

Diseño e implementación del sistema de control de temperatura para el proceso de vaporizado de hilo en el área de retorcido de una empresa textil

Marianela Guamán, Ana Rodas.
Escuela Politécnica Nacional, Quito - Ecuador

Resumen –Dentro del proceso de fabricación de fibras sintéticas en una empresa textil se encuentra el proceso de Vaporizado. Por lo general, en nuestro país, este proceso se realiza con equipos de tecnología antigua por lo que se ha diseñado e implementado un nuevo sistema de control y de visualización utilizando tecnología actual.

Para cumplir con este objetivo se instaló un controlador lógico programable M340, un panel táctil HMI STU 655 y el sistema supervisor. Además se utilizó elementos de control y maniobra ubicados adecuadamente dentro de tableros eléctricos.

Con el nuevo sistema implementado se logró tener un control de la temperatura más eficiente y amigable con el usuario ya que ahora se pueden elegir las curvas de trabajo y visualizar datos del proceso a través de la pantalla táctil. Con la ayuda del supervisor se tiene acceso a datos históricos de la curva de trabajo de todos los procesos de vaporizado y si el operador lo requiere esos datos pueden ser exportarlos a una hoja de Excel u obtener un documento impreso del proceso.

Índices –Controlador Lógico Programable, Control de Temperatura, HMI, pantalla táctil.

I. INTRODUCCIÓN

La fibra sintética [1] es un material capaz de reducirse a hilos para ser utilizada en la elaboración de hilados. La materia prima proviene de productos derivados del petróleo tales como: poliéster, acrílico, polipropileno, nylon, entre otros.

La empresa en la cual se realizó el trabajo se dedica a la elaboración de fibras sintéticas [2]. Su proceso de fabricación de desarrolla a través de 6 áreas de producción, una de las cuales corresponde al proceso de “Retorcido”, en donde se encuentra el proceso de vaporizado en el cual se desarrolló e implementó el presente proyecto.

El proceso de Vaporizado tiene como objetivo el fijar la vividez y/o el encogimiento del hilo para que en los procesos posteriores no presente problemas en el devanado. También se lo usa para fijar los colores en los hilos multicolores, para lo cual se le añade humedad al hilo con la ayuda de equipos denominados vaporizadores, que son autoclaves con provisión de vapor, temperatura y vacío. La Fig. 1 muestra los elementos principales de la máquina.

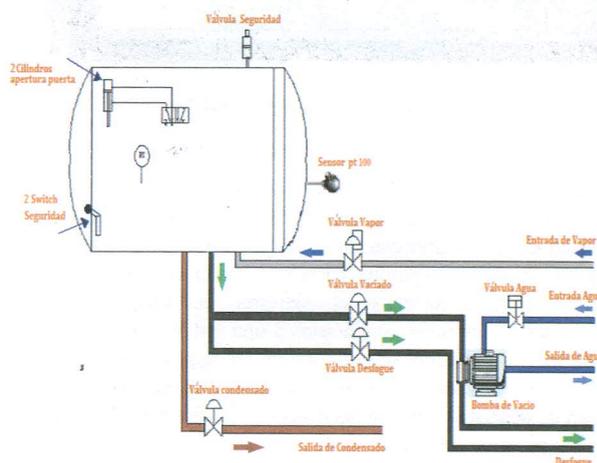


Fig. 1. Máquina vaporizadora

En esta empresa se han evidenciado algunos inconvenientes dentro de este proceso, entre los cuales se tiene: el control de temperatura no se realiza de forma adecuada lo cual se refleja en el primer ciclo de vaporizado que no cumple con todos los requerimientos, el registrador de temperatura que existe no permite obtener históricos del proceso y no proporciona una lectura adecuada por la manipulación de la plumilla y el papel registrador utilizado y dentro de la etapa de vaciado se encuentran deshabilitados los elementos para el arranque de la bomba de vacío. Todos estos problemas hacen que esta etapa no se desarrolle de forma eficiente, lo que produce que, algunas veces el producto que sale de esta zona no tenga las especificaciones adecuadas para las siguientes etapas y tenga que volver a repetirse el proceso, produciendo pérdida de tiempo y producto para la empresa.

Una vez analizada la problemática se ha propuesto implementar un nuevo sistema de control con la utilización de un PLC dentro del cual se diseñará la nueva lógica de control; además se colocará una pantalla táctil donde se pueden ingresar los parámetros de control y un sistema supervisor para la visualización de las variables del proceso, con el fin de que los operadores puedan verificar paso por paso los valores de las variables del proceso.

