

Diseño de sistema de control automatizado para horno de tratamientos térmicos de Aceros Cúcuta–Colombia.

Design of automated control system for oven of thermal treatments of Aceros Cúcuta–Colombia.

Ingrid Marcela Ascanio

Universidad de Santander, Cúcuta - Colombia

ingrid191110@gmail.com

Sergio Antonio Ariza-Quiñonez

Universidad de Santander, Cúcuta - Colombia

Sergio.ariza@gmail.com

Recibido: 02 de mayo de 2018.

Aprobado: 22 de junio de 2018.

Resumen—Objetivo. Diseñar el sistema de control automatizado de temperatura del horno con el fin de garantizar los parámetros estándar necesarios en los procesos de temple y revenido de una empresa del municipio de Cúcuta. Metodología investigación aplicada; proyectiva, de enfoque mixto, se recolectó información por medio de análisis documental, interpretó los datos destacando aspectos relevantes orientados al diseño del sistema de control automatizado. Conclusión. Se logró el desarrollo de aplicaciones java con capacidad de comunicar el software en dispositivos electrónicos basados en microcontroladores, para monitorear y controlar procesos de temple y revenido aplicados al sector de la siderurgia.

Palabras clave: Industria siderúrgica, sistema de control, dispositivo electrónico, software, procesos de temple y revenido de metal.

Abstract— Objective. Design the automated temperature control system of the furnace in order to guarantee the standard parameters required in the quenching and tempering processes of a company in the municipality of Cúcuta. Applied research methodology; projective, mixed approach, information was collected through documentary analysis, interpreted the data highlighting relevant aspects oriented to the design of the automated control system. Conclusion. The development of java applications was achieved with the ability to communicate the electronic device based software and microcontrollers, to monitor and control quenching and tempering process applied to the siderurgy sector.

Keywords: steel industry, control system, electronic device, software, processes tempering and tempering metal.

*Autor para correspondencia.

Correo electrónico: ingrid191110@gmail.com (Ingrid Marcela Ascanio).

La revisión por pares es responsabilidad de la Universidad de Santander.

Este es un artículo bajo la licencia CC BY (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Forma de citar: I. M. Ascanio, y S. A. Ariza-Quiñonez, "Diseño de sistema de control automatizado para horno de tratamientos térmicos de aceros Cúcuta - Colombia", Aibi revista de investigación, administración e ingeniería, vol. 6, no. 2, pp. 28-34, 2018, doi: [10.15649/2346030X.482](https://doi.org/10.15649/2346030X.482)

I. INTRODUCCIÓN

El sector productivo de siderurgia, genera elementos de acero, comprende desde la transformación del mineral o chatarra hasta la comercialización de los diversos productos de acero, a su vez este sector nutre a otros sectores productivos como la construcción, industria y automotriz, es por ello, que se considera impulsor de desarrollo económico.

La transformación del acero implica de tratamiento térmico, entre ellos el proceso de temple y revenido del acero son fundamentales, sin embargo, se han presentado casos en donde el calentamiento del material es insuficiente, debido a las condiciones de operación que se presentan durante la producción [1]. Estas condiciones se dan por falta de un control automatizado que genere confiabilidad a los tiempos de tratamiento y control de temperatura a fin de optimizar recursos como tiempo, energía y combustible. Por otra parte, si bien es cierto que en el mercado existen hornos de calentamiento que a su vez son de operación manual, sus costos son elevados, teniendo en cuenta la capacidad de inversión de una empresa en proceso de crecimiento.

Frente a la anterior circunstancia, se crea la necesidad de diseñar un sistema automatizado para el control de temperatura en horno de tratamientos térmicos para aceros, que de igual forma se puede ajustar a cualquier tipo de material estableciendo la confiabilidad en cada uno de los procesos que se realicen.

Es por ello, que realizar un diseño se convierte en una alternativa de proyección y crecimiento para la empresa con la inclusión de tecnología; y se aporta al desarrollo económico de la región. Dicho de otra forma, el diseñar un sistema de control para el horno de tratamientos térmicos para la empresa TRATACERO basado en el uso de herramientas de hardware y software libre, pone en servicio de la industria los conocimientos de ciencia y tecnología, articulando el trabajo transdisciplinario profesionales en las áreas de matemáticas, ingeniería, Hardware libre, diseño de Software, ciencia e investigación aplicadas en la industria y proyecta a los ingenieros al desarrollo de soluciones reales para la industria, generando nuevas ideas de negocio.

