



AUTOMATIZACIÓN DE ALAMBIQUES PARA DESTILADO

María Guadalupe Del Rocío Herrera Salazar¹, María de Guadalupe García Hernández²

¹ Alumna de Ingeniería mecatrónica en la División de Ingenierías del Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato, mgdelrhs@gmail.com

² Profesora de Tiempo Completo en la División de Ingenierías del Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato, garciag@ugto.mx

RESUMEN

Se hizo el análisis general del proceso de destilación de una empresa tequilera ubicada en el Estado de Guanajuato, con la finalidad de obtener el control automático de sus variables, de modo que se pueda ingresar y modificar de forma óptima al estado del proceso. En esta empresa, la destilación se lleva a cabo en uno o varios alambiques, dependiendo de la productividad de la empresa, por lo que se propone el uso de un controlador lógico programable, equipado principalmente con transductores de temperatura y una pantalla tipo touch, que permitan el control PID (Proporcional Integral Derivativo) de las válvulas implicadas en el proceso. Los resultados aquí obtenidos son representativos, ya que son plasmados únicamente en software para su posible aplicación. Sin embargo, demuestran que el método aquí propuesto es factible y viable para la automatización de alambiques.

PALABRAS CLAVES

Destilación, control, transductor.

INTRODUCCIÓN

El proceso de destilación permite la separación de líquidos por medio de su ebullición, los pioneros en esta técnica fueron los alquimistas egipcios, quienes crearon diferentes instrumentos para vaporizar sustancias volátiles e inventaron el alambique [1], el cual es usado hasta nuestros tiempos para destilar sustancias.

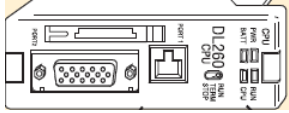
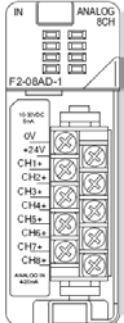
En la elaboración de tequila, la destilación es parte indispensable para establecer la calidad, ya que la forma y operación del alambique determinan el grado de alcohol y su aroma [2,3], por lo que se debe contar con un buen sistema de destilación. Sin embargo, para producir un buen tequila no es lo único que se debe tomar en cuenta [4], pues existen diferentes normas que regulan su elaboración [5], siendo de vital importancia el control de los diferentes procesos involucrados. Al respecto, existen diferentes tipos de controladores [6], los cuales permiten ir de un estado cualquiera a un estado deseado, esto se logra con la ayuda de transductores o sensores que envían la información del estado actual del proceso a un dispositivo de cómputo, el cuál debe enviar las señales necesarias a los actuadores para que realicen la acción correctiva.

Los controladores de proceso más utilizados en la industria son el ON-OFF y el PID. El primero consta de un algoritmo sencillo, el cuál se encarga únicamente de encender o apagar un actuador, dependiendo de la información que le llegue, por lo que se le llama de lazo abierto. Mientras que el segundo es llamado de lazo cerrado, ya que requiere de una realimentación continua que mantenga la salida del proceso a un valor deseado, tomando una acción correctiva siempre que haya un desvío, puesto que su algoritmo se basa en un valor proporcional al error (proporcional), a la suma de todos los errores anteriores (integral) y a la tasa de cambio del error (derivativo) [7].

Con la finalidad de evitar errores y de optimizar tiempo dentro de la industria cuando se hace el destilado de tequila, en este proyecto se propone un método para la automatización de alambiques, en el cual se incluye un esquema general del proceso, la selección del material y equipo de control necesarios, los diagramas de conexión, la interfaz para el muestreo del estado actual del proceso, y su control manual y automático con un controlador lógico programable (PLC).

MATERIALES Y MÉTODOS

Tabla 1. Equipo de control.

