

REINGENIERÍA DEL SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA DEL TANQUE PRINCIPAL Y LÍNEAS DE ALIMENTACIÓN DE BUNKER DEL HORNO DEL TREN T07 DE ADELCA.

Diego Galiano Yépez, Carlos Villareal Universidad Técnica del Norte (UTN)

Ibarra - Ecuador

Resumen - La elaboración del presente proyecto tiene como propósito rediseñar el sistema de control de temperatura del tanque principal y líneas de alimentación de bunker del horno del tren T07 de ADELCA, el cual está compuesto por tres procesos en los que el combustible es calentado gradualmente con el objetivo de mejorar su combustión, la automatización del proyecto será realizada utilizando un PLC (Programmable Logic Control) Siemens S7 300 y un Touch Panel Red Lion G306 como HMI (Human-Machine Interface).

I. INTRODUCCIÓN

El precalentamiento de combustibles residuales tiene objetivos importantes como el de liquificar el combustible para hacerlo más bombeable a través de las tuberías; también la apropiada temperatura de precalentamiento, tiene mucho que ver para obtener una apropiada y eficiente combustión, favoreciendo la alta generación de calor, conservación del combustible y economía de operación.

El Bunker es un combustible residual que se obtiene de la destilación y refinación de los hidrocarburos, generalmente tiene un precio bajo por esa condición (residuo) es por esto que se prioriza su uso en aplicaciones donde el consumo de energía es importante, como las aplicaciones navales, la generación eléctrica, hornos de precalentamiento de Palanquilla en las Acerías etc.

Suele contener una presencia importante de asfaltenos, los cuales hacen indispensable su atomización para encenderlo, aunque dependiendo de la calidad de la destilación y la fecha de elaboración, se puede encender sin realizar este proceso, pero indudablemente la importante generación de humos, obliga por condiciones medioambientales, a realizar el proceso antes indicado, usualmente este atomizado va acompañado o asistido de ventiladores, que ayudan a una mejor combustión del Bunker, generalmente se lo precalienta con las gases residuales producto de la combustión optimizándola de esta manera, así como es común identificar la colocación

de aditivos o elemento magnéticos que ordenan las partículas para su mejor combustión.

II. DESCRIPCION DEL SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA DEL TANQUE PRINCIPAL Y LÍNEAS DE ALIMENTACIÓN DE BUNKER DEL HORNO DEL TREN T07 DE ADELCA

El sistema de control de temperatura del tanque principal y líneas de alimentación de bunker del horno del tren T07 de ADELCA esta compuesto por tres procesos de calentamiento.

El proceso de precalentamiento del bunker inicia desde su almacenamiento con temperaturas entre 20 a 30 °C en el tanque principal, el cual cuenta con una bomba para recircular el combustible y evitar sedimentos en la base del tanque, la temperatura en este primer proceso es necesaria para obtener fluidez del combustible en las tuberías que conducen el mismo hacia las bombas del segundo proceso de calentamiento.

El segundo proceso de calentamiento cuenta con dos líneas de circulación para el combustible, pero funciona una línea a la vez, cada línea posee una bomba y un tanque de calentamiento, en cada línea el combustible es bombeado al tanque pequeño para su calentamiento en circulación, la temperatura q toma el combustible en este proceso está entre los 40 a 60 °C, también cuenta con una tubería de recirculación hacia el tanque principal del primer proceso de calentamiento para regular y aliviar la presión del combustible hacia el tercer proceso.

El tercer y último proceso de calentamiento cuenta con dos líneas de combustible al igual que el segundo proceso solo funciona una línea a la vez, cada línea cuenta con un tanque de calentamiento para el combustible; la temperatura en este último proceso está entre los 90 a 110 °C, también cuenta con una tubería de recirculación con dos bombas para despresurizar el combustible que va hacia los quemadores y bombear el mismo hacia la línea de entrada a este proceso, funciona una bomba a la vez.

III. AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA

A. Control en lazo Abierto

Se denominan sistemas de control en lazo abierto a los sistemas en los cuales la salida no afecta la acción de control es decir no se mide la salida ni se la realimenta para compararla con la entrada. Esto significa que no hay retroalimentación hacia el controlador para que éste pueda ajustar la acción de control, dado que la señal de salida no se convierte en señal de entrada para el controlador. (ver figura 1)

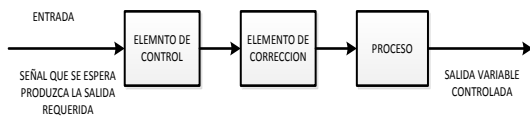


Figura 1. Diagrama de bloques del control en lazo abierto

B. Control en lazo Cerrado

Se denominan sistemas de control en lazo cerrado a los sistemas en los que la acción de control está en función de la señal de salida, es decir se usa la retroalimentación desde un resultado final para ajustar la acción de control, para nuestro caso se implementara el control en lazo cerrado para el control de temperatura del combustible en cada uno de los procesos del sistema. (ver figura 2)

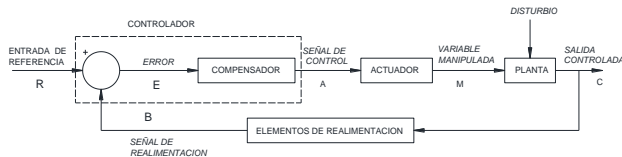


Figura 2. Diagrama de bloques del control en lazo cerrado

C. Componentes principales del sistema de control de temperatura

PLC SIMATIC S7-300

El Programador lógico controlable SIMATIC S7-300 está diseñado para soluciones de sistema innovadoras con especial énfasis en tecnología de fabricación y como sistema de automatización universal, constituye una solución óptima para aplicaciones en estructuras centralizadas y descentralizadas. (ver figura 3)

Posee potentes módulos centrales con interfaz industrial Ethernet / PROFINET, funciones tecnológicas integradas o versión de seguridad en un sistema coherente que evitan inversiones adicionales.

El S7-300 se puede configurar de forma modular, no hay ninguna regla de asignación de slots para los módulos periféricos. Hay disponible una amplia gama de módulos, tanto para estructuras centralizadas, como para estructuras descentralizadas con ET-200M (Estructura modular de entradas y salidas Remotas).



Figura 3. PLC SIMATIC S7-300

Touch Panel REDLION G306

La interfaz de operador REDLION G306 combina capacidades únicas, construida alrededor de un núcleo de alto rendimiento, con funcionalidad integrada. Estructurada en una LCD 5.7 pulgadas con retroiluminación blanca LED, su configuración se realiza usando el software Crimson 3.0, posee un teclado numérico de 5 botones para menús en pantalla, tres indicadores LED en el panel frontal, 5 puertos series RS-232/422/485, puerto Ethernet 10-Base-T/100-Base-TX acceso web remoto con facilidad de control y un puerto USB para descarga de configuración. (ver figura 4)



Figura 4. Touch Panel REDLION G306

Sensor de Temperatura PT100

Un Pt100 es un sensor de temperatura el cual consiste en un alambre de platino que a 0 °C tiene 100 ohms y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica. El incremento de la resistencia no es lineal pero si creciente y característico del platino de tal forma que

mediante tablas es posible encontrar la temperatura exacta a la que corresponde. (ver figura 5)



Figura 5. Sensor de Temperatura PT100

Transmisor de corriente SITRANS TH100

El transmisor SITRANS TH100 se puede utilizar en cualquier ámbito para medir termo-resistencias Pt100. La señal de medición emitida por una termo-resistencia PT100 en conexión a dos, tres y cuatro hilos es amplificada en la etapa de entrada. La tensión proporcional a la magnitud de entrada es luego convertida en señales digitales por medio de un multiplexor situado en un convertidor analógico-digital. En el micro-controlador, estas señales son transformadas de acuerdo con la curva característica del sensor y otros datos (rango de medición, atenuación). Una vez procesada de este modo, la señal es convertida por un convertidor analógico-digital en una corriente de salida de entre 4 y 20 mA. (ver figura 6)



Figura 6. Transmisor SITRANS TH100

D. Diseño del sistema de control de temperatura

El software para la programación del PLC S7-300 es el Administrador SIMATIC de SIEMENS en el cual crearemos nuevas funciones FC para cada uno de los procesos de calentamiento y se utilizara un bloque de datos DB para los tres procesos del sistema de control de temperatura del combustible del tren T07 de ADELCA.

El sistema de control iniciará obteniendo el valor de la temperatura del combustible dentro de cada uno de los calentadores a través del sensor y enviándolo al PLC a una entrada analoga de 4 a 20mA y convirtiendo la señal en un valor de temperatura en grados Celsius que será mostrado en el HMI para cada uno de los procesos.

