

# APLICACIÓN DE PLC EN MODERNIZACIÓN TECNOLÓGICA PARA UNA MÁQUINA FORMADORA DE VIDRIO

## PLC's application in the technological modernization for a training glass machine

### RESUMEN

En la industria del vidrio es costoso y arriesgado para el personal, modificar y ajustar en la línea de producción y la falla total o parcial de algún sistema o componente, afecta la continuidad del proceso productivo. El tiempo requerido para ajustar o reparar una estación de formado en la línea de producción, hace necesaria una estación de pruebas fuera de ella.

La empresa Cristar S. A. tiene una estación Harford – 28 fuera de la línea de producción, que sirve para pruebas y ajustes para prevenir posibles fallas o corregir problemas antes de ser puesta en funcionamiento en la línea de producción. Esta estación H-28 tiene una técnica de automatización obsoleta, contando con un tambor de tiempos para el seguimiento de las secuencias y no posee sistemas de protección al operario.

Este artículo presenta el procedimiento de actualización tecnológica en la estación de pruebas, cambiando el tambor de tiempos por técnicas de automatización basada en el PLC y elementos neumáticos.

**PALABRAS CLAVES:** ajustes, pruebas, seguridad, fallas, PLC.

### ABSTRACT

In the glass industry, it is expensive and dangerous for the workers to make modifications and adjustments in the line of production and the total or partial fault of some of the systems or components affects the continuity of the production process. The amount of time that requires the adjustment or repairment of a forming station in the production line, makes necessary to have a station of tests outside the line.

The company Cristar S.A. have a station Harford - 28 outside the production line, that is used for tests and adjustments in order to prevent possible faults or correct problems before putting in operation in the production line. This H-28 station has an obsolete technique automation, since it counts on a timing drum to follow the sequences and it does not have security systems against crushing or blows that might injure the worker.

In this article, it is presented the procedure of updating technology in the station of tests, changing the technique timing drum by using techniques of automation based on PLC and pneumatic devices.

**KEYWORDS:** adjustments, tests, security, faults.

### 1. INTRODUCCIÓN

Debido a las continuas paradas de las máquinas formadoras de vidrio de las líneas de producción de la empresa CRISTAR S.A., en lo que se refiere a la falla total o parcial de alguno de los sistemas o componentes de las 12 estaciones que conforman la máquina afectando la continuidad del proceso de producción de cristalería y por la gran cantidad de tiempo perdido por efectuarse la reparación parcial o total de la estación en la misma línea de producción, surgió la necesidad de crear un módulo o una estación de prueba para ver el funcionamiento de los

mecanismos y sistemas de una estación H-28 fuera de la línea de producción.

El módulo de pruebas para las estaciones H-28 surge de la necesidad de garantizar el buen funcionamiento y desempeño de dichas estaciones una vez montadas en cualquiera de las 3 líneas de producción que utilizan este sistema de soplado en la empresa OI CRISTAR. Esta importante tarea ha sido asignada al departamento de reparación máquinas a un técnico encargado del ensamble de estas estaciones, quien cuenta con una amplia experiencia en la reparación de maquinaria para la empresa PELDAR.

### LUÍS CARLOS RÍOS Q

Ingeniero Mecánico, M.Sc.

Profesor Asistente

Universidad Tecnológica de Pereira

lcrios@utp.edu.co

### JULIÁN LÓPEZ

Ingeniero Mecánico

Ingeniero de producción

OI CRISTAR S.A.

Julian.Lopez@o-i.com

Cuando se realiza el ensayo de la estación, éste se ve limitado en cuanto a la posibilidad de operar un solo mecanismo o sistema, debido a que si se pone en marcha el tambor de tiempos que regula la operación de la estación, este operará totalmente los actuadores que la conforman a su debido tiempo. Así pues, si se desea comprobar el funcionamiento de uno o varios mecanismos de manera individual no se podrá realizar ya que el módulo actuará realizando ciclos completos, hasta que se detenga el tambor de tiempos.