Diseño	Código	Descripción General
	D0-06DR	CPU DL06 con 20 entradas de 12-24 V DC, y 16 salidas de relé.
	D2-260	CPU con memoria disponible de 30.4K palabras con 16 lazos, y matemáticas de punto flotante.
	D2-BAT-1	Batería de repuesto para paneles touch y para CPU.
	F2-08DA-1	Módulo de salida analógica con 8 canales de 12 bits de resolución, rango: 4-20 mA, configurable por la salida de la fuente. Diseñado para operar con una fuente de alimentación 24 V DC suministrada por el usuario.
	EA7-T8C	Pantalla táctil a color de 8 pulgadas.
	RTD0100-06-020-H	Sensor RTD ProSense.
	CF06-25N	Conector compresión de 6 mm, para sensor de temperatura.
	EA-2CBL-1	Cable RS232 para conectar el CPU a la pantalla táctil.
	D2-06B-1	Base de fuente interna con entrada de 110-220 VAC, y 24 VDC 300 mA de salida.
	PSM24-180S	Fuente de alimentación, con salida de 24 V DC y 7.5 A., con protección a la corriente de corto circuito.
	DN-D10B-A	Terminales de bloque de doble nivel, 30 A, 600 V. (Clemas)

En la Tabla 1 se muestra el equipo de control seleccionado y utilizado en este proyecto, además se incluye su código con el que se encuentra fácilmente en [8], donde se puede obtener sus manuales y costos, otros módulos también utilizados son D2-FILL, F2-08TRS, D2-16ND3-2, F2-08AD-1. La Figura 1 muestra la forma en que se debe conectar el PLC con los módulos de alimentación y la pantalla.

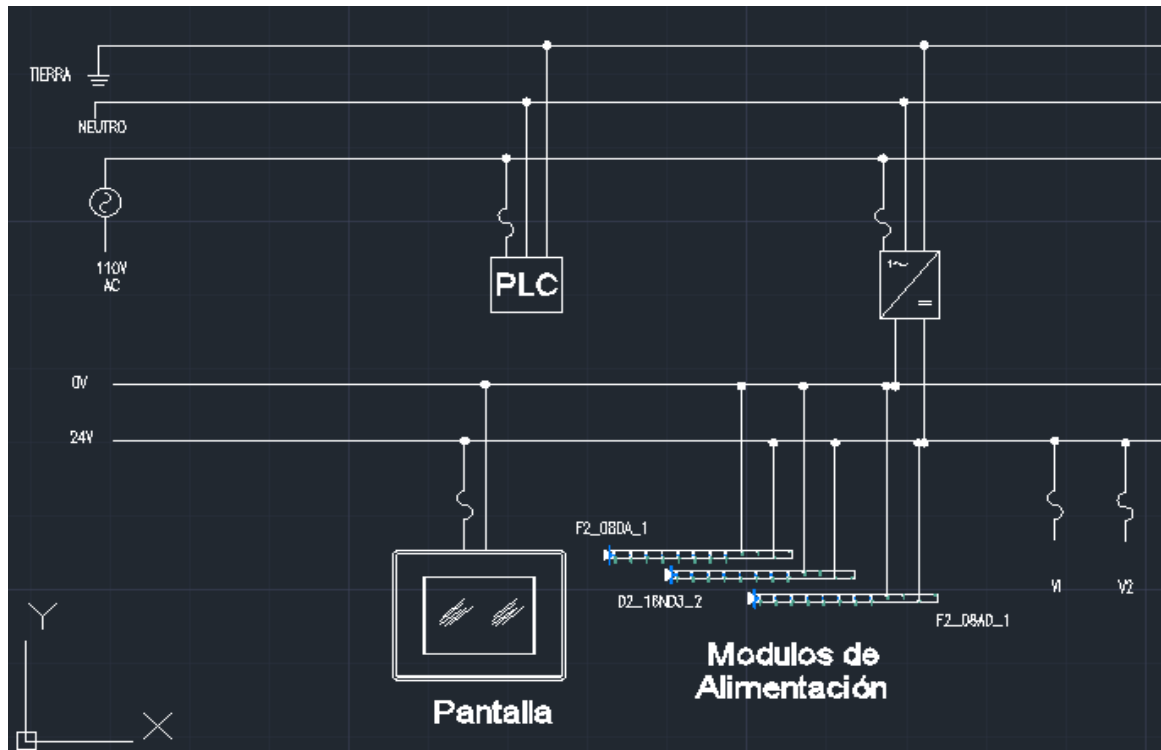


Figura 1.- Diagrama de conexión del PLC.