II. HARDWARE DEL NUEVO SISTEMA DE CONTROL

Con el fin de escoger los equipos e instrumentos a utilizar para realizar el nuevo sistema de control, es necesario conocer los pasos del proceso de vaporizado, los cuales son: Prepurga, Calentamiento, Mantenimiento y Vaciado.

- Etapa de prepurga: Utilizada para eliminar el condensado dentro de la cámara al inicio del proceso.
- Etapa de calentamiento: Inyecta vapor de forma directa en función de los parámetros de temperatura previamente programados.
- Etapa de mantenimiento: Se mantiene constante la temperatura por un tiempo determinado en el sistema de control
- Etapa de vaciado: Permite eliminar el exceso de humedad presente en el hilo y enfría el interior del autoclave.

La máquina vaporizadora poseía un sistema de control de tecnología antigua que no permitía controlar las etapas de manera continua y manteniendo los valores de temperatura estables, por lo que se decidió cambiarlo por un nuevo sistema con tecnología electrónica y añadir una interfase hombre máquina que reemplace al registrador mecánico existente.

A. Estructura del Hardware

En la Fig. 2 se muestra el esquema detallado del hardware implementado. El controlador lógico programable es el encargado de comandar a los actuadores eléctricos: bomba de vacío y las electroválvulas, los cuales responden a las señales de entrada provenientes del sensor de temperatura, los elementos de mando y de la pantalla táctil.

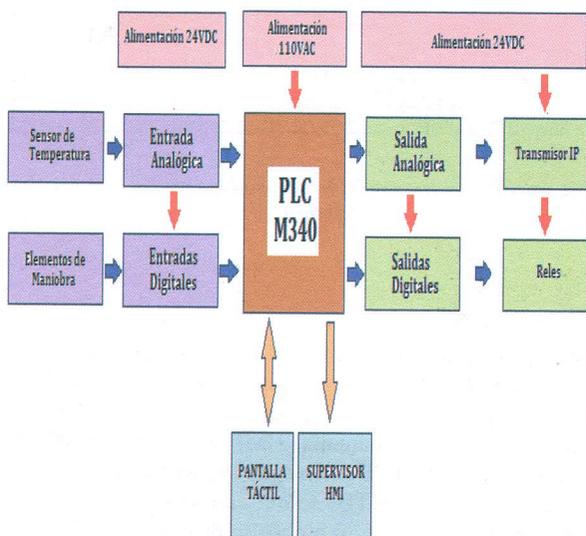


Fig.2. Diagrama de bloques del hardware vaporizadora

En la implementación del nuevo sistema se evaluó el sistema anterior para verificar el funcionamiento de cada elemento instalado y decidir si se los puede seguir utilizando o no. Además se instalaron dos tableros eléctricos con los elementos de control y maniobra.

B. Nuevo Controlador implementado

Para la elección del nuevo controlador se tomó en cuenta el número y el tipo de entradas y salidas que se requieren para el control del nuevo sistema, las mismas se detallan a continuación:

- Entradas digitales: 6
- Salidas digitales: 5
- Entradas analógicas: 2 para Pt100
- Salidas analógicas: 1 para el transmisor IP (4-20mA/3-15PSI)
- Capacidad de respuesta rápida
- Facilidad para futuras modificaciones
- Tipo de comunicación compatible con los elementos a utilizarse
- Facilidad en la programación del PLC
- Robustez para trabajo en ambientes hostiles

Con los requerimientos antes mencionados se seleccionó el PLC Modicom M340 [4], indicado en la Fig. 3, el cual está compuesto de los siguientes módulos [6]:

- Fuente de alimentación: CP2000
- Procesador: P341000
- Monorack: BMX XBP 0800
- Módulo 0: 4 Entradas analógicas ART0414
- Módulo 1: 16 Entradas digitales DDI1602
- Módulo 2: 16 Salidas digitales DRA1605
- Módulo 3: 2 Salidas analógicas AMM0600

