

# DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN CONTROL DE TEMPERATURA MEDIANTE UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE, VISUALIZACIÓN EN UN PANEL DACTIL PARA UN HORNO SECADOR, EN EL COMERCIAL ZHIONG XING CIA. LTDA. PLANTA DE PRODUCCIÓN DE PUZOLANA PUJILÍ.

Chiluisa Jaime.

*Departamento de Eléctrica y Electrónica de la Universidad de Las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga.*

**Resumen:** *El presente proyecto consiste en el diseño e implementación de un control de temperatura para un horno secador, en el comercial Zhiong Xing Cia. Ltda. Planta de producción de puzolana Pujilí, este sistema de control dispone de sensor RTD pt100 para la adquisición de las señales de temperatura del horno secador, las cuales se ingresan al plc para acondicionar y con ella realizar el control ON-Off con histéresis y para su visualización en el Panel Touch.*

*Este sistema de control implementado reducirá la necesidad de la operación manual por parte de los trabajadores de la planta de producción, logrando con esto evitar fallas humanas, y reducir enfermedades causadas por exposición a altas temperaturas, garantizando así una mayor producción y su correcto funcionamiento.*

**Palabras clave:** Control de temperatura, Comunicación Ethernet, TIA portal V13, Sensores de temperatura.

## I. INTRODUCCIÓN

El control automático es la acción de mantener un valor deseado para una cantidad o condición física, para lo cual se mide su valor actual y se compara con el valor de referencia, luego utiliza la diferencia para proceder a reducirla mediante una acción correctiva. Por ende, el control automático exige un lazo cerrado de acción y reacción que funcione sin intervención humana.

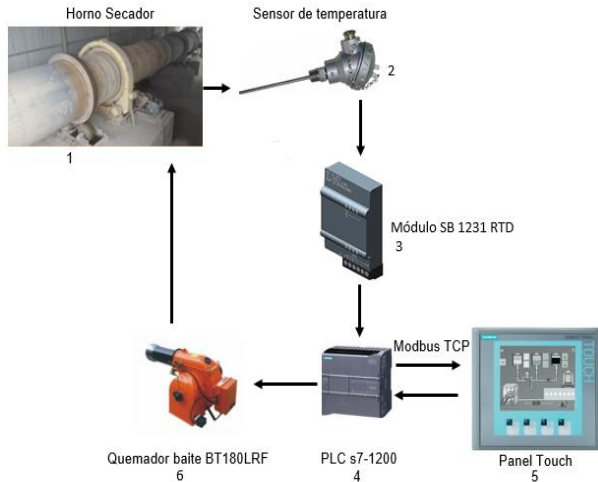
El control automático de procesos se usa fundamentalmente porque reduce el costo asociado a la fabricación, incrementa la calidad y volúmenes de producción de la planta industrial, entre otros beneficios asociados con su aplicación.

La eliminación de errores y un aumento en la seguridad en procesos es otra contribución del uso y aplicación de esta técnica de control. Es importante destacar que anterior a la aplicación de la técnica de control automático de temperatura, era el operador que

realizaba medición y posteriormente activar o desactivar las electroválvulas del quemador asociada a la producción. En la actualidad, gracias al desarrollo y aplicación de las técnicas modernas de control, un gran número de tareas y cálculos asociados a la manipulación de las variables ha sido delegado al PLC, Panel Touch y accionamientos especializados para el logro de los requerimientos del sistema.

En el horno secador se coloca el sensor en posiciones adecuadas para lograr registrar las señales equivalentes a la temperatura, la adquisición se realiza mediante el módulo SB 1231 RTD AI1 x RTD x 16 Bits 6ES7 231-5PA30-0XB0, en el PLC se realiza la codificación adecuada para realizar el control necesario, mediante comunicación Ethernet se comunica el PLC con el panel Touch donde se visualizará las señales correspondientes a la temperatura, la comunicación entre el controlador y el Panel es bidireccional puesto que desde el panel Touch también se envía datos al PLC por ejemplo para cambiar el SP, el PLC envía datos de control al quemador baite BT180LRF para activar la primera o segunda llama dependiendo de la temperatura del secador y los parámetros establecidos en el controlador.