Por otra parte, si se desean modificar los tiempos de activación o desactivación de los mecanismos o sistemas de la estación, la persona especializada en el manejo del módulo de pruebas, tendrá que gastar más tiempo para reconfigurar la posición, sobre el tambor de tiempos, de los tornillos de apertura o cierre del bloque de válvulas que depende de éste y que finalmente gobiernan los actuadores del módulo.



Figura 1. Módulo de pruebas con la estación H-28 montada para pruebas

El objetivo que se busca con este trabajo, es crear un sistema de automatización y control para la estación de prueba de las H-28 (figura 1) que sea mas versátil, seguro y económico de manera tal que se puedan mejorar la calidad de los ensayos para las estaciones H-28, se pueda economizar en labores de mantenimiento del equipo y a la vez se pueda proteger la integridad de los mecánicos que operan esta estación de prueba, en busca de un mejoramiento en la calidad del puesto de trabajo y un mejoramiento continuo de los equipos y técnicas de la empresa que le permita obtener mejores índices de gestión de calidad y un beneficio económico.

## 2. CONTENIDO

### 2.1 Planteamiento del problema

Existen básicamente tres tipos de procesos que se llevan a cabo en las estaciones H-28 durante su desempeño en la

producción de cristalería, el proceso Hot Mold, Tradicional y Clear Finish. Cada proceso de estos incluye la operación de todos o algunos de los mecanismos o sistemas de la estación H-28 y dependiendo del tipo de proceso que se vaya a realizar se puede requerir que el tiempo de accionamiento de estos mecanismos o sistemas sea mayor, menor o en algunos casos nulo.

La manera como se cambian estos tiempos en la formadora es añadiendo o retirando secciones de excéntrica de la superficie de un gran tambor sobre el cual giran 12 estaciones H-28 ya que básicamente lo que hacen estas porciones de excéntrica es accionar o interrumpir el accionamiento de un mecanismo o sistema.



Figura 2. Módulo de pruebas para estaciones H-28

Por otro lado, en el módulo de pruebas de las estaciones H-28 Figura 2, cuando se quiere observar el comportamiento de la estación, se deben utilizar unos cilindros neumáticos de simple y doble efecto para que una vez estos se accionen (salgan o entren) se simule la acción de lo que hace la excéntrica ubicada en el tambor principal de la formadora. En pocas palabras, lo que quiere dar a entender es que una mayor longitud de excéntrica sobre el tambor, está representada por un mayor tiempo de accionamiento en uno de los cilindros del módulo de prueba de la estación.

El flujo de aire comprimido hacia los cilindros neumáticos se regula por medio de un bloque de válvulas mecánico, que determina a cual cilindro enviar aire, gracias a un tambor de tiempos que sobre su periferia lleva unos tornillos dispuestos a diferentes grados que conjugados con su velocidad, determinan los intervalos de tiempo para que se accione el bloque de válvulas y por lo tanto se reparta el aire a los diferentes cilindros en los distintos instantes de tiempo, ver la figura 3.

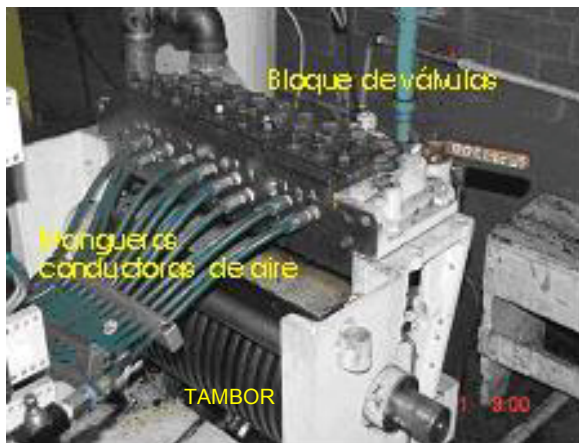


Figura 3. Tambor de tiempos y bloque de válvulas

El sistema anteriormente descrito es totalmente obsoleto y fue puesto en el módulo de prueba con el fin de darle una pronta solución a la necesidad de tener donde ensayar las estaciones H-28 en el año 2003. Además este módulo de prueba carece de dispositivos de seguridad para el personal como paradas de emergencia o sensores que eviten atrapamiento para así, evitar accidentes como el ocurrido el 21 de enero de 2005.

