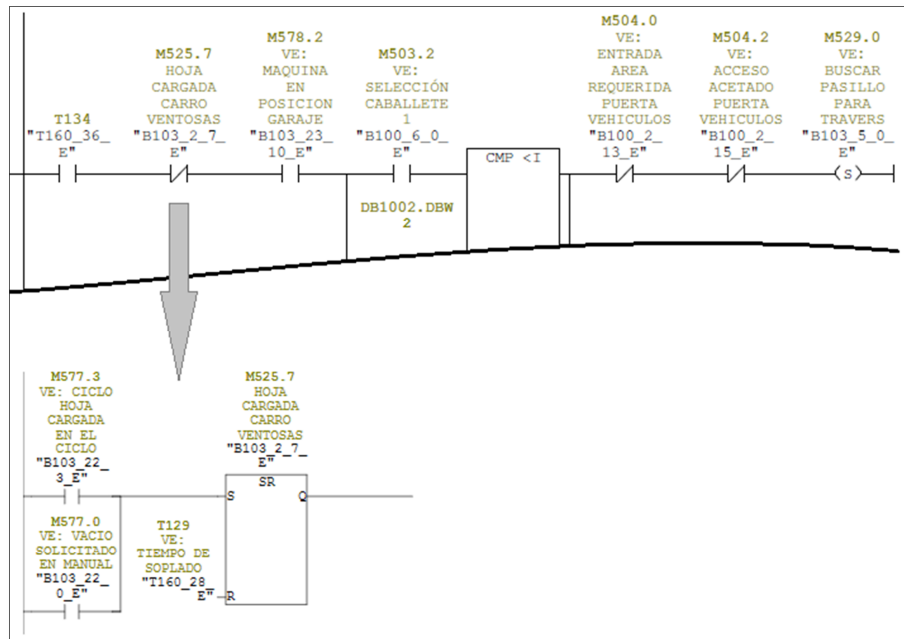


Fig. 40: Elección de condiciones.

En la figura se observa que para que se active la etapa X cuya acción es “BUSCAR PASILLO PARA TRAVERS” se han de cumplir una serie de condiciones, entre ellas no “HOJA CARGADA EN CARRO VENTOSAS”. Esta condición depende a su vez de la culminación del tiempo de soplado, “CICLO HOJA CARGADA EN EL CICLO” Y “VACÍO SOLICITADO EN MANUAL” y, aunque no se ve en la figura, todas ellas dependen de más condiciones. No tiene sentido colocar toda la cadena de condiciones en la ventana de transición, pues la información relevante reside en el hecho de si hay o no hoja cargada en el cuadro de ventosas, con lo que se deshecha toda la cadena de condiciones y solo se muestra *No hoja cargada en carro ventosas (M525.7)*, tal y como se puede apreciar en la siguiente figura.

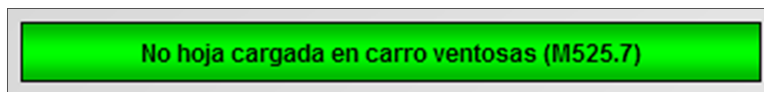


Fig. 41: Condición mostrada en un cuadro de texto dentro de la ventana de transición.

Otro problema a solventar es qué hacer con las condiciones que son comunes a todas las transiciones, por ejemplo que no se pulse seta de paro de ciclo o que se mantenga en selector en modo automático. Estas condiciones se mostrarán en un cuadro superior en la pantalla del SFC a modo informativo para el operario pues no tiene sentido duplicarlas en cada transición. El cuadro permanecerá vacío hasta que se produzca algún evento de los mostrados en la siguiente figura.



### **GRAFDET DE LA VOLTEADORA DE ENTRADA**

SETA PARO DE CICLO PULSADA

FIN DE DESCARGA

PUERTA DE VEHÍCULOS ABIERTA

REARMAR MÓDULO DE SEGURIDAD DE ACCESOS PEATONALES

ENTRADA DEL CARRO EN ZONA PROHIBIDA ZONA CABALLETES

Fig. 42: Cuadro de información para el operario.

## Transiciones especiales

Hay ciertas transiciones en el SFC que no son comunes para los dos productos que puede fabricar la línea (Travers u Hoja Entera), incluso si se fabrica con Travers, pueden darse tres situaciones diferentes: que se coja un traver de cada lado, que se coja solo traver de la izquierda o que se coja solo traver de la derecha. Esto hace que haya transiciones que en función de lo que se esté fabricando varíen sus condiciones. Hay otras transiciones que necesitan del estado de comparadores con lo que se han de crear marcas auxiliares para saber su estado. Ver anexo III, transiciones y FC7000 en Anexo IV.

### 5.1.2. Formato del HMI

Las especificaciones iniciales del HMI son simples: que muestre el SFC o SFC's necesarios, animarlo/s y que de información de qué condiciones son necesarias para que la máquina pueda evolucionar de estado.

## Ventanas del SFC

El primer paso es decidir que texto se va a mostrar en las acciones de cada etapa. Todas las acciones realizadas por la máquina son fruto de marcas (direcciones de memoria del PLC) booleanas que se activan bajo ciertas condiciones y cuyos nombres (de las marcas) tienen el siguiente formato "Bxxx\_xx\_xx\_E". En Siemens el nombre de una variable se denomina *símbolo*. Por ejemplo, la marca booleana cuyo símbolo es "B103\_8\_1\_E" inicia un movimiento del carro hacia atrás en velocidad rápida sin hoja.

Poner en las acciones únicamente los símbolos o las direcciones de memoria haría imposible seguir el funcionamiento de la máquina para casi cualquier persona, con lo que esta opción no es factible.

Una segunda opción pasa por observar qué provoca en la máquina la activación de cada símbolo, y dar nombre a las acciones en función de lo observado. Es la mejor opción pues el SFC reflejaría lo que hace la máquina de manera visual y no la lógica del programa, que para un observador, la lógica de funcionamiento del programa no aportaría nada.

Existe una tercera opción que abarca un conjunto de las otras dos, y es incluir las acciones que realiza la máquina de manera visual junto con los símbolos que hacen posible esos movimientos. Lo que haría que los operarios de la máquina pudiesen seguir el SFC junto al movimiento de la máquina, y a los ingenieros les daría opción a ir al símbolo concreto que quieren observar. Como los símbolos pueden ser usados en multitud de funciones del programa, para un ingeniero es más cómodo acudir a la función (FC) y segmento en donde se actúa sobre el símbolo asociado a la acción, con lo que en vez de dar información del símbolo se da el FC y el segmento del programa en donde se activa. Por ejemplo la acción "Marcha lenta puente para carga de caballetes" está asociada al símbolo B103\_9\_2\_E y se pone a Set en el FC 125 segmento 29. Con lo que la información relevante para esa acción es el FC y el segmento. En la siguiente figura se aprecia el segmento y símbolos mencionados.

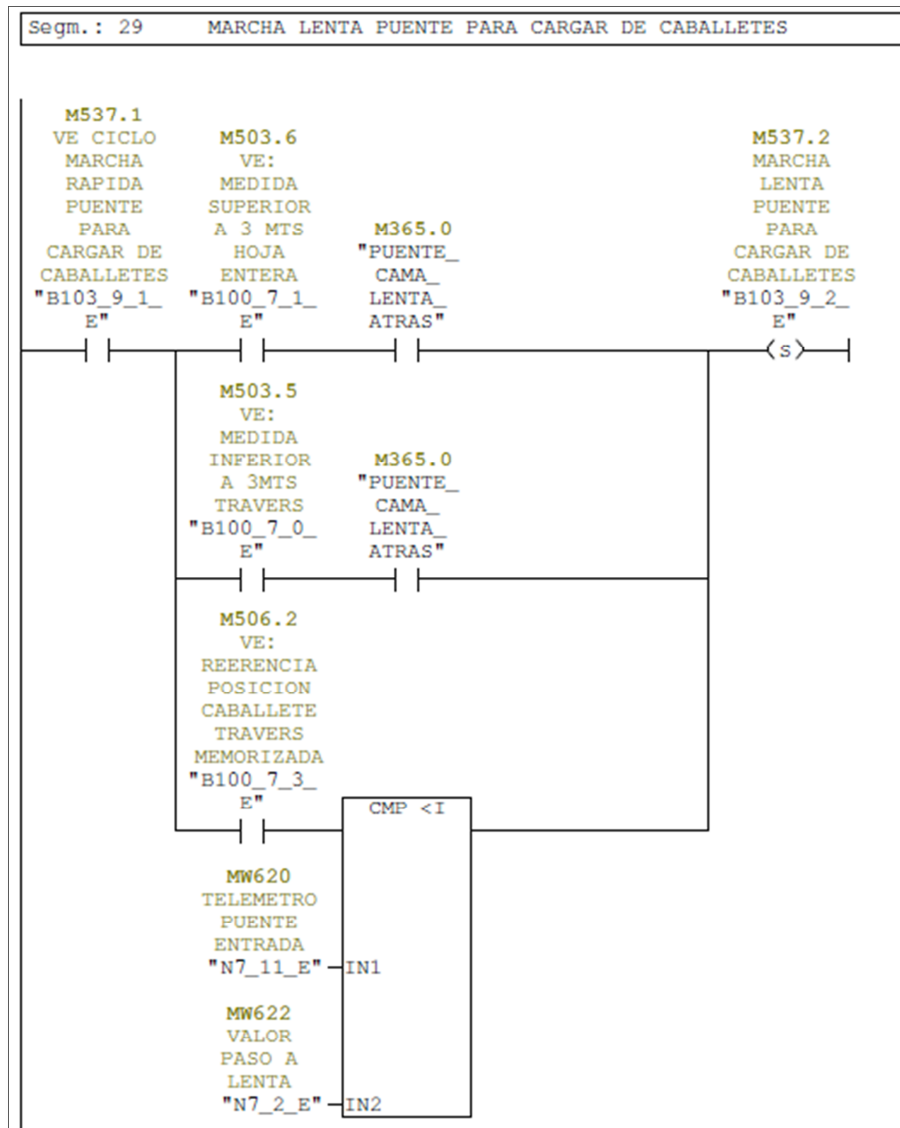


Fig. 43: Ejemplo de acción asociada a un símbolo y su FC y segmento

La persona que diseñó e implementó la función que controla la máquina, agregó comentarios a los símbolos que activan los movimientos, con lo que la labor de hacer una descripción de cada símbolo según el movimiento realizado por la máquina ya estaba hecha antes de comenzar con este proyecto, usándose dichos comentarios en las acciones de cada etapa. La segunda parte, que es dar información de en qué FC y segmento se encuentra el símbolo que asociado a dicha acción, se realizó mediante una ayuda emergente al dejar el ratón sobre la acción durante un segundo. Siguiendo con el ejemplo anterior, la siguiente figura muestra la etapa, la acción y la ayuda emergente.

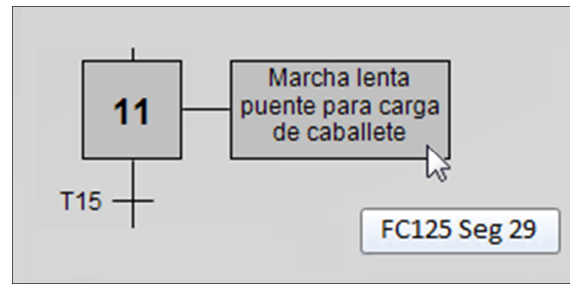


Fig. 44: Etapa, transición, acción y texto de ayuda.

Para finalizar con el formato del HMI se han de elegir los colores que van a ser utilizados para animar el SFC y dar información a los operarios de la situación de la máquina, siguiéndose el mismo esquema de colores RGB que el SCADA de control de la línea. Así se tiene:

- El fondo de las ventanas de color gris (192, 192, 192).
- La activación de diferentes elementos, como sensores o motores se realiza en color verde (0, 256, 0).
- Elementos inactivos en color gris (195, 195, 195).
- Botones de cerrar ventana en rojo (255, 0, 0).
- Las alarmas o eventos importantes se utiliza un parpadeo en rojo (255, 0, 0) y amarillo (255, 255, 0).

Siguiendo el anterior esquema de color se tiene que el fondo de las ventanas del SFC será gris (192, 192, 192). La activación de las etapas y las acciones se realizarán en verde (0, 256, 0). Para las etapas, acciones inactivas y cuadro de información (ver figura 42) gris más oscuro que el fondo (195, 195, 195). Además, el cuadro de información lleva un patrón de rejilla para destacarlo sobre los demás elementos. La información mostrada en el cuadro de información permanecerá invisible hasta el momento de la activación del eventos asociado, pasando a parpadear alternativamente en rojo (255, 0, 0) y amarillo (255, 255, 0). Y por último los botones de cerrar ventana llevarán un fondo rojo (255, 0, 0).

## Ventana de transición

Para el texto de las condiciones de las transiciones se ha seguido el criterio anterior, se muestra el comentario del símbolo, pero para la parte de información se distinguen dos casos:

- Si la variable es una marca interna del PLC se muestra la dirección de memoria.
- En caso de ser una entrada física se prescinde de la dirección y se presenta solo la denominación dentro de los esquemas eléctricos, ya que, en caso de haber un fallo en un detector físico, es más importante la información de en donde se encuentra físicamente que cuál es la entrada al PLC.

Si por ejemplo una condición es que el sensor de cuadro arriba esté activado, se mostrará: *Cuadro ventosas arriba "Z9212H" SQP3.1*. Mientras que si la condición es que el carro esté en la zona de garaje se mostrará: *Entrada carro zona garaje (M366.3)*. Como se puede observar el primero es una entrada física al PLC y por lo tanto un sensor situado en campo, mientras que el segundo es una marca creada internamente a partir de la posición que da el telémetro, mientras el valor del telémetro esté dentro de un rango se considerará que el carro está en la posición de garaje y se activará esa marca para indicarlo.





Esta división se debe a dos motivos, el más importante es que la información (en el ejemplo "Z9212H" SQP3.1 o M366.3) de la condición no se presenta en ayuda contextual pues, como se menciona en el siguiente apartado se utilizará una única ventana para todas las transiciones, con lo que los cuadro de texto que mostrarán las condiciones serán comunes para varias de ellas. En esta situación, la ayuda contextual de cada cuadro de texto debería variar en función de la condición que estuviese presente en él, lo que complicaría el programa y con ello el tiempo de ejecución y la memoria ocupada. Debido a esto, la información tendrá que ir junto con el comentario. Haciendo esta división se pueden ahorrar caracteres y disminuir así la memoria ocupada en el PLC por las condiciones, ya que, como se aprecia en el 5.2.1.- Organización del programa PLC, los textos se almacenan en un DB dentro del PLC.

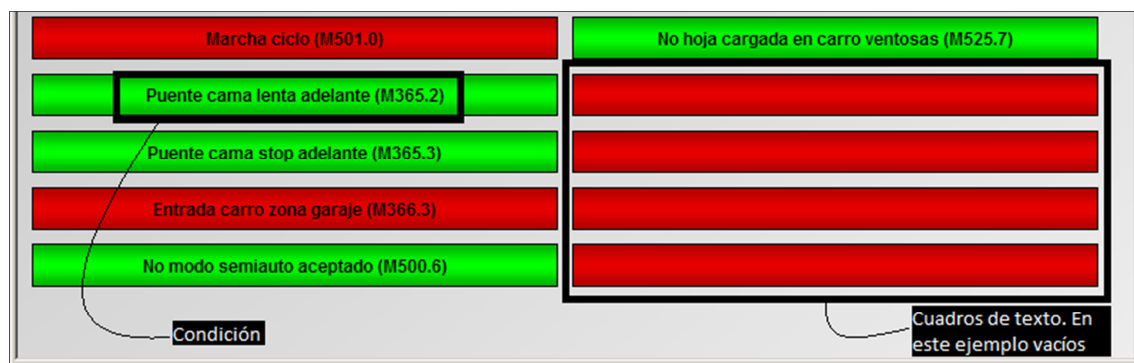


Fig. 45: Condiciones y cuadro de texto dentro de la ventana de transición.

Para mostrar las condiciones de las transiciones se han creado un total de 24 cuadros de texto pues es el número máximo de condiciones que puede llevar una transición. Estos cuadros serán visibles siempre que haya un texto escrito en ellos, haciéndose invisibles en caso contrario. En la figura anterior los cuadros de texto vacíos deberían ocultarse.

Para el color de las ventanas se sigue el mismo esquema que en las ventanas del SFC, fondo gris (192, 192, 192), botón de cerrar rojo (255, 0, 0), para los cuadro de texto con condiciones ya cumplidas verde (0, 255, 255), ya que se pueden considerar elementos ya activados. La única duda que puede existir es que hacer con las condiciones que todavía no se han cumplido, pues darles un fondo gris (195, 195, 195) podría confundir al usuario y hacerle pensar que son condiciones inactivas. Parece conveniente entonces ponerlas en rojo (255, 0, 0), lo que en el SCADA viene a significar fallo (un motor en rojo indica fallo) y en la transición indicaría que ha habido algún problema con esa condición. Esta elección crea un contraste de colores que puede cansar la vista y hacer difícil la extracción de información de la ventana, con lo que se mantuvo así de manera experimental a la espera de las críticas de los operarios, que tras varias semanas de implantación pareció tener una buena acogida.

### 5.1.3. Presentación de la información y manejo de ventanas

Para este punto existen una serie de especificaciones en cuanto a qué se tiene que ver en pantalla y como mostrarlo:

- El SFC deberá ir animado en una ventana separada del sistema original, es decir que no impida la visualización del sistema SCADA de control de la línea. Además las etapas y las acciones se deben de iluminar independientemente, es decir si se está en la etapa con una acción temporizada a la conexión, la etapa se debe mostrar en verde nada más que esté activa, y la acción solamente una vez haya transcurrido la temporización.
- Ha de ser accesible desde la pantalla que muestra el HMI de la entrada, mediante un botón por ejemplo.



- Las condiciones de las transiciones irán en una nueva ventana.
- Cada transición debe disponer de un botón que permita acceder a la ventana de condiciones de la transición. Este botón debe ser solo visible cuando esté validada la transición, es decir que la etapa/as anterior/es estén activas.
- En la ventana de transición se deben diferenciar las condiciones ya cumplidas de las que no.