En la Figura 1 se puede observar el diagrama de bloques del proyecto implementado.



**Figura1: Diagrama de bloques del Proyecto al ser implementado.**

## II. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL TABLERO DE CONTROL DE TEMPERATURA

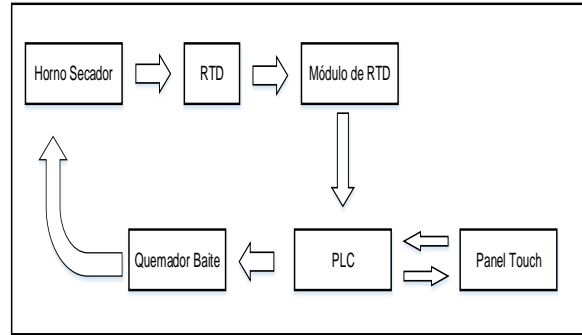
### 2.1 MEDICIÓN DE TEMPERATURA

El sistema a utilizar para la medición y control de temperatura en el horno secador de la fábrica será un lazo de control cerrado on/off con histéresis, debido a que la variación de temperatura en el sistema es lenta y según los requerimientos técnicos de laboratorio de pruebas, la temperatura debe mantenerse en un rango de 60 a 80° C, dadas estas condiciones de rango este tipo de control brinda una operación óptima.

La medición de temperatura se realizara mediante un sensor RTD pt100 debido a su robustez y las condiciones a la que estará sometido, considerando además que el sensor presenta ventajas al operar con PLC siemens s71200 y la tarjeta de adquisición SB 1231 RTD.

Debido a la distancia de la ubicación del sensor y el tablero de control la ventaja que la RTD brinda con respecto a la termocupla es que la RTD nos da una salida resistiva por lo cual podemos emplear en una mayor distancia además, se evita en los puntos de conexión se generen termocuplas parásitas, mientras que la termocupla nos da una señal en el orden de los milivoltios, lo cual la medición estará propensa a errores y distorsiones debido a grandes ruidos y campo magnéticos generados por maquinas instaladas

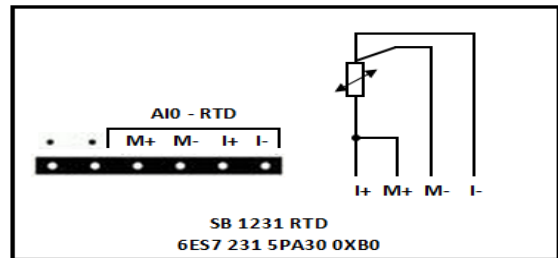
Para la medición de temperatura se colocará el sensor en el horno secador, en la parte inferior izquierda de caída del material hacia el tornillo sin fin el cual transportará el material hacia el molino.



**Figura 2: Diagrama de Bloques del tablero de control.**

### 2.2. CONEXIÓN DEL SENSOR AL MÓDULO SB 1231 RTD

De acuerdo al manual del módulo SB 1231 RTD, la conexión del sensor al módulo se realiza de la siguiente manera.



**Figura 3: Conexión del sensor al módulo**

### 2.3 PLC SIMATIC S7 1200, CPU 1212 AC/DC/RELÉ SIEMENS.

El controlador compacto Simatic S7-1200 Siemens es un modelo modular y compacto ofrece la flexibilidad y capacidad de controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas tareas de automatización que requieren funciones simples o avanzadas para lógica, HMI o redes que se quieran ejecutar. Posee ocho entradas digitales, 2 entradas analógicas y seis salidas.

Gracias a su diseño compacto, bajo coste, disponibilidad en el mercado y sus potentes funciones los sistemas de automatización S7-1200 son idóneos para controlar distintas tareas.



Figura 4: PLC S7 1200 Siemens

#### 2.4. PANEL HMI KTP 400 BASIC MONO PN MONOCROMÁTICO

El panel HMI KTP 400 basic mono PN monocromático ubicada en el panel de control permite al operador o supervisor controlar y monitorear el proceso de forma sencilla.