## 2.2 Propuesta de solución

¿Será posible entonces diseñar un sistema basado en un controlador lógico programable (PLC) para el módulo de prueba de las H-28 que sea más actualizado, seguro y económico de manera tal que se brinde seguridad a los mecánicos que operan este módulo de prueba, se mejore la calidad de los ensayos para las estaciones H-28 y se pueda economizar en mantenimiento del equipo?

### 2.2.1 Reducción del mantenimiento

Al implementarse el diseño que incluye la utilización del PLC, se podrá retirar el tambor de tiempos, el bloque de válvulas, el motor, el reductor y la cadena utilizada para transmitir el movimiento rotacional desde la salida del reductor al tambor (figura 4).

Cuando se retiran estos elementos, se está reduciendo el mantenimiento a realizarse sobre éstos, como son las tareas de cambio de aceite para el reductor de la transmisión por cadena, el cambio de cadena y piñones, aceite para la lubricación a pérdida utilizada en el tambor y bloque de válvulas; y los repuestos.

También se realiza ahorro en el costo de las horas hombre para la realización de este mantenimiento.

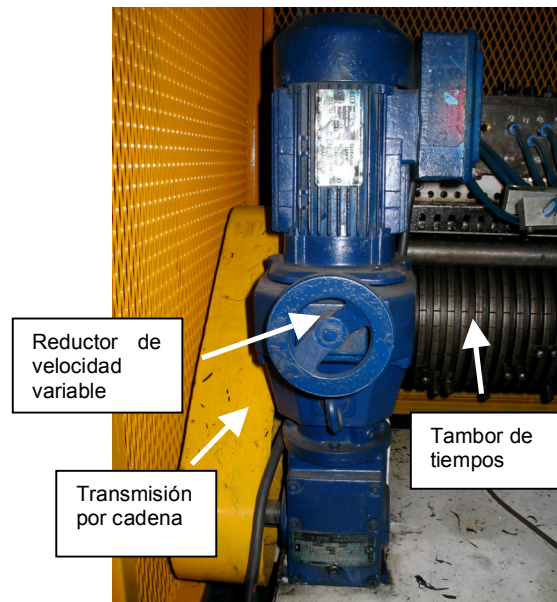


Figura 4. Sistema de transmisión para tambor de tiempos

### 2.2.2 Implementación del PLC

El diseño del sistema de control consiste en cambiar la manera de cómo se están operando los cilindros de simple y doble efecto, al cambiar el sistema de operación de válvulas que opera por medio de un tambor de tiempos, por un sistema que utiliza un autómata programable.

El tablero de control será una caja para controles de  $43 \times 46 \times 30 \text{ cm}^3$ ; dentro de esta caja estará el chasis del PLC

El PLC es un equipo del tipo modular ref. SLC 503 Allen Bradley de 4 ranuras o compartimientos.

- **La fuente.** La fuente es Marca Allen Bradley de referencia 1746 P4 según el catálogo del fabricante. Estas fuentes son diseñadas para soportar pequeños caídas de tensión desde 20 milisegundos hasta 3 segundos dependiendo de la carga.
- **El procesador.** El procesador, con una capacidad de memoria RAM de 16K. Incluye también un canal de comunicación RS-232 que brinda flexibilidad para conectar a elementos externos como el computador en el que se realizó la programación
- **Tarjetas de entradas y salidas.** Se utilizó una tarjeta de 16 entradas DC, una tarjeta de 16 entradas AC y una tarjeta de 16 salidas a triac o AC.