Para abrir la ventana del SFC se dispuso un botón en la pantalla de la entrada tal y como se muestra en la siguiente figura.

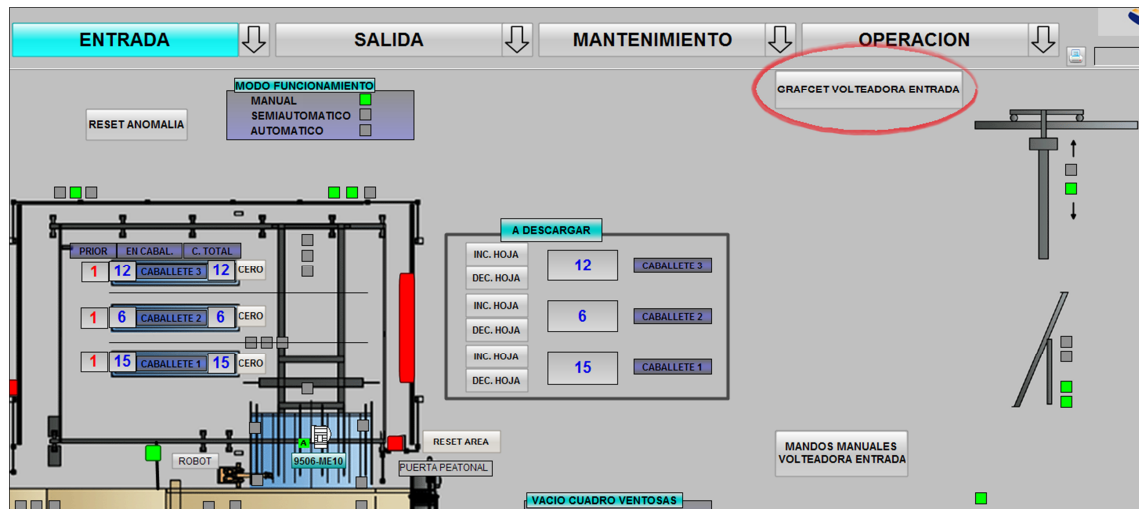


Fig. 46: Botón para iniciar el SFC de la volteadora de entrada.

Puesto que el SFC es extenso, no permite ser visualizado en una sola ventana, con lo que se creó otra ventana igual y accesible únicamente desde la ventana principal del SFC tal y como se muestra en la siguiente figura.

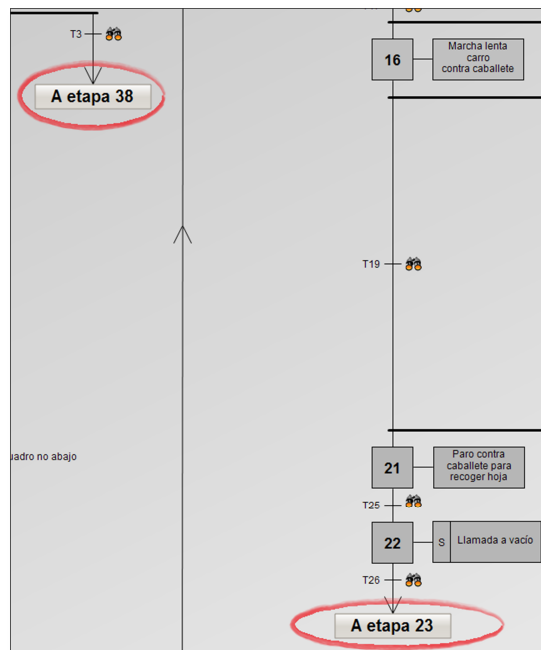


Fig. 47: Botones de acceso a la siguiente pantalla del SFC.



Pulsando los botones resaltados de la figura se accede a la segunda parte del SFC. Ambos botones hacen la misma acción, que es abrir la ventana que continúa con el SFC. Las dos ventanas pueden permanecer abiertas al mismo tiempo. Los símbolos que aparecen al lado de las transiciones son lo que hay que pulsar para acceder a las condiciones. Estos símbolos (prismáticos) se mantuvieron visibles durante el desarrollo de la aplicación para poder depurar el programa. El cliente vio esta nueva opción y le pareció interesante la idea de poder acceder a las transiciones en cualquier momento pues permite conocer la máquina incluso sin estar funcionando. De la otra manera para saber qué condiciones debe cumplir la máquina para evolucionar del estado A al B hay que esperar a que la máquina llegue a A, dándose incluso estados que duran milisegundos con lo que acceder a esas condiciones durante el funcionamiento normal de la máquina sería casi imposible.

Las decisiones de diseño comienzan con la ventana de transición pues es la que presenta los datos y además debe dar información del estado de dichos datos. Se plantearon dos opciones principales.

- Realizar una ventana para cada una de las transiciones del SFC con los textos ya escritos, con lo que sencillamente se tendría que asociar el color a la variable mostrada (0->rojo, 1->verde), o como mucho una sencilla expresión booleana.
- Realizar una única ventana de transición con tantos cuadros de texto como máximo número de condiciones que pueda llevar una transición, y mostrar en esos cuadros los textos necesarios según la transición que se haya pinchado. Por ejemplo, si la transición 2 tiene 24 condiciones, y no hay ninguna transición con mayor número de condiciones, ese es el número de cuadros de texto expuestos en la ventana de transición.

La primera de las opciones conlleva crear 46 ventanas para las 46 transiciones, lo que implica no hacer casi programa en el PLC, pero saturaría el WinCC de ventanas. Teniendo en cuenta que este sistema se quiere aplicar a cada transporte de la línea, el número de ventanas de transición resultante sería inviable.

La segunda de las opciones no carga de ventanas el WinCC pero requiere de mayor programación en el PLC, siendo esta la elegida.



Fig. 48: Ventana de transición.

En el ejemplo de la figura anterior se puede ver la transición 1, y se aprecia que hay cuatro cuadros invisibles en la esquina inferior derecha. Esos cuadros no contienen texto, con lo que se ocultan.

## 5.2. Implementación de la solución

La implementación de la solución se reparte entre el software desarrollado en el PLC y el software desarrollado en WinCC. Ambos han de funcionar coordinadamente para alcanzar el objetivo del proyecto.

WinCC da la posibilidad de desarrollar script en dos lenguajes de programación distintos, C y Visual Basic, aunque el conocido por personal de IMAF es únicamente el lenguaje C. También posibilita la realización de funciones asociadas a objetos y que se ejecuten bajo ciertas condiciones, como por ejemplo un clic del ratón sobre el objeto.

El Step 7 de Siemens posibilita la programación en todos los lenguajes establecidos en el Estándar IEC-61131-3.

A la vista de lo mencionado existen dos opciones opuestas, una desarrollar la mayor parte de la implementación en scripts de C en WinCC y utilizar el PLC únicamente como "servidor" de variables.

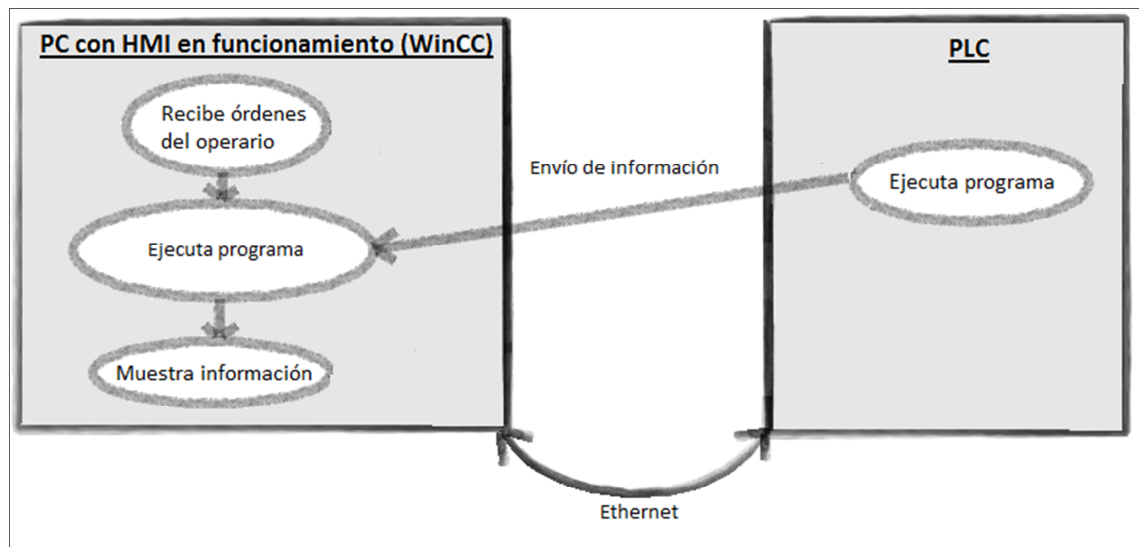


Fig. 49: Flujograma de coordinación entre PLC y WinCC.

O realizar la mayor parte en el PLC y enviar solo los datos necesarios al HMI desarrollado con WinCC.

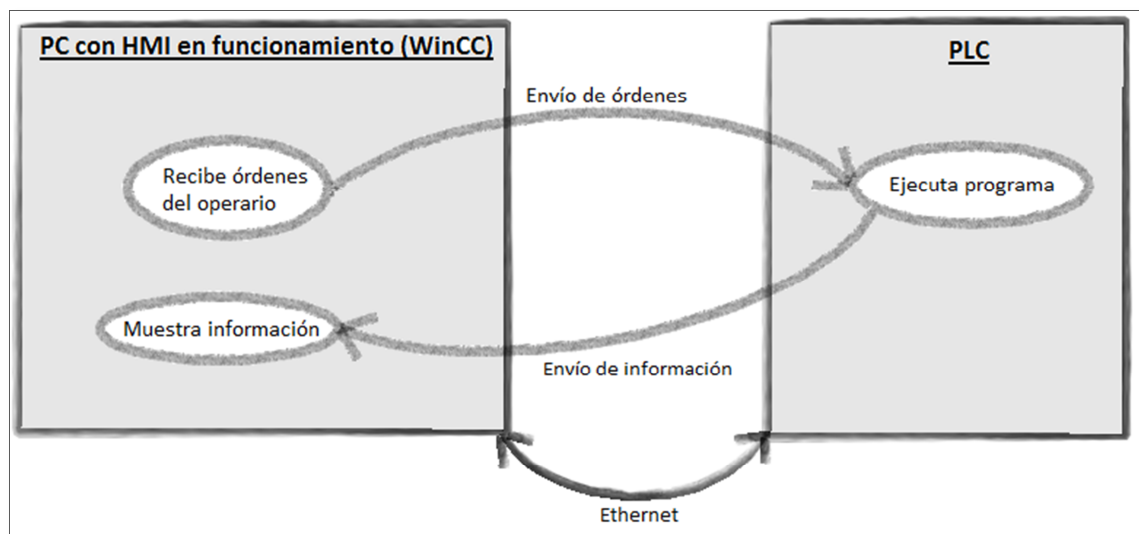


Fig. 50: Esquema de coordinación entre PLC y WinCC.

Puesto que el cliente no quería utilizar el lenguaje C para desarrollar el proyecto, se realizó la mayor parte del programa en LADDER en el PLC dejándose pequeñas funciones en WinCC para tareas de coordinación.

### 5.2.1. Organización del programa PLC

Este programa es el que se encarga de mostrar los textos necesarios según la transición abierta y de dar color a los cuadros de texto en función de si se cumplen las condiciones en ellos contenidos o no. En concreto se encarga de cumplimentar la ventana de transición de la figura 48. Para ello cada transición tiene asociada una marca en el PLC que se pone a uno cuando se pincha sobre los prismáticos de la transición correspondiente. Por ejemplo, la transición tres tiene asociada la marca M288.2 (figura 52) cuyo símbolo es Trans\_3, y se pone a uno al pinchar en los prismáticos de la transición 3. Las marcas se han cogido de manera consecutiva, pues a la



hora de poner a cero las marcas de todas las transiciones es más fácil escribir palabras completas que bit a bit. Esto se hace desde WinCC que dispone de una instrucción para poner a un valor determinado dobles palabras (DWORD).

El programa se divide en dos partes principales, copiar los textos que se mostrarán en la transición y copiar los booleanos que establecerán el color de los cuadros de texto.

## Copiar textos

Se dispone de una base de datos (DB en Siemens) DB1701, que albergará el total de textos que componen la aplicación y un segundo DB (DB1801), que albergará los textos a mostrar en la transición seleccionada, estos textos serán copiados del primer DB.

Las bases de datos en Siemens guardan la información en entradas de un tamaño determinado que viene dado por el tipo de variable (bool, int, Word,...) o por el usuario, que puede darlo a su antojo. Cada entrada lleva asociada un símbolo para poder direccionarla de manera directa. Por ejemplo la entrada 4 del siguiente ejemplo, cuyo símbolo es *Motor\_temp*, tiene un tamaño de un byte.

Address	Name	Type	Initial value	Comment
0.0		STRUCT		
+0.0	Emergency	BOOL	FALSE	
+2.0	Message	WORD	W#16#0	
+4.0	Motor_On	BOOL	FALSE	
+5.0	Motor_Temp	BYTE	B#16#0	
+6.0	Speed	WORD	W#16#0	
+8.0	Temp_Max	BYTE	B#16#0	
+9.0	Temp_Min	BYTE	B#16#0	
=10.0		END_STRUCT		

Fig. 51: Datos guardados en un DB de Siemens.

Como se puede apreciar en la figura los booleanos los guarda con tamaño de byte, aunque realmente es un solo bit, lo que indica que el tamaño mínimo de cada entrada es de un byte. Aunque no aparece en el ejemplo cada carácter tiene un tamaño de 1 byte, y además el sistema añade tres caracteres de control lo que hace que para almacenar un solo carácter se necesite un total de 4 bytes. Estos caracteres de control se añaden por entrada y no por carácter, lo que quiere decir que si se almacenan 7 caracteres se tendrán un total de 10 bytes.

También se puede direccionar estos datos de manera indirecta mediante lo que Siemens denomina “puntero ANY” que tiene el siguiente formato:

P#DB1701.DBX250.0 BYTE 200

En donde se indica que se van a copiar 200 bytes del DB1701 a partir de byte 250 estando este incluido. Esto permite seleccionar varias entradas consecutivas de una sola vez y moverlas (si es esa la intención) en grupo y no una por una.

Para la aplicación desarrollada en este proyecto, el direccionamiento propuesto por Siemens es verdaderamente útil, pues en ocasiones se deben copiar varios textos consecutivos



del primer DB al segundo. Este hecho conlleva tener que designar un número máximo de caracteres para cada entrada, ya que si todas las entradas tienen el mismo tamaño resulta más fácil calcular cuántos bytes se han de copiar. Por ejemplo, si se designan 7 caracteres (más 3 de control) por entrada, el número de bytes a copiar para los diez primeros textos es de 100 a partir del byte 0.0. Teniendo en cuenta esto, y tras obtener todos los textos de todas las transiciones se estableció un tamaño para cada entrada de 47 caracteres (más 3 de control).

Para realizar dicha copia se crea una función (FC) FC 7001, que permita mover unos textos u otros en función de la transición abierta. Esta función se ayuda de otra función del sistema (SFC20) que permite realizar movimientos de datos.

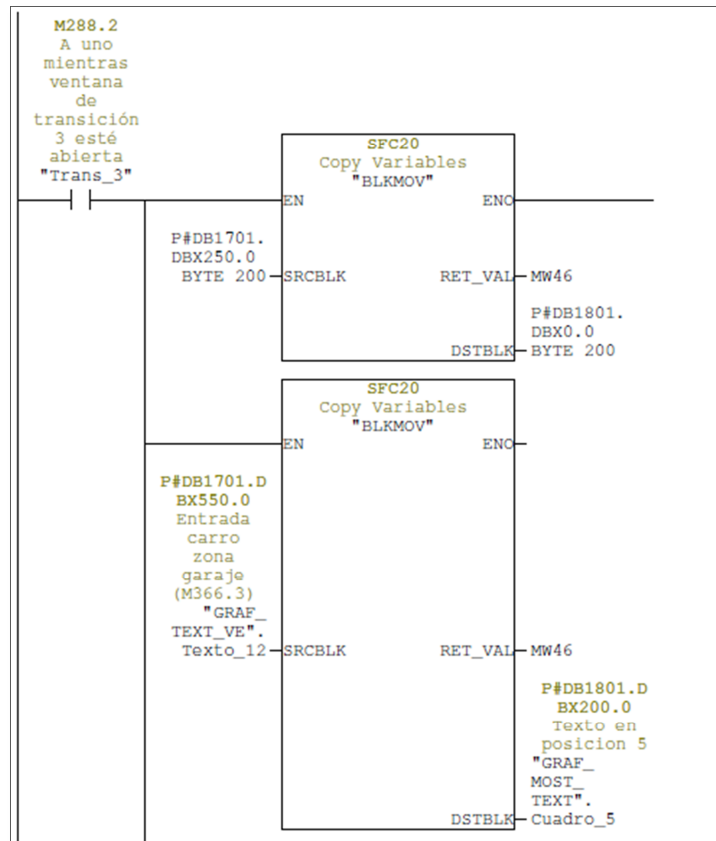


Fig. 52: Textos a copiar cuando se observa la transición 3.

En la figura se tiene un ejemplo en el que se copian varios textos mediante el puntero ANY y un solo texto referenciado por su símbolo (el símbolo de la entrada 12 es Texto\_12 y contiene "Entrada carro zona garaje (M366.3)").

## Copiar booleanos

Para jugar con el color de los cuadros de texto de la ventana de transición se dispone de un DB (DB 1800) con tantas entradas como cuadros de texto hay disponibles en la ventana de transición (ver capítulo 5.1.2.-Formato del HMI, Ventana de transición). Las entradas son de tipo bool y guardarán el valor de las marcas asociadas con los textos que hay en cada cuadro de texto. Continuando con el ejemplo de la figura 50, la entrada nº 12 del DB de booleanos deberá de albergar el valor de la marca M366.3 que es a la que hace referencia el texto mostrado en ese cuadro (recordar que en el cuadro de texto nº 12 aparecerá "Entrada carro zona garaje (M366.3)"). Una vez guardados los valores de los booleanos, se asociará el color de los cuadros



de texto a las entradas del DB de booleanos, así, si la entrada 12 es un 0 el cuadro de texto nº 12 deberá permanecer en rojo, cambiando a verde cuando el valor de la entrada 12 sea 1.

