

Diseño e Implementación de un Sistema de Automatización para una Línea de Producción de Cerveza Artesanal



maria.teran@epn.edu.ec
marcelo.pozo@epn.edu.ec

María Terán¹, Marcelo Pozo¹

¹ Facultad de Ingeniería Eléctrica, Escuela Politécnica Nacional, Av. Ladrón de Guevara
253, Quito, Ecuador
1{ maria.teran, marcelo.pozo}@epn.edu.ec

ABSTRACT

Resumen. En el presente proyecto se realiza la automatización de algunos de los procesos como: ebullición, maceración y cocción que se utilizan para la elaboración de cerveza artesanal ubicada en el Sector de la Pulida en Quito, Pichincha, la misma que tiene como objetivo principal disminuir el esfuerzo físico requerido por los trabajos así también como las pérdidas y mejorar la inocuidad del proceso. El sistema de control permite obtener el mosto listo para el proceso de fermentación a partir del control automático para los procesos de ebullición del agua, maceración, cocción y enfriamiento, mediante el control de actuadores, controlados por sensores de nivel, temperatura y de llama en el proceso. Todo eso será programado y controlado por medio de un PLC. Además, se selecciona, se especifica y se realiza el montaje de los sensores en las distintas etapas del proceso de producción. Se comprueba su correcto funcionamiento y se ajustan los parámetros de aquellos sistemas que lo requieran.

Palabras Clave: Palabras Clave: Automatización, Proceso, Cerveza Artesanal, Control, PLC



Introduction

Debido a que en nuestro país en los últimos años se reporta un incremento en la industria de cerveza artesanal debido al aumento de bares y la cultura del consumo de cerveza artesanal la misma que es realizada de manera natural en base a cebada, y lúpulos entre otros [1]. La preparación de la cerveza implica entendimiento en base a una serie de reacciones enzimáticas y microbiológicas las mismas [2] que se obtienen mediante el control de ciertos parámetros como la, la temperatura, nivel, tiempo, pH entre otros.

Para obtener una cerveza casera con características estables de calidad mediante el control automático, ya que el control de temperatura en el proceso mejora la presencia de los componentes volátiles y aromáticos, mejorando así el sabor de la cereza. En este contexto se ha realizado el presente proceso de investigación como parte integral de un proyecto completo cerveza artesanal, empleando el control de bombas, electroválvulas, chisperos con (contactores on-off) en las etapas de ebullición, maceración y cocción durante la elaboración de cerveza artesanal .

La necesidad de llevar la compañía al siguiente nivel de incremento en la producción en las ventas anuales ha creado la necesidad de mejorar los procesos de automatización. Es por esto, que este artículo explica primeramente el proceso de elaboración de la cerveza en la sección 2. Después se explica el diseño y construcción de un prototipo de una parte del proceso en la sección 3. El control se explica en la sección 4. Mientras que las pruebas de funcionamiento se muestran en la sección 5.

Proceso de Elaboración de la cerveza

A continuación, se explica de forma detallada el proceso a seguir para la elaboración de la cerveza.



Calentamiento del agua

El sub-proceso de ebullición del agua, consiste en calentar el agua hasta llegar al punto de ebullición a 93°C en la ciudad de Quito y luego dejarlo enfriar a temperatura de 75°C. El agua es calentada en un tanque de capacidad máxima de 50 litros los tanques utilizados en todos los procesos son de acero inoxidable de grado alimenticio (Figura 1) mediante un quemador industrial el mismo que para el paso El agua se calienta por medio de un quemador da gas industrial el cual controla el flujo del mismo por medio de una electroválvula de control (on -off) .

Maceración

Este subproceso consiste que en un tanque de la misma capacidad del de calentamiento de agua se añada malta molida y luego se añada el 90% del agua del proceso anterior que se encuentra a 75°C y mantener esta mezcla llamada mosto en un rango de temperatura entre 72°C y 65°C por un periodo de 60 minutos. [3] La mezcla se mantiene en este rango de temperatura por medio de un quemador a gas el mismo que se encuentra regula el paso del gas mediante una electroválvula de control (on-off). El tanque se encuentra provisto de un agitador (Figura 2) para hacer más homogéneo el mosto que se forma además mediante una bomba y una electroválvula se realiza el recirculado del mismo dentro del mismo taque.