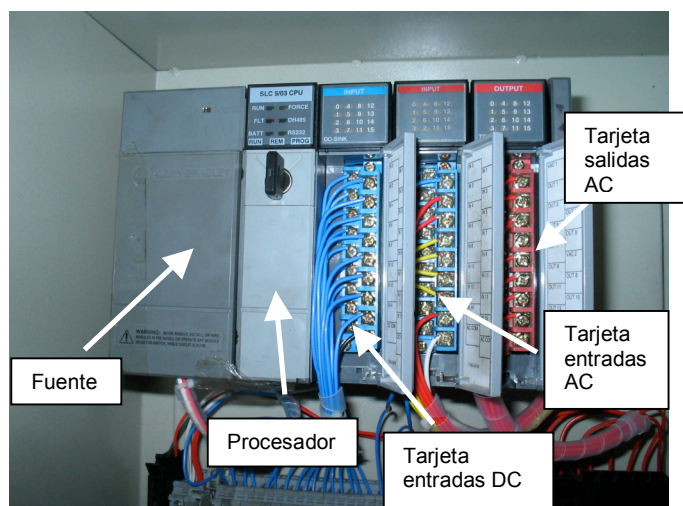


Figura 5. Chasis del PLC con sus componentes

### 2.2.3 Cambio del bloque de válvulas

El bloque de válvulas obsoleto, ver figura 3, se cambió por un sistema de electroválvulas más funcional, con menor ruido, menor peso, más pequeño, poco mantenimiento y de fácil manejo. En la figura 6, se presenta el nuevo sistema de electroválvulas.

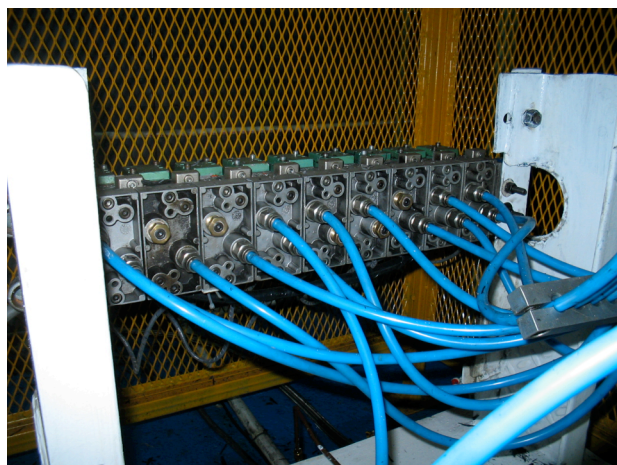


Figura 6. Disposición de nuevo sistema de electroválvulas

Con los cambios mencionados arriba, se tiene un sistema más moderno que incluye la utilización de un controlador lógico programable PLC para que dentro de las posibilidades que éste brinda, se puedan operar los mecanismos o sistemas de la estación en dos modos que son automático o manual. Con el modo manual se podrán verificar uno a uno y de manera detallada, como es el funcionamiento de los mecanismos o sistemas y alguna de sus aplicaciones será cuando se deseen realizar ajustes independientes de velocidad de uno de los sistemas o verificar la respuesta independiente de cada componente de la estación. Con el modo automático el módulo funcionará realizando ciclos de manera repetitiva, como inicialmente estaba trabajando.

### 2.2.4 Elementos de seguridad

Como prevención del riesgo de atrapamiento, dentro del diseño se incluyó una parada de emergencia aparte de la existente en el tablero de control. Esta parada de emergencia se podrá colocar con su base magnética en la estación de prueba para que de esta manera se puedan realizar las labores de puesta a punto de algunos componentes o sistemas durante el ensamble de la estación.

Esta parada de emergencia una vez activada llevará la estación a su posición segura y será de fácil alcance para el personal que esté trabajando en la estación.

También se implementó una guarda de seguridad a todo el rededor de la estación de prueba.



Figura 7. Guarda de seguridad y parada de emergencia

## 2.3 Programación del PLC

### 2.3.1 Aspectos a tener en cuenta en la programación del PLC

Durante el procedimiento de programación se deben tener en cuenta los siguientes aspectos

- Se deben incluir los contactos que contemplen las paradas de emergencia.
- Se debe tener la opción de operar cada cilindro o mecanismo de manera individual.
- Se debe tener la opción de operar todos los mecanismos en modo automático, donde la estación realice un número indeterminado de ciclos.
- En el modo de operación manual se deben tener las precauciones para que al activar dos sistemas que se crucen en su operación, no se produzcan choques entre estos.
- La simulación de un tambor de tiempos virtual para reemplazar la función del que se tenía instalado (temporizador secuencial).