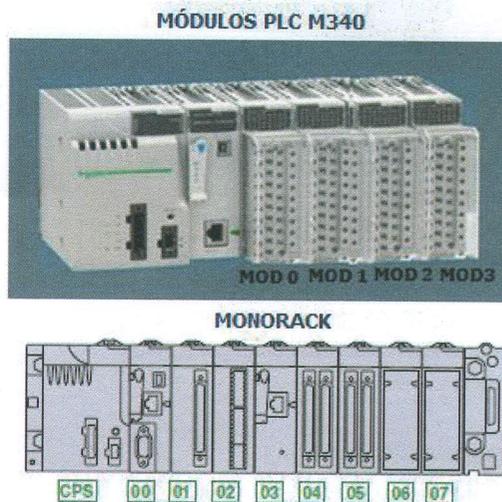


Fig. 3. PLC M340 [4]

Las conexiones de las entradas y salidas al PLC se pueden observar en la Fig. 4

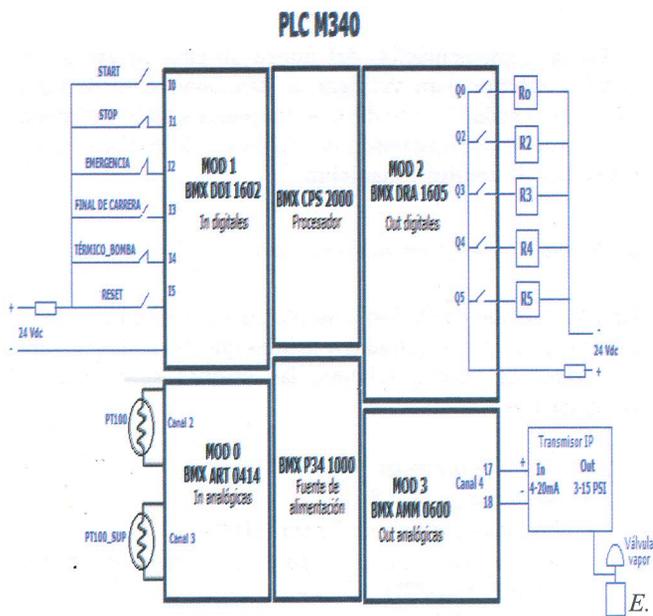


Fig. 4. Diagrama de conexión de entradas y salidas del PLC M340

C. Pantalla Táctil:

Para facilitar la interacción entre el operador y la máquina se utilizó una pantalla táctil modelo HMI STU 655, indicado en la Fig. 4. A través de ella se podrá escoger el programa requerido de vaporizado y visualizar la curva de temperatura del proceso [5].



Fig. 4. Pantalla táctil HMI STU 655

La pantalla posee las siguientes características:

- Pantalla: LCD color de 8.9 cm
- Resolución: 320 x 240 (QVGA)
- Voltaje de alimentación: 24VDC
- Protección IP: 65 (frontal), 20 (posterior)
- Memoria flash para aplicaciones: 32 MB
- Potencia: < 6.5 W

D. Tablero de control y potencia

Los equipos del nuevo sistema de control se colocaron dentro de tablero eléctrico construido con este propósito, y los elementos de potencia y alimentación principal de la máquina se los colocó en otro tablero de potencia, también construido y ubicado junto a la máquina. Los mismos se los puede observar en la Fig 5.

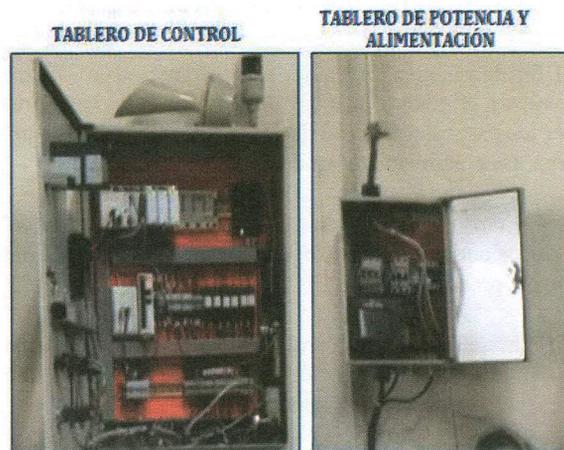


Fig. 5. Tablero de control y potencia del nuevo sistema

E. Conexiones del Sistema

Se realizó el diseño de las conexiones del sistema, tomando en cuenta que se cuenta con un voltaje de 440VAC utilizado para el arranque de la bomba de vacío. Esta señal se la conectó al primario del transformador el cual entregará 110VAC en el secundario para alimentar al tablero de control. Dentro de éste se tiene el PLC con sus módulos de expansión y protecciones. El diagrama de conexiones se puede ver en la Fig. 6