Cocción

El proceso de cocción inicia se pasa el mosto del tanque de maceración al tanque de cocción la mezcla debe llegar a ebullición al redor de los 93°C en donde se le debe añadir el lúpulo por un periodo de 60 minutos aproximadamente. El tanque utilizado y el proceso de calentamiento de la mezcla son igual a los procesos anteriores (Figura 3) [4].

Enfriamiento

Cuando el proceso de cocción ha terminado, se procede a pasar el mosto a través de un intercambiador de placas (Figura 1.4) se procede a bajar la temperatura mosto a temperatura ambiente (20-14° C) y luego se procede a trasladarlo al tanque de fermentación [5].



Fig. 1 Tanque de calentamiento de agua



Fig. 2. Tanque de cocción



Fig.3 Tanque de calentamiento de agua



Fig. 4 Intercambiador de Placas Marca Polsinelli

Diseño y construcción del sistema

En el presente trabajo, se diseña y construye un sistema automático que considere los procesos anteriormente descrito. Para ello se utiliza un tanque con las medidas que se encuentra en la Figura 5. Las partes del prototipo son: quemadores, bombeo de agua, calentamiento, circulación de agua, mezclador, enfriamiento. Para esto, se procede a diseñar el sistema considerando electroválvulas de líquido y de gas. Además, se instala un mezclador en base a un motor reductor [6].

Para agitar el mosto durante la maceración con el fin de que su temperatura sea uniforme en cada punto se utiliza un motor con caja reductora, motor reductor, que posee una velocidad de salida de 30 RPM y es de 2 HP.

Después de diseñar y construir el prototipo se considera el desarrollo del programa para controlar cada uno de los procesos.



Fig.5. Medidas del tanque

Sistema de Control

Para controlar los diferentes actuadores:

- 8 válvulas solenoides, 5 para controlar la circulación del agua y el mosto y 3 para el suministro de gas.
- motores, una bomba de paso del mosto, la bomba de recirculación y la batidora.
- Chisperos

Se utilizan 5 relés electromecánicos para controlar los actuadores con las respectivas protecciones. Se utiliza una Laptop en la cual, mediante el software instalado permite visualizar la temperatura del mosto en las 4 etapas del proceso, y otros mensajes importantes.

En el proyecto se utiliza una computadora, como hardware para el HMI implementado bajo el software de programación Tia portal- WinCC (Windows control center para Windows) RT advanced, el cual permitirá al operador realizar las tarea en un sistema de ventanas que se ajustan a las necesidades del programa, facilitando la tarea del programador, y permite comparar de manera ON LINE la ejecución del proceso y así reconocer el estado

de las variables en tiempo real facilitando la detección de posibles errores. El programa fue desarrollado en lenguaje ladder buscando cumplir con todos los requisitos del proceso. El control implementado se indica en la figura 6.