Para simular este tambor de tiempos, se utilizó un temporizador, el cual está encargado de dar pulsos a un contador que hará las veces de tambor de tiempos, con un rango de conteo desde 0 hasta 359. Cada pulso del temporizador se traducirá en el aumento de 1 unidad en el contador, que finalmente representará a un grado del tambor de tiempos.

Los mecanismos y sistemas de la estación H-28 tienen un número de grados determinado de activación y desactivación de sus mecanismos y sistemas según el fabricante Emhart. Estos tiempos son mostrados en la tabla 1.

SECUENCIA DE LA ESTACIÓN DE PRUEBA		
	Mecanismo	Grados
1	Subida de premolde	1
2	Bajada de macho	11
3	Cierre de duchas	62
4	Cierre de embrague	73
5	Subida de macho	85
6	Bajada de premolde	90
7	Cierre de molde	98
8	Abre válvula versa	102
9	Entra sopladora	107
10	Subida de levantafondos	120
11	Levantafondos baja	280
12	Sale sopladora	282
13	Apertura de molde	283
14	Apertura de embrague	308
15	Apertura de Boquillera	310
16	Cierre de válvula versa	312
17	Apertura de duchas	342
18	Cierre de boquillera	350

Tabla 1. Secuencia de operaciones para la estación formadora H-28

**2.3.2 Algoritmos de programación para los sistemas y mecanismos del modulo de pruebas**

Como paso previo en la programación del PLC, se tiene el diseño de los algoritmos. Estos permiten que se pueda activar el sistema en la opción MANUAL y cuida que no ocurran choques en el mecanismo, usando condiciones de seguridad. Cuando el sistema está en la opción de AUTOMÁTICO, responde solamente a la secuencia dada por el programa y no tiene peligro de choques.

Los mecanismos que requieren de algoritmos son:

- Premolde
- Prensado
- Sistema de refrigeración de molde por ducha
- Embrague
- Sopladora
- Molde
- Soplado por válvula Versa
- Sistema de subida de levantafondos
- Apertura de boquillera

Por falta de espacio sólo se presentará uno de los algoritmos (figura 7) y el resto se diseñan bajo el mismo concepto del presentado.

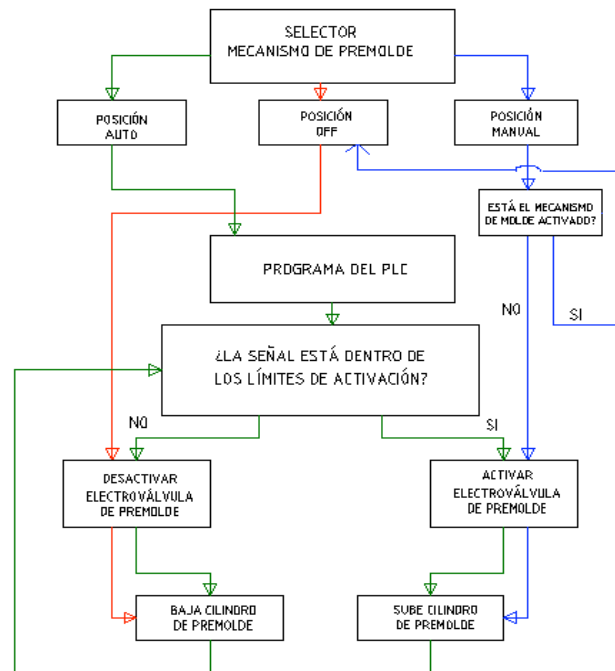


Figura 7. Algoritmo para mecanismo de premolde

Para observar las líneas de programación en lenguaje escalera del PLC se debe consultar la bibliografía [6]. No se anexa el programa debido al poco espacio disponible en este artículo.