La señal de temperatura será escalada y comparada de acuerdo a otro instrumento de medición de temperatura para tener una lectura confiable del estado térmico del

combustible, el instrumento utilizado es el termómetro infrarrojo de marca Fluke modelo 65 que nos entrega una temperatura real y tiene un rango de medición de 0 a 500 °C. (ver figura 7)

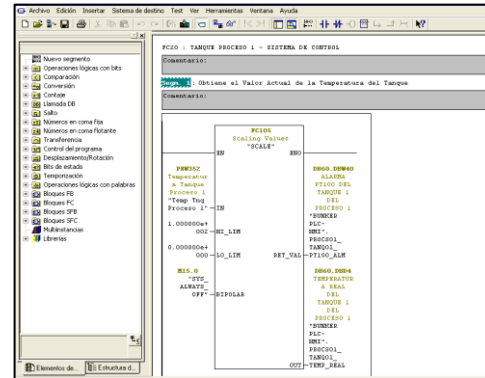


Figura 7. Adquisición y escalamiento de Temperatura

E. Diseño del HMI

La interface hombre maquina estará compuesta de varias páginas de visualización, una por cada proceso de calentamiento y una principal que permitirá conocer la presión de salida del bunker hacia los quemadores del horno y el estado de todo el sistema de control de temperatura del combustible del tren T07. (ver figura 8)

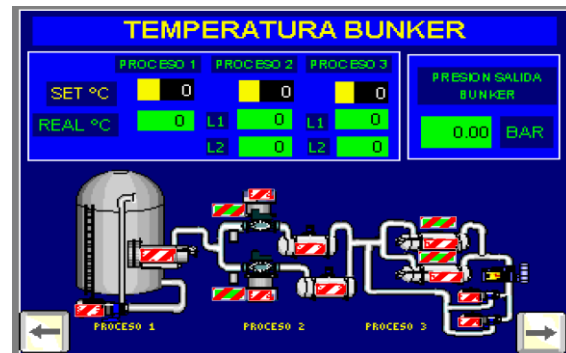


Figura 8. Pantalla principal

La pantalla del tanque principal proporcionará al operador el valor de la temperatura del combustible dentro del tanque así como también podrá establecer el set de temperatura y escoger el número de resistencias que utilizará para el proceso; se podrá observar en la pantalla que elementos se encuentran en control manual o remoto, si los elementos se encuentran en control remoto en el tablero local del proceso el operador podrá operar los elementos desde el HMI. (ver figura 9)

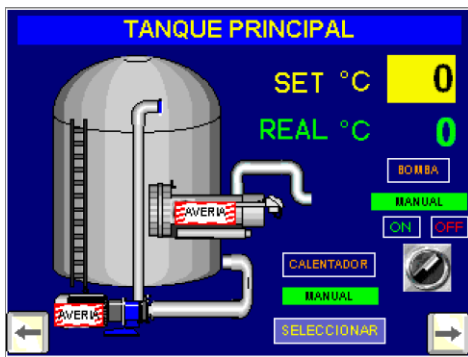


Figura 9. Proceso 1

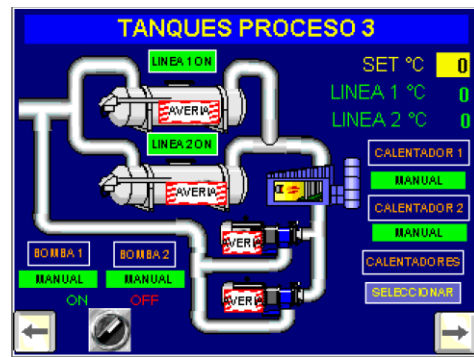


Figura 11. Proceso 3

Para el segundo proceso de calentamiento la pantalla de visualización mostrará al operador la temperatura del tanque del calentador de la línea de combustible que está en uso y el estado de cada elemento de este proceso es decir si los elementos están encendidos o apagados, además permitirá establecer la temperatura del proceso y conocer la forma de control manual o remoto en la que se encuentran estos elementos. El operador podrá encender cada una de las bombas y los calentadores de cada línea si el control del elemento esta seleccionado como remoto en el tablero local del proceso. (ver figura 10)