El panel además del manejo táctil dispone de teclas de funciones a las que se puede signar funciones de manejo individual.

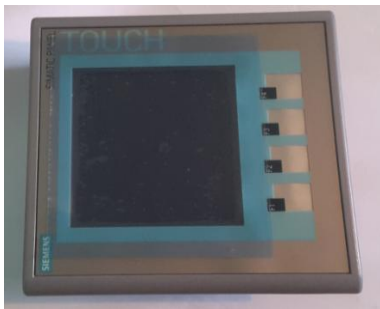


Figura 5: Panel Simatic HMI KTP400 Basic Monocromático

#### 2.5. MÓDULO DE SEÑAL PARA RTD SB 1231 RTD

Debido a que se instalaron sensores de temperatura PT100 de tres hilos fue conveniente utilizar módulo de señal SB 1231 RTD AI1 x RTD x 16 Bits 6ES7 231-5PA30-0XB0 disponible en Siemens evitando de esta manera utilizar cualquier tipo de acondicionamiento para tomar lectura del sensor es decir, los hilos del sensor se conectaron directamente al respectivo módulo.



Figura 6: Módulo de señal para RTD

#### 2.6. CONEXIÓN ELÉCTRICA

El sistema eléctrico constituye las señales eléctricas que ingresan y salen del PLC, en la figura 7 se muestra la conexión del sensor de temperatura a la entrada del módulo SB1231 RTD, mientras que el sensor de fuego debido a su variación de resistencia se implementa un divisor de tensión para obtener a su salida variación de voltaje, la cual lo acondicionamos a una señal estándar para de esta manera ingresar al PLC por la entrada analógica que posee el controlador.

Las salidas del PLC se conectan a la bobina de 24 VDC de los Relés de control, los cuales nos ayudara a controlar el funcionamiento del quemador según los requerimientos del sistema. Esta conexión se realiza mediante cable que es el encargado de llevar las señales discretas de los diferentes dispositivos.