Al respecto [2] citado en [3], plantea la importancia que tiene la investigación académica en innovaciones de mercado para el sector productivo, como un área de la investigación de mercado no explorada, razón por la cual se orienta a dar relevancia a las investigaciones en las disciplinas de negocios, pasando de investigaciones basadas en contenido, a investigaciones basadas en procesos, como mecanismo para sintonizar con lo que los gerentes necesitan. Así mismo [4] plantea la importancia que tienen estos desarrollos para la formación de talento humano con competencias investigativas y mayores posibilidades para enriquecer el aparato productivo con investigación enfocada en el desarrollo y a la innovación.

Frente a lo expuesto se plantea la interrogante ¿Cuál es el comportamiento de un sistema de control de temperatura para un horno de tratamiento térmico que cumpla con los parámetros necesarios en los procesos de temple y revenido?, como punto de partida para sus autores, que llevó a la elección del método para su resolución y alcance de objetivo; diseñar el sistema de control automatizado de temperatura del horno con el fin de garantizar los parámetros estándar necesarios en los procesos de temple y revenido en la empresa TRATACERO. La estandarización de procesos partiendo en análisis comparativo con otras organizaciones del sector, para plantear propuestas de mejora, se considera un soporte para los requisitos de los sistemas de gestión de calidad implementados en una organización. [5] Es de resaltar que este artículo hace parte de la Línea de Investigación en desarrollo de Software GISOFT de la Universidad de Santander.

La realización de este proyecto se fundamentó en la investigación aplicada, de enfoque mixto, proyectiva, por estar centrada en el diseño de una solución de hardware y de software libre, para la automatización de procesos de tratamiento térmico al acero, se procedió a hacer análisis documental de datos e informes del ingeniero metalúrgico de la empresa, observación directa de tratamientos térmicos, y consulta de anteriores estudios relacionados con el proceso y sector productivo [1].

II. MARCO TEÓRICO

La industria siderúrgica alcanzó su máximo desarrollo en los años setenta del siglo XX sin embargo, con el proceso de globalización, la industria acerera realizó también cambios en la cadena productiva para continuar operando con éxito [6]. La cadena siderúrgica está compuesta por tres eslabones: materias primas, productos intermedios y productos terminados [7].



Figura 1: Cadena Siderúrgica. Momento 1.
Fuente: Elaboración propia.

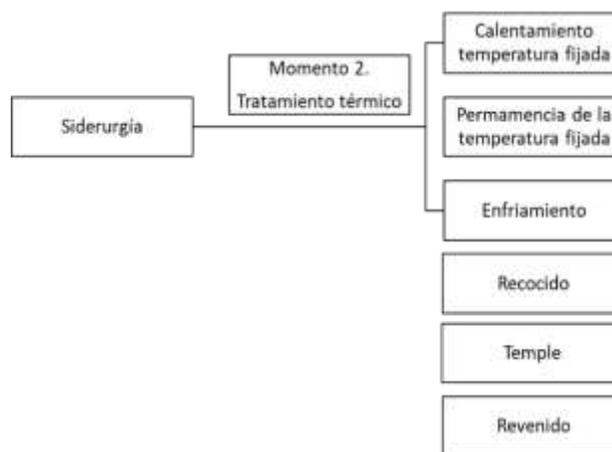


Figura 2: Cadena Siderúrgica. Momento 2.
Fuente: Elaboración propia.

a. Tratamiento térmico.

El tratamiento térmico involucra varios procesos de calentamiento y enfriamiento para efectuar cambios estructurales en un material, los cuales modifican sus propiedades mecánicas [8]. El objetivo de los tratamientos térmicos es proporcionar a los materiales unas propiedades específicas adecuadas para su conformación o uso final. No modifican la composición química de los materiales, pero si otros factores tales como los constituyentes estructurales y la granulometría, y como consecuencia las propiedades mecánicas. (Granja Iza & Rivas Ortiz, 2018; citando a la American Society Metals Park, Ohio, EE. UU define los tratamientos térmicos como una mezcla de operacionalizaciones de calentamiento y enfriamiento en tiempos definitivos dependiendo del material hasta obtener las propiedades requeridas.

b. Etapas del tratamiento térmico.