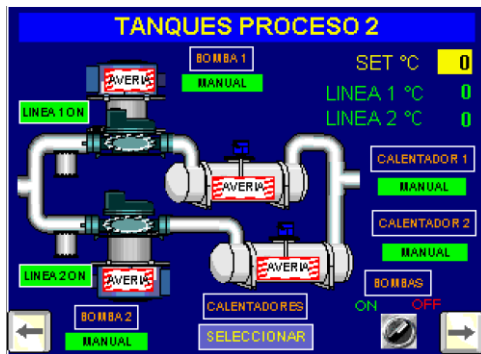


Figura 10. Proceso 2

En el tercer y último proceso de calentamiento del combustible la pantalla de visualización mostrara al operador la temperatura de cada uno de los tanques y permitirá establecer el set de temperatura para el proceso además se podrá conocer el estado de cada uno de los elementos y accionarlos de forma remota siempre y cuando su control sea seleccionado como remoto en el tablero local del proceso. (ver figura 11)

IV. CONCLUSIONES

- La utilización de PLC's en el área de automatización son de gran confiabilidad ya que son dispositivos hechos para ambientes hostiles y responden de manera eficaz en la automatización industrial.
- El uso de sensores de temperatura PT100 es de total fiabilidad en los procesos de control de temperatura de combustibles con un alto grado de impurezas como el Bunker.
- Los Touch Panel Red Lion G306 proporcionan facilidades en el desarrollo de los HMI con capacidades de combinación con otros dispositivos de automatización industrial tanto en software como en hardware, permitiendo el control y monitoreo constante de las variables inmersas en un HMI.
- El sistema de control de temperatura permite optimizar la energía empleada para el calentamiento del combustible controlando la temperatura en cada uno de los procesos y permitiendo al operador establecer los set de temperatura adecuados de acuerdo a la calidad del combustible.
- La reingeniería del sistema de control de temperatura de combustible ayudo a mejorar el proceso de combustión del bunker al enviar el combustible a los quemadores a una temperatura adecuada.

V. REFERENCIAS

- [1] Balcells, J. y Romeral, J. L. Autómatas programables. 1ª edición. Editorial Marcombo. Barcelona. 1997.

- [2] Katsuhiko Ogata; Ingeniería de control moderna; 3ª edición. Editorial Pearson. México 1998.
- [3] Álvarez Juan Carlos, Campo Juan Carlos, Ferrero Francisco, Grillo Gustavo, Pérez Miguel, Instrumentación Electrónica, 2ª. Edición, Ed.Thomson. Madrid. España.
- [4] Michel, G. Autómatas programables industriales. 1ª edición. Editorial Marcombo. Barcelona. 1990.
- [5] Porras, A. y Montarero, A. P. Autómatas programables. 1ª edición. Editorial McGraw Hill. Madrid. 1990.
- [6] Ramón Piedrafita Moreno (2004), Editorial Ra-Ma Ingeniería de la Automatización Industrial. 2ª Edición ampliada y actualizada.
- [7] Siemens, Ladder Logic (LAD) for S7-300 and S7-400 Programming Reference Manual, Edition 03/2006, Postfach 4848, D- 90437 Nuernberg, Germany 2006. Disponible en : http://saba.kntu.ac.ir/eecd/plc/Books/Ladder_Logic.pdf
- [8] Siemens, SIMATIC Programming with STEP 7 V5.3 Reference Manual, Edition 01/2004, Geschaeftsgebiet Industrial Automation Systems Postfach 4848, D- 90327 Nuernberg 2004. Disponible en: http://www.dte.us.es/tec_ind/electric/ap/Descarga/ProgramarSTEP7.pdf
- [9] Siemens, <http://www.automation.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/simatic-s7-controller/s7-300/Pages/Default.aspx>
- [10] Manual de usuario Crimson 3.0 Disponible en: http://www.redlion.net/Support/Software/Crimson3.0/Docs/c3_es.pdf
- [11] Tutorial de Crimson 3.0 Disponible en: <http://www.redlion.net/Support/Software/Crimson3.0/Docs/Crimson3Tutorial-web.pdf>

VI. AGRADECIMIENTOS

- A Dios y a la Virgen por permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi vida.
- A mis padres Wilman Arnulfo y Rosa Oliva por su cariño, comprensión y apoyo sin condiciones ni medida. Gracias por guiarme sobre el camino de la educación.

