

AUTOMATIZACIÓN DE BOMBAS DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO CHILLER-INTERCAMBIADORES Y TANQUES-INTERCAMBIADORES, DE LOS TANQUES NATURALES Y DE COLOR, MEDIANTE EL CONTROL DE CAUDAL, PARA MANTENER ESTABLE LA TEMPERATURA EN EL PROCESO DE ANODIZADO Y COLOREADO DE ALUMINIO EN LA CORPORACIÓN ECUATORIANA DE ALUMINIO S.A. CEDAL

Monge García Gustavo Vinicio
Mecatronica Eng. Escuela Politécnica del Ejército Sede Latacunga,
Quijano y Ordóñez y Márquez de Maenza S/N Latacunga, Ecuador,
Email : gmongegarcia@hotmail.com



RESUMEN

El presente documento contiene un resumen del proyecto de la automatización de los dos sistemas de enfriamiento chiller-intercambiadores y tanques-intercambiadores, siendo el objetivo principal de las automatizaciones la mejora del control de temperatura del sistema de anodizado y coloreado de aluminio.

Para el sistema chiller-intercambiadores se implementa un arrancador suave y variador de frecuencia para una bomba de 50 HP y 75 HP respectivamente, siendo estos controlados por un PLC que regula el funcionamiento de los equipos y adquiere datos de temperatura y nivel de la cisterna del chiller. El sistema tanques-intercambiadores comprende de la readecuación de un sistema de control de temperatura tipo on-off de los tanques de anodizado, a un sistema de control tipo PID, siendo necesaria para la implementación la instalación de variadores de frecuencia, contactores, módulos de PLC SLC 500, etc.

Los beneficios obtenidas mediante la aplicación de estos proyectos, comprende en la mejora de la calidad del acabado de los perfiles de aluminio y por ende en el aumento de la producción, teniendo que el proyecto tiene un tiempo de recuperación de 21,3 meses.

ABSTRACT.

This document contains a summary of the project of automation of the two-chiller cooling systems, heat exchangers exchangers and tanks, with the main objective of improving the automation control system temperature and colored anodized aluminum.

For the chiller-exchanger system implements a soft starter and inverter to pump 50 HP and 75 HP respectively, these being controlled by a PLC which controls the operation of the equipment and acquires temperature data and the level of the tank chiller. The system comprises tanks-exchangers of the readjustment of a temperature control system on-off type of anodizing tanks, a PID control system, being necessary to implement the installation of variable frequency drives, contactors, modules PLC SLC 500, etc.

The benefits gained by implementing these projects, including the improvement of the quality of the finish of the aluminum and thus in increased production, taking the project has a recovery time of 21.3 months.

I. INTRODUCCIÓN.

La Corporación Ecuatoriana de Aluminios S.A., CEDAL; es una compañía ecuatoriana constituida en el año 1974 en la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi, con el fin de producir y comercializar perfiles de aluminio estructurales y arquitectónicos. CEDAL forma parte de Corporación Empresarial S.A. CORPESA.

Los procesos de anodizado y coloreado de aluminio son fundamentales en un buen acabado de los perfiles de aluminio, por consecuencia es importante que se cuiden todos los parámetros en su funcionamiento, tales como concentración de ácido, corriente, voltaje, temperatura de la solución, grosor de la capa anódica en el perfil, etc.

El control de temperatura en los tanques de anodizado y de color, son esenciales al momento de realizar los procesos de acabados en los perfiles de aluminio, por este motivo se decidió realizar una automatización en el sistema de las bombas de los intercambiadores, buscando el control de la temperatura de todos tanques anodizado y coloreado de aluminio.

II. DISEÑO

La automatización comprende las partes del sistema Chiller - Intercambiadores y tanque - intercambiadores. En esta sección se detallan las funciones y las características de los equipos con los que se realiza la automatización.