Calentamiento hasta la temperatura fijada: La elevación de temperatura debe ser uniforme en la pieza. Permanencia a la temperatura fijada: Su fin es la completa transformación del constituyente estructural de partida. Puede considerarse una permanencia de unos 2 minutos por milímetro de espesor. Enfriamiento: Este enfriamiento tiene que ser rigurosamente controlado en función del tipo de tratamiento que se realice.

Seguido del recocido. Tratamiento térmico que normalmente consiste en calentar un material metálico a temperatura elevada durante largo tiempo con objeto de bajar la densidad de dislocaciones y de esta manera, impartir ductilidad. El recocido se realiza principalmente para:

Alterar la estructura del material para obtener las propiedades mecánicas deseadas, ablandando el metal y mejorando su maquinabilidad, recristalizar los metales trabajados en frío, para aliviar los esfuerzos residuales. Se debe tener en cuenta que el recocido no proporciona generalmente las características más adecuadas para la utilización del acero. Por lo general, al material se le realiza un tratamiento posterior con el objetivo de obtener las características óptimas deseadas.

El temple es un tratamiento térmico que tiene por objeto aumentar la dureza y resistencia mecánica del material, transformando toda la masa en austenita con el calentamiento y después, por medio de un enfriamiento brusco (con aceites, agua o salmuera), se convierte en martensita, que es el constituyente duro típico de los aceros templados.

En el temple, es muy importante la fase de enfriamiento y la velocidad alta del mismo, además, la temperatura para el calentamiento óptimo debe ser siempre superior a la crítica, para poder obtener de esta forma la martensita. Existen varios tipos de Temple, clasificados en función del resultado que se quiera obtener y en función de la propiedad que presentan casi todos los aceros, llamada templabilidad (capacidad a la penetración del temple), que a su vez depende fundamentalmente, del diámetro o espesor de la pieza y de la calidad del acero [9].

Revenido. Es un tratamiento complementario del temple, que generalmente prosigue a este. Después del temple, los aceros suelen quedar demasiado duros y frágiles para los usos a los cuales están destinados. Lo anterior se puede corregir con el proceso de revenido, que disminuye la dureza y la fragilidad excesiva, sin perder demasiada tenacidad. Este tratamiento térmico consiste en calentar el acero, (después de haberle realizado un Temple o un Normalizado) a una temperatura inferior al punto crítico (o temperatura de recristalización), seguido de un enfriamiento controlado que puede ser rápido cuando se pretende resultados altos en tenacidad, o lentos, cuando se pretende reducir al máximo las tensiones térmicas que pueden generar deformaciones. Es muy importante aclarar que con la realización del proceso de Revenido no se eliminan los efectos del Temple, solo se modifican, ya que se consigue disminuir la dureza y tensiones internas para lograr de ésta manera aumentar la tenacidad.

Dureza. Es la capacidad de una sustancia sólida para resistir deformación o abrasión de su superficie. Está relacionada con la solidez, la durabilidad y la resistencia de sustancias sólidas y, en sentido amplio, este término suele extenderse para incluir todas estas propiedades. En Metalurgia e ingeniería, la dureza se determina presionando una bolita o un cono de material duro (impactadores) sobre la superficie estudiada midiendo el tamaño de la indentación resultantes. Los metales duros se indentan menos que los blandos. Este método para establecer la dureza de una superficie metálica se conoce como prueba de Brinell, en honor al ingeniero sueco Johann Brinell, que invento la máquina de Brinell para medidas de dureza de metales y aleaciones. En el ensayo de dureza Brinell, una esfera de acero duro, se oprime sobre la superficie del material, luego se mide el diámetro de la penetración y posteriormente se calcula el número de dureza (HB) utilizando la siguiente fórmula:

Dónde:

F = Carga aplicada (Kg).