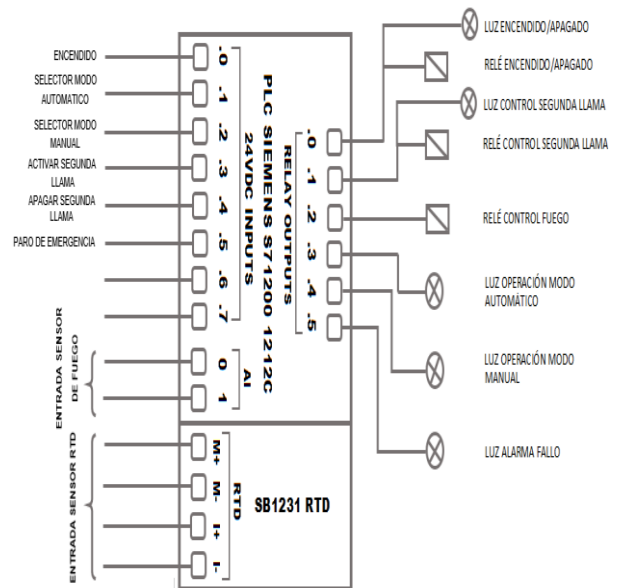


Figura 7: Conexión eléctrica del PLC con los diferentes dispositivos





**Figura 10: Puerto Ethernet en el PLC S7-1200**

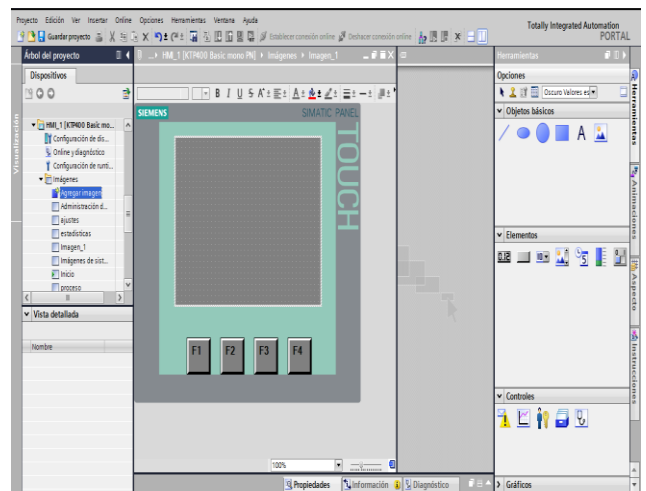
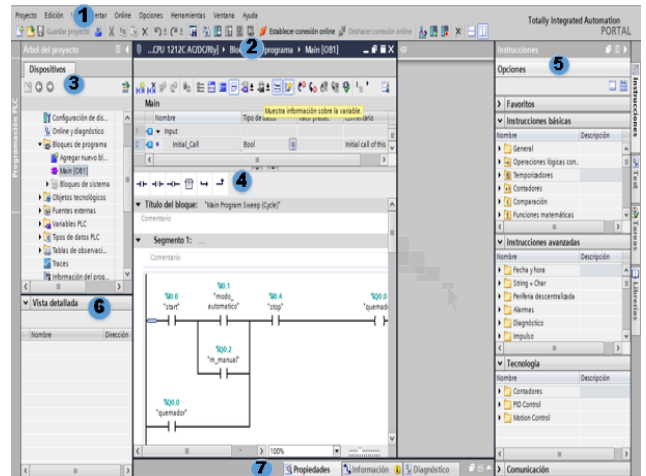
El PROFINET IO-Controller posibilita la conexión de equipos PROFINET, este puerto está integrado en el PLC S7 1200. La interfaz PROFINET integrada puede usarse indistintamente para la programación o para la comunicación HMI o de CPU a CPU. Además, permite la comunicación con equipos de otros fabricantes mediante protocolos abiertos de Ethernet. Esta interfaz ofrece una conexión RJ45 con función Autocrossover y permite velocidades de transmisión de datos de 10/100 Mb/s. Admite un gran número de conexiones Ethernet con los siguientes protocolos: TCP/IP native, ISO-on-TCP y comunicación S7. Para el cableado Ethernet basado en RJ45 y Mil Phoenix Contact ofrece componentes industriales así como sistemas de instalación completos.

#### IV DISEÑO DE SOFTWARE.

Concluido el diseño de hardware, a continuación se explica cómo se diseñó el software en TIA Portal V13.

##### 4.1. ENTORNO DE DESARROLLO EN TIA PORTAL

Step7 Basic V13 es la herramienta en donde se va a configurar, administrar y programar el PLC S7 1200 y la panel Touch, todo esto bajo un mismo entorno de programación.



**Figura 11: Entorno de programación**

TIA Portal es el innovador sistema de ingeniería que permite configurar de forma intuitiva y eficiente todos los procesos de planificación y producción. Permite realizar tareas de control, visualización y accionamiento.

##### 1. Barra de menús

En la barra de menús se encuentra todos los comandos necesarios para trabajar con el software

##### 2. Barra de herramientas

La barra de herramientas contiene botones que ofrecen acceso directo a los comandos más frecuentes. De esta manera es posible acceder más rápidamente a los comandos que desde los menús.

##### 3. Árbol de proyecto

A través del árbol del proyecto es posible acceder a todos los componentes y datos del proyecto.

#### 4. Area de trabajo

En el área de trabajo se visualizan los objetos que se abren para editarlos.

#### 5. Task Cards

Las Task Cards están disponibles en función del objeto editado o seleccionado, las Task Cards disponibles se encuentran en una barra en el borde derecho de la pantalla, se puede expandir y contraer en todo momento.

#### 6. Vista detallada

En la vista detallada se visualizan determinados contenidos del objeto seleccionado.

#### 7. Ventana de inspección

En la ventana de inspección se visualiza información adicional sobre el objeto seleccionado o sobre las acciones realizadas

En la Figura 12 se puede observar la programación del PLC con TIA portal V13.