Existen dos bombas centrífugas en la parte del Chiller (Figura 1), la primera es de 75 Hp (bomba principal), y la otra es la bomba de 50 Hp (bomba secundaria), estas son las encargadas de generar el caudal que cruza por los intercambiadores de los tanques naturales y de color (Figura 2), siguiendo su trayectoria hacia el chiller, terminando en la cisterna, por lo que el proceso cumple un ciclo cerrado.



Figura 1. Bomba de 75 y 50 HP



Figura 2. Bombas de 10 HP

La selección de equipos para los sistemas de enfriamiento a) Chiller-Intercambiadores y b) Tanque-Intercambiadores se tiene que realizar por separado, esto debido a que el sistema Chiller-Intercambiadores trata de una automatización completa de manual a automático, donde solo existen las bombas centrífugas, contactores y relés térmicos, mientras que el sistema Tanques-Intercambiadores es una actualización de un control tipo on-off, que posee un PLC Allen Bradley SLC 500, a un sistema de control PID.

Selección de equipos del sistema Chiller - intercambiadores.

PLC

El PLC seleccionado para la automatización es el Allen Bradley 1100 (Tipo de CPU: 1763-L16BWA), ya que cumple con los requerimientos del sistema como son:

- Voltaje de línea 110 Volt
- 10 Entradas 24 Volt DC
- 2 Entradas análogas
- 6 Salidas tipo relé



Figura 3. PLC Allen Bradley 1100

Módulos de entradas

Según lo requerido por el sistema, las entradas digitales son de 24 voltios DC, las entradas análogas son de 0 a 10 voltios, la salida análoga es de 0 a 10 voltios, y el tipo de sensor para realizar la toma de temperatura es la termocupla tipo T. Siendo los módulos utilizados en la automatización los mostrados en la Tabla 1.

Tabla 1 Módulos de expansión del PLC Micrologix 1100

Código	Característica	Descripción
1762-IQ8	8 Entradas Digitales	Módulo de entradas digitales de 24 voltios DC.
1762-IF4	4 Entradas Análogas	Módulo de entradas análogas 0 a 10 voltios DC.
1762-OF4	4 Salidas Análogas	Módulo de salidas análogas 0 a 10 voltios DC.
1762-IT4	4 Entradas de Termocuplas	Módulo de termocuplas para la medición de temperatura.

Selección del variador Power Flex 700

La selección del variador de frecuencia, se lo realiza tomando en consideración los parámetros mostrados en la Tabla 2, en la que se describen las características de la bomba centrífuga de 75 HP.

Tabla 2 Características de los motores

Equipo	Bomba de 75HP
Potencia del motor	75HP
Voltaje de suministro o red	460 Voltios
Voltaje nominal del motor	460 Voltios
Aplicación	Bomba Centrífuga
Tipo de motor	Asincrónico
Ambiente de funcionamiento del variador	Industrial

Siendo seleccionado el equipo de la serie:

20BD096A0AYNANC0

Ya que cumple con los parámetros necesarios para para que controle con normalidad el funcionamiento de la bomba centrífuga de 75 HP.

Selección del arrancador suave

En la Tabla 3 y 4 se describen los parámetros de la bomba centrífuga de 50 HP.

Tabla 3 Datos de placa de las bombas de 75HP y 50HP

Equipo	Potencia (HP)	Amperaje (A)	Voltaje (V)	Velocidad (RPM)
Bomba de 50HP	50	62	460	1675
Bomba de 75HP	75	87	460	1785
Bomba de 10HP	10	12.5	460	1450

Tabla 4 Características del motor de 50HP

DETALLE	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA
Equipo	Bomba de 50HP
Potencia del motor	50HP, trifásico
Voltaje de suministro o red	460 Voltios
Voltaje nominal del motor	460 Voltios
Aplicación	Bomba Centrífuga
Tipo de motor	Asincrónico
Ambiente de funcionamiento del variador	Industrial

Según las características de la bomba centrífuga, para la cual se quiere implementar el variador, se tiene que el arrancador seleccionado es el de la serie:

150-F85NBD

Ya que cumple con las características necesarias.