Para realizar este trabajo se dispone de una función (FC) FC 7002, que dispone de tantas entradas como cuadros de texto hay en la ventana de transición (24). En el interior de la función lo único que se ha de hacer es copiar las entradas a esa función al DB de booleanos, así, el valor de la entrada 1 de la función se copiará en la entrada 1 del DB que llevará como símbolo Cuadro\_1, y así sucesivamente.

FC7002 - <offline>  
"COPIAR\_BOOL\_A\_DB" SE COPIAN LOS BOLEANOS EN EL DB GRAF\_MOST\_BOOL

Nombre: Familia:  
Autor: Versión: 0.1  
Hora y fecha Código: 16/01/2015 08:56:03 Versión del bloque: 2  
Interface: 16/01/2015 08:08:58  
Longitud (bloque / código / datos): 00476 00290 00000

Nombre	Tipo de datos	Dirección	Comentario
IN		0.0	
Cuadro_1	Bool	0.0	
Cuadro_2	Bool	0.1	
Cuadro_3	Bool	0.2	
Cuadro_4	Bool	0.3	
Cuadro_5	Bool	0.4	
Cuadro_6	Bool	0.5	
Cuadro_7	Bool	0.6	
Cuadro_8	Bool	0.7	
Cuadro_9	Bool	1.0	
Cuadro_10	Bool	1.1	
Cuadro_11	Bool	1.2	
Cuadro_12	Bool	1.3	
Cuadro_13	Bool	1.4	
Cuadro_14	Bool	1.5	
Cuadro_15	Bool	1.6	
Cuadro_16	Bool	1.7	
Cuadro_17	Bool	2.0	
Cuadro_18	Bool	2.1	
Cuadro_19	Bool	2.2	
Cuadro_20	Bool	2.3	
Cuadro_21	Bool	2.4	
Cuadro_22	Bool	2.5	
Cuadro_23	Bool	2.6	
Cuadro_24	Bool	2.7	
OUT		0.0	
IN_OUT		0.0	
TEMP		0.0	
RETURN		0.0	
RET_VAL		0.0	

Fig. 53: Entradas a la FC copiar bool.

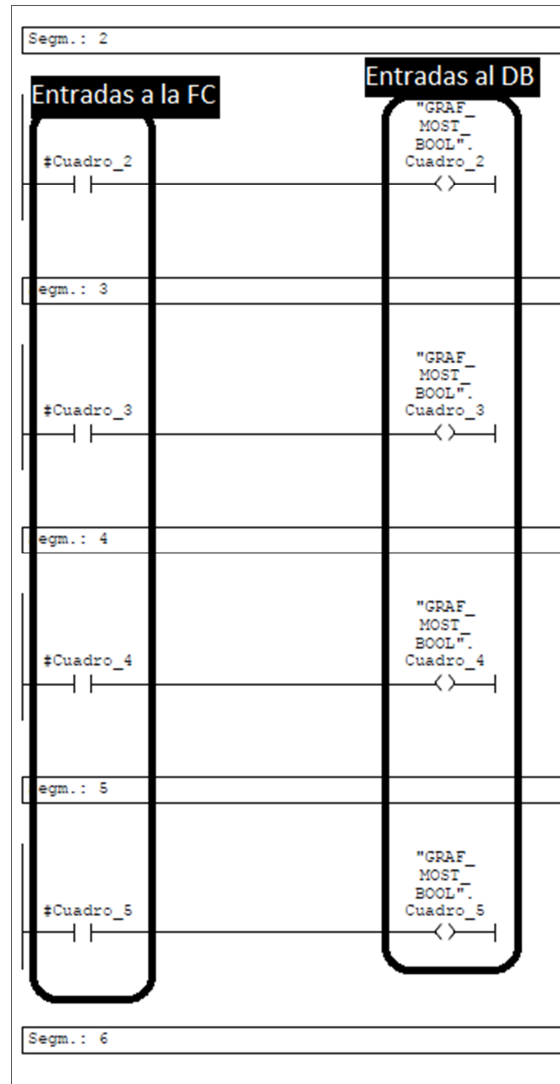


Fig. 54: Programa en el interior de la función.

## Alternativas de programación

Siemens pone a disposición del programador unos bloques de función con memoria tal y como se definen en el estándar IEC-61131-3, denominados FB. Estos FB's son funciones FC con DB's asociados. Es decir siempre que se crea un FB se crea un DB asociado.

La función que copia los textos de un DB a otro podría ser un FB y movería los datos a su DB asociado.





Para la copia de los booleanos hay un pequeño cambio, y es que se evitaría el hacer la programación interna de la función, pues sus entradas ya se guardarían directamente en su DB asociado.

Esta alternativa no supone un gran cambio con respecto a lo que ya está hecho, pero es la más correcta.

### 5.2.2. Organización del programa en WinCC

Como se verá más adelante, la programación en WinCC se dedica a labores de sincronización, y a recoger datos del PLC.

### Animación del SFC

La animación del SFC únicamente asocia los colores de los objetos a variables del PLC y en contadas ocasiones realiza alguna operación booleana sencilla del tipo AND, OR o NOT. Los objetos a los que se refiere son las etapas y sus acciones asociadas. Para ciertas acciones condicionadas o temporizadas se han de añadir marcas auxiliares para poder iluminar la etapa independientemente del estado de su acción, cosa que no ocurre en la mayoría de casos en donde la acción se realiza instantáneamente al activarse la etapa.

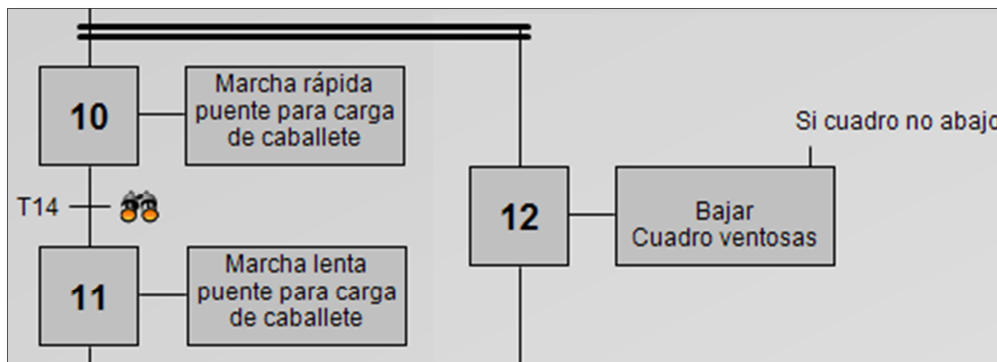


Fig. 55: Ejemplo de etapa con necesidad de variable auxiliar.

En la anterior figura se ve un ejemplo de lo mencionado anteriormente. Los colores de las etapas 10 y 11 pueden asociarse a las acciones que se realizan en ellas, es decir, poner en verde la etapa y la acción simultáneamente. Pero para la etapa 12 se necesita una marca auxiliar para poner en verde la etapa, y otra marca para poner en verde la acción.

### Animación de la ventana de transición

La ventana de transición funciona de manera similar a la ventana del SFC, los colores de los cuadros de texto van directamente asociados a los valores contenidos en el DB de booleanos del PLC. Y los cuadros de texto muestran los caracteres almacenados en el DB de textos a mostrar del PLC.

### 5.2.3. Sincronización entre el PLC y el HMI

Para que todo funcione como se desea se han de sincronizar las órdenes del operario con lo que se debe ejecutar en el programa del PLC. Así, si el operario desea ver la Transición 1, el PLC solo debe ejecutar lo correspondiente a la transición 1.

Para establecer las reglas de sincronización se establecieron una premisa básica, y es no sobrecargar la CPU de manera innecesaria con lo programado para el proyecto, lo que se traduce en dos acciones:



- El código del PLC, asociado al proyecto, solo se ejecutará cuando la ventana de SFC esté abierta. Una vez esté abierta, lo correspondiente a la ventana de transición solo se ejecutará mientras se esté mostrando esta ventana.
- Los textos de la ventana de transición sólo se copiarán una vez por cada apertura de ventana. Para los booleanos no se puede hacer esto, pues se han de actualizar en tiempo real.

Teniendo esto en cuenta, la secuencia que sigue el sistema para mostrar las condiciones de la transición es la mencionada en los siguientes párrafos.

El operario pulsa el botón de GRAFCET DE LA VE (ver figura 46), con lo que pone a 1 la marca START\_GRAFCET\_VE. Con esta marca a uno se llama al FC 7000, encargado de copiar los booleanos. En este mismo instante, como no se ha abierto ninguna transición no se copia ningún booleano.

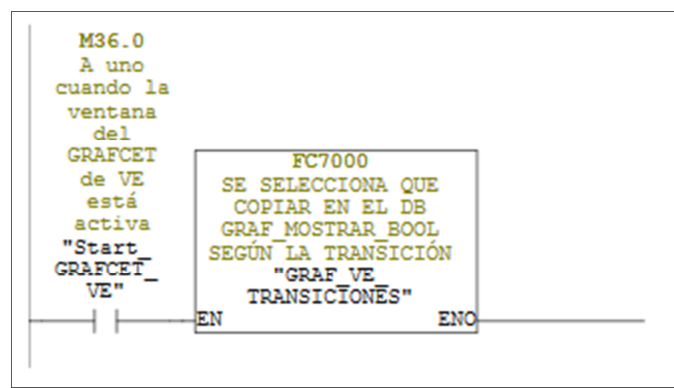


Fig. 56: Activación del FC7000.

Tras esta acción el operario puede volver a cerrar esta ventana, lo que pondría a cero la anterior marca, o pulsar sobre una transición. Al pulsar sobre una transición se borrará el DB1801 para borrar los textos que hayan podido quedar de anteriores visualizaciones. Para ello se utiliza otra función del sistema (SFC21) que inicializa un DB a un valor dado, dicho valor es el cero. A continuación se pondrán a uno los dos siguientes bits, el asociado a la transición que se haya pulsado y el bit Copia\_cond. En el FC7000 cada bit de transición llama a la función FC7002 y actualiza así los booleanos del DB1800 en tiempo real. Durante la visualización de la ventana de transición, habrá únicamente un solo bit de transición a uno, permaneciendo los demás a cero. El segundo bit sirve para llamar a la función FC7001 que nuevamente se valdrá del bit de transición para copiar únicamente los textos de la transición abierta. Al finalizar la FC7001 se retorna a cero el bit Copia\_cond y así solo se copian una vez los textos necesarios.

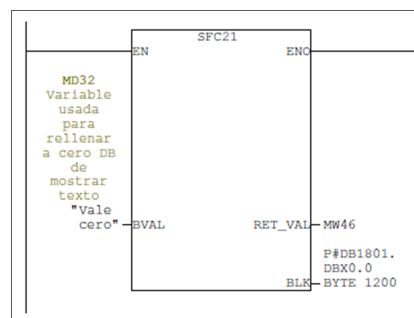


Fig. 57: Se borran todos los datos que hayan podido quedar en el DB1801

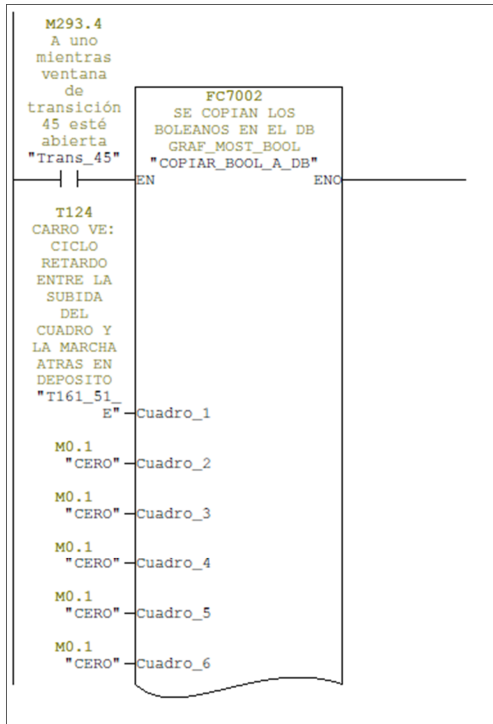


Fig. 58: Copia de booleanos, FC7000.

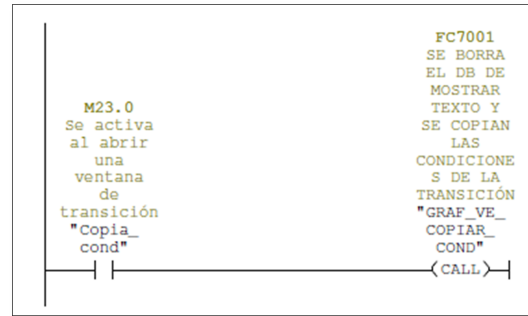


Fig. 59: Al final de la FC7000 se llama a la FC7001.

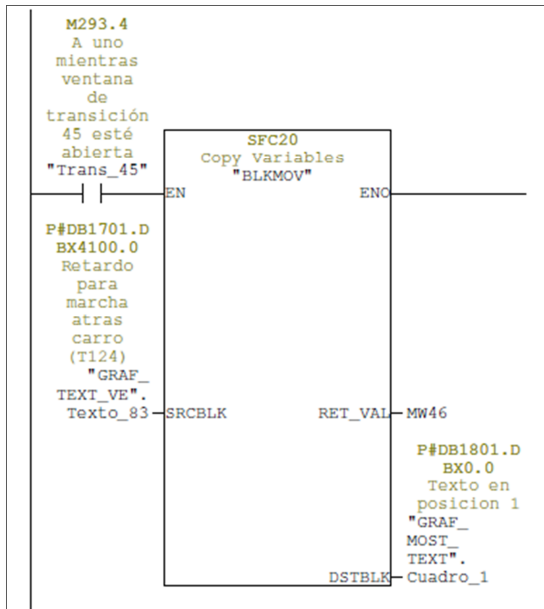


Fig. 60: Copia de textos en la Transición 45, FC7001.



Fig. 61: Al final del FC7001 se resetea Copia\_cond.

Finalmente al cerrar la ventana de transición se ponen a cero todos los bits asociados a las transiciones, así no se actualizan los booleanos de ninguna transición.



## **6. PANTALLAS DE EXPLOTACIÓN**

Como se ha visto en capítulos anteriores, las pantallas desarrolladas contienen objetos que al interactuar con ellos realizan una serie de acciones programadas en C. En este capítulo se verán todos esos objetos y las acciones asociadas a ellos, además de las configuraciones de las pantallas.



## 6.1. Pantalla principal de la volteadora de entrada

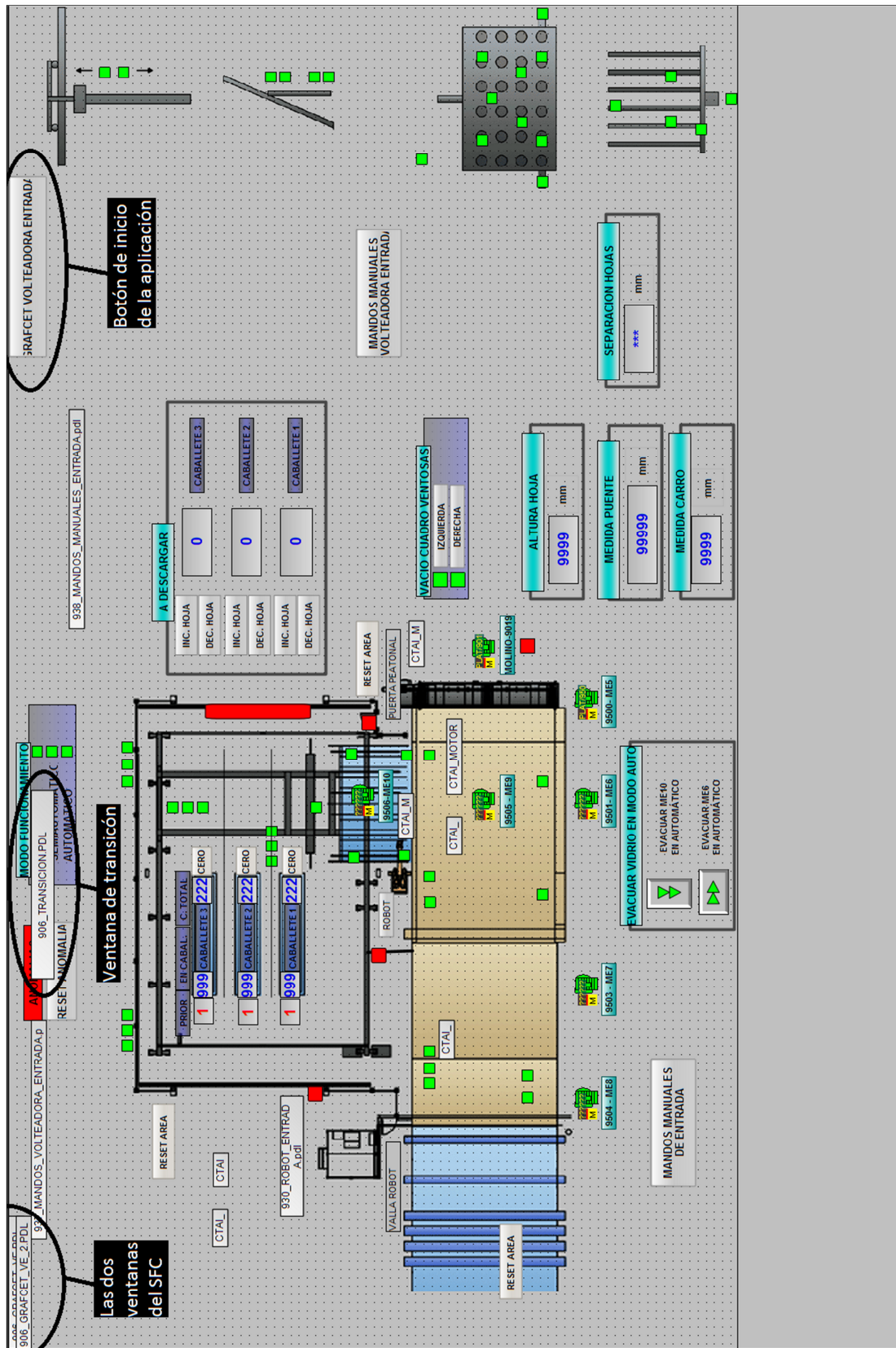


Fig. 62: HMI de la volteadora de entrada en modo edición.