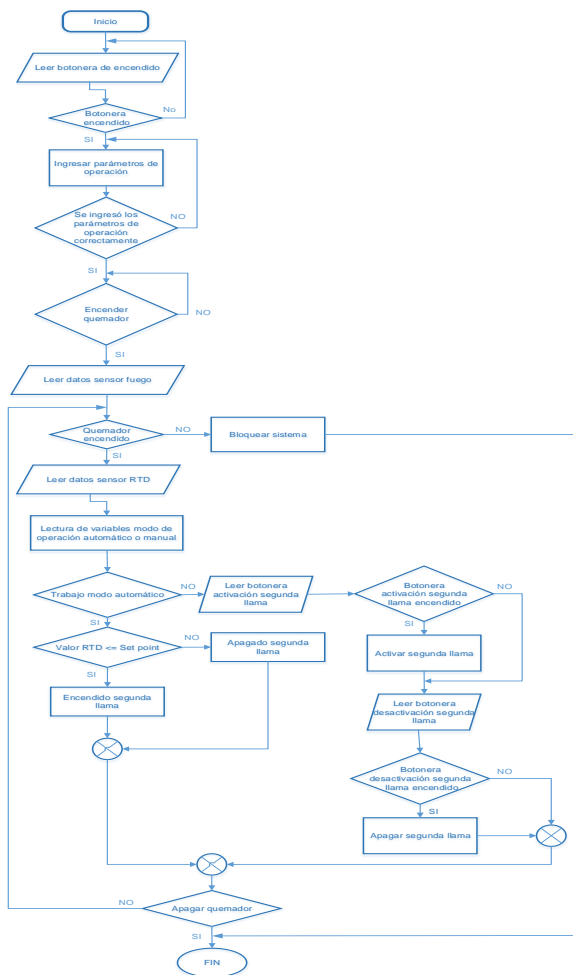


Figura 12: Diagrama de flujo control de temperatura

Primero se selecciona el modo de operación sea automático o manual según el usuario de la planta lo requiera, luego ingresamos a establecer parámetros de operación, como son set point, histéresis superior e inferior, tiempo de bloque de no detección de llama. Para ingresar a modificar estos parámetros ingresamos como administrador y su respectiva clave, caso contrario será denegado su acceso.

Una vez ingresado todos los parámetros de operación, se procede a encender el quemador con la ayuda de la botonera de encendido, el quemador inicialmente se encenderá con primera llama, si la selección del modo de operación fue automático el controlador empezará a actuar sobre el quemador a diésel, mientras que si la selección anterior del modo de operación fue manual el operador encenderá la segunda llama accionando una botonera de encendido, y apagará la segunda llama accionando una botonera de apagado.

Una vez que accionamos la botonera de encendido, el controlador esperará 30 segundos para que el quemador este encendido, caso contrario todo el sistema se bloqueara hasta determinar y solucionar la falla que ocasiono que el quemador no se encienda, todo esto se logra gracias a la ayuda del sensor de fuego que detecta la presencia o ausencia de llama.

Una vez que el quemador se enciende empezará el control de temperatura ya sea manual o automático de acuerdo a la selección del modo de operación.

### V PRUEBAS Y RESULTADOS

A continuación se detalla las pruebas realizadas en proceso mediante la utilización del tablero de control.

#### Funcionamiento del sistema eléctrico y electrónico

Para el tendido eléctrico se colocó tuberías PVC de tres pulgadas conectadas a pozos de revisión construidas, para el tendido de cables de señales de sensor de temperatura y fuego se colocó tubería adicional con el objetivo de independizar estos conductores y por ende evitar interferencias.

La implementación del cableado del tablero hacia el quemador después de probar continuidad en cada uno de ellas se comprobó que fue satisfactorio.

El cableado de los sensores de temperatura y fuego se realizó con cable flexible de instrumentación y control, el cual está formado por pares apantallados en conjunto con trenza de cobre que están diseñados para aplicaciones que requieren protección extra contra ruidos eléctricos.