- A mis hermanos, hermanas y a mi sobrina querida quienes me dan la alegría de compartir y valorar pequeñas cosas que me han hecho crecer como ser humano.
- A mi esposa y a mi hija por ser la fuente de mi inspiración y motivación para superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor.
- A la empresa ADELCA por haber permitido la realización del proyecto y en especial al Ing. Armando Jácome Jefe del Departamento Electrónico por su apoyo y colaboración.
- A la Universidad Técnica del Norte y en especial a la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas y a la Carrera de Ingeniería en Mecatrónica por permitirme ser parte de una generación de triunfadores y gente productiva para el país.
- Y a todas aquellas personas que de una u otra forma, colaboraron o participaron en la realización de éste proyecto, hago extensivo mi más sincero agradecimiento.

VII. BIOGRAFÍA



Diego Galiano Y., nació en Ibarra, Imbabura-Ecuador el 2 de Noviembre de 1986.

Realizo sus estudios secundarios en la Unida Educativa Experimental “Teodoro Gómez de la Torre”, donde obtuvo el título de Bachiller en la especialidad de Físico Matemático. Culmino sus estudios en la Universidad Técnica del Norte en la carrera de Mecatrónica en el 2011, actualmente trabaja en la empresa ADELCA en el departamento Electrónico de la sección Laminados.

Áreas de interés: Robótica, Automatización Industrial, instrumentación, microcontroladores, mantenimiento Electrónico.
(dhiogo_007@hotmail.com)

RE-ENGINEERING OF BUNKER TEMPERATURE CONTROL SYSTEM OF THE MAIN TANK AND FEEDING LINES AT ADELCA'S T07 FURNACE

Diego Galiano Yépez, Carlos Villarreal – Universidad Técnica del Norte
Ibarra – Ecuador

Summary.- the purpose of this Project, is to re-design the temperature control system of the main tank and bunker feeding lines at Adelca's T07 furnace, which is composed of three processes -each one gradually heating fuel- so as to improve combustion efficiency. Automation in this project will be achieved utilizing a Siemens S7 300 PLC (Programmable Logic Control) device, and a Red Lion G306 Touch Panel as an HMI (Human-Machine Interface).

I. INTRODUCTION

Residual fuel pre-heating has important effects in combustion, such as liquefying fuel to make it more "pumpable" through pipes; also, appropriate temperature of fuel improves combustion efficiency, favoring high heat generation, fuel conservation, and operation economy.

Bunker, is a residual fuel obtained from hydrocarbons distillation and refinement, it is usually cheap because of its "residual" condition. Bunker is a top choice where massive energy consumption happens, such as naval applications, electricity generation, furnaces in steel mills, etc.

Bunker usually contains 'asphaltenes'. Said components render it necessary to atomize Bunker so as to ignite it properly. Although, high quality Bunker that has been refined recently can be ignited without being atomized, lacking of atomization will make it burn less efficiently and then release a great deal of fumes, therefore, it is necessary to have Bunker pass through the aforementioned pre-heating process and aid it with fans, so as to improve combustion. Bunker is usually pre-heated using residual gases from its own combustion in order to maximize fuel efficiency. It is also common to find additives and magnetic elements to improve combustion even more.

II. TEMPERATURE CONTROL SYSTEM DESCRIPTION

Temperature control system at Adelca's T07 furnace is composed of three main stages.

The first pre-heating stage starts from storage, with temperatures ranging from 20° C to 30° C at the main tank. Said tank has a re-circulation pump for fuel, which helps avoiding sediments deposited at the bottom of the tank. This first pre-heating stage is necessary so as to obtain fuel fluidity in the pipes that carry it towards the second pre-heating stage.

The second pre-heating stage has two circulation lines for fuel, working one at a time -each line has a pump and a heating tank-, fuel is pumped to a smaller tank for circulation heating. Bunker can reach a temperature between 40° C to 60° C. This stage also has a re-circulation pipe that leads to the main tank at the first pre-heating stage in order to regulate and alleviate fuel pressure towards the third stage.

The third and final pre-heating stage has two fuel lines, and like the second pre-heating stage, they work one at a time. Each line has a fuel heating tank, allowing it to reach a temperature between 90° C and 110° C, this stage also has a re-circulation pipe with two pumps that depressurize fuel heading towards the burners, and pump it towards the furnace's fuel inlet.