Esta es la pantalla que controla y monitoriza la volteadora de entrada, con lo que lo conveniente es situar aquí el manejo de las ventanas creadas para el proyecto. Para ello se dispone un botón para iniciar la aplicación y tres objetos que representan las pantallas: 906\_GRAFCET\_VE.PDL, 906\_GRAFCET\_VE\_2.PDL y 906\_TRANSICIÓN.PDL.

### 6.1.1. Botón GRAFCET VOLTEADORA ENTRADA

Con este botón se abre el objeto 906\_GRAFCET\_VE.PDL (pantalla principal de SFC) y ejecuta la siguiente programación al hacer clic sobre él (ver figura 56 para la primera instrucción de la función).

```
#include "apdefap.h"
void OnClick(char* lpszPictureName, char* lpszObjectName, char*
lpszPropertyName)
{
    //Se pone a uno el bit que llama a la función FC7000.
    SetTagBit("PLAT/Start_GRAFCET_VE",1);

    //Se escala la ventana y se hace visible.
    SetPropWord("905_ENTRADA.pdl","906_GRAFCET_VE","Height",967);
    SetPropWord("905_ENTRADA.pdl","906_GRAFCET_VE","Width",1920);
    SetVisible("905_ENTRADA.pdl","906_GRAFCET_VE",1);
}
```



## 6.2. Pantalla principal del SFC

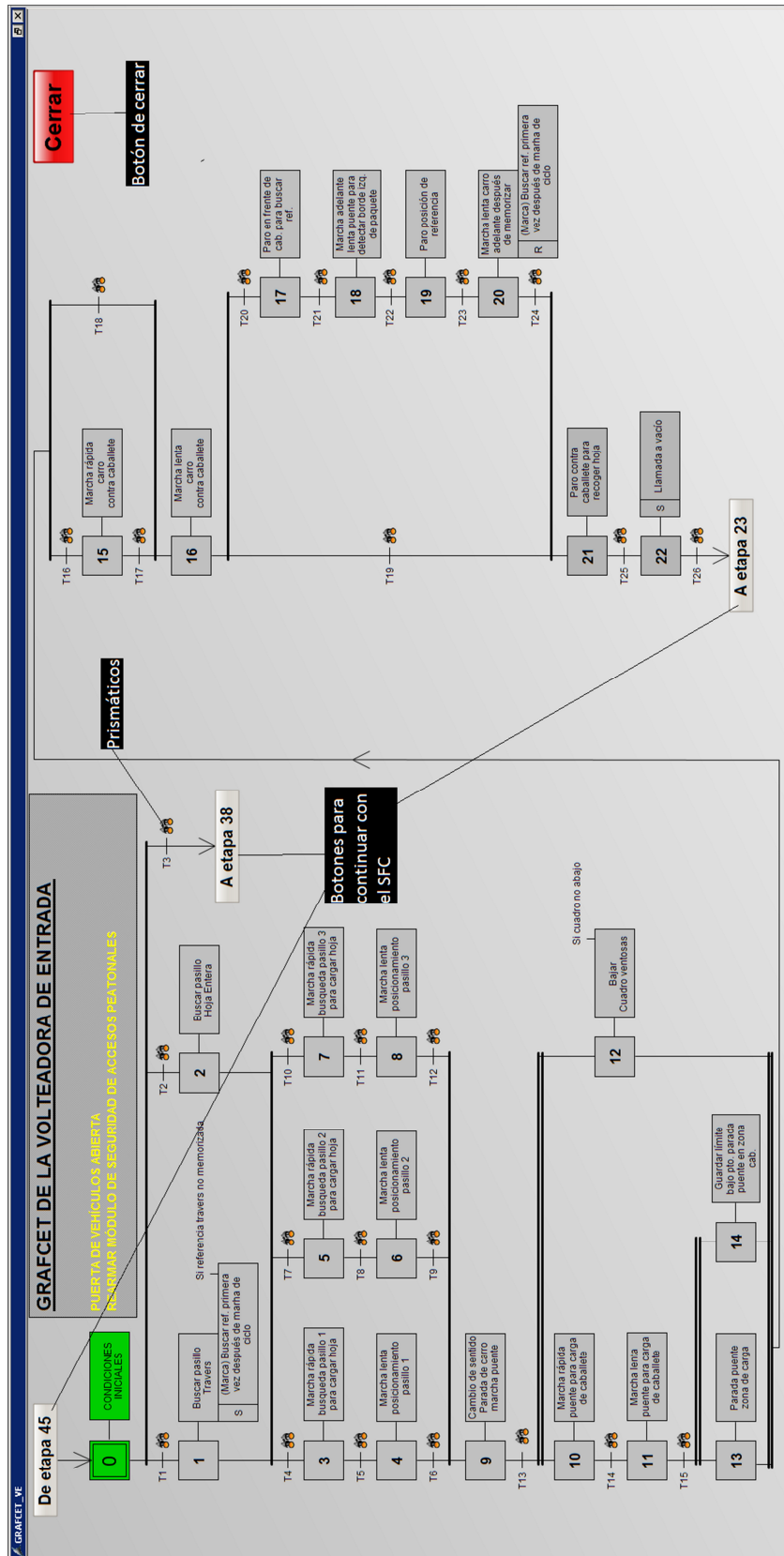


Fig. 63: Pantalla principal del SFC en RunTime.



### 6.2.1. Objeto botón prismáticos

Se utiliza para abrir la ventana de transición e indicar al programa del PLC que transición se ha abierto. El código contenido se ejecuta al hacer clic sobre el objeto y es el siguiente:

```
#include "apdefap.h"
void OnClick(char* lpszPictureName, char* lpszObjectName, char*
lpszPropertyName)
{
    #define ApcTransicion "Transicion"
    #define Apc905_ENTRADA_pdl "905_ENTRADA.pdl"

    //Se ponen a cero todas las marcas de las transiciones antes de
    abrir la ventana de transición o cambiar de transición, según
    corresponda.
    SetTagDWord("PLAT/Transiciones_1",0);
    SetTagWord("PLAT/Transiciones_2",0);

    //Se copia el número de transición actual en la variable
    correspondiente. Con esto se visualiza en la parte superior
    izquierda el número de transición que se está observando.
    SetTagByte(ApcTransicion,X);

    //Se pone a 1 el contacto correspondiente con la transición
    actual.
    SetTagBit("PLAT/Trans_X",1);

    //Se pone a uno el bit que llama a la función de borrado y copia
    de las condiciones que van a ir en la ventana de transición
    (FC7001).
    SetTagBit("PLAT/Copia_cond",1);

    //Se abre la ventana de transición.
    SetVisible(Apc905_ENTRADA_pdl,"TRANSICION",1);
}
```

### 6.2.2. Objeto botón cambio de SFC

Hay tres objetos iguales con la misma programación. Con ellos se visualiza la continuación del SFC. El código contenido se ejecuta al hacer clic sobre el objeto y es el siguiente:

```
#include "apdefap.h"
void OnClick(char* lpszPictureName, char* lpszObjectName, char*
lpszPropertyName)
{
    #define Apc905_ENTRADA_pdl "905_ENTRADA.pdl"

    //Se escala la ventana 2 del SFC y se hace visible.
    SetPropWord(Apc905_ENTRADA_pdl,"906_GRAFSET_VE_2","Height",970);
    SetPropWord(Apc905_ENTRADA_pdl,"906_GRAFSET_VE_2","Width",1920);
    SetVisible(Apc905_ENTRADA_pdl,"906_GRAFSET_VE_2",1);
}
```

### 6.2.3. Objeto botón cerrar ventana

Con este objeto se cierra la ventana del SFC. WinCC dispone un botón para tal efecto en la parte superior derecha (barra de menús de Windows), que se ha deshabilitado para poder





realizar acciones al cerrar. El código contenido se ejecuta al hacer clic sobre el objeto y es el siguiente:

```
#include "apdefap.h"
void OnClick(char* lpszPictureName, char* lpszObjectName, char*
lpszPropertyName)
{
    #define Apc905_ENTRADA_pdl    "905_ENTRADA.pdl"

    //Se deja de llamar a la FC7000 y se deja de visualizar la
ventana.
    SetTagBit("PLAT/Start_GRAFCET_VE",0);
    SetVisible(Apc905_ENTRADA_pdl,"906_GRAFCET_VE",0);
}
```



### 6.3. Ventana dos del SFC

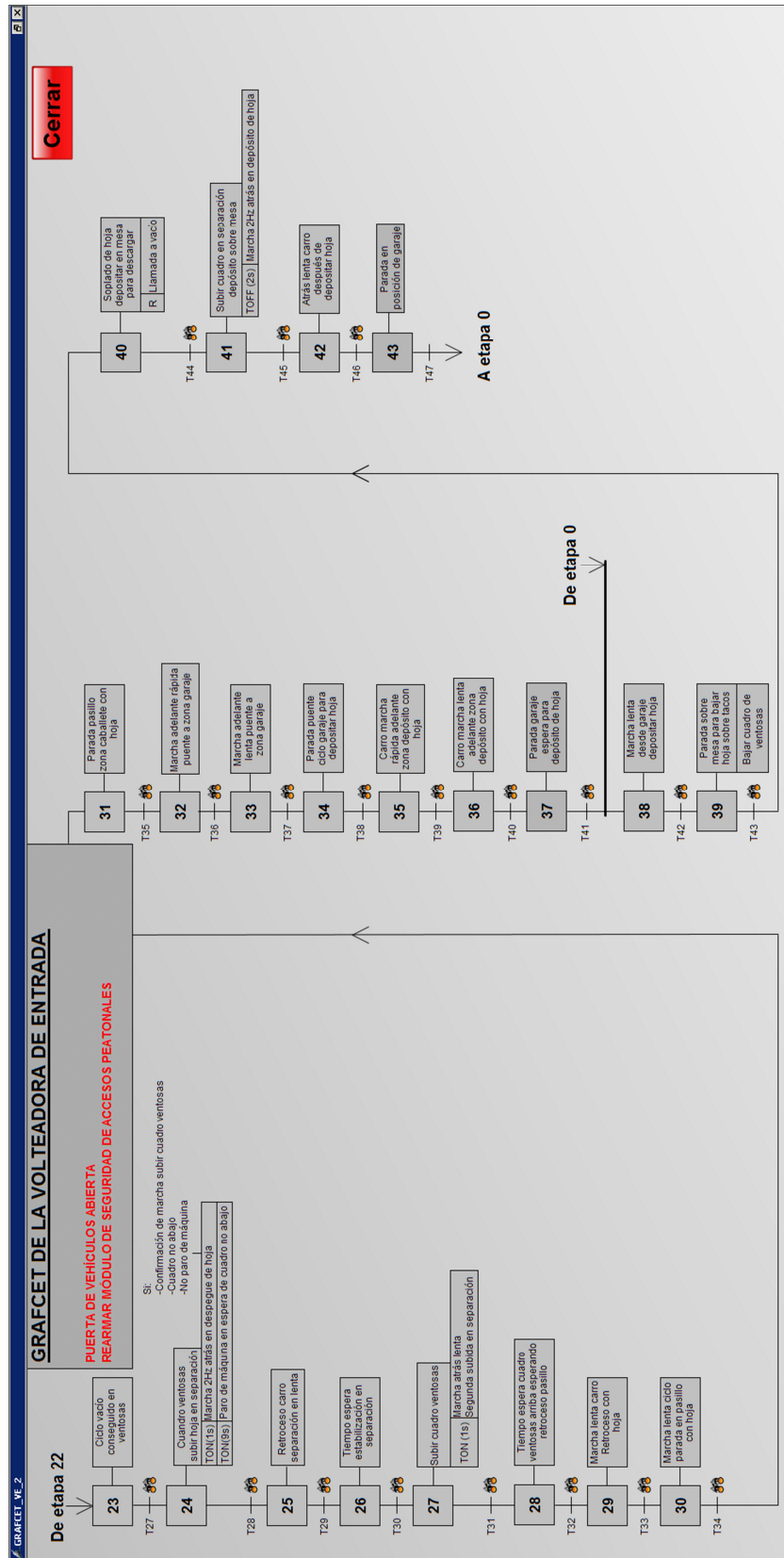


Fig. 64: Ventana dos del SFC en modo RunTime.



En esta ventana continúa el SFC del proyecto. Contiene los objetos prismáticos que son iguales a los de la pantalla principal del SFC, y al igual que esta contiene un botón de cerrar que no hace ninguna acción especial a parte de cerrar la ventana. Se podría haber utilizado el botón de cerrar que dispone WinCC para tal efecto, pero por seguir la estética de las otras dos ventanas se ha dispuesto este botón.

### 6.3.1. Objeto cerrar ventana

```
#include "apdefap.h"
void OnClick(char* lpszPictureName, char* lpszObjectName, char*
lpszPropertyName)
{
    #define Apc905_ENTRADA_pdl    "905_ENTRADA.pdl"

    //Se cierra la ventana dos del SFC.
    SetVisible(Apc905_ENTRADA_pdl, "906_GRAF CET_VE_2", 0);
}
```

### 6.4. Ventana de transición

Transición: 0		Actualizar condiciones	Cerrar
0.000000	0.000000		
0.000000	0.000000		
0.000000	0.000000		
0.000000	0.000000		
0.000000	0.000000		
0.000000	0.000000		
0.000000	0.000000		
0.000000	0.000000		
0.000000	0.000000		
0.000000	0.000000		
0.000000	0.000000		

Fig. 65: Ventana de transición en modo edición.

En esta ventana se muestran todas las condiciones de la transición que se quiera visualizar. En ella se ve el número de transición que se está observando (ver código del apartado 6.2.1.-Objeto prismáticos). Dispone de un botón de cerrar para realizar acciones antes de cerrar la ventana y un botón de actualizar condiciones. El resto son cuadros de texto que contienen la información del DB1801 en orden, de arriba a abajo y de izquierda a derecha.



### 6.4.1. Objeto botón actualizar condiciones

Tal y como se ve en el apartado 5.1.1.-El SFC y las transiciones, hay transiciones cuyas condiciones dependen de lo que se esté produciendo o de ciertas marcas (ver Anexo III, transiciones). Puesto que los textos no se actualizan en tiempo real, si cambia alguna condición se pueden refrescar los textos para ver las nuevas condiciones. Por ejemplo si durante una llamada a vacío se para la máquina y se sopla la hoja, las condiciones de algunas transiciones pueden cambiar, con lo que se dispone este botón para refrescar los textos y que aparezcan las nuevas condiciones. El código siguiente se ejecuta al hacer clic sobre él.

```
#include "apdefap.h"
void OnClick(char* lpszPictureName, char* lpszObjectName, char*
lpszPropertyName)
{
    //Llama al FC7001. Se pone a cero nuevamente al salir de FC7001
    SetTagBit("PLAT/Copia_cond",1);
}
```

### 6.4.2. Objeto botón cerrar

Con este botón se cierra la ventana de transición y se resetean todas las marcas que identifican las transiciones.

```
#include "apdefap.h"
void OnClick(char* lpszPictureName, char* lpszObjectName, char*
lpszPropertyName)
{
    #define Apc905_ENTRADA_pdl "905_ENTRADA.pdl"

    //Se cierra la ventana de transición.
    SetVisible(Apc905_ENTRADA_pdl,"TRANSICION",0);

    //Se ponen a cero todas las marcas de las transiciones tras
    //salir de la ventana de transición.
    SetTagDWord("PLAT/Transiciones_1",0);
    SetTagWord("PLAT/Transiciones_2",0);
}
```

## 7. CONCLUSIONES Y POSIBLES MEJORAS

El principal problema que se planteaba durante la propuesta del proyecto era como hacer la herramienta atractiva para los operarios de la máquina, las personas que más debían utilizar la herramienta, pues son los primeros que se enfrentan a un eventual paro de la máquina por circunstancias desconocidas. Al ser gente poco o nada preparada en los sistemas automáticos, la herramienta debería ser sencilla de entender y utilizar, y a la vez lo suficientemente potente como para permitir a usuarios más avanzados descubrir fallos y el motivo de comportamientos anómalos. Fue un objetivo en principio alcanzado pues tras una corta formación, todos los operadores entendieron el mecanismo del programa y lo pusieron en práctica, llegándose a resolver un fallo grave gracias a la herramienta. Repetidas veces se veían alusiones al GRAFCET en los partes de avería de la máquina, con lo que se demostraba que los operadores acudían a ella para verificar el motivo de la parada.

El fallo que se menciona no pudo ser resuelto por los operarios pues requería de un profundo conocimiento del programa, pero gracias a la información que estos proporcionaban en los partes de averías, el equipo de ingenieros de IMAF pudo dar con el problema casi de inmediato, evitándose, muy posiblemente, numerosas pérdidas económicas y materiales.



Para poder saber si realmente ha merecido la pena el gasto económico que ha supuesto el desarrollo de la herramienta, hará falta realizar un seguimiento de las campañas de producción de la línea de plateado y relacionar el número de paradas de la volteadora de entrada y el tiempo dedicado a solucionar cada uno de ellas. También se tendrá que observar si los operarios se habitúan a ella o cae en el olvido, pues para muchos de ellos la introducción de “nuevas tecnologías” no les es agradable. Esto último quedó de manifiesto cuando uno de los operarios con más años en el departamento desestimó por completo el uso de la herramienta por considerarla inútil. Aunque lo verdaderamente importante es que el jefe de la línea de plateado la considera como una gran herramienta que puede ayudar a aumentar el rendimiento de la línea.

Otra conclusión importante que se obtiene es que la volteadora de entrada es una máquina muy “visual”, es decir que para una persona con experiencia, acostumbrado a verla trabajar, solo con ver donde se ha quedado parada ya puede hacerse una idea de cuál ha sido el problema. No ocurre lo mismo con los transportes, pues solo se aprecia un rodillo girando, lo que no quiere decir que detrás de ese rodillo no haya una amplia programación. Para este tipo de máquinas sí que sería verdaderamente útil esta herramienta. Además un transporte depende de sí mismo, del anterior y del siguiente, y visualmente no se aprecia en qué estado está. Puede disponer de 7 estados en los que seis de ellos permanece girando, lo que hace que una persona que observe la máquina no se haga una idea tan fácilmente de qué es lo que está ocurriendo en ese instante.