El tablero de control se ubicó en el cuarto eléctrico, con la finalidad de proteger a los equipos de ambientes agresivos como son el polvo y lluvia, su

sitio fue la adecuada ya que brinda espacio suficiente para su manipulación o mantenimiento. Cabe indicar que los colores de los conductores para el tendido eléctrico y el cableado del tablero se rigieron en los colores utilizados en la fábrica, el cual fue necesario para evitar confusión al momento de su manipulación.



**Figura 13: Tendido de cable eléctrico**

### **Funcionamiento del HMI**

La implementación del HMI se rigió en la norma ISO 9241 y EN29241 las mismas que incluyen especificaciones como, diseño amigable al usuario, fácil manejo, seguridades y colores estándar, el cual nos ayudó a un diseño adecuado.

La implementación del HMI se realiza de acuerdo a la necesidad del personal que gestiona y toma decisiones directamente sobre el proceso como son gerente de campo, supervisores y personal de control de calidad.

La principal necesidad satisfecha por la fábrica es la implementación de control de temperatura adecuado con valores de set point variables que permite al usuario modificar su valor dependiendo de la necesidad del personal de control de calidad.

Otras de las necesidades que se validaron como satisfechas fueron la implementación de alarmas de fallo para evitar el derrame de combustible en el caso de que el quemador no llegue a encender, este problema se dio anteriormente el cual causo un pequeño incendio que fue controlado por el personal de la planta.

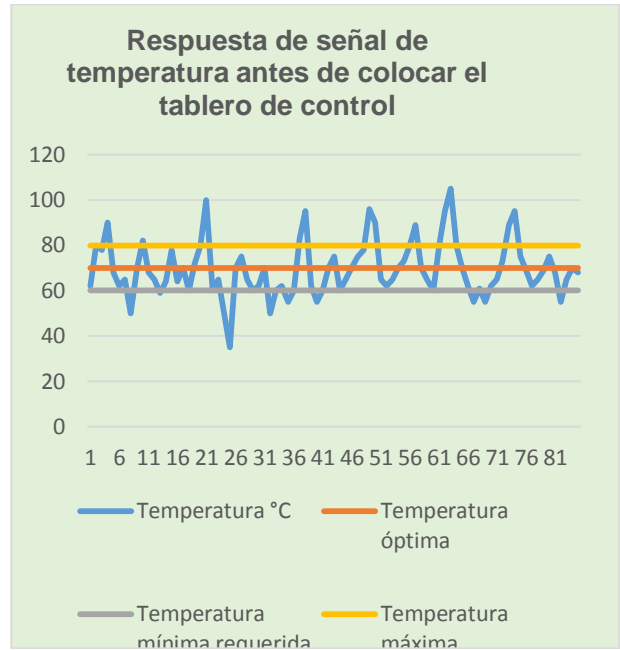
También fue importante colocar la información del estado de temperatura del material para la visualización del personal de turno.

### **Verificación de datos de sensores**

Los datos presentados en la pantalla touch en el caso del sensor de temperatura sirven para el análisis del estado de material puzolánico que realizan diariamente el personal de control de calidad, mientras que los datos del sensor de fuego sirven para que el personal revise el quemador en el caso de que el equipo no prenda o en funcionamiento apague la llama.

### **Análisis de datos obtenidos.**

Para realizar el análisis de datos obtenidos se tomó como muestra los datos alcanzados en una semana de trabajo antes de colocar el control de temperatura, y los datos obtenidos después de colocar el tablero, para esto se solicitó al supervisor de la planta una copia del reporte diario que ellos realizan.