Selección de equipos del sistema Tanques - intercambiadores.

Selección del variador power flex 40

El equipo seleccionado pertenece a la familia de los Allen Bradley. Según las características de las bombas centrífugas de los tanques de anodizado, que se muestran en la tabla 5, la serie del producto que se implemento es:

22B-D017N104

Tabla 5 Características de los motores

Equipo	Bombas de 10HP
Potencia del motor	10HP
Voltaje de suministro o red	460 Voltios
Voltaje nominal del motor	460 Voltios
Aplicación	Bomba Centrífuga
Tipo de motor	Asincrónico
Ambiente de funcionamiento del variador	Industrial, con una atmosfera ácida.

Producto que cumple con las características necesarias para realizar la automatización.

Diseño del software

El diseño del software del sistema está comprendido, por el dimensionamiento de las variables y las características del programa que se va realizar, también comprende la asignación de variables lógicas, tanto de salida como de entrada del sistema.

La programación se la realiza en RSLogix 500, en el lenguaje ladder y la distribución del programa se la realiza de tal forma que cada bloque de programación esta dedicada a una actividad especifica, los bloques de programación son las hojas de programación en las cuales se realiza el programa.

Programación Sistema de Enfriamiento Chiller – Intercambiadores

Los bloques de programación mostrados en el siguiente flujograma comprenden a los implementados para la automatización del sistema de enfriamiento chiller-intercambiadores.

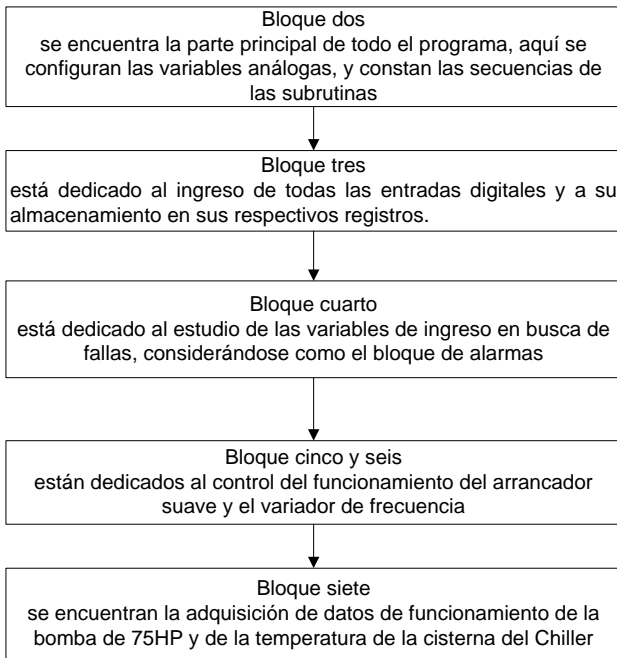


Figura 5 Flujograma principal de programación

Programación Sistema de Enfriamiento Tanques – Intercambiadores

Los bloques mostrados en el siguiente flujograma, comprenden a los modificados e implementados para realizar el control PID.

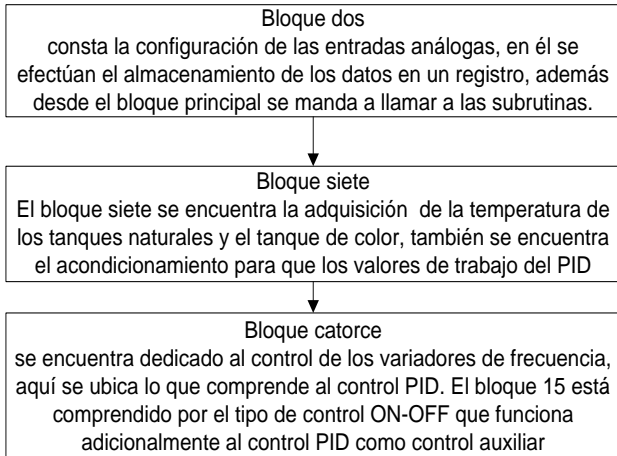


Figura 4 Flujograma principal de programación

III. IMPLEMENTACIÓN

Los parámetros a tomarse en cuenta al momento de realizar la implementación de la automatización son:

- La distribución dentro del tablero de potencia de los elementos.
- El montaje de los equipos.
- Las conexiones de alimentación y puesta a tierra.