D = Diámetro del penetrador (mm).

Di = Diámetro de la impresión o indentación (mm).27

c. Horno de tratamientos térmicos

Los hornos son todos aquellos equipos o instalaciones que operan en todo o en parte del proceso, a temperatura superior al ambiente. La energía calorífica requerida para el calentamiento de los hornos puede proceder de: gases calientes (Llama) producidos en la combustión de combustibles sólidos, líquidos o gaseosos que calientan las piezas por contacto directo entre ambos o indirectamente a través de paredes o tubos radiantes o intercambiadores en general.

Energía eléctrica en diversas formas: arco voltaico de corriente alterna o continua, inducción electromagnética, alta frecuencia en forma de di electricidad o microondas, resistencia óhmica directa de las piezas, resistencias eléctricas dispuestas en el horno que se calientan por efecto Joule y ceden calor a la carga por las diversas formas de transmisión de calor.

La forma de calentamiento da lugar a la clasificación de los hornos en dos grandes grupos, con diversos tipos: hornos de llama, hornos verticales o de cuba, hornos de balsa, hornos rotatorios, hornos túnel, hornos Eléctricos, hornos de resistencias, hornos de arco, de Inducción.

III. RESULTADOS, ANALISIS E INTERPRETACIÓN

Los resultados dan respuesta a los objetivos de investigación trazados y serán expuestos en este apartado en forma de etapas descritas en la figura 3 y tabla 1. Etapas del diseño de:

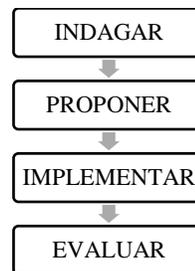


Figura 3. Etapas de diseño.
Fuente: elaboración propia

Tabla 1. Etapas diseño e implementación de un sistema de control automatizado para un horno de tratamientos térmicos de aceros en la empresa TRATACERO de la ciudad de Cúcuta departamento norte de Santander.

Resultados	Etapas
Investigar las características principales de un horno de tratamientos térmicos para acero	ETAPA 1
Diseñar el hardware necesario para el sistema de control, que permita la toma de datos de sensores de temperatura tipo k, para el tratamiento de los aceros	ETAPA 2
Diseñar el software para el control y monitoreo de la temperatura del horno de acuerdo a los parámetros del proceso de temple y revenido del acero	ETAPA 3
Implementar el sistema de control en un horno manual de la empresa Tratacero	ETAPA 4.
Realizar pruebas del diseño propuesto, utilizando el software desarrollado, el cual permita observar el funcionamiento de los componentes que tiene el sistema.	ETAPA 5.

Fuente: elaboración propia.

Etapa 1. Las características de los hornos de tratamiento térmico son acordes a los diferentes procesos como: templar, revenir, recocer y empavonar piezas metálicas, además de la posibilidad de incorporar mecanismo para atmosfera inerte y gas protector con temperaturas desde 200°C hasta 1100°C. Las características técnicas se verificaron en fuentes científicas, guías comerciales mecalux y por medio de visitas de campo y diarios de registro donde reportan los procesos térmicos los ingenieros de la empresa.

Etapa 2. Diseñar el hardware necesario para el sistema de control, que permita la toma de datos de sensores de temperatura tipo K, para el tratamiento de los aceros.

Para el logro de este objetivo se llevaron a cabo las siguientes actividades.

a. Implementar y programar la tarjeta de control con tecnologías de micro controlador orientado al tratamiento y medición de las señales de los sensores de temperatura tipo J y K elementos a utilizar para el monitoreo de la temperatura del horno.

Primero se estudió las Termocuplas tipo J y K que son las más utilizadas en la industria para el control de grandes temperaturas, para esto se investigaron las fichas técnicas que están a continuación y se desarrolló un código con el sistema Arduino para monitorear la temperatura de la Termocuplas tipo y se implementó un circuito acondicionador de señal, que ajustara a los niveles de entrada del Arduino en niveles de voltaje de 0 a 5 voltios para obtener valores decimales de 0 a 1024 y parametrizar estos a valores de temperaturas desde 0 a 1300 grados centígrados, valores suficientes para los procesos a realizar según los requerimientos de la empresa TARATACERO y a su vez trasmite vía puerto USB los valores al software desarrollado en Java para su respectivo análisis y tratamiento de la señal [10].

b. Implementar y acondicionar las Termocuplas al sistema de control para el monitoreo de la temperatura del horno. De acuerdo a indagación realizada sobre proveedores de tecnología se encontró un dispositivo data Sheet con referencia MAX6675K con una Termocuplas tipo K.