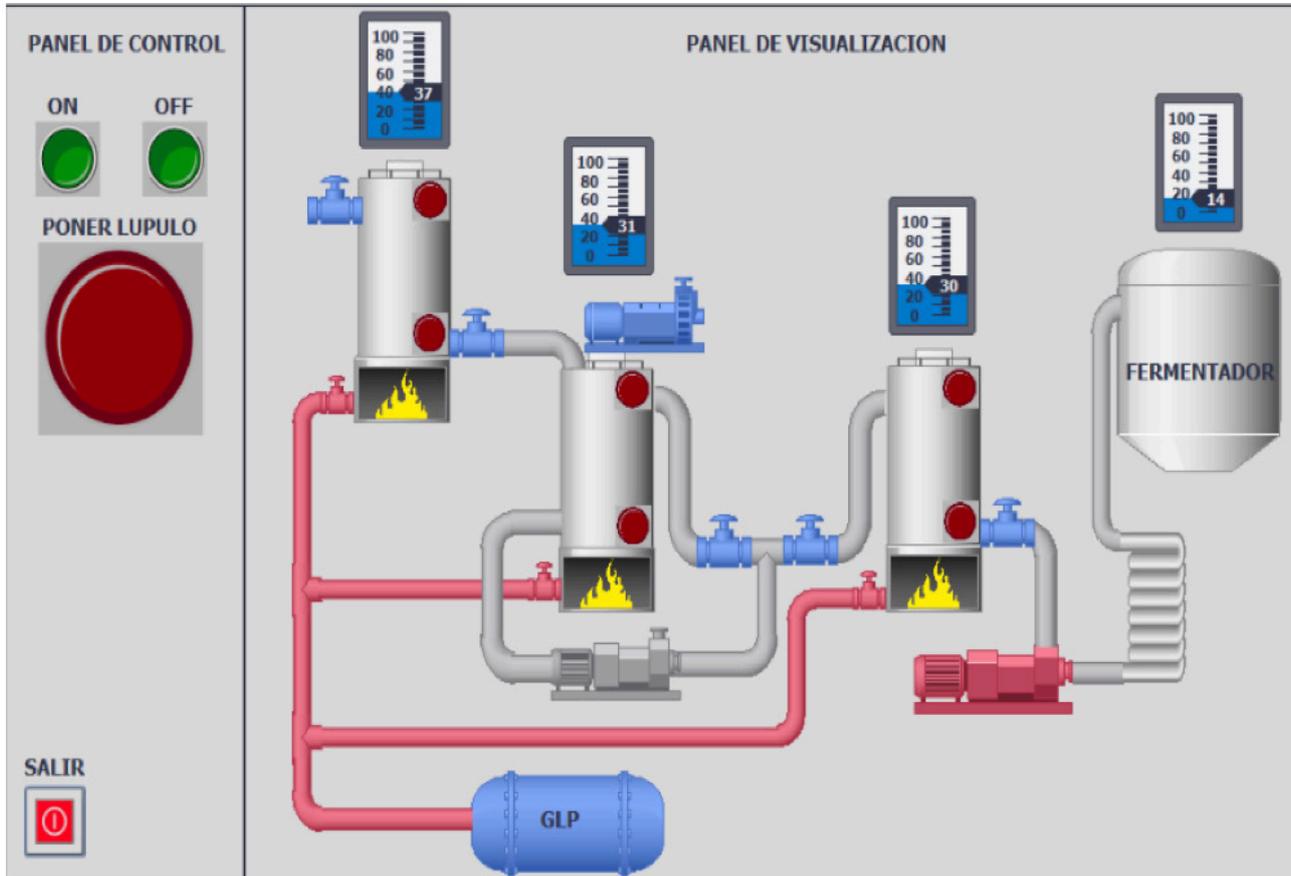


Fig.6. Sistema de control y HMI implementado

Pruebas de funcionamiento

Se realizaron diversas pruebas y los resultados fueron exitosos. Tanto el circuito de control como el de fuerza trabajan según lo esperado cumpliendo con objetivos planteados.

Compensación del sensor

Dado que los sensores PT100 blindados debían ser conectados directamente al tablero a los modulo análogos RTD por lo que se debió realizar extensiones a sus tres hilos. Para tener una correcta medición de la temperatura se tuvo que realizar una compensación en el programa del PLC mediante el uso de amplificadores dándole un valor adecuada de ganancia para tener los resultados esperados.

Para la compensación de temperatura del RTD se tomó como patrón un termómetro digital para comparar las temperaturas y se obtuvieron los siguientes resultados que se muestran en la Tabla 1.



Tabla 1. Datos de temperatura

TEMPERATURA	
TERMOMETRO DIGITAL	COMPENSACION PT 100
19,7	20
30,2	31
44,3	45
61,2	61
70,7	70
75,9	75

Prueba de Programa

Una vez finalizado el programa, este fue cargado en el PLC y se realizaron pruebas de funcionamiento de igual manera en pequeña escala mediante improvisado pulsadores y mediante cables simulando las entradas del PLC para comprobar que las salidas del PLC los resultados fueron satisfactorios solo se tuvo algunos problemas con la comunicación del PLC con la PC, los mismo que se pudieron dar solución configurando correctamente la configuración de PG/PC para STEP 7 así también opciones como la velocidad y las direcciones, y los puertos del autómeta. No sin antes tomar en cuenta el interfaz de comunicación compatible con WinCC (Figura 7)