- La distribución de las conexiones eléctricas (tanto de potencia, como de control).

Distribución de los equipos

El montaje de los equipos de potencia se lo realiza tomando en cuenta las recomendaciones que se encuentran en los catálogos, y los consejos del personal capacitado.

Montaje de los equipos

Conexiones del variador de frecuencia power flex 700 y el arrancador suave

Los elementos que se utilizan para la conexión de las bombas con los equipos son:

- Cable AWG 1/0.
- Tubería Vx de 2”.

El cable AWG es utilizado para la conexión de las tres fases, mientras que la tubería Vx sirve de protección del cable en los tramos expuestos. En la Figura 2.40 se observa las conexiones de los equipos con las bombas centrifugas de 50HP y 75HP.

Conexiones del variador de frecuencia power flex 40

Para la colocación del cableado de potencia de los variadores con el motor, se utiliza:

- Cable Concéntrico 4x12.
- Tubería Vx de 2” y 1/2”.

El cable sucre se envía por el canal de distribución superior del cableado y la tubería Vx se utiliza para la protección del cable en la trayectoria tablero-canaleta y canaleta-bombas.

Puesta a tierra

Para la puesta a tierra se utilizo las existentes en la empresa, para el sistema chiller-intercambiadores la toma de tierra se tomo del tablero del control de las bombas del sistema de anodizado, mientras que para el sistema tanques-intercambiadores la tierra empleada es la de la estructura de la planta.

Distribución de las conexiones eléctricas

La instalación se realizo según se indica en los planos de distribución de los equipos, tanto en el sistema chiller - intercambiadores y tanques - intercambiadores.

La distribución del cableado de control y potencia se realizó según se muestra en las Figuras 6 y 7.

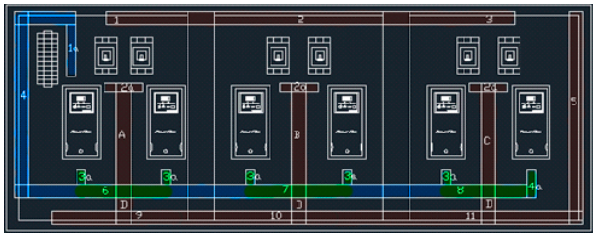


Figura 6 Distribución del cableado sistema tanques-intercambiadores

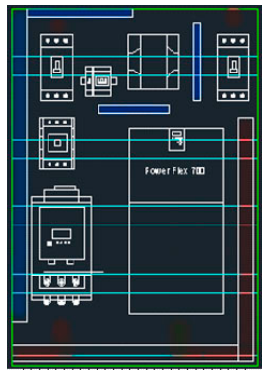


Figura 7 Distribución del cableado sistema Chiller – Intercambiadores

Sistema de control PID

El control PID se lo realizó con la ayuda del bloque PID, que es un asistente que posee RSLogix 500, siendo los parámetros utilizados para la calibración los obtenidos mediante la aplicación del método II de Ziegler-Nichols, los cuales se indican en la Tabla 6.

Tabla 6 Valores de las constantes de calibración del PID

variable	Valores de las constantes
K_p	6
T_i	9
T_d	2,16

IV. ANÁLISIS DE PRUEBAS Y RESULTADOS

Se realizan las mediciones necesarias para asegurar el encendido y normal funcionamiento de los equipos.

Sistema chiller-intercambiadores

Conexiones del Tablero

Mediante el uso del multímetro y ayuda de los planos eléctricos se revisa las conexiones, tanto de alimentación de los tableros, como de conexión a los

equipos, siendo los valores obtenidos los que se resumen en la Tabla 7.