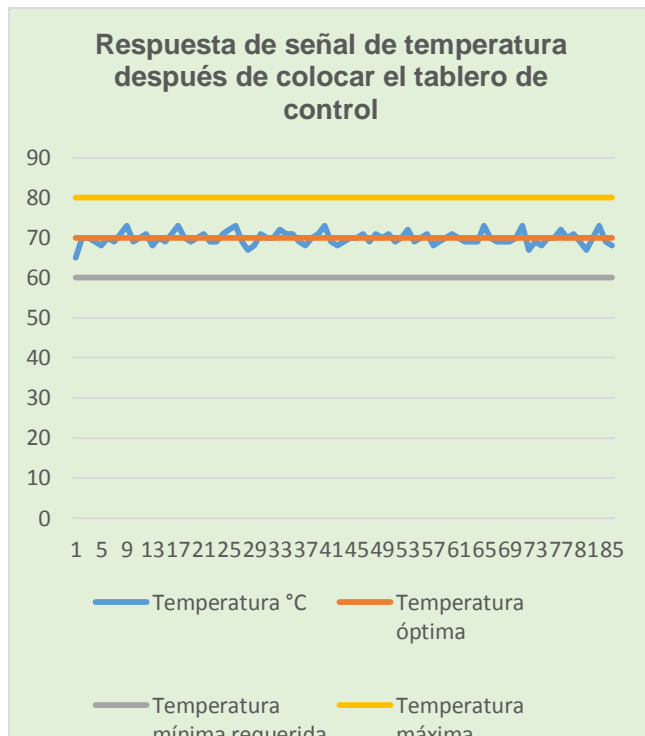


**Figura 14: Antes de colocar el tablero de control**

En la Figura 14 podemos observar que la temperatura excede del valor superior requerida, lo cual genera muchos problemas para el proceso, como es, colapso de los elevadores, colapso del tornillo sin fin transportado de material hacia el molino, consumo excesivo de combustible, los cuales genera pérdidas para la fábrica.

También podemos visualizar que la temperatura desciende por debajo de la temperatura mínima requerida por control de calidad, el cual genera problemas en el análisis de material para su distribución, otro de los problemas es la pérdida en el factor económico, debido a que cuando el material pasa húmedo hacia el molino este se tapa, y para destaparlo o solucionar dicho problema se necesita alrededor de 1 hora.

El tiempo requerido para solucionar el problema en el molino, genera pérdidas para la fábrica, debido a que en dicho tiempo no se ingresa material prima hacia el proceso, el cual representa una pérdida en producción de alrededor de 15 toneladas de material puzolánico.



**Figura 15: después de colocar el tablero de control**

En la figura 15 se puede visualizar el comportamiento de la señal con respecto a los valores de parámetros de control ingresados por el supervisor de planta. Con el control implementado se logró reducir costos de fabricación debido a que la temperatura del material puzolánico está dentro de rango deseada, debido a esto se evita que se colapsen los elevadores, se colapse el tornillo sin fin transportador de material, se tape el molino.

Uno de los objetivos de la implementación de control automatizado de temperatura, fue disminuir el consumo de combustible, ya que la temperatura del material puzolánico antes de colocar el tablero de control en muchas ocasiones era alto, generando un consumo de combustible no deseado, mediante la implementación de este proyecto se logra este objetivo, como podemos observar en la Figura 15 la temperatura del material se encuentra dentro del rango determinado y se evita el consumo de combustible no deseado por el quemador Baite.

## VI. CONCLUSIONES

- El proyecto implementado ayudará mejorar la calidad del producto, reducir costos de fabricación, mano de obra, mejorar el proceso y reducción de tiempos de entrega del producto.
- El sistema implementado es una aplicación amigable al usuario que satisface las necesidades de la fábrica.
- De acuerdo al estudio realizado con el personal de planta y según los requerimientos técnicos de laboratorio de pruebas, la

temperatura debe mantenerse en un rango de 60 a 80° C, dadas estas condiciones de rango, el control on/off con histéresis brinda una operación óptima.