III. SYSTEM AUTOMATION

A. Open Loop Control

Open Loop Control Systems are the ones in that their control is not affected by their own output, which means End Product is not measured, nor back fed for comparison with Input elements. This in turn means there's no feedback towards the controller, and this controller is not able to adjust action based on

feedback, since Output signal is not fed to the controller. (See figure 1)

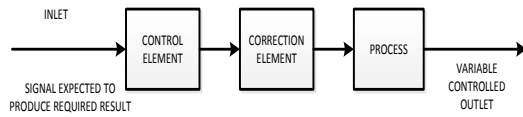


Figure 1. Open loop control diagram

B. Closed Loop Control

These systems are the ones in which Control is affected by Output signal, this means feedback is used to adjust Control. For the purpose of this project, a closed loop control system will be used to monitor and adjust fuel temperature in each system stage. (See figure 2)

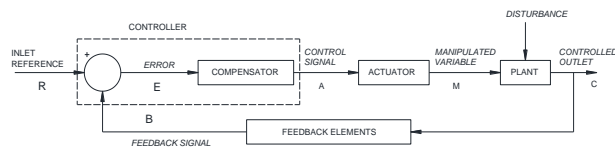


Figure 2. Closed loop control diagram

C. Main components of the temperature control systems

SIMATIC S7-300 PLC

The SIMATIC S7-300 Programmable Logic Control is intended to provide innovative solutions for systems, especially those focused in manufacturing and milling. It is an optimal solution for applications where centralized and de-centralized structures are found. (See figure 3) It also possesses powerful central modules with industrial Ethernet/PROFINET interfaces, integrated technical functions and security features, all in one coherent system that avoids additional investment.

The S7-300 can be configured modularly; there are no peripheral slot assignation rules. A wide variety of additional modules are available, either for centralized and de-centralized structures with ET-200M (Modular structure for remote inputs and outputs).



Figure 3. SIMATIC S7-300 PLC

REDLION G306 Touch Panel

REDLION G306 operator interface, combines unique capabilities built around a high performance integrated functionality core. It features a 5.7” white LED backlit LCD, it can be configured through the use of Crimson 3.0 software. It also has a 5 button keyboard for operating on-screen menus, three LED witness lights on the front panel, 5 RS-232/422/485 ports, an Ethernet 10-Base-T/100-Base-TX port, a Web access interface, and a USB port for configuration. (See figure 4)



Figure 4. REDLION G306 Touch panel

PT100 Temperature Sensor

A PT100 Sensor consists of a platinum wire with a set resistance of 100 ohms at 0° C, but said resistance increases according to temperature increments. Resistance increment is not linear, but can be easily calculated via values in a matrix. (See figure 5)



Figure 5. PT100 Temperature sensor

SISTRANS TH100 Current transmitter

The Sistrans TH100 can be used in any application that requires the measurement of PT100 thermo-resistance. The signal emitted by a PT100 device, in connection to two, three and four threads is amplified at the input stage.

The tension proportional to input magnitude is then converted to digital signals through a multiplexor located inside an analog-digital converter. At the micro-controller, these signals are transformed according to the characteristic curve of the sensor data, and other data as well (measurement range, attenuation). Once processed, the signal is then again converted -through an analog-digital converter- to an output current between 4mA and 20mA. (See figure 6)



Figure 6. SISTRANS TH100 Transmitter

D. Temperature control system design

Managing and programming the S7-300 PLC is done through the Siemens SIMATIC software, in which new FC functions will be created for the purpose of managing each heating stage; this and a DB block will be used to control each one of the three heating stages at Adelca's T07 furnace train.

The control system will start by obtaining the value of the fuel temperature inside each heater via a sensor, and sending this data to an analog input gate at the PLC, then converting the signal to a value in Degrees Celsius, and therefore showing said value through the HMI (Human-Machine Interface) for each stage.