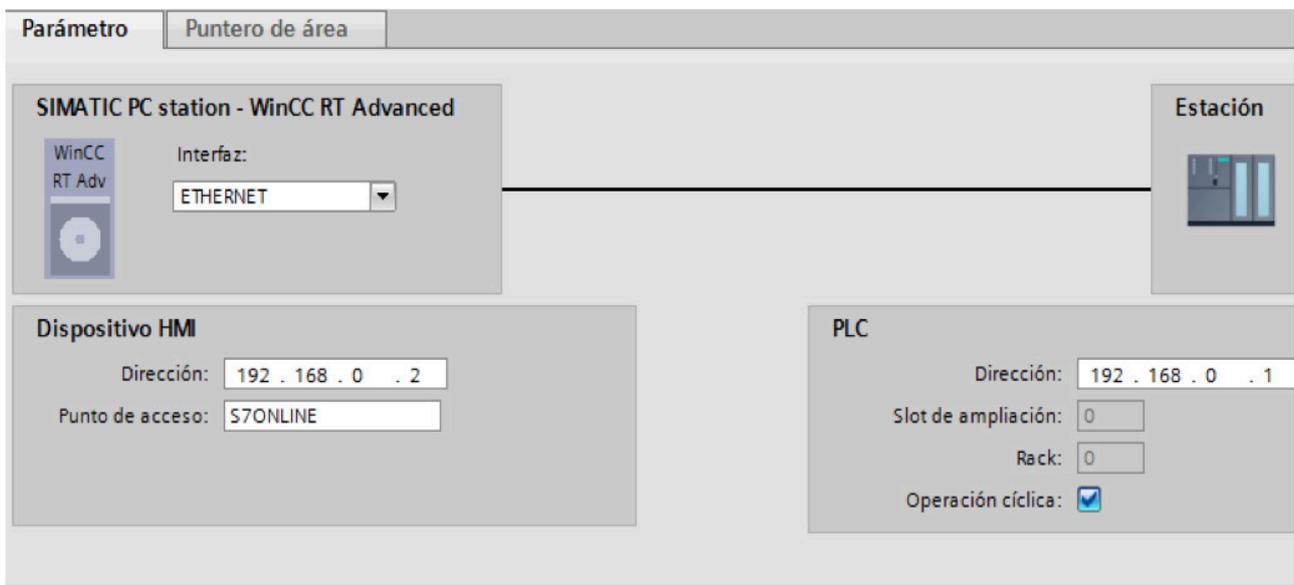


Figura 7 Red formada por el PLC y el Autómata

Prueba del circuito de control, fuerza y pantalla

Una vez armado el tablero de control, se realiza las pruebas de los dos circuitos, primeramente, el de control y luego el de fuerza al iniciar la simulación cargada en el PLC

“Inicial Simulación” en una pantalla con WinCC Advanced cómo se indica en la. Todo inicia presionando el botón ON los resultados son los esperados, los actuadores cumplen con

los tiempos estimados para el calentamiento en los diferentes procesos de la línea de producción

El motor y las dos bombas trabajando en forma adecuada, el calentamiento presentado es tolerable en vista que no se los sobrecarga, por ende, su dimensionamiento es adecuado como la corriente de la bomba.

De igual manera el HMI opera adecuadamente mostrando mediante los indicadores de temperatura y los niveles de los diferentes tanques en cada uno de los subprocesos como se muestra en la (Figura 8). Así también que se prende el indicador luminoso del lúpulo y la animación de intermitente en cada uno de los procesos.



Figura 8 Visualización de la temperatura, sensores de nivel y lúpulo

▪ Pruebas de Funcionamiento del Programa del PLC

Se inició las pruebas a cada uno de los sensores y actuadores de cada uno de los subprocesos, de manera manual y automático. Para corregir los posibles errores mecánicos del funcionamiento, así como por ejemplo que los niveles altos y bajos se encuentren ubicados correctamente para que el líquido no se desborde y las bombas no trabajen en vacío cuando no exista el líquido en los ataques, así como también las conexiones eléctricas para que las señales llegan adecuadamente al PLC.

Luego se realizan las pruebas en cada subproceso con diferentes tiempos de cocción maceración, recirculación, y mezcla con ayuda de los motores y bombas según corresponda en cada uno para poder hacer una prueba final de la línea de producción final (Figura 9).