La idea principal era hacer una primera herramienta para la volteadora de entrada, pues el hecho de que es una máquina muy “visual” ayuda a desarrollar y testear el programa de manera más eficiente, con lo que se adquiriría experiencia para luego aplicarla en donde verdaderamente es necesaria, en los transportes.

Como posibles mejoras, cabe destacar que sería conveniente añadir toda la información útil para el operario y que carece el sistema SCADA original. Durante la puesta en marcha se han añadido información sobre el estado de las setas de paro de ciclo, el estado de los módulos de seguridad, si se ha llegado al final de la producción...

También sería muy interesante que durante la producción se pudiese detectar el paro de la máquina debido a un fallo, obtener la información de manera automática de la etapa y el estado de las condiciones de la transición y escalar toda esa información a un servidor que más tarde pudiesen consultar los ingenieros del departamento de IMAF. Con esto se evitarían posibles descuidos u olvidos por parte de los operarios que deberían anotar esta información.

Otra mejora interesante para evitar que la herramienta caiga en el olvido y se utilice siempre que la máquina falle, pasaría por detectar el paro de la máquina por un fallo y que automáticamente abriese las ventanas del GRAFCET y la transición validada, con lo que al operario ya no se le olvidaría consultar la herramienta.

## **8. PLANIFICACIÓN**

Para la planificación del proyecto se han creado un total de 8 tareas generales, de las cuales las 7 primeras están formadas por sub tareas. El trabajo a realizar en cada una se explica a continuación:

### **8.1. Descripción de tareas**

La primera tarea titulada *Estudio del programa y primera aproximación del GRAFCET*, comprende la labor de estudiar el programa objeto del proyecto y hacer un primer GRAFCET



que permita hacerse una idea del funcionamiento de la máquina. Las transiciones de este GRAFCET serán sencillas, una aproximación primera que permita entenderlo. Hay dos tareas secundarias que completan esta labor:

- Hacer el primer GRAFCET con transiciones simples
- Revisar nuevamente todo el programa y corregir posibles fallos o añadir lo necesario hasta completar el GRAFCET.

Una vez completado el GRAFCET es necesario revisarlo y comentarlo con el equipo. Esta tarea denominada *Revisión y corrección de errores* comprende dos tareas para llevarla a cabo:

- Reunión y presentación del trabajo, discusión y toma de conclusiones.
- Corrección de los errores encontrados durante la reunión.

Una vez está disponible el GRAFCET final es necesario dibujarlo tal y como quedará en pantalla, para ello hay que decidir qué nombre llevarán las acciones. Además hay que completar las transiciones con todas las condiciones necesarias. Esta etapa tiene como título *Dibujar GRAFCET final y completar las transiciones*, y para ambas tareas se necesita una aprobación del equipo.

- Dibujar el GRAFCET tal y como quedará en pantalla.
- Aprobarlo en equipo.
- Completar las transiciones.
- Aprobarlas en equipo.
- Completar y corregir lo que se haya encontrado durante las reuniones

Una vez realizado el trabajo en papel es hora de plasmarlo todo en el sistema. Para ello hay que hacer un estudio de cómo serán las ventanas, cuál será su manejo y distribución dentro del sistema SCADA ya existente. Una vez completado el estudio es momento de comenzar con el dibujo. Esta etapa que se denomina *Creación del GRAFCET en el PC*, comprende las siguientes estepas secundarias:

- Estudio de la distribución e integración de pantallas en el sistema SCADA original.
- Dibujo de GRAFCET.

Una vez dibujado el GRAFCET (en este caso en dos pantallas) es necesario crear las pantallas como objetos dentro del sistema SCADA, y configurarlas e instalarlas. Tras lo cual se procede a animar el GRAFCET (hacer que las etapas se iluminen cuando corresponden) y probar que todo funciona correctamente. Esta tarea, *Creación de pantallas y animación del GRAFCET*, comprende las siguientes tareas:

- Crear y configurar las pantallas.
- Animar el GRAFCET.
- Comprobar que todo hace o que tiene que hacer.

Una vez creadas las pantallas es necesario animar la ventana de transición y conseguir que aparezcan los textos y colores correspondientes a la transición pinchada. Para ello, en esta tarea denominada *Programación de los textos y los colores de los cuadros de texto*, se dispone de dos tareas secundarias:

- Programar los textos a mostrar.



- Programar los booleanos que condicionarán los colores de los cuadros de texto.

Finalmente en la tarea *Testeo de la aplicación* se hace un test general buscando errores y corrigiéndolos. Esta tarea comprende las siguientes subtareas:

- Probar el GRAFCET y su evolución.
- Probar que los textos que se muestran son los correctos.
- Probar que los colores de los cuadros de texto corresponden con las condiciones mostradas.
- Corregir todos los fallos que hayan podido surgir.

El total de todas las tareas y sub tareas se describen en la siguiente tabla:

<b>1.-Estudio del programa y primera aproximación del GRAFCET</b>
Hacer el primer GRAFCET con transiciones simples
Revisar y completar el GRAFCET
<b>2.-Revisión y corrección de errores</b>
Reunión para comentar el GRAFCET
Corregir los errores encontrados durante la reunión
<b>3.-Dibujar GRAFCET final y completar las transiciones</b>
Dibujar el GRAFCET definitivo que se mostrará en la pantalla
Dar visto bueno al GRAFCET
Completar todas las transiciones
Dar visto bueno a las transiciones
Completar y corregir los errores encontrados
<b>4.-Creación del GRAFCET en el PC</b>
Estudio de la cantidad de pantallas necesarias y su distribución
Dibujar el GRAFCET según el estudio previamente realizado
<b>5.-Creación de pantallas y animación del GRAFCET</b>
Crear las pantallas como objetos, configurarlas e instalarlas
Animar todo el GRAFCET (programación)
Testeo de la animación (comprobar que hace lo esperado)
<b>6.-Programar los textos y los colores de los cuadros de texto</b>
Programar los textos que aparecerán en los cuadros de texto
Programar los booleanos que darán color a los cuadros de texto
<b>7.-Testeo de la aplicación</b>
Probar que el GRAFCET evoluciona adecuadamente
Probar que las condiciones que se muestran son las correctas según el caso
Probar que los colores del cuadro de texto corresponden con los textos en ellos contenidos
Corregir los fallos que hayan podido detectarse en las tres pruebas anteriores
<b>8.-Documentación</b>



## 8.2. Planificación

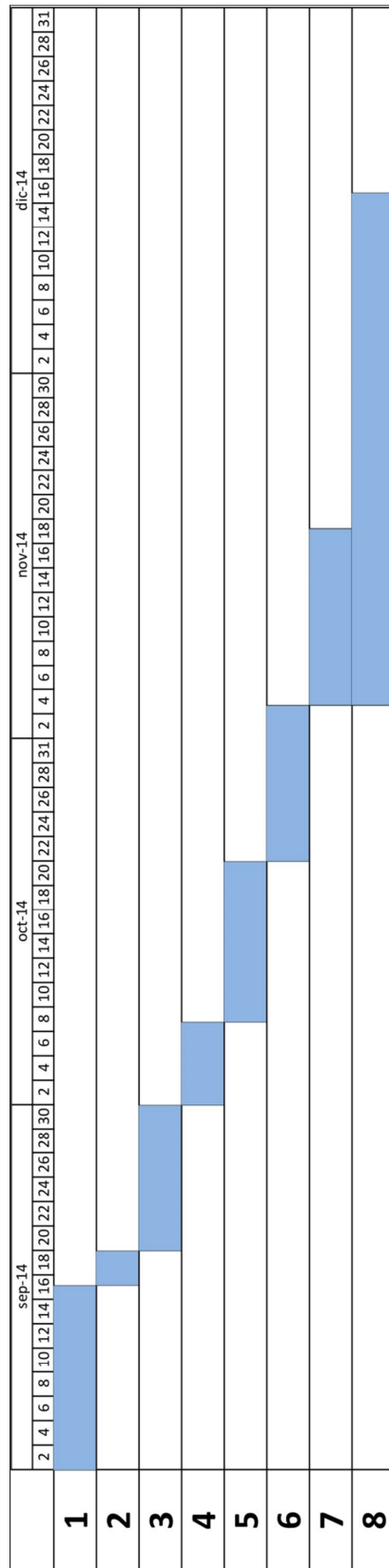


Fig. 66: Diagrama Gantt de la ejecución del proyecto





## 9. BIBLIOGRAFÍA

- [1] **Apuntes de la asignatura Análisis e Implementación de Sistemas de Automatización. Master en Ingeniería de Automatización e Informática Industrial.** Curso 2014-2015.
- [2] **Ayuda del programa Step 7 de Siemens.**
- [3] **Ayuda del programa WinCC de Siemens.**
- [4] **InfoPLC**, *Página sobre automatización industrial, con novedades, noticias y foros.* Última visita: 20/06/2015.  
<http://www.infopl.net/>
- [5] **Siemens**, *Página web de Siemens dedicada a productos SIMATIC de la industria de la automatización industrial: foro y manuales.* Última visita 20/06/2015.  
<http://w3.siemens.com/mcms/automation/en/automation-systems/industrial-automation/Pages/Default.aspx>



Universidad de Oviedo

**MÁSTER EN INGENIERÍA DE  
AUTOMATIZACIÓN E INFORMÁTICA  
INDUSTRIAL**

**Documento II**

---

**Presupuesto**

*Diseño e implantación de software de diagnóstico y  
solución de averías en líneas de transporte de vidrio*

Juan Arsenio Blanco Marcos

Tutor: Felipe Mateos Martín



# Índice de contenidos

<b>1.- Mediciones y precio unitario .....</b>	<b>3</b>
1.1.- Mano de obra directa.....	3
<b>2.- Sumas parciales .....</b>	<b>4</b>
<b>3.- Presupuesto general .....</b>	<b>5</b>



## **1.-MEDICIONES Y PRECIO UNITARIO**

El proyecto descrito en el DOCUMENTO I se trata de un proyecto de programación y estudio, con lo que no requiere de materiales, a excepción de un ordenador de sobremesa proporcionado por la empresa contratante y cuyo uso se ha compartido en todo momento con el sistema de supervisión, con lo que no existen horas de amortización del PC pues no se ha usado en ningún momento exclusivamente para el proyecto. Las licencias de software requeridas ya están disponibles y han sido adquiridas por la empresa contratante, con lo que, en cuanto a materiales, solo se dispone de un PC de sobremesa. El resto son horas de ingeniería que se pasan a detallar en el siguiente apartado.

El precio unitario de la mano de obra será de 25€/h para labores que requieran de unos conocimientos profundos de la materia, mientras que para labores más repetitivas o sencillas se fijará un precio de 20€/h. Finalmente para la documentación se fijará un precio de 15€/h.

### **1.1.-Mano de obra directa**

La mano de obra se ha desglosado en un total de siete actividades principales, las cuales están formadas por varias tareas secundarias, tal y como se describe en el capítulo 8 del DOCUMENTO I del proyecto. En este apartado se describirán el total de horas dedicadas a cada tarea principal y secundaria.

<b>TAREAS</b>	<b>HORAS</b>	<b>PRECIO</b>
<b>Estudio del programa y primera aproximación del GRAFCET</b>	<b>Total: 80 h</b>	
Hacer el primer GRAFCET con transiciones simples	40 h	25 €/h
Revisar y completar el GRAFCET	40 h	25 €/h
<b>Revisión y corrección de errores</b>	<b>Total: 29 h</b>	
Reunión para comentar el GRAFCET	5 h	20 €/h
Corregir los errores encontrados durante la reunión	24 h	20 €/h
<b>Dibujar GRAFCET final y completar las transiciones</b>	<b>Total: 58 h</b>	
Dibujar el GRAFCET definitivo que se mostrará en la pantalla	8 h	20 €/h
Dar visto bueno al GRAFCET	5 h	20 €/h
Completar todas las transiciones	40 h	25 €/h
Dar visto bueno a las transiciones	5 h	20 €/h
<b>Creación del GRAFCET en el PC</b>	<b>Total: 40 h</b>	
Estudio de la cantidad de pantallas necesarias y su distribución	8 h	20 €/h
Dibujar el GRAFCET según el estudio previamente realizado	32 h	20 €/h



<b>TAREAS</b>	<b>HORAS</b>	<b>PRECIO</b>
<b>Creación de pantallas y animación del GRAFCET</b>	<b>Total: 72 h</b>	
Crear las pantallas como objetos, configurarlas e instalarlas	24 h	25 €/h
Animar todo el GRAFCET (programación)	36 h	25 €/h
Testeo de la animación (comprobar que hace lo esperado)	12 h	20 €/h
<b>Programar los textos y los colores de los cuadros de texto</b>	<b>Total: 76 h</b>	
Programar los textos que aparecerán en los cuadros de texto	38 h	25 €/h
Programar los booleanos que darán color a los cuadros de texto	38 h	25 €/h
<b>Testeo de la aplicación</b>	<b>Total: 272 h</b>	
Probar que el GRAFCET evoluciona adecuadamente	13 h	20 €/h
Probar que las condiciones que se muestran son las correctas según el caso	120 h	20 €/h
Probar que los colores del cuadro de texto corresponden con los textos en ellos contenidos	120 h	20 €/h
Corregir los fallos que hayan podido detectarse en las tres pruebas anteriores	19 h	25 €/h
<b>Documentación</b>	<b>Total: 784 h</b>	<b>15 €/h</b>

## **2.-SUMAS PARCIALES**

<b>TAREAS</b>	<b>HORAS</b>	<b>COSTE</b>
<b>Estudio del programa y primera aproximación del GRAFCET</b>	<b>Total: 80 h</b>	<b>Total: 2000 €</b>
Hacer el primer GRAFCET con transiciones simples	40 h	1000 €
Revisar y completar el GRAFCET	40 h	1000 €
<b>Revisión y corrección de errores</b>	<b>Total: 29 h</b>	<b>Total: 580 €</b>
Reunión para comentar el GRAFCET	5	100 €
Corregir los errores encontrados durante la reunión	24	4800 €
<b>Dibujar GRAFCET final y completar las transiciones</b>	<b>Total: 58 h</b>	<b>Total: 1360 €</b>
Dibujar el GRAFCET definitivo que se mostrará en la pantalla	8	160 €
Dar visto bueno al GRAFCET	5	100 €
Completar todas las transiciones	40	1000 €
Dar visto bueno a las transiciones	5	100 €



<b>TAREAS</b>	<b>HORAS</b>	<b>COSTE</b>
<b>Creación del GRAFCET en el PC</b>	<b>Total: 40 h</b>	<b>Total: 800 €</b>
Estudio de la cantidad de pantallas necesarias y su distribución	8	160 €
Dibujar el GRAFCET según el estudio previamente realizado	32	640 €
<b>Creación de pantallas y animación del GRAFCET</b>	<b>Total: 72 h</b>	<b>Total: 1740 €</b>
Crear las pantallas como objetos, configurarlas e instalarlas	24	600 €
Animar todo el GRAFCET (programación)	36	900 €
Testeo de la animación (comprobar que hace lo esperado)	12	240 €
<b>Programar los textos y los colores de los cuadros de texto</b>	<b>Total: 76 h</b>	<b>Total: 1900 €</b>
Programar los textos que aparecerán en los cuadros de texto	38	950 €
Programar los booleanos que darán color a los cuadros de texto	38	950 €
<b>Testeo de la aplicación</b>	<b>Total: 80 h</b>	<b>Total: 1660 €</b>
Probar que el GRAFCET evoluciona adecuadamente	8	260 €
Probar que las condiciones que se muestran son las correctas según el caso	30	2400 €
Probar que los colores del cuadro de texto corresponden con los textos en ellos contenidos	30	2400 €
Corregir los fallos que hayan podido detectarse en las tres pruebas anteriores	12	475€
<b>Documentación</b>	<b>Total: 248 h</b>	<b>Total: 3720 €</b>

### **3.-PRESUPUESTO GENERAL**

<b>ITEM</b>	<b>PRECIO</b>
Estudio del programa y primera aproximación del GRAFCET	2000 €
Revisión y corrección de errores	580 €
Dibujar GRAFCET final y completar las transiciones	1360 €
Creación del GRAFCET en el PC	800 €
Creación de pantallas y animación del GRAFCET	1740 €
Programar los textos y los colores de los cuadros de texto	1900 €
Testeo de la aplicación	1660 €
Documentación	3720 €
IVA (21%)	2889,6
<b>TOTAL</b>	<b>16649,6 €</b>

Sumando el total de mano de obra directa y los materiales utilizados, y añadiendo el 21% de IVA se establece un total en Euros de:



**Dieciséis mil seiscientos cuarenta y nueve Euros y sesenta céntimos**

En Gijón, a 8 de Julio de 2015

Fdo.: Juan Arsenio Blanco Marcos



Universidad de Oviedo

**MÁSTER EN INGENIERÍA DE  
AUTOMATIZACIÓN E INFORMÁTICA  
INDUSTRIAL**

**Documento III**  

---

**ANEXOS**

*Diseño e implantación de software de diagnóstico y  
solución de averías en líneas de transporte de vidrio*

Juan Arsenio Blanco Marcos

Tutor: Felipe Mateos Martín





# Índice de contenidos.

<b>ANEXO I. Manual de usuario.....</b>	<b>4</b>
1.- Objeto del manual .....	5
2.- Definiciones .....	5
3.- Consideraciones previas.....	7
4.- Manenjo del SFC y las ventanas .....	8
<b>ANEXO II. SFC completo .....</b>	<b>9</b>
1.- SFC completo (acudir al documento SFC Completo.PDF, incluido en el CD) ....	10
2.- Funcionamiento automático del sistema .....	11
<b>ANEXO III. Tablas .....</b>	<b>12</b>
1.- Transiciones .....	13
2.- Textos.....	22
3.- Tabla Hoja Cargada/no cargada en carro de ventosas.....	26
<b>ANEXO IV. FC'S (acudir a la carpeta FC's incluida en el CD).....</b>	<b>27</b>



## Índice de figuras.

Fig. 1: Ejemplo de SFC.....	5
Fig. 2: Ejemplo de divergencia en O.....	6
Fig. 3: Ejemplo de divergencia en Y.....	6
Fig. 4: Ejemplo de acciones condicionadas, enclavadas y temporizadas.....	7



## **ANEXO I. Manual de usuario**



## 1.-OBJETO DEL MANUAL

El presente manual tiene como objeto mostrar al usuario, sin conocimientos previos de automatización la manera de utilizar de forma correcta el sistema, como interpretar los que ve y cómo manejar las ventanas.