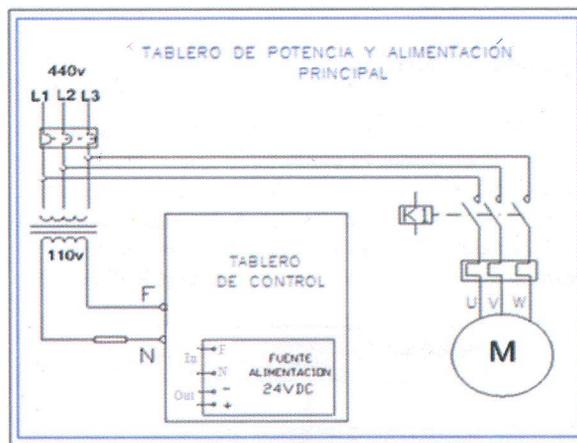


Fig. 6. Diagrama de conexión del circuito de potencia y alimentación principal

F. Comunicación:

Para la implementación de la red de comunicación entre equipos, se utiliza los dos puertos de comunicación del PLC M340. El primero es el puerto tipo USB para la comunicación con la pantalla HMI STU 655 mediante protocolo MODBUS TCP y el segundo puerto que utiliza el protocolo MODBUS RTU sobre conexión RS485 para enlazarse con el Gateway, el propósito de este dispositivo es enlazar dos tipos de comunicación, en este caso la utilizada por el PLC RS 485 y la comunicación a través de una interfaz Ethernet para de esta manera conectarse con la

estación de supervisión y la aplicación HMI de Intouch. La red de comunicación del sistema implementado se muestra en la Fig. 7.

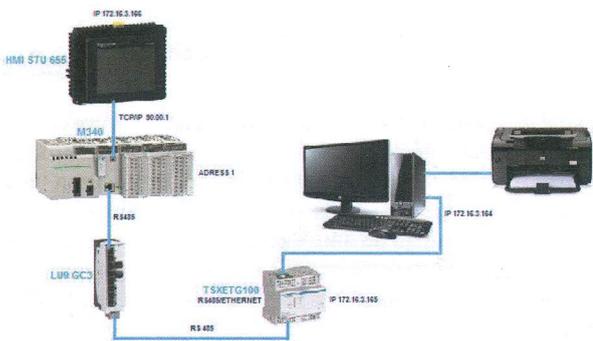
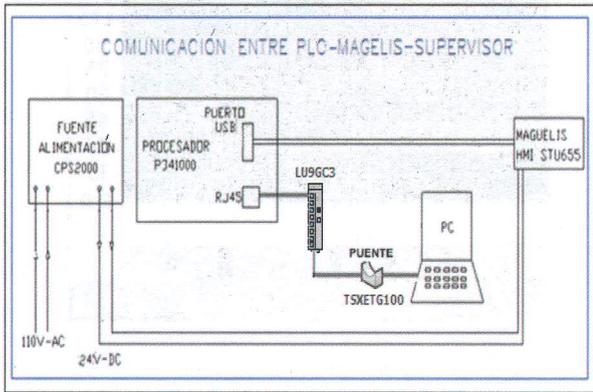


Fig. 7. Diagrama de conexión para la comunicación entre equipos

III. SOFTWARE DE CONTROL Y MONITOREO

El proceso de vaporizado debe seguir una curva característica, indicada en la Fig. 8. Los parámetros de esta curva dependen del tipo de hilo y son programados en el nuevo sistema de control.

Estos parámetros son el set point de temperatura y el número de ciclos del proceso. Los tiempos de pre-purga, vaciado y mantenimiento son preestablecidos por el área de producción y no se cambian a no ser que se reciba una orden superior.



Fig. 8. Curva del proceso de vaporizado

A. Lógica de Control en el PLC M340

En el desarrollo de la lógica de control se programaron las diferentes etapas que se deben realizar dentro del proceso de vaporizado y los tiempos establecidos para cada una de ellas.