El MAX6675 es un convertidor analógico a digital de 12 bits, diseñado especialmente para realizar controles de Termocuplas tipo K. El MAX6675 también contiene empalme frío, detección y corrección de compensación, por un compensador con controlador digital, una interfaz compatible con SPI (Simple SPI-Compatible Serial Interface) y asociado a una lógica de control. El MAX6675 está diseñado para trabajar en conjunción con un Micro controlador externo aplicado a controles inteligentes de temperatura y/o aplicaciones de monitoreo.

Proceso de conversión de temperatura. El MAX6675 incluye hardware de acondicionamiento de señal para, convertir la señal del termopar en una tensión compatible con los canales de entrada del ADC<<>(Analog Digital Converter). Las entradas T + y T- se conectan a los circuitos internos que reduce la introducción de los errores de ruido de los cables del termopar. Antes de convertir los voltajes termoelectrónicos en valores de temperatura equivalentes, es necesario compensar la diferencia entre el termopar lado de unión fría (temperatura ambiente MAX6675) y a 0 ° C de referencia virtual. Para un termopar tipo K, los cambios de voltaje por $41\mu V / ^\circ C$, que se aproxima a la siguiente ecuación.

Donde V_{out} es el voltaje de salida de la Termocuplas en μV y TR es la temperatura de la unión de la Termocuplas en grados centígrados ($^{\circ}C$) y TAMB es la temperatura ambiente en ($^{\circ}C$).

La siguiente figura muestra la descripción de los pines del circuito integrado acondicionador y una descripción de la función de cada uno de ellos.

MAX6675 Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter ($0^{\circ}C$ to $+1024^{\circ}C$)

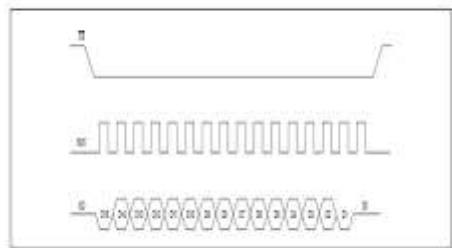


Figure 1: Serial Interface Protocol

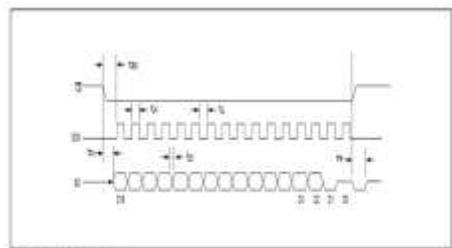


Figure 2: Serial Interface Timing

Figura 4. Protocolo de comunicación
Fuente: Maxim Integrated

MAX6675 Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter ($0^{\circ}C$ to $+1024^{\circ}C$)

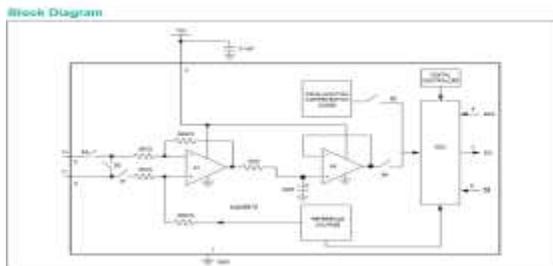


Figura 5. Diagrama de Chip
Fuente: Maxim Integrated

Tecnologías de comunicación Ethernet, para la transmisión en red de los datos desde el sistema embebido hasta el software que se va a desarrollar para el control del horno.

Para establecer comunicación en red el sistema embebido Arduino tiene una SHIELD Ethernet, en el libro titulado Arduino Curso práctico de formación editorial alfa Omega, autor Oscar Torrente Otero, se encontró la información necesaria para configurar la tarjeta y así establecer comunicación entre el sistema embebido y el computador. Por lo anterior la invitación al lector de este proyecto a consultarlo para profundizar sobre las técnicas de programación y de configuración.