## 2.-DEFINICIONES

GRAFCET (Graphe Fonctionnel de Commande Etape Transition) o Gráfico Funcional de Control Etapa-Transición. Se trata de un diagrama capaz de describir el funcionamiento de una máquina mediante estados. Una máquina siempre estará en un estado de funcionamiento al cual habrá evolucionado de uno anterior y que evolucionará a uno siguiente. La evolución de un estado a otro se realiza bajo ciertas condiciones. En los estados la máquina realiza acciones. Para que la maquina puede evolucionar al siguiente estado debe superar una transición, que representa las condiciones que deben darse para que la máquina evolucione. Con lo cual, entre dos estados siempre debe haber una transición, la cual tendrá al menos una condición. Para este documento los estados se denominarán etapas. En el siguiente ejemplo se ven las etapas numeradas de la 32 a la 35, las transiciones numeradas de la T36 a la T39 y junto a ellas las condiciones, que en este ejemplo solo hay una por transición. Junto a las etapas se ven las acciones que realiza la máquina mientras está en el estado que corresponda.

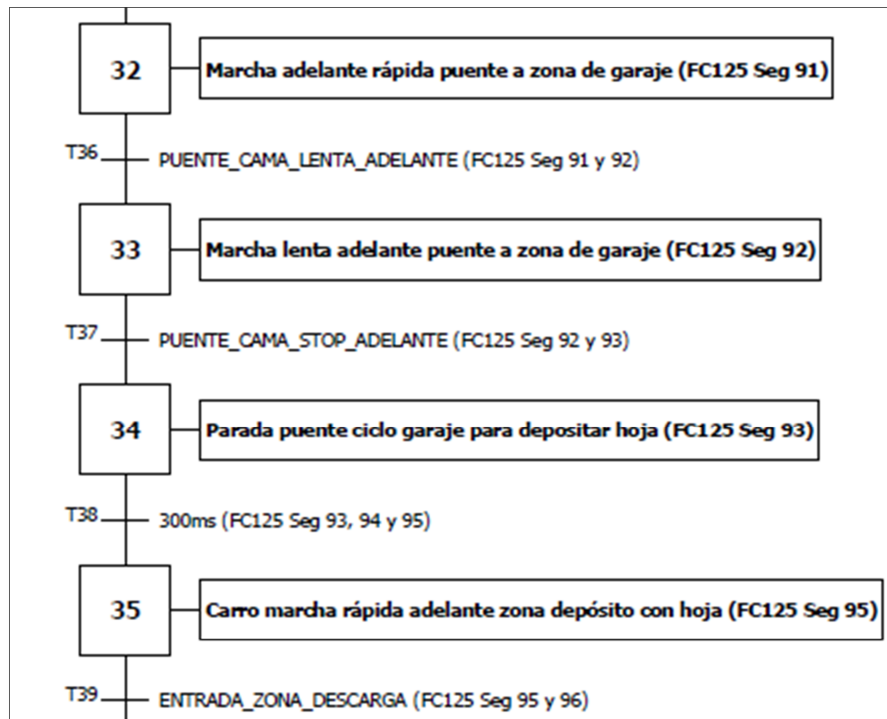


Fig. 1: Ejemplo de SFC.

Una máquina puede optar por un camino de entre varios o realizar varios caminos a la vez. En el ejemplo anterior solo hay un camino posible, pero si se presentan varias posibilidades se denomina divergencia. Hay dos tipos divergencia, en Y o divergencia en O. La divergencia en Y implica que la máquina evolucionará por dos o más caminos distintos a la vez, mientras que la divergencia en O implica que la máquina elegirá un único camino. Cuando se retorna a un solo camino nuevamente se llaman convergencias en Y y en O. Si la convergencia es en Y, para que la máquina evoluciones a la etapa de un solo camino han de estar activas las etapas



inmediatamente superiores de todos los caminos que haya cogido. En el siguiente ejemplo se puede ver una divergencia en O en donde la máquina puede evolucionar de la etapa 1 hacia cualquiera de los dos caminos, pero solo uno.

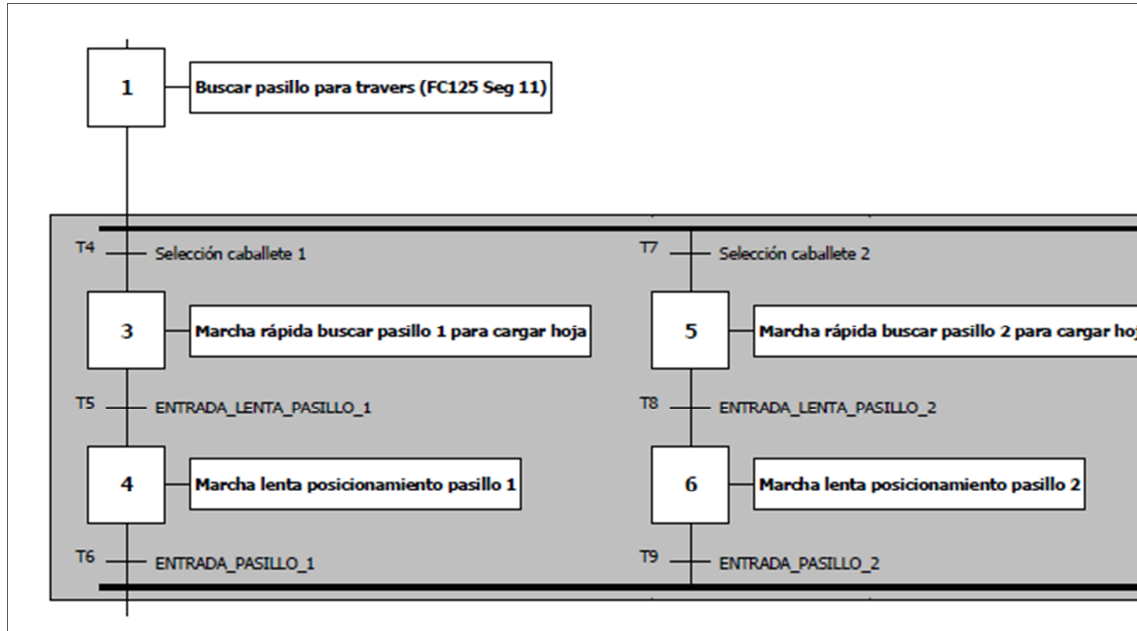


Fig. 2: Ejemplo de divergencia en O.

La figura tres muestra un ejemplo de divergencia en Y pues la máquina seguirá dos caminos cuando evolucione de la etapa nueve: irá hasta la etapa 10 y la 12 simultáneamente, realizando sus acciones asociadas. Y de la once evolucionará a la trece y catorce. Finalmente para poder seguir evolucionando tienen que estar activas las etapas 12, 13 y 14.

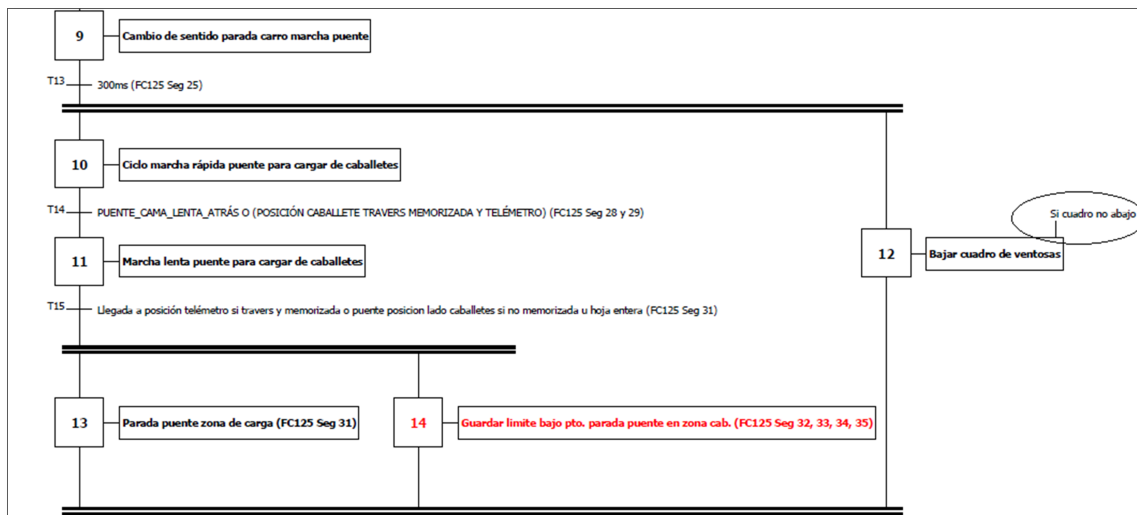


Fig. 3: Ejemplo de divergencia en Y.

Para diferenciar el tipo de divergencia se juega con las rayas horizontales, siendo doble raya para la divergencia en Y y una única raya para la divergencia en O.

En el ejemplo anterior se puede ver que la acción de la etapa 12 tiene una raya vertical y un texto. Esto indica que la acción es condicionada, y que solo se va a realizar cuando se cumpla



lo citado en el texto. En este caso solo se va a bajar el cuadro de ventosas si en cuadro no está abajo ya.

También pueden darse condiciones temporizadas a la conexión (se representan con TON), es decir que hasta que no pase el tiempo indicado no se realizará la acción, Este tiempo comienza a contar desde el mismo instante que la etapa se activa. Lo contrario es posible también, acciones que estén activas durante un tiempo determinada (representadas como TOFF), temporizadas a la desconexión. Igualmente este tiempo comienza a contar desde el instante en que se activa la etapa.

Otras acciones se pueden estar activas durante varias etapas poniéndolas a uno en una etapa determinada y luego a cero en varias etapas más adelante. Activar la acción se representa como una S y desactivarla con una R. En la siguiente figura se ve un ejemplo de cada acción anteriormente indicada. También se puede observar que una etapa puede tener varias acciones asociadas.

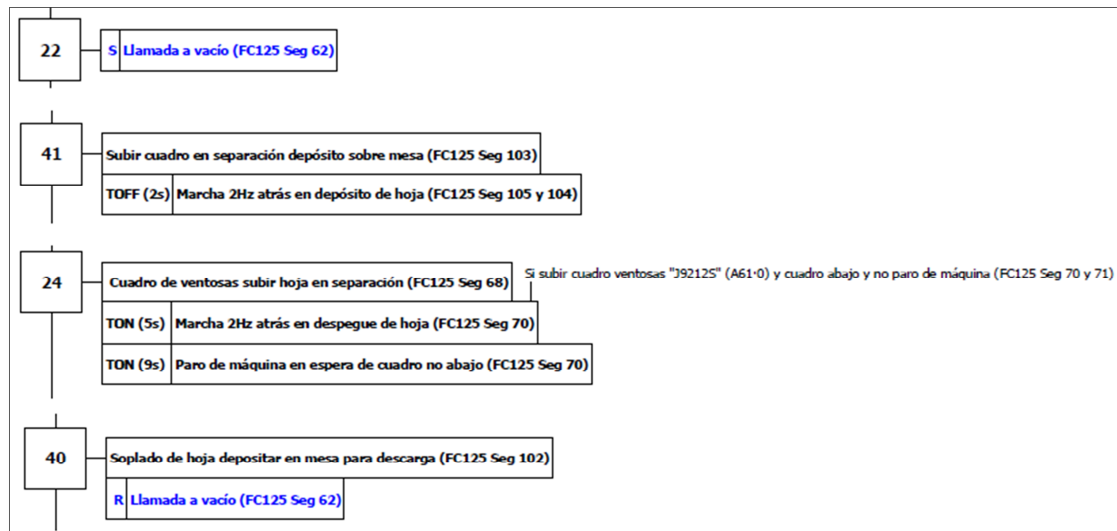


Fig. 4: Ejemplo de acciones condicionadas, enclavadas y temporizadas.

Finalmente, cuando se observan las condiciones de una transición, estas solo serán válidas si la etapa inmediatamente superior está activada, es decir, en el ejemplo de la figura 1 la máquina no evolucionará de la etapa 32 a la 33 solo porque esté cumplida la condición de la transición 39, la máquina solo hará caso a esta condición si la etapa 35 está activa. Se dice que una transición está validada cuando su etapa anterior está activa, y quiere decir que la máquina tendrá en cuenta sus condiciones para evolucionar.

### **3.-CONSIDERACIONES PREVIAS**

El SFC (Sequential Function Chart) descrito en el Anexo II y que se representa en la pantalla de explotación, es únicamente para el funcionamiento automático de la máquina, no contempla en ningún caso los modos manual y semiautomático.

Las etapas y acciones activas del SFC se representarán con color verde, mientras que las que estén inactivas se harán con color gris.

En la ventana de transición, las condiciones ciertas se dispondrán en fondo verde, mientras que las que todavía no se hayan cumplido se mantendrán con fondo rojo.



## **4.-MANENJO DEL SFC Y LAS VENTANAS**

Para iniciar la aplicación se pinchará sobre el botón GRAFCET VOLTEADORA ENTRADA (ver figura 46 del DOCUMENTO I) en la esquina superior derecha de la pantalla de ENTRADA, tras lo cual se presentará la pantalla principal del GRAFCET (ver figura 63 del DOCUMENTO I). En ella, y junto a la etapa 0 se podrá observar un cuadro de información general del estado de la máquina con mensajes que ayuden a diagnosticar problemas con la misma.

El GRAFCET de la máquina es excesivamente grande para caber en una sola pantalla, con lo que hay dos camino que llevan a la continuación del GRAFCET, y que son la etapa 22 y la evolución de la etapa 0 a la 38 (ver figura 47 del DOCUMENTO I). A la etapa cero se llega desde la 45. Todos estos saltos de pantalla disponen de un botón, y todos ellos abren la segunda ventana del GRAFCET (ver figura 64 del DOCUMENTO I).

Junto a las transiciones aparecen unos símbolos (prismáticos) que al pinchar sobre ellos llevan a la ventana de transición, en donde se mostrarán las condiciones de dicha transición (ver figura 63 del DOCUMENTO I). Recordar que las condiciones solo son válidas si la transición está validada. Si no está validada dan información del estado de las condiciones, pero la máquina no evolucionará del estado en que esté aunque se cumplan todas las condiciones.

Para salir de cualquiera de las ventanas es necesario pulsar sobre el botón rojo de Cerrar dispuesto en la esquina superior derecha (ver figura 65 del DOCUMENTO I).

Una vez situados en la ventana de transición se pueden observar las condiciones de dicha transición en sendos cuadros de texto. Estos cuadros de texto cambiarán su color en función de si la condición se ha cumplido o no. La actualización del color se hace en tiempo real, pero los textos en ellos contenidos no, con lo que si se cambia alguna configuración de la máquina mientras se visualiza la transición (por ejemplo cambiar de hoja entera a través) se han de actualizar los textos. Para ello se puede cerrar y volver a abrir la transición u pulsar el botón de Actualizar condiciones, situado en la parte superior central de la ventana (ver figura 48 del DOCUMENTO I).

Para interpretar correctamente el sentido de lo que está en el cuadro de texto, hay que aclarar que una doble negación implica una afirmación. El color rojo significa que NO es cierto lo que hay escrito en el cuadro. Si en el cuadro rojo también hay una condición negativa, significa que lo que está escrito en él es cierto. Por ejemplo si en un cuadro rojo hay no cuadro de ventosas arriba, está queriendo decir que el cuadro está arriba (doble negación) y que se necesita que no esté arriba. Cuando ese cuadro de texto se torne verde implicará que el cuadro ya no está arriba.



## **ANEXO II. SFC completo**





**1.-SFC COMPLETO (ACUDIR AL DOCUMENTO SFC  
COMPLETO.PDF, INCLUIDO EN EL CD)**



## **2.-FUNCIONAMIENTO AUTOMÁTICO DEL SISTEMA**

La máquina comienza en la etapa 0. Para que esta etapa se encuentre activa, la máquina tiene que estar posicionada en la zona de garaje. A partir de ahí se puede dar dos casos, que la máquina comience un ciclo de producción, o que se encuentre con una hoja cargada. Si se encuentra con una hoja cargada deberá evolucionar directamente a la etapa 38 en donde depositará la hoja y volverá a la etapa 0 nuevamente.

El otro caso sucede cuando la máquina no dispone de hoja en el cuadro de ventosas y comienza un nuevo ciclo de producción. Ahí pueden darse dos casos más, que sea hoja entera o travers.

Tras seleccionar el producto la máquina elegirá un camino en función del caballete que se desee descargar. Hará toda la secuencia hasta la etapa 13-14 en donde la máquina se encuentra situada en frente del paquete de vidrio. Ahí puede optar por avanzar en rápida hasta unos cm antes de pegar con el paquete, o saltarse esta velocidad y entrar en lenta directamente. La decisión dependerá de si ya conoce la posición del paquete o no. Si no la conoce deberá avanzar en lenta hasta que los palpadores encuentren la posición del paquete.

De ahí se continúa hasta la etapa 16 en donde, si se está produciendo travers y la posición de estos con respecto al cuadro no está memorizada, iniciará una secuencia para centrar el cuadro de ventosas con los paquetes gracias a los sensores situados en sus laterales. Si la posición ya está memorizada o si se está produciendo con hoja entera, se saltará este paso.

A partir de ahí comienza el vacío y el despegue de la hoja que lleva la siguiente secuencia:

- Se hace el vacío.
- Se comienza a subir el cuadro de ventosas.
- Transcurrido 1 segundo subiendo el cuadro y si este ya se encuentra no abajo, se inicia una marcha muy lenta del cuadro hacia atrás mientras se sigue subiendo el cuadro de ventosas.
- Si transcurridos cuatro 9 segundos el cuadro sigue abajo la máquina se para.
- Si todo va bien, y el cuadro ya no está abajo, transcurridos 4 segundos la máquina evoluciona de estado.