Temperature's signal will be escalated and compared according to another temperature measurement instrument, so as to obtain a reliable reading of the thermal state of the fuel, the latter being a Fluke 65 infrared thermometer which delivers a very reliable temperature value, in a range between 0° C to 500° C. (See figure 7)

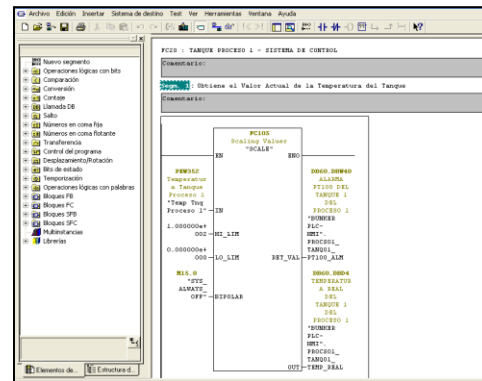


Figure 7. Acquisition and escalation of temperature values

E. HMI Design

Human-Machine Interface will be composed of several visualization screens, one for each heating stage, and a 'main' one for the purpose of knowing Bunker output pressure towards the furnace burners, and the overall state of the whole temperature control system at Adelca's T07 train. (See figure 8).

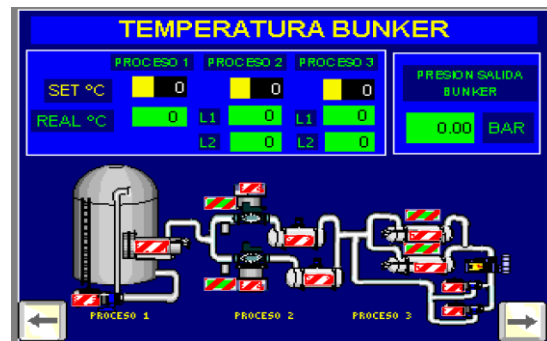


Figure 8. Main screen

The main screen will provide the operator with fuel temp values inside the tank, as well as provide the operator with tools for setting the desired temperature and choosing the number of 'resistance elements' that will be used through the stage; Through the screen, the operator will be able to observe which elements are on manual or remote control mode, if the elements are on remote control mode, the operator will be able to operate them from the HMI. (See figure 9)

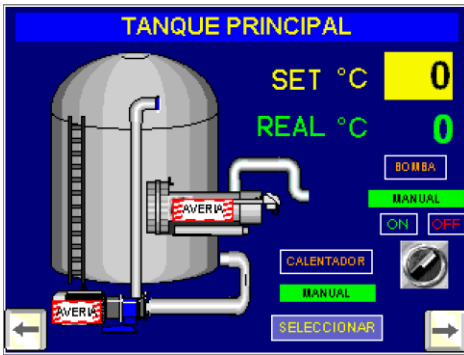


Figure 9. Stage 1 Screen

For the second pre-heating stage, the HMI screen will show tank's fuel line temp –in use- values to the operator, and the current status of each element in this stage, showing which ones are turned on or off. Also, said screen will allow the operator to establish the desired temperature at this stage, and know the current control state of the elements (Manual or Remote). The operator will be able to turn on each pump and each heater on each line, provided that element control state is set to Remote. (See figure 10)

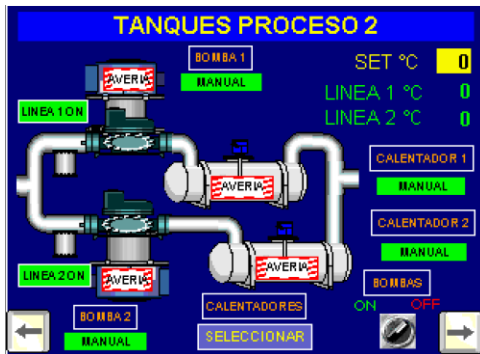


Figure 10. Stage 2 screen

In the third and last fuel heating stage, the visualization screen shows temp values of each tank in the stage, also, the operator will be able to set desired temp values for the stage, and operate elements on remote control, as long as they are set to be controlled remotely. (See figure 11)