**2.4 Prueba del sistema y puesta apunto**

La puesta a punto permitió ajustar la regulación de velocidad de los actuadores, las posiciones adecuadas de los finales de carrera y los sistemas de seguridad. También se ajustaron los tiempos de actuación y las carreras de los actuadotes.

Se verificaron las dos formas de actuación del sistema, manual y automático. Manual para el ajuste de parámetros de prueba y el automático para la repetición cíclica de la secuencia de operación, que garantiza un buen funcionamiento de la máquina en la línea de producción.

Las pruebas se realizaron satisfactoriamente cumpliendo con todas las condiciones de diseño que fueron previstas.

**3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Dentro de las ventajas que presenta este diseño, con respecto a la seguridad del personal, esta la opción de activar la parada de emergencia y la ubicación de una guarda de seguridad. Por otra parte, se disminuyó el ruido durante la operación del módulo, se disminuyó las labores y costos del mantenimiento y servirá como un instrumento de capacitación para el personal del área, en cuanto al funcionamiento de la estación H-28 y el modo

de funcionamiento de los sistemas electromecánicos. Y será el primer paso para la realización de futuros proyectos y ensayos sobre las estaciones como son por ejemplo, la medición de velocidad en el sistema de prensado y la automatización de algunos sistemas de la estación.

Con la implementación del sistema comandado por el PLC se podrá observar con mayor detenimiento la función de cada mecanismo o sistema de la estación formadora H-28, durante su alistamiento fuera de línea, mejorando el conocimiento del proceso de tal forma que los tiempos perdidos por paradas no programadas se deben disminuir y así se puedan cumplir las metas propuestas y los indicadores de producción y mantenimiento.

#### 4. BIBLIOGRAFÍA

##### Referencias de publicaciones periódicas:

- [1] O-I Cristar S.A. Historia y Carta corporativa de la empresa. 2005. Disponible en: [www.cristar.com.co/html/corporativo/principios.html](http://www.cristar.com.co/html/corporativo/principios.html).
- [2] Facundo, Nuño. Documento sobre la fabricación del vidrio. 1997. disponible en: [www.monografias.com/trabajos11/vidrio.shtml](http://www.monografias.com/trabajos11/vidrio.shtml)
- [3] O-I Cristar S.A. Vidrio. Documento en PDF. 2002. Pág 1-10. Disponible en: [www.cristar.com.co/html/corporativo/principios.html](http://www.cristar.com.co/html/corporativo/principios.html)
- [4] ROCKWELL AUTOMATION, Selection guide for SLC 500 systems. Catálogo en formato PDF 2005 Disponible en: [www.rockwellautomation.com](http://www.rockwellautomation.com)
- [5] RODRÍGUEZ, Humberto. .Lenguajes de Lógica de Estado para la Programación de PLC's. Disponible en: <http://www.fim.utp.ac.pa/Revista/vol1/plc.html>
- [6] López v. Julián A. Diseño de un sistema que incluya la utilización de un controlador lógico programable PLC en el módulo de pruebas de las estaciones H-28 de la empresa O-I Cristar.

##### Referencias de libros:

- [7] BOLTON, William. Mechatronics, Electronic Control Systems in Mechanical and Electrical Engineering 2<sup>nd</sup> edition. Editorial Alfaomega. México DF 2001; p 1-14,83-85,122-138,403-422,423-447
- [8] DEPPERT W. / K. Stoll. Aplicaciones de Neumática. Editorial Marcombo. España, Barcelona. P.p. 54-56, 87, 104 – 105, 124 – 12

- [9] GUILLÉN SALVADOR, Antonio. "Introducción a la Neumática" Editorial: Marcombo, Boixerau editores, Barcelona-México 1988, p: 31 – 40

##### Reportes Técnicos:

- [10] UPEGUI, Juan Manuel. Manual de calibración para la máquina H-28, Documento ilustrativo de la estación H-28, componentes y funcionamiento. 2003
- [11] COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE–REGIÓN METROPOLITANA. Guía para el control y prevención de la contaminación industrial. Documento en formato PDF. Santiago de Chile, 1999; p. 8 – 15