- La implementación de los sistemas de automatización a los procesos de temperatura, genera un sistema organizado y estable, en donde el error humano es casi nulo, con la cual se genera mayores ganancias para la fábrica.
- Económicamente la implementación de control de temperatura del horno secador contribuye notablemente a la fábrica con el aumento de producción y reducción de gastos, garantizando la confianza por parte del área de ventas y distribución, y a la vez su buena aceptación en el mercado, garantizando un óptimo estado de material a los clientes.
- Mediante la implementación del sistema de control se redujo la necesidad de la operación manual por parte de los operadores de la planta, logrando con esto evitar fallas humanas, y reducir enfermedades causadas por exposición a altas temperaturas, garantizando así su correcto funcionamiento, cumpliendo condiciones de operación establecidas, y rigiendo a las normas de seguridad laboral.
- El sistema implementado contribuye en la optimización de los recursos empleados en el secado de material puzolánico, ya que una vez que se ha alcanzado la temperatura deseada simplemente la electroválvula de la segunda llama se desactiva, y se encienden únicamente cuando sea necesario.
- De acuerdo al estudio previo realizado con el personal de planta, y gracias a su conocimiento en el mismo, se ubicó el sensor en un punto específico obteniendo una medición óptima de la temperatura.

## VII. REFERENCIAS

- [1] Domingo, P. J., Gámiz, C. J., Grau, S. A., & Martínez, G. H. (2003). *Introducción a los autómatas programables*. UOC.
- [2] Enríquez Haper, G. (2012). *El ABC de la instrumentación en el control de procesos industriales*. México, D.F. : LIMUSA, S.A. DE C.V. GRUPO NORIEGA EDITORES.
- [3] García, R. P. (2003). *Apuntes de sistemas de control*. CLUB UNIVERSITARIO.
- [4] Marco Pérez, J. V. (2005). *Control Lógico Programable*. México, D. F.
- [5] Acebes, L. F. (2002). *tema1\_trasp Introducción a los sistemas de control*. Recuperado el 26 de 04 de 2015, de Universidad de Valladolid Departamento de



- Ingeniería de Sistemas y Automática:  
[http://www.isa.cie.uva.es/~felipe/docencia/ra12itelec/tema1\\_trasp.pdf](http://www.isa.cie.uva.es/~felipe/docencia/ra12itelec/tema1_trasp.pdf)
- [6] Granda, M., & Laines, C. (01 de Abril de 2013). *Programación en STEP7*. Recuperado el 08 de 03 de 2015, de Repositorio Digital de la Universidad de Cuenca: [dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/670/1/te344.pdf](http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/670/1/te344.pdf)
- [7] INGECO. (13 de 8 de 2013). *Sensor de temperatura por resistencia PT100*. Obtenido de INGECO Z.S.: <http://www.ingecozs.com/pt100.pdf>
- [8] Siemens. (03 de 06 de 2014). *datasheet 6ES7212-1BE40-0XB0*. Obtenido de ENCON KOSTER: <http://encon-koester.com/wp-content/uploads/2014/07/6es7212-1be40-0xb0.pdf>
- [9] Siemens. (06 de 03 de 2015). *KTP400\_20Basic*. Obtenido de Siemens: [http://w3.siemens.com/mcms/human-machine-interface/en/operator-interfaces/basic-panel/devices-second-generation/pages/default.aspx#KTP400\\_20Basic](http://w3.siemens.com/mcms/human-machine-interface/en/operator-interfaces/basic-panel/devices-second-generation/pages/default.aspx#KTP400_20Basic)
- [10] Siemens. (24 de 06 de 2015). *katalog\_6ES7231\_5QA30\_0XB0*. Obtenido de NES Nová Dubnica s.r.o.: [http://www.nes.sk/documents/product/original/727/katalog\\_6ES7231\\_5QA30\\_0XB0.pdf](http://www.nes.sk/documents/product/original/727/katalog_6ES7231_5QA30_0XB0.pdf)



**Jaime Chiluisa.** Nació en Pujilí provincia de Cotopaxi en Ecuador. Sus estudios primarios lo realizó en la escuela fiscal Lago San Pablo, sus estudios secundarios los realizó en el Colegio Técnico Pujilí ubicado en la ciudad de Pujilí en donde obtuvo su título de bachiller en Técnico industrial especialización electricidad 2005.

Actualmente se encuentra finalizando sus estudios de

Ingeniería en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE en la ciudad de Latacunga – Ecuador.