Tabla 7 Pruebas de funcionamiento del sistema

Valor medido	Voltios
Entrada al transformador	420 AC
Salida del transformador	110 AC
Entrada a la fuente SITOP	110 AC
Salida de la fuente SITOP	25 DC

Funcionamiento del PLC

Se realizan las diferentes pruebas de funcionamiento del PLC, para asegurarse de que no exista ningún inconveniente.

Entre las pruebas a realizarse se encuentran:

- Alimentación del PLC
- Encendido del PLC
- Verificación de las entradas y salidas del PLC
- Verificación de los módulos de entradas y salidas

Alimentación del PLC y encendido del equipo

Se verifica el correcto funcionamiento del transformador, del regulador de voltaje y la alimentación de entrada al PLC.

Se enciende el PLC y se encuentra sin novedad funcionando correctamente.

Verificación de las entradas y salidas

La verificación de las entradas y salidas, tanto del PLC como del módulo se lo realiza mediante un multímetro, y la ayuda del programa RSLogix, obteniendo que los valores de las entradas son de 23.6 volt DC y de las salidas para el control del arrancador son de 110 voltios y para el variador son de 23,4 volt DC valores con los que los equipos pueden trabajar con normalidad.

Pruebas del sistema tanques intercambiadores

Tanto en la entrada al breaker y al variador de frecuencia el voltaje es de 421 [Volt], siendo este el requerido para que el equipo funcione con normalidad.

Se comprueba la entrada análoga que da la referencia de velocidad, comprobándose que la variación de la frecuencia de funcionamiento del

variador, varía según la entrada de referencia cambie.

Beneficios obtenidos

Sin considerar los meses de instalación del proyecto (Agosto y Septiembre), se obtiene un aumento notorio de la producción, en la Figura 8 se puede ver la tendencia de crecimiento luego de la realización del proyecto, el aumento de la producción corresponde a un 9,24%.

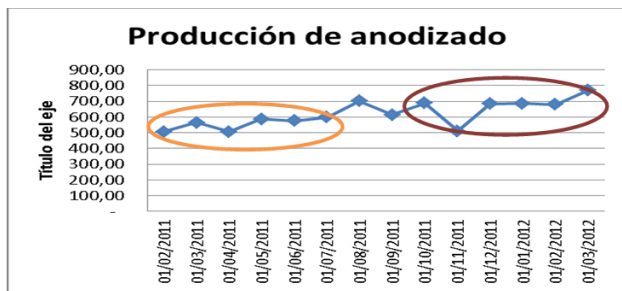


Figura 8 Producción de anodizado

El control de temperatura es otro beneficio que se obtiene con la automatización, en la Figura 9, 10 y 11 se observan las tendencias de temperaturas anteriores vs las actuales.