Al terminar esta etapa el cuadro aún no ha llegado arriba, con lo que se inicia un proceso en el que se sigue subiendo el cuadro pero esta vez la máquina ya retrocede en velocidad lenta (más rápida que la de 2Hz).

A partir de ahí el cuadro ya tiene la hoja y está en posición alta, iniciando la secuencia para descargar la hoja y retornar a zona de garaje, desde donde comenzará un nuevo ciclo.



## **ANEXO III. Tablas**



## **1.-TRANSICIONES**

En este apartado se presentan todas las condiciones incluidas en cada transición. Cada transición se representa en una tabla con tres celdas. La superior izquierda representa la transición a la que se refiere la tabla, la superior derecha contiene los FC's y segmentos a los que se puede acudir para observar todas las condiciones de la transición. Y en la celda inferior se observan todas las condiciones de la transición.

Para las condiciones se sigue el siguiente formato:

- Las condiciones que se muestran en pantalla vienen precedidas por un guion.
- Las condiciones que están en cursiva y sin sangrado son condiciones “base” (estas no se muestran en pantalla) y las que están debajo, en guiones, son las que si se cumplen todas, hacen que esa condición “base” se cumpla. Por ejemplo, en la transición 1, para que la condición *Máquina en posición de garaje* se cumpla se han de cumplir:

- PUENTE\_CAMA\_LENTA\_ADELANTE (M365.2).
- PUENTE\_CAMA\_STOP\_ADELANTE (M365.3).
- ENTRADA\_ZONA\_GARAJE (carro) (M366.3).

En pantalla solo aparecerán las tres condiciones con guiones delante. La condición en cursiva es solo una orientación para la persona que quiera seguir el desarrollo de la aplicación.

- Como se explica en el apartado 5.1.1.-El SFC y las transiciones- Transiciones especiales del Documento I Memoria, hay algunos textos que solo se mostrarán bajo ciertas condiciones. Como por ejemplo, en la transición 3, si se está produciendo hoja entera se mostrará:

- No presencia hoja en mesa, “Z9215P” SQ5 (E44.3).
- No hoja sobre tacos de goma, “Z9215B” (E44.5).

Mientras que si se produce *travers* las condiciones que se deben mostrar son:

- No presencia hoja lado derecho, “Z9215R” SQ5.2 (E44.6).
- No presencia hoja lado izquierdo, “Z9215L” SQ5.3 (E44.7).
- No hoja sobre tacos de goma, “Z9215B” (E44.5).

Estas condiciones que determinan que textos se deben mostrar se ponen con un tamaño de letra mayor, subrayadas y sin sangrado.

- Además de lo anterior puede aparecer un segundo condicionante, como en la transición 14 en donde si se produce *travers* y además la posición del caballete está memorizada, se mostrará:

- Estado comparador paso a lenta tel puente (M56.1).

Mientras que si sucede lo contrario (posición caballete *travers* no memorizada), se visualizará:

- PUENTE\_CAMA\_LENTA\_ATRÁS (M365.0).

Estas condiciones se pondrán en un tamaño inferior a las anteriores con un sangrado menor que los textos que irán en pantalla.



<b>T1</b>	FC125_Seg.: 15-65-8 FC110_Seg.: 10-7-14 FC126_Seg.: 2-40-21-31 FC7000_Seg.: 2
<ul style="list-style-type: none"><li>– Medida inferior a 3m travers (M503.5).</li><li>– Tiempo para vacío (700ms) (T134).</li><li>– Presencia de aire comprimido, “Z9213” (E72.5).</li><li>– Estado comparadores descarga HE-Travers (M56.0).</li></ul> <p><i>Arranque/paro memoria de ciclo</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>– No modo manual aceptado (M500.5).</li><li>– No paro de ciclo (M501.1).</li><li>– No parada de ciclo aceptado (M501.5).</li><li>– Marcha de ciclo (pulsadores pupitre o botonera vehículos marcha de ciclo) (M501.0).</li></ul> <p><i>Máquina en posición de garaje.</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>– PUENTE_CAMA_LENTA_ADELANTE (M365.2).</li><li>– PUENTE_CAMA_STOP_ADELANTE (M365.3).</li><li>– ENTRADA_ZONA_GARAJE (carro) (M366.3).</li></ul> <p><i>Condiciones ok para fases marcha de ciclo.</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>– No modo semiautomático aceptado M500.6).</li><li>– No modo manual requerido (M500.4).</li><li>– No parada de ciclo requerida (M501.4).</li><li>– No entrada requerida puerta peatonal (M503.7).</li><li>– No acceso aceptado puerta peatonal (M504.1).</li><li>– No entrada requerida puerta de vehículos (M504.0).</li><li>– No acceso aceptado puerta de vehículos (M504.2).</li><li>– Puerta de vehículos cerrada, “Z9217R” (E69.7).</li></ul> <p><i>No hoja cargada en carro ventosas</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>– Ver tabla 3: Hoja Cargada en Carro Ventosas</li></ul>	

<b>T2</b>	FC125_Seg.: 15-65-8 FC110_Seg.: 10-7-14 FC126_Seg.: 2-40-21-31 FC7000_Seg.: 2
<ul style="list-style-type: none"><li>– Medida superior a 3m hoja entera (M503.6).</li><li>– Tiempo para vacío (700ms) (T134).</li><li>– Presencia de aire comprimido, “Z9213” (E72.5).</li><li>– Estado comparadores descarga HE-Travers (M56.0).</li></ul> <p><i>Arranque/paro memoria de ciclo</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>– No modo manual aceptado (M500.5).</li><li>– No paro de ciclo (M501.1).</li><li>– No parada de ciclo aceptado (M501.5).</li><li>– Marcha de ciclo (pulsadores pupitre o botonera vehículos marcha de ciclo) (M501.0).</li></ul> <p><i>Máquina en posición de garaje.</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>– PUENTE_CAMA_LENTA_ADELANTE (M365.2).</li><li>– PUENTE_CAMA_STOP_ADELANTE (M365.3).</li><li>– ENTRADA_ZONA_GARAJE (carro) (M366.3).</li></ul>	



*Condiciones ok para fases marcha de ciclo.*

- No modo semiautomático aceptado (M500.6).
- No modo manual requerido (M500.4).
- No parada de ciclo requerida (M501.4).
- No entrada requerida puerta peatonal (M503.7).
- No acceso aceptado puerta peatonal (M504.1).
- No entrada requerida puerta de vehículos (M504.0) (*se repite en el mismo segmento*).
- No acceso aceptado puerta de vehículos (M504.2) (*se repite en el mismo segmento*).
- Puerta de vehículos cerrada, “Z9217R” (E69.7).

*No hoja cargada en carro ventosas*

- Ver tabla 3: Hoja Cargada en Carro Ventosas

### T3

FC125\_Seg.: 11-15-99

- ENTRADA\_ZONA\_GARAJE (carro) (M366.3).
- Mesa arriba, “Z9214PH” SQP11 (E44.0).

*Arranque/paro memoria de ciclo*

- No modo manual aceptado (M500.5).
- No paro de ciclo (M501.1).
- No parada de ciclo aceptado (M501.5).
- Marcha de ciclo (pulsadores pupitre o botonera vehículos marcha de ciclo) (M501.0).

#### **Hoja entera**

- No presencia hoja en mesa, “Z9215P” SQ5 (E44.3).
- No hoja sobre tacos de goma, “Z9215B” (E44.5).

#### **Travers**

- No presencia hoja lado derecho, “Z9215R” SQ5.2 (E44.6).
- No presencia hoja lado izquierdo, “Z9215L” SQ5.3 (E44.7).
- No hoja sobre tacos de goma, “Z9215B” (E44.5).

*Hoja cargada en carro ventosas*

- Ver tabla 3: Hoja Cargada en Carro Ventosas

### T4

FC125\_Seg.: 17

FC110\_Seg.: 22

- Selección de caballete 1 (M503.2).

### T5

FC125\_Seg.: 19

- ENTRADA\_LENTA\_PASILLO\_1 (carro) (M365.7).

### T6

FC125\_Seg.: 24

- ENTRADA\_PASILLO\_1 (carro) (M365.4).



<b>T7</b>	FC125_Seg.: 17 FC110_Seg.: 24
– Selección de caballete 2 (M503.3).	
<b>T8</b>	FC125_Seg.: 20
– ENTRADA_LENTA_PASILLO_2 (carro) (M366.0).	
<b>T9</b>	FC125_Seg.: 24
– ENTRADA_PASILLO_2 (carro) (M365.5).	
<b>T10</b>	FC125_Seg.: 17 FC110_Seg.: 26
– Selección de caballete 3 (M503.4).	
<b>T11</b>	FC125_Seg.: 21
– ENTRADA_LENTA_PASILLO_3 (carro) (M366.1).	
<b>T12</b>	FC125_Seg.: 24
– ENTRADA_PASILLO_3 (carro) (M365.6).	
<b>T13</b>	FC125_Seg.: 25
– Tiempo retardo paro puente marcha carro (300ms) (T106).	
<b>T14</b>	FC125_Seg.: 29 FC7000_Seg.: 3
<p><b><u>Hoja entera</u></b> – PUENTE_CAMA_LENTA _ATRÁS (M365.0).</p> <p><b><u>Travers</u></b> <b>Posición caballete travers memorizada</b> – Estado comparador paso a lenta tel puente (M56.1).</p> <p><b>Posición caballete travers no memorizada</b> – PUENTE_CAMA_LENTA _ATRÁS (M365.0).</p>	
<b>T15</b>	FC125_Seg.: 31 FC126_Seg.: 19 FC7000_Seg.: 4
<p><b><u>Hoja entera</u></b> – PUENTE_CAMA_LENTA _ATRÁS (M365.0). – PUENTE_CAMA_STOP_ATRÁS (M365.1).</p> <p><b><u>Travers</u></b> <b>Posición caballete travers memorizada</b> – Estado comparador punto paro tel puente (M56.2).</p>	



– PUENTE\_CAMA\_LENTA\_ATRÁS (M365.0).

**Posición caballete travers no memorizada**

- PUENTE\_CAMA\_LENTA\_ATRÁS (M365.0).
- PUENTE\_CAMA\_STOP\_ATRÁS (M365.1).

## T16

FC125\_Seg.: 38-41-65  
FC126\_Seg.: 2  
FC7000\_Seg.: 4

- Referencia paquete de vidrio memorizada (M513.4).
- Cuadro de ventosas abajo, “Z9212B” SQP 3.2 (E72.3).
- Tiempo retardo paro puente marcha carro (300ms) (T106).

*No hoja cargada en carro ventosas*

- Ver tabla 3: Hoja Cargada en Carro Ventosas

### Hoja entera

–

### Travers

- Posición caballete travers memorizada (M506.2).
- Estado comparador punto paro tel puente (M56.2).
- PUENTE\_CAMA\_LENTA\_ATRÁS (M365.0).

## T17

FC125\_Seg.: 40-65  
FC126\_Seg.: 2  
FC7000\_Seg.: 4-5

- Cuadro de ventosas abajo, “Z9212B” SQP 3.2 (E72.3).

*No hoja cargada en carro ventosas*

- Ver tabla 3: Hoja Cargada en Carro Ventosas

### Hoja entera

**Referencia posición paquete de vidrio memorizada**

- Estado comparador paso a lenta tel carro pos paq (M56.3).

**Referencia posición paquete de vidrio no memorizada**

–

### Travers

**Referencia posición caballete travers memorizada**

- Estado comparador punto paro tel puente (M56.2).
- PUENTE\_CAMA\_LENTA\_ATRÁS (M365.0).

**Referencia posición caballete travers no memorizada**

–

## T18

FC125\_Seg.: 40-65  
FC126\_Seg.: 2  
FC7000\_Seg.: 4-5

- Cuadro de ventosas abajo, “Z9212B” SQP 3.2 (E72.3).

*No hoja cargada en carro ventosas*

- Ver tabla 3: Hoja Cargada en Carro Ventosas





### **Hoja entera**

#### **Referencia posición paquete de vidrio memorizada**

- Estado comparador paso a lenta tel carro pos paq (M56.3).

#### **Referencia posición paquete de vidrio no memorizada**

–

### **Travers**

#### **Referencia posición caballete travers memorizada**

- Estado comparador punto paro tel puente (M56.2).
- PUENTE\_CAMA\_LENTA\_ATRÁS (M365.0).

#### **Referencia posición caballete travers no memorizada**

–

## **T19**

FC125\_Seg.: 59

- Temporización de 300ms tras palpar hoja (T109).

### **Hoja entera**

- Palp HE "Z9212" SQP4.3 (E73.2) o 3s tras palps travers (T109).

### **Travers**

- Palpadores travers "Z9212L" SQP4.5 (E73.3) o "Z9212R" SQP4.7 (E73.4).

## **T20**

FC125\_Seg.: 46-45

- Temporización de 500ms tras detectar vidrio ("Z9210CL" SQP4.21 (E73.6)) (T107).
- Medida inferior a 3 mtstravers (M503.5).
- Cuadro de ventosas abajo, "Z9212B" SQP 3.2 (E72.3).
- Posición caballete travers no memorizada (M506.2)

*No hoja cargada en carro ventosas*

- Ver tabla 3: Hoja Cargada en Carro Ventosas

## **T21**

FC125\_Seg.: 48

- Buscar referencia primera vez después de marcha ciclo (M506.1).

## **T22**

FC125\_Seg.: 50-51

- Temporización de 10ms tras no detectar vidrio ("Z9210CL" SQP4.21 (E73.6)) (T108).

## **T23**

FC125\_Seg.: 52-57-54  
FC7000\_Seg.: 6

*Referencia posición caballete travers memorizada.*

- Estado comparador puente en rango de valores (M56.4).
- No detector canto derecho, "Z9210CD" SQP4.20 (E73.5).
- No detector canto izquierdo, "Z9210CL" SQP4.21 (E73.6).



<b>T24</b>	FC125_Seg.: 59
– Temporización de 300ms tras palpar hoja (T109).	
<b><u>Hoja entera</u></b>	
– Palp HE "Z9212" SQP4.3 (E73.2) o 3s tras palps travers (T109).	
<b><u>Travers</u></b>	
– Palpadores travers "Z9212L" SQP4.5 (E73.3) o "Z9212R" SQP4.7 (E73.4).	
<b>T25</b>	FC125_Seg.: 60-61-62
– Retardo de 300ms para llamada a vacío (T110).	
<b>T26</b>	FC125_Seg.: 65
<i>Hoja cargada en carro ventosas</i>	
– Ver tabla 3: Hoja Cargada en Carro Ventosas.	
<b>T27</b>	FC125_Seg.: 68
– Cuadro de ventosas abajo, "Z9212B" SQP 3.2 (E72.3).	
<b>T28</b>	FC125_Seg.: 71
– Temporización de 4s tras cuadro de ventosas subir hoja en separación (T112).	
– No ENTRADA_PASILLO_1 (carro) (M365.4).	
– No ENTRADA_PASILLO_2 (carro) (M365.5).	
– No ENTRADA_PASILLO_3 (carro) (M365.6).	
– No cuadro ventosas abajo, "Z9212B" SQP 3.2 (E72.3).	
<b>T29</b>	FC125_Seg.: 72-74-73
– Tiempo recuperación muelle de ventosas de 600 ms (T115).	
<b>T30</b>	FC125_Seg.: 77-76
– No cuadro ventosas arriba, "Z9212H" SQP 3.1 (E72.2).	
– Temporización de 2s para estabilización en separación (T116).	
<b>T31</b>	FC125_Seg.: 80-79
– Cuadro de ventosas arriba, "Z9212H" SQP 3.1 (E72.2).	
<b>T32</b>	FC125_Seg.: 83-82
– Espera con hoja para retroceso a pasillo de 1s (T118).	
– No ENTRADA_PASILLO_1 (carro) (M365.4).	
– No ENTRADA_PASILLO_2 (carro) (M365.5).	
– No ENTRADA_PASILLO_3 (carro) (M365.6).	



### T33

FC125\_Seg.: 86

- No ENTRADA\_PASILLO\_1 (carro) (M365.4).
- No ENTRADA\_PASILLO\_2 (carro) (M365.5).
- No ENTRADA\_PASILLO\_3 (carro) (M365.6).

### T34

FC125\_Seg.: 88

#### Si caballete 1 seleccionado

- ENTRADA\_PASILLO\_1 (carro) (M365.4).

#### Si caballete 2 seleccionado

- ENTRADA\_PASILLO\_2 (carro) (M365.5).

#### Si caballete 3 seleccionado

- ENTRADA\_PASILLO\_3 (carro) (M365.6).

### T35

FC125\_Seg.: 90-91

- Tiempo de parada pasillo zona caballetes con hoja de 1s (T119).

#### Si caballete 1 seleccionado

- ENTRADA\_LENTA\_PASILLO\_1 (carro) (M365.7).
- ENTRADA\_PASILLO\_1 (carro) (M365.4).

#### Si caballete 2 seleccionado

- ENTRADA\_LENTA\_PASILLO\_2 (carro) (M366.0).
- ENTRADA\_PASILLO\_2 (carro) (M365.5).

#### Si caballete 3 seleccionado

- ENTRADA\_LENTA\_PASILLO\_3 (carro) (M366.1).
- ENTRADA\_PASILLO\_3 (carro) (M365.6).

### T36

FC125\_Seg.: 92

- PUENTE\_CAMA\_LENTA\_ADELANTE (M365.2).

### T37

FC125\_Seg.: 93

- PUENTE\_CAMA\_STOP\_ADELANTE (M365.3).

### T38

FC125\_Seg.: 94-95

- Retardo parada puente arranque carro para depositar hoja de 300ms (T120).

### T39

FC125\_Seg.: 95-96

- ENTRADA\_ZONA\_DESCARGA (carro) (M366.2).