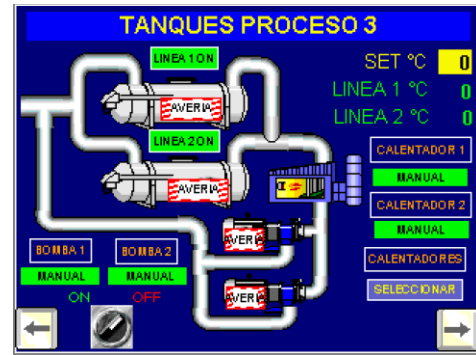


Figure 11. Stage 3 screen

IV. CONCLUSIONS

- Using PLCs for automation is very reliable, since they are built to last in harsh environments, and can withstand heavy duty work in industrial automation projects.
- Using PT100 sensors is absolutely reliable in temperature control automation projects that involve fuels with high impurities percentage, such as Bunker.
- RedLion G306 touch panels provide ease of use and development of Human-Machine Interfaces, with capabilities that easily combine various industrial automation devices, both in software and hardware, allowing constant monitoring and control of set variables.
- The temperature control system, allows the optimization of energy use for fuel heating, by controlling temp in each and every element of every stage, thus allowing the operator to 'set' adequate temperature values according to fuel quality.
- System re-engineering of the temperature control helps improving combustion of Bunker, by sending appropriately hot fuel to the furnace's burners.

V. REFERENCES

- [1] Balcells, J. y Romeral, J. L. *Autómatas programables*. 1ª edición. Editorial Marcombo. Barcelona. 1997.
- [2] Katsuhiko Ogata; *Ingeniería de control moderna*; 3ª edición. Editorial Pearson. México 1998.
- [3] Álvarez Juan Carlos, Campo Juan Carlos, Ferrero Francisco, Grillo Gustavo, Pérez Miguel, *Instrumentación Electrónica*, 2ª. Edición, Ed.Thomson. Madrid. España.

- [4] Michel, G. Autómatas programables industriales. 1ª edición. Editorial Marcombo. Barcelona. 1990.
- [5] Porras, A. y Montarero, A. P. Autómatas programables. 1ª edición. Editorial McGraw Hill. Madrid. 1990.
- [6] Ramón Piedrafita Moreno (2004), Editorial Ra-Ma Ingeniería de la Automatización Industrial. 2ª Edición ampliada y actualizada.
- [7] Siemens, Ladder Logic (LAD) for S7-300 and S7-400 Programming Reference Manual, Edition 03/2006, Postfach 4848, D- 90437 Nuernberg, Germany 2006. Disponible en : http://saba.kntu.ac.ir/eecd/plc/Books/Ladder_Logic.pdf
- [8] Siemens, SIMATIC Programming with STEP 7 V5.3 Reference Manual, Edition 01/2004, Geschaeftsgebiet Industrial Automation Systems Postfach 4848, D- 90327 Nuernberg 2004. Disponible en: http://www.dte.us.es/tec_ind/electric/ap/Descarga/ProgramarSTEP7.pdf
- [9] Siemens, <http://www.automation.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/simatic-s7-controller/s7-300/Pages/Default.aspx>
- [10] Manual de usuario Crimson 3.0 Disponible en: http://www.redlion.net/Support/Software/Crimson3.0/Docs/c3_es.pdf
- [11] Tutorial de Crimson 3.0 Disponible en: <http://www.redlion.net/Support/Software/Crimson3.0/Docs/Crimson3Tutorial- web.pdf>

VI. ACKNOWLEDGEMENTS

- To God and Virgin Mary for allowing me to reach such an important moment in my life.
- To my parents Wilman Arnulfo and Rosa Oliva for their love, understanding and unmeasurable unconditional support. Thanks for guiding me through my education.
- To my brothers, sisters y mi dear nephew who give me the joy of sharing and appreciating the little things that make me grow better as a human being.
- To my wife and daughter, for being the source of inspiration and motivation for growing better each day, and giving me the courage to fight for a better tomorrow.

- To Adelca, for allowing me to materialize this project, and specially Ing. Armando Jácome – Chief of Electronics, for his support and collaboration.
- To Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ciencias Aplicadas (Applied Sciences Faculty), Carrera de Ingeniería en Mecatrónica (Mechatronics School) for allowing me to be a part of the country's productive side.
- To all people that in one way or another have collaborated and participated of the realization of this project, my most sincere thanks.

VII. BIOGRAPHY



Diego Galiano Y., born in Ibarra, Imbabura-Ecuador, on November 2, 1986.

He studied High School at Unidad Educativa Experimental “Teodoro Gómez de la Torre” where he obtained a Physics-Mathematics sufficiency Diploma. He went to university at Universidad Técnica

del Norte, where he finished the Mechatronics School program in 2011, he now works at Adelca in the Electronics Department, Laminates section.

Areas of interest: Robotics, Industrial Automation, Micro-controllers, Electronics maintenance. (dhiogo_007@hotmail.com)