La temperatura del proceso es el parámetro más importante, por lo cual se implementó un control en lazo cerrado con la ayuda de un controlador PI, el cual proporciona un control más fino de la temperatura especialmente en la etapa de mantenimiento. Dentro del programa UNYTY se crearon las siguientes secciones de programa:

- Arranque: en lenguaje LD
- Pre-purga-Vaciado: en lenguaje LD
- Calentamiento: en lenguaje FBD
- Número ciclos: en lenguaje FBD
- Número de programa: en lenguaje ST

B. Interfaz Gráfica INTOUCH

A través de software INTOUCH [3] se puede crear aplicaciones de interface hombre-máquina, las cuales permiten al operador interactuar con los procesos de producción mediante representaciones gráficas bajo un entorno PC. En este caso se creó una aplicación en un computador en la cual se puede observar los parámetros del proceso de vaporizado y permite obtener datos históricos, como se indica en la Fig. 9.

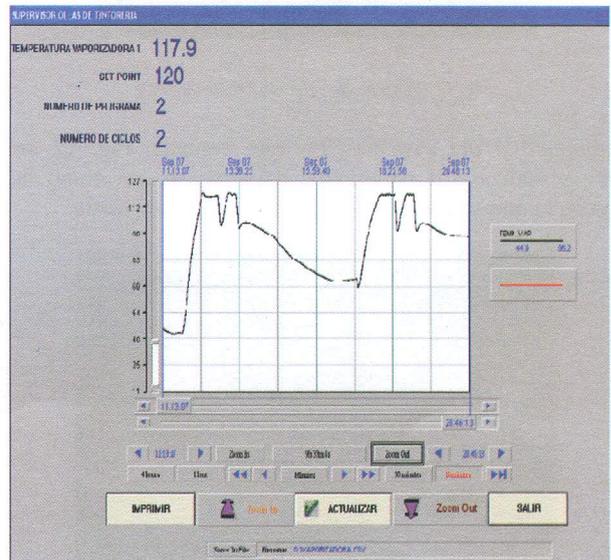


Fig. 9. Ventana del proceso de vaporizado

Esta ventana permite la impresión de la gráfica del proceso y posibilita el exportar los datos a una hoja de cálculo en formato Excel.

C. Interfase hombre máquina

Para el desarrollo de las pantallas en el HMI que se

encuentra en la máquina se utilizó la pantalla HMI STU 655 y mediante el software Vijeo Designer se desarrollaron las siguientes pantallas:

Elegir el producto a vaporizar: En la Fig. 10 se visualiza la ventana creada con la información de los programas creados.



Fig. 10. Ventana de información de programas creados

La Fig. 11 muestra la ventana creada para el ingreso del número de programa elegido.



Fig. 11. Ventana de selección de programa

Estado actual del Proceso: En esta ventana, Fig. 12 se puede visualizar los parámetros del proceso, así como la etapa en la que se encuentra y el tiempo de finalización.

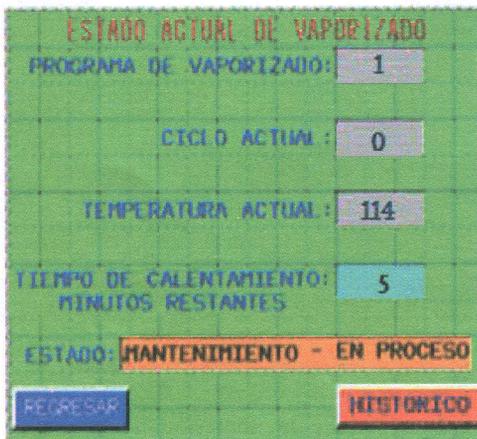


Fig. 11. Ventana de selección de programa

Gráfica del proceso de Vaporizado: En la última ventana se tiene la curva de la temperatura vs el tiempo del proceso, la misma se puede observar en la Fig. 13.

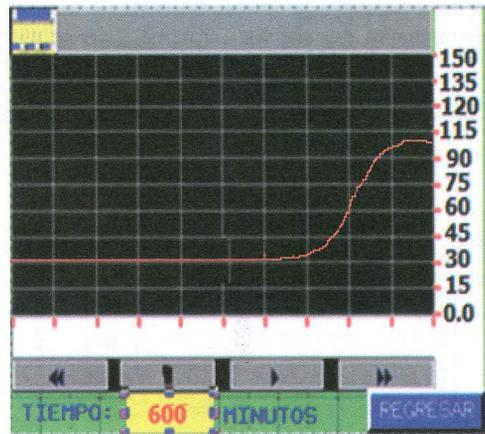


Fig. 13. Ventana de gráfica de temperatura del proceso

IV. PRUEBAS Y RESULTADOS

Prueba de conexiones eléctricas: En la cual se verificaron las instalaciones eléctricas de los tableros de control y potencia instalados. Al energizarlos se verificaron los niveles de voltaje de cada circuito. La alimentación principal dio un voltaje de 440 Vac, la fuente entregó 24Vdc y el secundario del transformador 110 Vac. El gráfico con las señales de voltaje medidas se puede observar en la Fig. 14.

