

## **1. Introducción.**

A lo largo de este trabajo se detallan las tareas requeridas para realizar la automatización de un horno de templado como parte del desarrollo integral de un proceso de gran importancia para la productividad de una empresa. Para conseguir el éxito planeado, se trabajó en conjunto con especialistas en el templado de vidrio. Este trabajo se enfoca en la automatización de equipos de control industrial, y no en el diseño del horno de templado, por lo que el diseño y el proceso de templado de vidrio se presentan de forma general y se centra la mayor parte del contenido en la automatización de los diferentes elementos de control.

El objetivo general de este proyecto es incrementar la producción de vidrio templado, agregando una nueva línea de producción a las ya existentes en la empresa. El proyecto de forma global abarca la transportación y montaje de los elementos mecánicos del horno de templado y la selección, programación e integración de los elementos de control, automatización y sistema de visualización.

En primera instancia la compañía adquiere las partes mecánicas en el extranjero y son transportadas por barco al país, posteriormente técnicos de la empresa realizan el montaje del horno de templado. En este momento surge la inquietud de contratar a ingenieros de Estados Unidos para llevar a cabo la automatización del horno de templado, finalmente se toma la decisión de que ellos mismo lo desarrollaran.

Con esta decisión el líder del proyecto se da a la tarea de diseñar las funciones necesarias para realizar el control de los diferentes elementos mecánicos del horno de templado y de seleccionar los equipos industriales necesarios para lograr el objetivo. Se toma el diseño de los demás hornos de templado con los que cuenta la empresa como base de este nuevo diseño con la idea de mejorar el rendimiento del mismo. Posteriormente se dan a la tarea de seleccionar los dispositivos de control que permitirán realizar todas las funciones identificadas en el diseño.

Finalmente se procede a la programación de las tareas de control y automatización, así como la interacción de los diferentes elementos mecánicos a través de sistemas de control que permitan lograr el objetivo principal de producir vidrios templados de mejor calidad y a menor costo.

Este trabajo describe únicamente una parte del objetivo general, la programación e integración de los elementos de control y automatización. Al no ser parte del proyecto desde un comienzo, las tareas encomendadas y descritas en el presente documento deben adaptarse al diseño original del líder del proyecto. A pesar de ello también se describe el proceso de templado de vidrio, los equipos de control seleccionados y la integración de un sistema de visualización ya que son partes fundamentales del objetivo general.

En el capítulo de “Antecedentes” se definen los requerimientos de la empresa y se proporciona una descripción del funcionamiento del horno de templado, detallando cada uno de los componentes involucrados en el templado de un vidrio, con el fin de conocer las distintas etapas que deben ser automatizadas en este proceso. El funcionamiento de un horno de templado presenta dos etapas fundamentales: el calentamiento y el enfriamiento del vidrio. Además, se requiere que se realice el templado de diferentes tipos de vidrio, tanto en forma como en grosor; esto permite identificar a los elementos mecánicos más importantes que se ven involucrados para lograr el mejor templado posible.

Una vez que se conoce el proceso que se va a automatizar, se definen los equipos industriales necesarios para lograr el control de cada uno de los elementos requeridos dentro del proceso, detallando las características técnicas para integrar todas las tareas de automatización en un solo proyecto. Los equipos de control elegidos presentan flexibilidad en cuanto a las posibilidades de programación, así como para integrar equipos utilizando diferentes redes industriales e inclusive aunque sean de distintos fabricantes.

Teniendo conocimiento de todos los elementos, mecánicos y eléctricos, del horno de templado y las ventajas de cada equipo industrial, en el capítulo “Arquitectura” se explican sus características y el funcionamiento de cada uno de ellos. Las etapas que comprende el proceso son: entrada del material, calentamiento, enfriamiento y salida del material, cada una de estas etapas puede presentarse de diferentes maneras. El conocimiento del proceso facilita enormemente la automatización de cada etapa

El proceso, además de la automatización, requiere de un Sistema de Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA) con el cual un operador introduce la información pertinente para el buen funcionamiento del horno y al mismo tiempo se obtiene información para lograr una mejora continua en el rendimiento del proceso. Con el sistema SCADA, el operador almacena información relevante sobre las mejores posiciones de los elementos mecánicos o el mejor tiempo de calentamiento para el templado. Además, brinda la posibilidad de conocer el número de piezas producidas en todo momento. La finalidad del proyecto es tener la automatización totalmente integrada, desde los

elementos de campo, pasando por el nivel de control hasta el nivel de administración, como lo es el sistema SCADA.