Para las diversas conexiones se usan las clemas DN-D10B-A, DN-DEC10, DN-F6L110 y DN-F10L24. Considerando que son siete alambiques los que hay en la empresa, se utilizan siete sensores RTD y siete válvulas con actuador, tal como se muestra en la Figura 2, donde se representan las conexiones al PLC utilizando varios bloques de clemas.

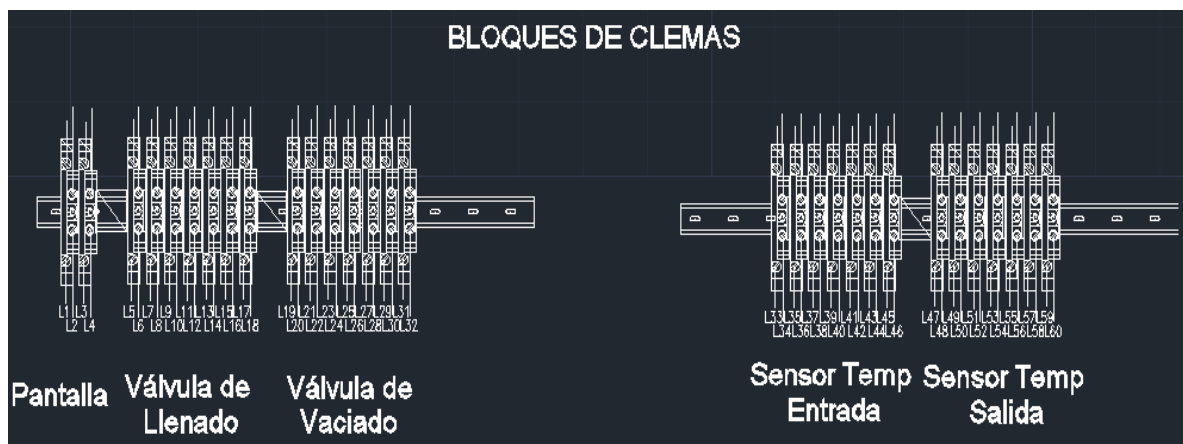


Figura 2.- Diagrama de conexión de las clemas.

Para el acondicionamiento del sensor RTD a una señal apta para el PLC, se usa un módulo transmisor TTD-20-30300F-H.

Se creó el programa del PLC en DirectSOFT 5 programming, que permite el control PID automático y manual de la temperatura en el alambique, tal como lo muestra la Figura 3. Además se realizó la programación de alarmas, que permiten identificar prontamente errores en el proceso.

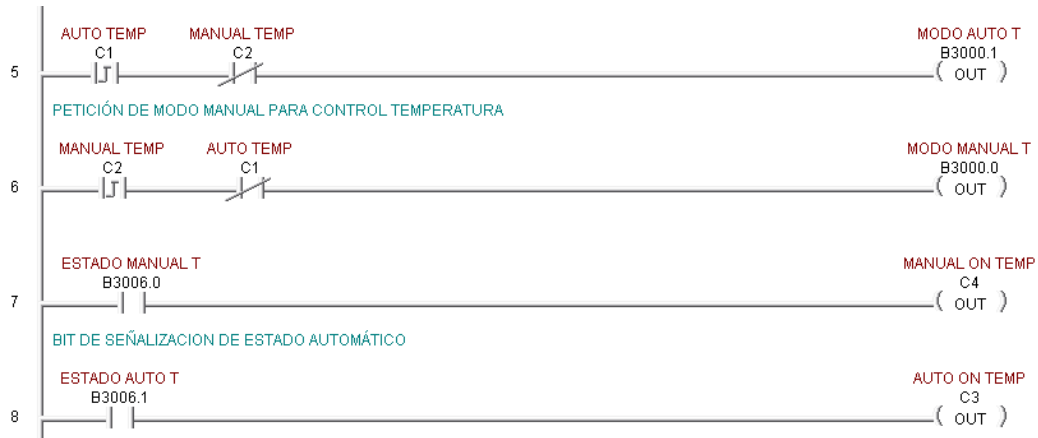


Figura 3.- Programación escalera para el control manual y automático.