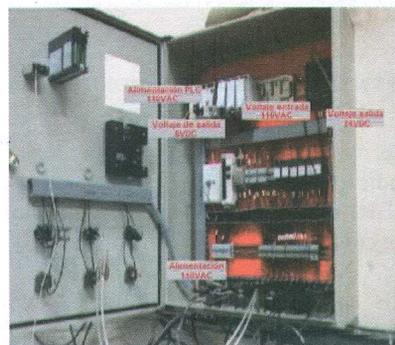
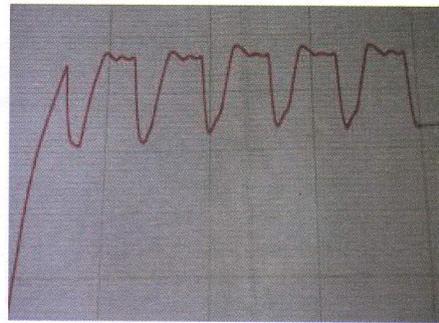


Fig. 14. Ventana de selección de programa

Prueba del sistema neumático: Al realizar las pruebas en las válvulas neumáticas se encontró que la válvula de vaciado y vapor no tenían la apertura adecuada, por ello se hizo un mantenimiento correctivo, mientras que en la válvula de vapor se procedió a la calibración del transmisor encargado de controlar la apertura de la misma. Las señales correspondientes a la calibración se indican en la figura 15.

Corriente(mA)	Presión salida en IP (PSI)
4	3.1
8	5.9
12	8.8
16	12.2
20	14.9

Fig. 15. Resultados de la calibración del transmisor I/P



Prueba en vacío: Para la verificación del funcionamiento del programa diseñado en el PLC se realizó una prueba en vacío. Luego de transferir el programa al PLC y con la ayuda de las tablas de animación d UNITY se activaron las entradas y se verificó la activación de las respectivas salidas, lo cual se puede apreciar en la Fig. 16.

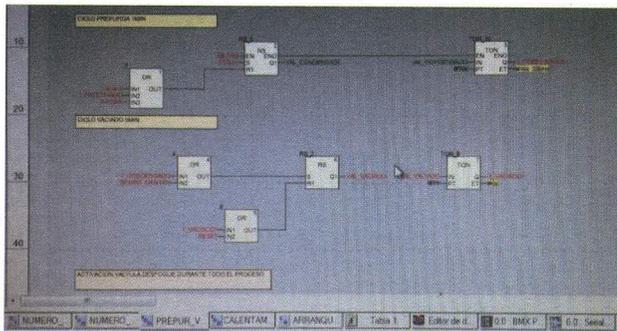


Fig. 16. Prueba en vacío: activación de salidas

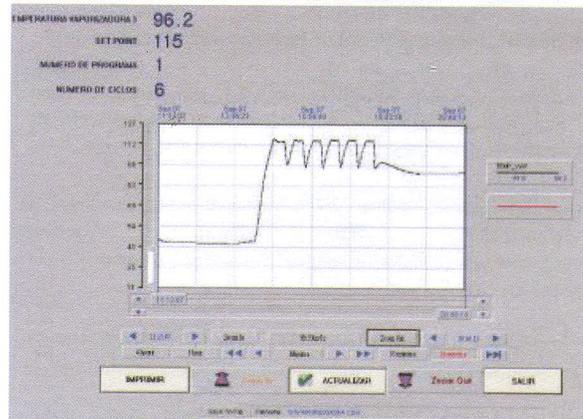


Fig. 17. Gráfico superior: Señales de temperatura con el sistema anterior. Gráfico inferior: Señales de temperatura con el sistema implementado

V. CONCLUSIONES

Valores de las constantes del controlador: Se realizaron pruebas de campo para determinar los valores adecuados de los parámetros del controlador PI implementados en el PLC. Estos valores son:

$$K_p = 2.8$$

$$T_i = 1 \text{ seg.}$$

Estos valores son similares a los de controladores que trabajan en procesos de control de temperatura y se relacionaron con los que tenían los controladores mecánicos antiguos instalados en otras máquinas vaporizadoras

Comparación de resultados con el sistema anterior: La curva de temperatura es uno de los parámetros más importantes para los operadores. Una vez implementado el sistema se compararon las gráficas con el sistema anterior y los resultados arrojaron respuestas muy similares, como se puede observar en la Fig. 17.