Al analizar el proceso, la arquitectura y el sistema SCADA, se divide el proyecto en diferentes etapas que se van integrando a lo largo de su desarrollo. Dicha estructura se modifica durante el transcurso del proyecto, ya que con el conocimiento previo y el adquirido se hacen adaptaciones para obtener un mejor rendimiento. Cada etapa que se desarrolla depende de la correcta realización de la anterior, algunas señales generadas en una etapa previa son elementos que permiten comenzar las siguientes etapas, por lo que diferentes elementos se van entrelazando a lo largo del desarrollo de la automatización del proceso.

El calentamiento y el enfriamiento son los procesos que permiten realizar el templado de un vidrio, esto requiere que el vidrio sea transportado de una etapa a otra de manera inmediata; para ello se transporta el vidrio por diferentes mesas de trabajo donde se llevan a cabo dichos procesos.

En el capítulo “Automatización del sistema de transporte” se explica cómo se traslada el vidrio a lo largo de todas las etapas del proceso. También se explica la comunicación del equipo de control con los diferentes variadores de velocidad, que definen la velocidad y el sentido de giro de cada banda transportadora. Para que el proceso sea eficiente requiere que puedan estar como máximo 5 vidrios en la cápsula de calentamiento, lo cual hace que la banda transportadora encargada del calentamiento sea la más importante para el sistema de transporte del vidrio.

El proceso define cuatro sistemas de transporte que interactúan entre sí: la mesa de Entrada donde el operador coloca el vidrio que entrará al proceso, la mesa Principal donde se realiza el calentamiento uniforme del vidrio, la mesa Quench donde se lleva a cabo el enfriamiento, por medio de cambios en la presión de un sistema de ventilación y finalmente la mesa de Salida en donde el vidrio llega templado para su almacenamiento.

En primer lugar, la mesa Principal solicita y recibe de la mesa de Entrada el vidrio que va a templarse, posteriormente realiza movimientos cortos hacia adelante y hacia atrás (oscilaciones) para el calentamiento, después traslada el vidrio a la mesa Quench para el enfriamiento, y vuelve a pedir otro vidrio a la mesa Principal. Una vez que el vidrio se ha enfriado a presión, pasa a la mesa de Salida. Con esta información se determina el orden en el cual se debe realizar la automatización de cada sistema de transporte.

Durante el enfriamiento del vidrio, éste obtiene la rigidez necesaria y la forma requerida, esto se debe a la presión a la que es sometido y a la posición de las partes mecánicas del Quench. El cambio de presiones que se genera depende del grosor del vidrio y se debe de realizar de manera inmediata. En el capítulo “Automatización del Quench” se determinan los cambios en la presión necesarios, dichos cambios están relacionados con el giro de un motor de 600 HP, para controlar la frecuencia a la que gira el motor se utiliza un variador de velocidad. El tipo de vidrio determina la forma en la que se debe generar el cambio en la presión, dando únicamente dos opciones: de una presión máxima a una presión mínima si se trata del templado de un vidrio grueso o de una presión mínima a una presión máxima si es un vidrio delgado. Cada uno de los movimientos se realiza durante cierto tiempo, que no debe exceder el tiempo en el que otro vidrio pasará de la Mesa Principal al enfriamiento. El sistema de ventilación se diseñó conforme a las presiones que necesita el proceso, de tal manera que sólo se debe definir la velocidad a la que debe girar el motor, por lo tanto el variador de velocidad se ajusta entre 0 y 60 Hz, para generar dichas presiones.