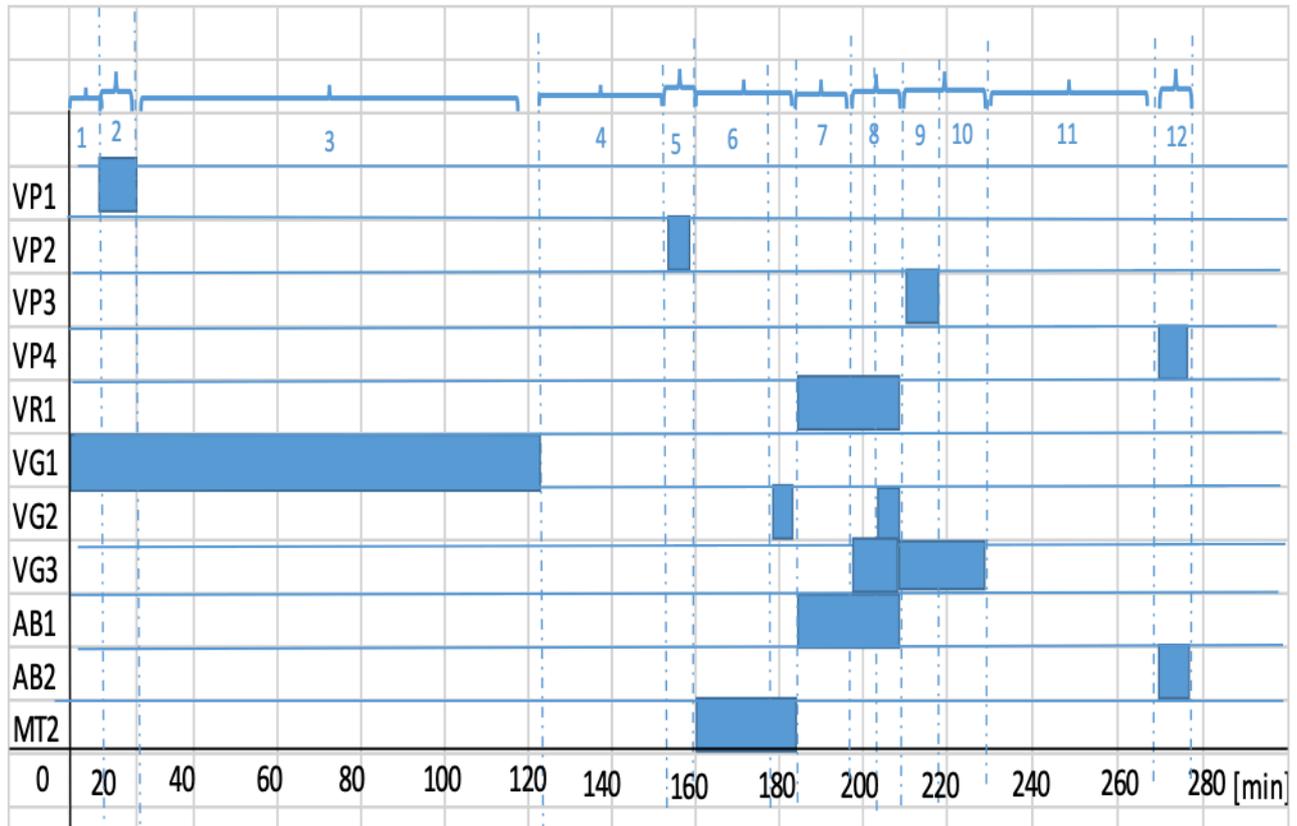


Figura 9 Diagrama de tiempos final

Fase 1: Pre calentamiento del tanque de calentamiento del agua

Tiempo de llenado del tanque de calentamiento del agua hasta el nivel máximo

Fase 2: Tiempo de llenado del tanque de calentamiento del agua hasta el nivel máximo

Fase 3: Tiempo que se demora en que el líquido en el tanque de calentamiento del agua llega a los 90°C

Fase 4: Tiempo de enfriamiento hasta los 70 °C

Fase 5: Tiempo de llenado del tanque de maceración

Fase 6: Tiempo de mezclador en el proceso de maceración

Fase 7: Tipo de recirculación en el tanque de maceración

Fase 8: Pre calentamiento del tanque de cocción

Fase 9: Tiempo de llenado del Tanque de cocción

Fase 10: Tiempo de cocción de Lúpulo en el tanque de cocción

Fase 11: Tiempo de enfriamiento líquido tanque de cocción

Fase 12: Tiempo de llenado del fermentador etapa de enfriamiento

Esta sección debe reflejar el marco referencial que sustente el contenido del artículo, puede incluir: marco teórico, metodología, materiales o métodos y/o consideraciones generales. El título de esta sección puede ajustarse de acuerdo a las necesidades de cada artículo.