El nuevo sistema implementado permite obtener un proceso de vaporizado más eficiente ya que las pérdidas se han disminuido en un 10% debido a que el sistema de control de temperatura logra alcanzar y mantener los valores de manera estable.

Con el desarrollo de un sistema que permite graficar de forma automática la curva de temperatura se logró optimizar el proceso ya que, luego de realizar el proceso de vaporizado, los operadores entregan a la siguiente etapa este gráfico. Los operadores del siguiente proceso verifican que el vaporizado se ha realizado correctamente y aceptan el producto.

Anteriormente el gráfico de temperaturas se realizaba con un registrador de pluma y tinta, el cual, al ser mecánico y antiguo, presentaba

Como elemento principal de control se utilizó el PLC M340, el cual reduce el tamaño del equipamiento y permite ampliaciones futuras

Con el diseño de la lógica de control se logró que el control de temperatura siga la curva programada, lo que produjo que se mejore sustancialmente la etapa de calentamiento, la cual anteriormente presentaba muchas variaciones de temperatura.

Se implementó una interfaz hombre-máquina sencilla y amigable, a través de la pantalla táctil y el sistema supervisor utilizado, los cuales permiten al operador el acceso a la información del proceso.

VI. REFERENCIAS

- [1] (2003) Fibras Sintéticas. [Online]. Available: <http://fibrologia.blogspot.com/>
- [2] O. Guzmán, Instructivo Básico de Procesos, Sangolqui, Sept. 2013.
- [3] Logitek, S.A., Curso Intouch Básico V7.1, [En línea]. Available: http://instrumentacionycontrol.net/descargas/Descargas/WONDERWARE/IyCnet_CURSILLO_BASICO_INTOUCH_7_1.pdf
- [4] Schneider Electric, catálogo 2009, Modicom M340 Plataforma de Automatización, [En línea]. Available: <http://www.schneiderelectric.com/es/ES/download/document/Catalogo+m340+2009>
- [5] Schneider Electric, User Manual 2012, Magelis HMI STU 655/855, [En línea]. Available: <http://www.famell.com/datasheets/1975768.pdf>
- [6] Schneider Electric, Tutorial Práctico Unity Pro 3.0-Modicom M340, [En línea]. Available: http://Ira.unileon.es/sites/Ira.unileon.es/files/Documents/plc/Unity_Pro/Manuales_Unity/Tutorial_Unity.pdf#page=1&zoom=auto,-12,-23
- [7] K. Cabezas y L. Caiza, “Conservación de la Energía Eléctrica en los Procesos de Fabricación de la Planta Industrial ENKADOR”, de proyecto de titulación, Depto. Tecnología Electromecánica, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Marzo, 2007.
- [8] E. Naranjo, “Diseño e Implementación de un Sistema de Automatización mediante PLC, para el encendido del Aire Acondicionado, de las Áreas Estirado y Texturizado en la empresa ENKADOR”, de proyecto de titulación, Depto. Tecnología Electromecánica, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Nov., 2007.



Ana Rodas, profesora e investigadora del Departamento de Automatización y Control Industrial. Ingeniera en Electrónica y Control y Magister en Gestión Empresarial con mención en Operaciones y Calidad. Sus áreas de interés son: Instrumentación Industrial y la enseñanza de Electrónica. Ha dirigido mas de 100 proyectos de titulación a nivel de ingeniería relacionados con sus áreas temáticas y

ha dictado clases a nivel de pregrado y posgrado en diferentes universidades del país.

VII. BIOGRAFÍAS



Marianela Guamán, nació en Riobamba, Ecuador. Realizó sus estudios secundarios en el Instituto Tecnológico Superior Carlos Cisneros, obteniendo el título de Técnico en Electrónica.

Posteriormente realizó sus estudios en la Facultad de Ingeniería en Electrónica y Control de la Escuela Politécnica Nacional obteniendo el título de Ingeniero en Electrónica y Control en 2017.

Áreas de interés: Automatización y control industrial.