<b>T40</b>	FC125_Seg.: 96-97
<p>– ENTRADA_ZONA_GARAJE (carro) (M366.3).</p> <p style="text-align: center;"><b><u>Sin datos de hoja</u></b></p> <p>– No mesa arriba, “Z9214PH” SQP11 (E44.0).</p> <p style="text-align: center;"><b><u>Hoja entera</u></b></p> <p>– Mesa arriba, “Z9214PH” SQP11 (E44.0). – Hoja en mesa "Z9215P" SQ5 (E44.3) o en tacos "Z9215B" (E44.5).</p> <p style="text-align: center;"><b><u>Travers</u></b></p> <p>– Mesa arriba, “Z9214PH” SQP11 (E44.0). – Hoja en mesa lado izq "Z9215L" SQ5.3 (E44.7) o drch "Z9215R" SQ5.2' (E44.6)</p>	
<b>T41</b>	FC125_Seg.: 99
<p>– ENTRADA_ZONA_GARAJE (carro) (M366.3). – Mesa parada en posición alta, “Z9214PH” SQP11 (E44.0).</p> <p style="text-align: center;"><b><u>Hoja entera</u></b></p> <p>– No presencia hoja en mesa, “Z9215P” SQ5 (E44.3). – No hoja sobre tacos de goma, “Z9215B” (E44.5).</p> <p style="text-align: center;"><b><u>Travers</u></b></p> <p>– No presencia hoja lado derecho, “Z9215R” SQ5.2 (E44.6). – No presencia hoja lado izquierdo, “Z9215L” SQ5.3 (E44.7). – No hoja sobre tacos de goma, “Z9215B” (E44.5).</p>	
<b>T42</b>	FC125_Seg.: 101
<p style="text-align: center;"><b><u>Hoja entera</u></b></p> <p>Presencia hoja en mesa, “Z9215P” SQ5 (E44.3).</p> <p style="text-align: center;"><b><u>Travers</u></b></p> <p><b>Si vacuostatos zona izquierda (SP 4.11 y SP 4.13)</b> – Presencia hoja lado izquierdo, “Z9215L” SQ5.3 (E44.7).</p> <p><b>Si vacuostatos zona derecha (SP 4.10 y SP 4.12)</b> – Presencia hoja lado derecho, “Z9215R” SQ5.2 (E44.6).</p>	
<b>T43</b>	FC125_Seg.: 102
<p>– Hoja sobre tacos de goma, “Z9215B” (E44.5).</p>	
<b>T44</b>	FC125_Seg.: 103
<p>– Retardo tras soplado de hoja en mesa de 300ms (T122).</p>	



<b>T45</b>	FC125_Seg.: 106
– Retardo de 1,5s para marcha atrás carro tras subir cuadro (T124).	
<b>T46</b>	FC125_Seg.: 107
– ENTRADA_ZONA_GARAJE (carro) (M366.3).	
<b>T47</b>	
Cierto	

## 2.-TEXTOS

En esta tabla se observan los textos almacenados en el DB1701. En la primera columna aparecen los símbolos de cada entrada, en la tercera el texto tal y como se verá en la pantalla del HMI y en la última un comentario ampliado del texto. Recordar que el tamaño reservado para cada texto es de 47 bytes más tres del sistema, un total de 50 bytes.

Texto_1	'Travers (M503.5)'	Medida inferior a 3 metros, travers (M503.5)
Texto_2	'Hoja entera (M503.6)'	Medida superior a 3 metros, hoja entera (M503.6)
Texto_3	'Tiempo para vacío (T134)'	Tiempo para vacío 700ms (T134)
Texto_4	'Presencia aire "Z9213"'	Presencia de aire comprimido, "Z9213" (E72.5)
Texto_5	'Menor nº hojas en línea que a descargar (M56.0)'	Debe haber menos hojas en la línea que a descargar (M56.0)
Texto_6	'No modo manual aceptado (M500.5)'	No modo manual aceptado (M500.5)
Texto_7	'No paro ciclo (M501.1)'	No paro de ciclo (M501.1)
Texto_8	'No paro ciclo aceptado (M501.5)'	No paro de ciclo aceptado (M501.5)
Texto_9	'Marcha ciclo (M501.0)'	Marcha de (pulsadores pupitre o botonera vehiculos marcha de ciclo) (M501.0)
Texto_10	'Puente cama lenta adelante (M365.2)'	Puente cama lenta adelante (M365.2)
Texto_11	'Puente cama stop adelante (M365.3)'	Puente cama stop adelante (M365.3)
Texto_12	'Entrada carro zona garaje (M366.3)'	Entrada carro zona garaje (M366.3)
Texto_13	'No modo semiauto aceptado (M500.6)'	No modo semiautomático aceptado (M500.6)
Texto_14	'No modo manual requerido (M500.4)'	No modo manual requerido (M500.4)
Texto_15	'No parada ciclo requerida (M501.4)'	No parada de ciclo requerida (M501.4)
Texto_16	'No entrada requerida puerta peat (M503.7)'	No entrada requerida en puerta peatonal (M503.7)



Texto_17	'No acceso aceptado puerta peat (M504.1)'	No acceso aceptado en puerta peatonal (M504.1)
Texto_18	'No entrada requerida puerta vehic (M504.0)'	No entrada requerida en puerta vehiculos (M504.0)
Texto_19	'No acceso aceptado puerta vehic (M504.2)'	No acceso aceptado en puerta de vehiculos (M504.2)
Texto_20	'Puerta vehic cerrada "Z9217R"'	Puerta de vehiculos cerrada, "Z9217R" (E69.7)
Texto_21	'No deseleg zona drch ventosas (M565.3)'	No deselección zona derecha mano ventosas (M565.3)
Texto_22	'No deseleg zona izq ventosas (M565.2)'	No deselección zona izquierda mano ventosas (M565.2)
Texto_23	'No vacuostato "Z9213V1" SP4.10'	No vacuostato, "Z9213V1" SP4.10 (E72.6)
Texto_24	'No vacuostato "Z9213V3" SP4.12'	No vacuostato, "Z9213V3" SP4.12 (E73.0)
Texto_25	'No vacuostato "Z9213V2" SP4.11'	No vacuostato, "Z9213V2" SP4.11 (E72.7)
Texto_26	'No vacuostato "Z9213V4" SP4.13'	No vacuostato, "Z9213V4" SP4.13 (E73.1)
Texto_27	'No presencia de hoja en mesa "Z9215P" SQ5'	No presencia de hoja en mesa "Z9215P" SQ5 (E44.3)
Texto_28	'No hoja sobre tacos goma "Z9215B"'	No hoja sobre tacos goma "Z9215B" (E44.5)
Texto_29	'No presencia hoja lado drch mesa "Z9215R" SQ5.2'	No presencia hoja lado drch "Z9215R" SQ5.2 (E44.6)
Texto_30	'No presencia hoja lado izq mesa "Z9215L" SQ5.3'	No presencia hoja lado izq "Z9215L" SQ5.3 (E44.7)
Texto_31	'Deseleg zona drch ventosas (M565.3)'	Deselección zona derecha ventosas (M565.3)
Texto_32	'Deseleg zona izq ventosas (M565.2)'	Deselección zona izquierda ventosas (M565.2)
Texto_33	'Vacuostato "Z9213V1" SP4.10'	Vacuostato, "Z9213V1" SP4.10 (E72.6)
Texto_34	'Vacuostato "Z9213V3" SP4.12'	Vacuostato, "Z9213V3" SP4.12 (E73.0)
Texto_35	'Vacuostato "Z9213V2" SP4.11'	Vacuostato, "Z9213V2" SP4.11 (E72.7)
Texto_36	'Vacuostato "Z9213V4" SP4.13'	Vacuostato, "Z9213V4" SP4.13 (E73.1)
Texto_37	'Selección caballete 1 (M503.2)'	Selección caballete 1 (M503.2)
Texto_38	'Selección caballete 2 (M503.3)'	Selección caballete 2 (M503.3)
Texto_39	'Selección caballete 3 (M503.4)'	Selección caballete 3 (M503.4)
Texto_40	'Entrada carro lenta pasillo 1 (M365.7)'	Entrada carro lenta pasillo 1 (M365.7)
Texto_41	'Entrada carro lenta pasillo 2 (M366.0)'	Entrada carro lenta pasillo 2 (M366.0)
Texto_42	'Entrada carro lenta pasillo 3 (M366.1)'	Entrada carro lenta pasillo 3 (M366.1)
Texto_43	'Entrada carro pasillo 1 (M365.4)'	Entrada carro pasillo 1 (M365.4)
Texto_44	'Entrada carro pasillo 2 (M365.5)'	Entrada carro pasillo 2 (M365.5)



Texto_45	'Entrada carro pasillo 3 (M365.6)'	Entrada carro pasillo 3 (M365.6)
Texto_46	'Puente cama lenta atras (M365.0)'	Puente cama lenta atras (M365.0)
Texto_47	'Puente cama stop atras (M365.1)'	Puente cama stop atras (M365.1)
Texto_48	'Ref paquete mem (M513.4)'	Referencia paquete de vidrio memorizada (M513.4)
Texto_49	'Cuadro ventosas abajo "Z9212B" SQP3.2'	Cuadro ventosas abajo "Z9212B" SQP3.2 (E72.3)
Texto_50	'Retardo paro puente marcha carro (T106)'	Retardo paro puente marcha carro 300ms (T106)
Texto_51	'Pos caballete traver mem (M506.2)'	Posicion caballete traver memorizada (M506.2)
Texto_52	'Tiempo tras ver vidrio "Z9210CL" SQP4.20 (T107)'	Tiempo tras ver vidrio "Z9210CL" SQP4.20 (T107) (E73.6)
Texto_53	'Pos caballete traver no mem (M506.2)'	Posicion caballete traver no memorizada (M506.2)
Texto_54	'Buscar ref 1ª vez tras marcha ciclo (M506.1)'	Buscar ref 1ª vez tras marcha ciclo (M506.1)
Texto_55	'Tiempo sin ver vidrio "Z9210CL" SQP4.20 (T108)'	Tiempo tras no ver vidrio "Z9210CL" SQP4.20 (T108) (E73.6)
Texto_56	'No detector canto drch "Z9210CD" SQP4.20'	No detector canto drch "Z9210CD" SQP4.20 (E73.5)
Texto_57	'No detector canto izq "Z9210CL" SQP4.21'	No detector canto izq "Z9210CL" SQP4.21 (E73.6)
Texto_58	'Tiempo tras palpar hoja (T109)'	Tiempo tras palpar hoja (T109)
Texto_59	'Retardo llamada a vacio (T110)'	Retardo llamada a vacio (T110)
Texto_60	'Tiempo tras orden subir cuadro (T112)'	Tiempo tras orden subir cuadro (T112)
Texto_61	'No entrada carro pasillo 1 (M365.4)'	No entrada carro pasillo 1 (M365.4)
Texto_62	'No entrada carro pasillo 2 (M365.5)'	No entrada carro pasillo 2 (M365.5)
Texto_63	'No entrada carro pasillo 3 (M365.6)'	No entrada carro pasillo 3 (M365.6)
Texto_64	'No cuadro ventosas abajo "Z9212B" SQP3.2'	No cuadro ventosas abajo "Z9212B" SQP3.2 (E72.3)
Texto_65	'Confir marcha subir ventosas "J9212S"'	Confir marcha subir ventosas "J9212S" (A61.0)
Texto_66	'Tiempo para subir cuadro ventosas (T113)'	Tiempo de supervisión para subir cuadro ventosas en separación de hoja (T113)
Texto_67	'Tiempo carro marcha atras 2Hz (T114)'	Tiempo de supervisión carro marcha atras 2Hz tras despegue de hoja (T114)
Texto_68	'Tiempo recuperacion muelles ventosas (T115)'	Tiempo recuperacion muelles ventosas (T115)
Texto_69	'No cuadro ventosas arriba "Z9212H" SQP3.1'	No cuadro ventosas arriba "Z9212H" SQP3.1 (E72.2)



Texto_70	'Tiempo estabilizacion separacion (T116)'	Tiempo estabilizacion en separacion (T116)
Texto_71	'Cuadro ventosas arriba "Z9212H" SQP3.1'	Cuadro ventosas arriba "Z9212H" SQP3.1 (E72.2)
Texto_72	'Espera con hoja retroceso a pasillo (T118)'	Espera con hoja para retroceso a pasillo (T118)
Texto_73	'Tiempo paro pasillo zona caba con hoja (T119)'	Tiempo paro pasillo zona caballete con hoja (T119)
Texto_74	'Retardo parada puente arranque carro (T120)'	Retardo parada puente arranque carro (T120)
Texto_75	'Entrada carro zona descarga (M366.2)'	Entrada carro zona descarga (M366.2)
Texto_76	'No mesa arriba "Z9214PH" SQP11'	No mesa arriba "Z9214PH" SQP11 (E44.0)
Texto_77	'Mesa arriba "Z9214PH" SQP11'	Mesa arriba "Z9214PH" SQP11 (E44.0)
Texto_78	'Presencia hoja en mesa "Z9215P" SQ5'	Presencia hoja en mesa "Z9215P" SQ5 (E44.3)
Texto_79	'Presencia hoja lado izq mesa "Z9215L" SQ5.3'	Presencia hoja lado izq mesa "Z9215L" SQ5.3 (E44.7)
Texto_80	'Presencia hoja lado drch mesa "Z9215R" SQ5.2'	Presencia hoja lado drch mesa "Z9215R" SQ5.2 (E44.6)
Texto_81	'Hoja sobre tacos de goma "Z9215B" SQP5.4'	Presencia hoja sobre tacos de goma "Z9215B" SQ5.4 (E44.5)
Texto_82	'Retardo tras soplar hoja en mesa (T122)'	Retardo tras soplar hoja en mesa (T122)
Texto_83	'Retardo para marcha atras carro (T124)'	Retardo para marcha atras carro (T124)
Texto_84	'Valor paso lenta telemetro puente (M56.1)'	Valor paso lenta telemetro puente (M56.1)
Texto_85	'Punto parada telemetro puente (M56.2)'	Punto parada telemetro puente (M56.2)
Texto_86	'Entrada vel lenta pos paquete (M56.3)'	Punto de entrada en lenta una vez referenciado paquete (M56.3)
Texto_87	'Retardo paro carro marcha puente (T135)'	Retardo paro carro marcha puente (T135)
Texto_88	'Palp izq "Z9212L" SQP4.5 o drch "Z9212R" SQP4.7'	Palpadores travers "Z9212L" SQP4.5 (E73.3) o "Z9212R" SQP4.7 (E73.4)
Texto_89	'Palp HE "Z9212" SQP4.3 o 3s tras palps travers'	Palp HE "Z9212" SQP4.3 (E73.2) o 3s tras palps travers (T109)
Texto_90	'Puente en rango de valores de telemetro (M56.4)'	Puente en rango de valores de telemetro (M56.4)
Texto_91	'Hoja en mesa "Z9215P" SQ5 o en tacos "Z9215B"'	Hoja en mesa "Z9215P" SQ5 (E44.3) o en tacos "Z9215B" (E44.5)
Texto_92	'Hoja en mesa lado izq SQ5.3 o drch SQ5.2'	Hoja en mesa lado izq "Z9215L" SQ5.3 (E44.7) o drch "Z9215R" SQ5.2' (E44.6)
Texto_93	'No hay ningun caballete seleccionado'	Ningun caballete seleccionado, fin paquete o fallo





Texto_94	'No vac "Z9213V1" SP4.10 y "Z9213V2" SP4.11'	No señal de vacuostatos "Z9213V1" SP4.10 (E72.6) y "Z9213V2" SP4.11 (E72.7)
Texto_95	'No vac "Z9213V1" SP4.10 y "Z9213V3" SP4.12'	No señal de vacuostatos "Z9213V1" SP4.10 (E72.6) y "Z9213V3" SP4.12 (E73.0)
Texto_96	'No vac "Z9213V2" SP4.11 y "Z9213V4" SP4.13'	No señal de vacuostatos "Z9213V2" SP4.11 (E72.7) y "Z9213V4" SP4.13 (E73.1)
Texto_97	'No vacuostatos zonas izquierda y derecha'	Sin señal de ningún vacuostato (E72.6), (E72.7), (E73.0), (E73.1)
Texto_98	'No deselc ventosas zonas izq y drch'	No deselc ventosas zonas izq y drch
Texto_99	'Deselc ventosas zonas izq y drch'	Deselc ventosas zonas izq y drch
Texto_100	'No hoja cargada en carro ventosas (M525.7)'	No hoja cargada en carro ventosas (M525.7)
Texto_101	'Llamada a vacio (M536.5)'	Llamada a vacio (M536.5)

### **3.-TABLA HOJA CARGADA/NO CARGADA EN CARRO DE VENTOSAS**

Las condición hoja cargada en carro de ventosas y no hoja cargada en carro de ventosas son la más complicada de representar, pues tiene muchas variantes tal y como se verá en las siguiente tabla. Depende principalmente de si hay llamada a vacío, de si se está produciendo hoja entera o travers, de si ya hay hoja cargada o no la hay y finalmente del grupo de ventosas que se haya seleccionado (ver apartado 3.3.-Elementos del cuadro de ventosas, del Documento I Memoria).

La tabla se divide en dos principales, cuando hay llamada a vacío y cuando no la hay. A su vez estas se dividen en otras dos en función de lo que se esté produciendo (hoja entera o travers). Dando un total de cuatro posibles casos principales, como por ejemplo que se esté produciendo con travers, haya llamada a vacío y se desee no hoja cargada encuadro, con lo que multiplicando se tienen cuatro casos posibles para no hoja cargada en cuadro de ventosas y otros cuatro para lo contrario. Cada uno de estos ocho casos tiene dos condiciones más en función de que grupo de ventosas se haya seleccionado. Estas dos condiciones generan 4 posibilidades más por cada condición deseada de hoja cargada o no cargada en cuadro de ventosas.

Un cero debajo de las desecciones indica que no hay desección. Un 1 indica que si la hay. Al tener dos variables se tienen un total de 4 posibilidades.

Un ejemplo:

Si la condición para que la máquina avance es hoja cargada en cuadro de ventosas y se está produciendo travers, hay llamada a vacío y además está deseccionada la zona izquierda del cuadro de ventosas, el texto que se mostrará será el 33'Vacuostato "Z9213V1" SP4.10'. Que quiere decir que para que la máquina continúe el vacuostato SP4.10 debe de estar dando señal. Entonces, cuando el cuadro de texto se ponga en verde significará que la máquina puede continuar.

**(Para ver la tabla acudir al documento Hoja en cuadro.pdf incluido en el CD)**



**ANEXO IV. FC'S (acudir a la carpeta FC's  
incluida en el CD)**