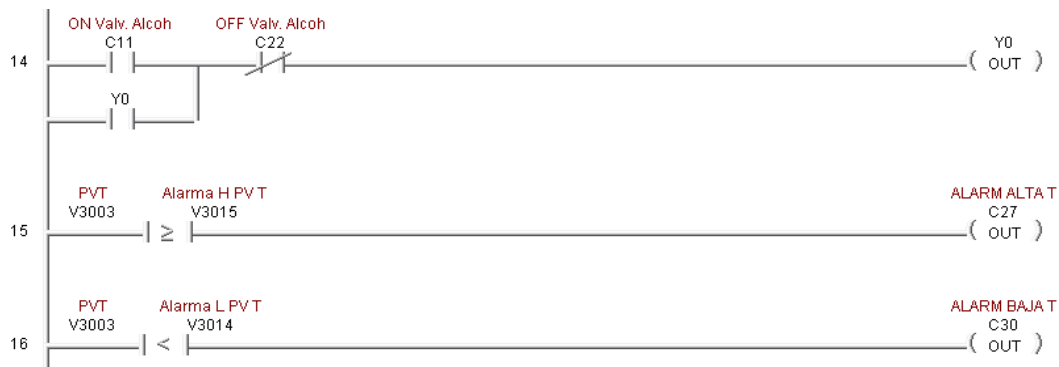


Figura 4.- Encendido y apagado de la válvula de alcohol (línea 14), creación de alarmas (líneas 15,16).



Figura 5.- Interfaz de la pantalla touch, a) Control PID de la válvula de vapor, b) Encendido y apagado de la válvula de alcohol, c) Manejo de alarmas.

Se estableció y ejecutó una interfaz gráfica en el software C-More versión 2.73, la cual fue enlazada con el programa del PLC, para poder monitorear y modificar el estado del proceso desde la pantalla táctil, la cuál cuenta con diferentes diseños, acordes a un menú, donde se puede elegir lo que se desea hacer, tal como lo muestra la Figura 5.

En la Figura 6 se muestra el esquema general del método propuesto, considerando que en el interior del alambique se encuentran las mieles (mosto) fermentadas, extraídas previamente de la piña horneada. El alambique es calentado por medio del paso de vapor a través de una válvula con actuador neumático (línea roja), que es accionada por medio de una señal proveniente del PLC.

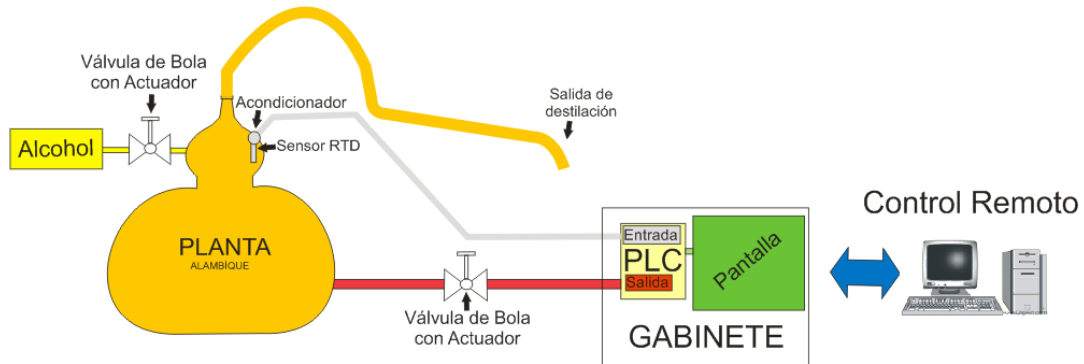


Figura 6.- Esquema General de la automatización del alambique.