En esta sección se reporta una síntesis organizada, lógica y pertinente con la investigación. La organicidad y coherencia de la teoría que valida la propuesta, desde el problema o la hipótesis hasta los procedimientos metodológicos y, posteriormente los resultados. De la misma forma, en esta sección se describen los procedimientos metodológicos a desarrollar, cuidando que haya plena coincidencia con las fases que se desprenden de los objetivos de la investigación.

CONCLUSIONES

Conocer a profundidad cada uno de los procesos y subprocesos de la línea de producción de cerveza artesanal tanto los tiempos y temperaturas empleados en cada uno de ellos es fundamental para lograr los resultados esperados, lográndose hasta optimizarlo.

La automatización de la línea de producción permite disminuir el esfuerzo físico y el número de personas necesarias para llevar a cabo cada uno de los subprocesos, por ende, la disminución del proceso de producción, permitiendo que el operario pueda realizar las demás actividades las mismas que no están dentro del alcance de este trabajo de investigación que son parte del proceso de producción, lo que representa una ventaja muy importante para la microempresa.

Para el calentamiento de los tanques se utilizó un sistema a gas lo que brinda la disminución de los costos de producción dando un ahorro significativo a la microempresa. Los estándares de calidad en la producción y de inocuidad para la elaboración mejoraron relativamente ya que la manipulación y el contacto directo con la mezcla (mosto) es mínima por parte del operario.

Los desperdicios durante el proceso de elaboración han disminuido notoriamente, aumentando la cantidad de producción de cerveza artesanal, generando mayores ingresos a la microempresa.

Mediante las pruebas que se realizaron se demostró que los tiempos y programación fueron correctamente realizados, ya que obtuvo un error de $\pm 1^{\circ}\text{C}$ en la medición del valor medido y el valor real de temperatura en los tanques.

El proyecto cumple satisfactoriamente con cada uno de los requerimientos del proceso, así como también con las condiciones de grado alimenticio que requiere la empresa.

Referencias

Saurina, R "Diseño de una micro-planta de fabricación de cerveza," (2015.) https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/76575/02_Memoria.pdf [Accessed 2017].



microcervecera,» (2013). <http://rodin.uca.es/xmlui/bitstream/handle/10498/15570/-b3636485x.pdf>.

Carvajal L, Insuasti M. , «Elaboración de cerveza artesanal utilizando cebada (*hordeum vulgare*) y yuca (*manihot esculenta crantz*),» (2010). <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/642/1/03%20AGI%20256%20TESIS.pdf>.

BACO ENGINEERING, «VITON Brass Solenoid Valve,» (2017) <https://bacoeng.com/collections/solenoidvalve/products/bacoeng-1-4-dc12v-solenoid-valve1-4-3-8-1-2-3-4-dc12v-ac100v-220v-available?variant=37016844739>.

Arian S.A., «Pt100, su operación, instalación y tablas,» 2011. <http://www.arian.cl/downloads/nt-004.pdf>.

AGPTEK, «AGPtek Stainless Steel PT100 RTD Thermistor Sensor Probe (Temperature Rang: -20~420°C),» (2017). <https://www.amazon.com/AGPtek-StainlessThermistorSensor-Temperature/dp/B008YP1D04#feature-bullets-btf>.

Siemens, «Manual Logo,» (2013) <http://docseurope.electrocomponents.com/webdocs/131b/0900766b8131bee3.pdf>. [

SIEMENS, «SIMATIC Win CC RT Advace,» (2014). https://cache.industry.siemens.comdl/files/672/88360672/att_52963/v1/readme_wincc_comfort_advanced_v13_enus.pdf.