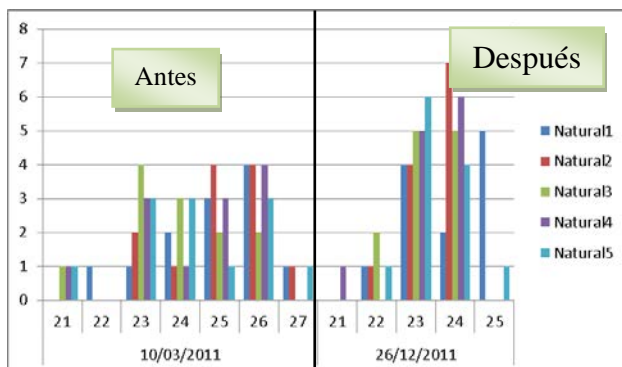


Figura 9 Tendencias de temperatura de los tanques naturales

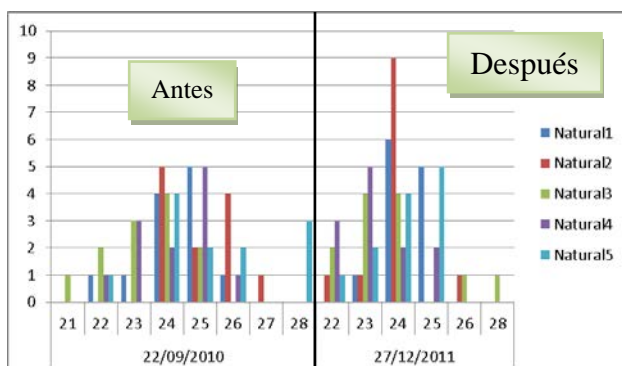


Figura 10 Tendencias de temperatura de los tanques naturales

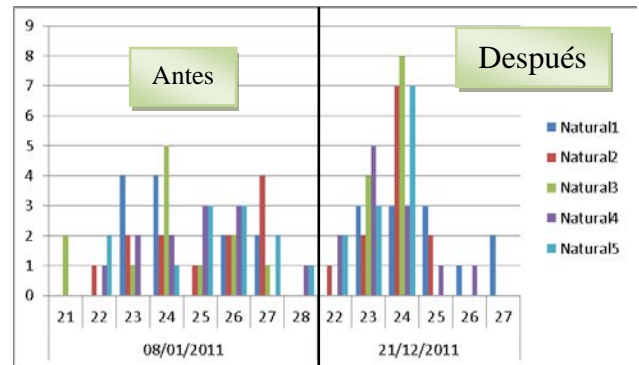


Figura 11 Tendencias de temperatura de los tanques naturales

En general en las graficas de análisis se puede observar que la tendencia de mantener la temperatura dentro del rango de trabajo (de 24 °C a 27 °C) de los tanques naturales ha mejorado en un 6% a un 9%.

Análisis de costos

El costo total de la instalación de los dos proyectos corresponde a 16199.24 dólares y el factor de recuperación esperado del proyecto es de 1.57%, teniendo un promedio mensual de recuperación del proyecto de 761,7 dólares, obteniendo que el tiempo de recuperación del proyecto es de 21,3 meses.

V. CONCLUSIONES

- Se implementó un sistema automático para controlar las bombas del sistema de enfriamiento Chiller-Intercambiadores y tanques-intercambiadores, de los tanques naturales y de color, logrando mantener una temperatura estable dentro de rango de 24 a 27 °C, mejorando las condiciones de elaboración de los perfiles y por ende la calidad del producto.

- Se ha implementado un sistema de control PID, que permite realizar el control de temperatura de los tanques naturales y de color. Aplicándose el método II de Ziegler-Nichols para la selección de las constantes de calibración $T_d=6$, $T_i=9$ y $K_p=2,16$, con las cuales se logra mantener la temperatura estable de los tanques naturales y de color.

- La tendencia de temperatura de todos los naturales varían dentro del rango establecido, logrando alcanzar una mejora de un 6% a 9% con referencia a los valores registrados antes del proyecto, lo que permite el aumento de la producción ya que los tanques se encuentran en condiciones de trabajar a pesar de su continuo funcionamiento.

- El proyecto mejoró las condiciones de temperatura de trabajo de los tanques naturales y de color, logrando mejorar las características de la capa anódica (óxido de aluminio) y por ende la calidad del acabado del producto, por lo que la cantidad de perfiles de aluminio que tienen que ser reprocesados a reducido.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- ROCA, A. (2002). Control de Procesos (pp. 136). México: Alfaomega.
- NAVARRO, R. (2004). Ingeniería de Control Analógica y Digital (pp. 146). México: Mc CRAW-HILL/INTERAMERICANA.
- Ramón, P. M (2002). Ingeniería de automatización industrial (pp. 19,20-22). México: Alfaomega.
- Ramón, P. M (2002). Ingeniería de automatización industrial (pp. 11-15). México: Alfaomega.
- CREUS, A (2006). Instrumentación Industrial (pp. 246). México: Alfaomega.