Para que una placa Arduino Ethernet (o el shield Ethernet o alguna otra placa/shield que incorpore el mismo chip Wiznet W5100) pueda empezar a utilizar una red TCP/IP, lo primero que se ha de hacer es asignarle una serie de valores de configuración (dirección MAC, dirección ip, etc.). Para ello se escribe dentro del "setup ()" del código la función Ethernet.begin (), Ethernet.begin (mac).

Diseñar e implementar el tablero de control eléctrico y electrónico con las interfaces de potencia para el control de las válvulas que permiten el paso del combustible para el control de la temperatura del horno.

En la siguiente imagen se muestra el tablero de control del Horno, cuenta con pilotos de señalización de encendido, apagado y control de la chispa de iniciación del quemador Electrónico del horno.



Imagen 1. Tablero de control del horno
Fuente: autores.

En la siguiente figura se muestra la interfaz de potencia utilizada para recibir las señales de baja potencia del Arduino y transferirlas a los contactores del equipo encargados de suministrar el ACPM y la chispa de encendido al horno.

Consta de tres interfaces cada una con un opto acoplador referencia 4N35, y de un transistor 2N2222A y un relevo de 5 voltios.

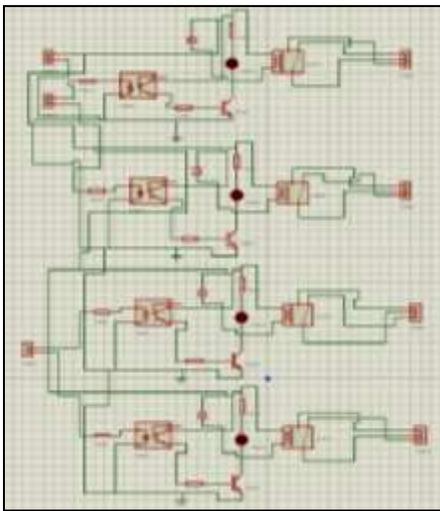


Imagen 2. Plano eléctrico
Fuente: Elaboración propia.

Etapa 3. Diseñar el software para el control y monitoreo de la temperatura del horno de acuerdo a los parámetros del proceso de temple y revenido del acero.

Para alcanzar este objetivo se llevarán a cabo las siguientes Actividades: se inicia trabajo con una entrevista al gerente del negocio y se plantea desarrollar fase de análisis implementando las técnicas aplicadas en la metodología XP (Programación extrema), luego basados en los resultados se desarrolló el código Java para la aplicación, utilizando las ventajas que ofrece la programación orientada a objetos.

A modo de presentación se realiza una introducción a las condiciones del entorno de desarrollo de la aplicación del proyecto entre las cuales se resaltan aspectos relacionados con el cliente y el negocio para cual se desarrolló el proyecto [11]. A continuación, se hará una breve descripción de las herramientas que se emplearon en la etapa del desarrollo del software y el motivo por el cual fueron elegidas.

Herramientas empleadas para el desarrollo del software. utilizaron herramientas libres tomando como lenguaje de programación JAVA para la codificación, un motor de base de datos PostgresSQL editor de código Netbeans y librerías JFreeChart y la librería de Arduino.

El diseño del software, se inicia con el diseño del programa Arduino que captura la información de las Termocuplas y controla el

encendido y apagado de la bomba que suministra el combustible, seguido trasladar la información tomada por el Arduino al computador utilizando las librerías Rx y TX y el uso de las librerías de JFREECHART de java para su análisis, interpretación gráfica y uso en el control del Horno de tratamientos térmicos. Una vez verificado el proceso anteriormente descrito, se prosiguió con la generación de las interfaces del programa y modo de acceso.

Una vez ingresados y validados los datos se habilitan los botones (Imagen 3.) que permite ingresar a cada una de las opciones de la aplicación. Esto también depende de los permisos que tenga el usuario según el tipo de usuario cuando se crea en la aplicación. La aplicación maneja dos tipos de usuario, está el tipo administrador y operario horno; los tres tipos de usuario tienen permisos diferentes. El primer botón que vemos en la imagen de lado izquierdo es el de iniciar un nuevo proceso térmico, el segundo que vemos es el que nos permite ingresar a la opción de ver las estadísticas de los procesos realizados y por último tenemos el botón de ingreso a la configuración de la aplicación.