Para evitar que se generen picos de corriente, que generan un excedente en el consumo de energía eléctrica, por la necesidad de pasar de una presión baja (0 Hz) a la máxima (60 Hz), se realizan movimientos constantes en la frecuencia del variador aún y cuando el vidrio no haya ingresado todavía a la Mesa Quench. Cada inicio o fin de turno se debe de encender o apagar el motor, aunque no existe la necesidad de hacerlo de forma inmediata, por lo cual el sistema de automatización le regresa el control al variador de velocidad para que realice la acción correspondiente con las rampas programadas en él. Esta parte del proceso es muy importante porque debe garantizar que el variador de velocidad no exceda los límites de frecuencia soportados, ya que sólo puede girar a una frecuencia máxima de 60 Hz para el correcto funcionamiento del motor. La forma que tendrá el vidrio, curvo o plano, depende de la posición de las partes mecánicas del Quench.

En la mesa Principal se lleva a cabo una de las partes fundamentales del proceso de templado: el calentamiento del vidrio. Para realizar un calentamiento uniforme se debe mantener la misma temperatura en todas las partes de la cápsula de calentamiento. En el capítulo “Automatización de la cápsula de calentamiento” se explica el control del calentamiento en cada zona de esta cápsula, el diseño de la misma que consta de un recubrimiento de porcelana ayuda a lograr un incremento más rápido de temperatura y a la conservación del calor, pero en sus extremos es más factible que se tengan pérdidas de energía, lo que origina la necesidad de dividir la cápsula en diferentes zonas, independientes y con una medición de temperatura para cada una.

El calentamiento de la cápsula se realiza por medio de diferentes resistencias colocadas en cada una de sus zonas, que se encienden dependiendo de la necesidad de incrementar la temperatura o bien de conservar el calor. Todos estos cambios de temperatura van ligados a diferentes controles PID que realizan la regulación correspondiente para indicar cuáles y cuántas de las resistencias deben permanecer encendidas y durante cuánto tiempo. Esta parte del proceso involucra una gran cantidad de señales a controlar, tanto analógicas como digitales.

Las tareas diseñadas para este sistema deben de presentar mejoras significativas respecto a los diseños de los hornos actuales en la empresa. El capítulo “Ahorro de energía” define mejoras que se realizan al proceso, con el fin de hacerlo más eficiente. La Comisión Federal de Electricidad determina para cada zona del país, el costo de la energía dependiendo de la hora en la que se utiliza y también en función del horario invierno/verano, por lo que la empresa requiere que el horno de templado se adapte a estos cambios de horario de manera automática con el fin de ahorrar energía. De igual modo, se desarrolla una función para evitar que las resistencias de calentamiento permanezcan encendidas al mismo tiempo, dando como resultado el encendido gradual de cada una de las resistencias y sólo durante un lapso determinado, sin afectar la temperatura general que se debe mantener en toda la cápsula de calentamiento.

El sistema de enfriamiento hace un cambio en la presión cada vez que un vidrio pasa de la cápsula de calentamiento al Quench. En ocasiones puede darse el caso de que el operador no introduzca el vidrio al proceso y, por lo tanto, no se va a trasladar al Quench, esto requiere que se defina una función para conocer la cantidad de vidrios que se trasladarán al proceso de enfriamiento con el fin de evitar los cambios de presión innecesarios.

La información proporcionada por el operador y la información generada en el proceso por medio de las señales y variaciones que se van produciendo se almacenan continuamente, con el fin de mejorar el proceso día a día. Estos datos se transmiten al sistema SCADA de forma directa a través de una conexión Ethernet (TCP/IP) entre el sistema de control y la computadora dedicada al SCADA, el capítulo “Valores de proceso” muestra la relación entre estos elementos. Con ello se pueden manipular los datos para conocer la eficiencia y el rendimiento del proceso por medio de la interacción con datos que son almacenados históricamente

Finalmente, se integran todas las partes automatizadas para realizar la puesta en marcha. Cada uno de los detalles que implican el arranque del horno de templado se observan en el capítulo final. La integración final y la puesta en

marcha resultaron sencillas y sin complicaciones, puesto que al término de cada etapa se lleva a cabo una prueba correspondiente para identificar si falta algún elemento a automatizar o si todas las tareas diseñadas están perfectamente integradas.