Para efectuar el control de la temperatura, se coloca en el alambique un detector de temperatura resistivo (RTD) acondicionado, y se conecta con el módulo apropiado de entrada analógica del PLC (línea gris; Figura 6) a lazo cerrado, quien recibe la variable del proceso y también un valor de referencia dado por el operador, por medio de una pantalla touch; y con ayuda de un algoritmo de control PID, que reside en la memoria del CPU, recibirá la información del programa de usuario, es decir, los parámetros de control y los valores de referencia (setpoints), calculando el error, error que se usa en el algoritmo para proporcionar la acción correctiva en la salida analógica del PLC. Como cada proceso es diferente, y por ello se requieren valores diferentes de los parámetros de ganancia integral y derivativa, se realiza una sintonización de lazo cerrado al PLC, la cual encontrará estos valores para el proceso. Una vez que el CPU calcula el PID, el resultado se usa para controlar directamente al actuador conectado con un módulo de salida de corriente de 4-20 mA (miliamperes). Además se puede tener un manejo remoto por medio de Ethernet y una computadora, para retroalimentar y conocer el estado del sistema.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



Figura 7.- Control automático de la temperatura, a) salida al 84.7% ya que falta poco para llegar a una temperatura de 38 °C, b) salida al 99.9 % puesto que ya llegó a la temperatura deseada, c) alarma de temperatura alta, que indica que hay que verificar la válvula de vapor.



Se obtuvieron los resultados esperados, tal como lo muestra la Figura 7, ya que se logró el control automático de la temperatura y se obtuvo con éxito la configuración de alarmas, además de que ya se puede encender y apagar la válvula de alcohol. Sin embargo se propone para trabajo futuro el control automático de esta válvula. Cabe mencionar que, cuando se realice la implementación física, se deberán realizar los ajustes necesarios en la programación del control PID que logren el funcionamiento adecuado.

CONCLUSIONES

En la realización de este proyecto se generó un método factible y viable para la automatización de alambiques, ya que permite mantener un control de temperatura estable que mantiene al proceso en un estado deseado. En el caso de la producción de tequila esto es de gran importancia, ya que evita la generación de errores y optimiza al proceso, de igual manera ayuda a conservar su calidad y sabor.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco especialmente el apoyo brindado del Ingeniero José Ricardo Herrera Domínguez, y a Industrial Vidriera del Bajío por darme la oportunidad de desarrollar este proyecto, así como también a la Tequilera Corralejo por dejarme conocer su proceso de destilación.

REFERENCIAS

- [1] Antonio Valiente Balderas (1996), *Historia de la destilación*, Educación Química, Vol. 7, No.2, pp. 76-82.
- [2] Antonio Xavier Soria Parra, Cristian Antonio Jaramillo Loaiza (2007), *Obtención de pisco utilizando un alambique de destilación*, Tesis de grado para la obtención del título de ingeniero agroindustrial, Universidad Técnica del Norte, pp.41-66.
- [3] Roberto Rodríguez Madrera (2008), *Elaboración artesana de aguardiente de sidra. I. Sistema de destilación*, Tecnología Agroalimentaria, No.5, pp. 32-36.
- [4] María Susana Acosta Navarrete, Mercedes López Pérez, Rita Miranda López (2007), *El tequila, su aroma y su sabor*, Redalyc, Julio-Septiembre, No. 087, pp. 50-53.
- [5] Lauro Antonio Carrillo Trueba (2007), *Los destilados de agave en México y su denominación de origen*, Julio-Septiembre, Redalyc, No. 087, pp. 40-49.
- [6] José R. Espinoza C. (2011), *Apuntes sistemas de control-543 444*, Universidad de Concepción, Onceava edición, pp.75-82.
- [7] AutomationDirect (2007), *Manual del PLC DL06*, segunda edición español, capítulo 8.
- [8] <http://www.automationdirect.com>
- [9] AutomationDirect (2004), *Manual de usuario DL205*, tercera edición inglés, Vol. 1 y 2.
- [10] AutomationDirect (2005), *Manual DL205 Analog I/O Modules*, séptima edición inglés.
- [11] AutomationDirect (2006), *Manual módulos de comunicación ethernet*, primera edición español.