Imagen 3. Plano eléctrico



Fuente: Elaboración propia.

Opción de Procesos. Por medio de la interfase se puede crear nuevos procesos térmicos, que serán al fin y al cabo con los que se van a realizar el control del horno. Para poder crear un nuevo proceso primero se debe haber creado al menos un tipo de proceso y un material, con el fin de que estos datos sean cargados en la lista de tipo de proceso y la de materiales, más adelante se explica cómo crear un nuevo tipo de proceso y un nuevo material. Entonces una vez en la pestaña de procesos se selecciona el botón agregar proceso de esta forma se habilitarán todos los campos necesarios para la creación del nuevo proceso, todo proceso debe llevar un nombre, se debe seleccionar que tipo de proceso es, el material que se va a manejar en dicho proceso, el tiempo que durará dicho (en minutos), y por último la temperatura promedio que manejará. Luego de haber llenado todos los campos y haberlos verificado se da ok para que el nuevo proceso sea agregado a la base de datos.

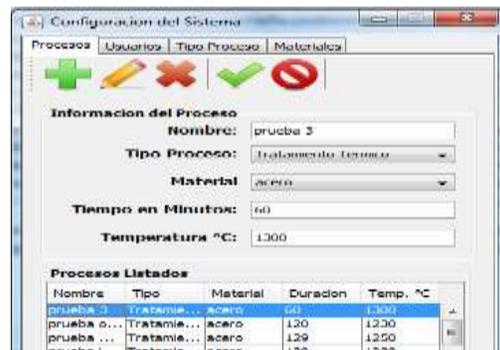


Imagen 4. Opción de procesos
Fuente: Autores del proyecto – 2016.

Generación de informes. La aplicación ofrece la opción de recuperar los datos obtenidos durante la ejecución del proceso, esto con el fin de poder tener un mejor control de los procesos realizados,

se puede llevar un historial de todos los datos y procesos, es útil para comparar y realizar correcciones. Una vez dentro de la ventana de informes y estadísticas, seleccionar el tipo de búsqueda que se desea realizar que son por día o dentro de un rango de días. Al activar el botón de buscar y dar click en él. Automáticamente se carga un listado de todos los procesos que coinciden con la búsqueda, seleccionar uno y mostrara los datos obtenidos en el proceso.

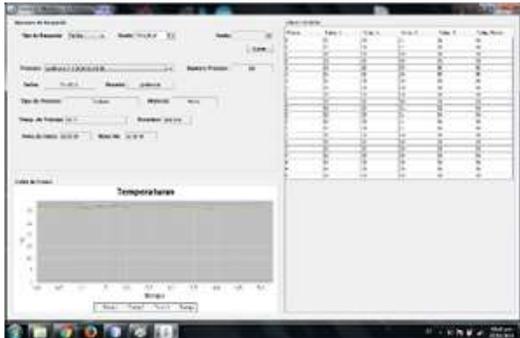


Imagen 5. Opción de procesos
Fuente: Autores del proyecto – 2016.

Etapa 5. Se Realizó pruebas del diseño propuesto, utilizando el software desarrollado, el cual permita observar el funcionamiento de los componentes que tiene el sistema, el cual funcione efectivamente y aún continúa siendo usado por la empresa participante del estudio.

IV. CONCLUSIONES

Desarrollo de aplicaciones java con capacidad de comunicar el software dispositivo electrónicos basados e microcontroladores, para monitorear y controlar procesos aplicados en la industria.

Son insumos determinantes para definir la estrategia de control a implementar; el análisis de los datos de tratamientos térmicos realizados en lo procesos actuales de la empresa y otras empresas, el monitoreo de la temperatura, el registro de los datos generados durante la quema del acero, el control de flujo del combustible, la observación de las técnicas y procedimientos utilizados en el proceso de temple y revenido.

Se analizaron las configuraciones de diferentes hornos de recocción; hornos de rodillo, horno de vagoneta o solera móvil, Horno Industrial, horno eléctrico, los cuales sus temperaturas desde 200°C temperaturas máximas de 1150°C. El tratamiento térmico puede realizarse con o sin gas protector, Como revestimiento refractario se usan hormigones refractarios de alta densidad, hormigones refractarios aislantes, ladrillos refractarios aislantes y mantas y/o módulos de fibra refractaria aislante.

Se identificó el tipo de Termocuplas a utilizar además de estudiar las características técnicas del tipo de Termocuplas K, modo de operación del quemador basado en ACPM, circuito de generación de chispa y el tipo de control a utilizar; adicionalmente se definió el tipo de control eléctrico y se estudiaron los pirómetros utilizados en la industria para medir temperatura con este tipo de Termocuplas.

Se analizaron las técnicas de programación de los sistemas embebidos para entender cómo se detectan y se procesan señales digitales y analógicas. El diseño de hardware para el sistema de control que permite la toma de datos de sensores de temperatura tipo K, para el tratamiento del acero, conllevó a programar la tarjeta de control con tecnologías de micro controlador orientado al tratamiento y medición de las señales de los sensores de temperatura tipo J y K elementos a utilizar para el monitoreo de la temperatura del horno.

Con la aceleración en los cambios y la creciente presión para lograr más con menos, las nuevas tecnologías están surgiendo más

rápido que nunca. Además, el costo de crear sistemas embebidos de alta calidad es cada día menor, aprovechar la extensa plataforma integrada de hardware y software que están vigentes en el mercado.

Desarrollar código para sistemas embebidos no es lo mismo que programar aplicaciones para PC. Los sistemas embebidos basados en uno o más micros pueden funcionar tanto con: (i) Sistema operativo embebido como por ejemplo Linux Embedded o Windows CE que permiten una programación a más alto nivel en C y C++ en el caso de Linux y también en C# en el caso de Windows; (ii) Sistema operativo de tiempo real (RTOS) como son embOS (Sistemas operativos para embebidos) o el ahora tan de moda FreeRTOS (Sistemas operativos en tiempo real libres) que es compatible y ya tiene versiones para micros tan populares, sencillos y económicos como los Cortex-Mx de ST (familia STM32), los PIC24 y PIC32 de Microchip o los MSP430 de Texas Instruments; (iii) Firmware desarrollado directamente en C o C++ sin ningún tipo de sistema operativo embebido o RTOS.

Estas tendencias de la tecnología exigen amplia dedicación e investigación en el área hay que estudiar mucha teoría y profundizar en ella, para desarrollar proyectos interesantes, pero el futuro es alentador por las múltiples aplicaciones que hay de estas en el mercado.

V. REFERENCIAS

- [1] J. Apraiz Barreiro, «Tratamientos térmicos de los aceros (No. Sirsi) i9788489656208),» 2000.
- [2] S. Olavarrieta, «Desafíos de la investigación en mercadeo en latinoamerica.,» *Revista latinoamericana de administración*, vol. 41, n° XI-XVIII, 2008.
- [3] M.-F. Omaira, «Usos y beneficios de la investigación de mercados: nuevas tendencias e influencias de la interactividad,» *Aibi revista de investigación, Administración e ingeniería*, vol. 1, n° 1, 2013.
- [4] Gonzalo.Parodi, «La política de investigación, ciencia y tecnología y la investigación Educativa de Colombia.,» *Aibi revista de investigación, administración e ingeniería*, vol. 1, n° 1, 2013.
- [5] I. Y. Esguerra, L. G. Lozano, L. D. Villamizar y J. C. Acevedo-Páez, «Metodología para la estandarización del modelo normativo en centrales eléctricas de Norte de Santander-Grupo EPM,» *Aibi revista de investigación, administración e*, vol. 4, n° 2, 2016.
- [6] S. Corrales C., «Alianzas, fusiones y adquisiciones en la Industria Siderúrgica.,» *Economía y Sociedad*, vol. 12, n° 20, pp. 93-107, 2007.
- [7] L. F. C. Carvajal, «Reflexión sobre la industria del acero en el mercado globalizado.,» *Apuntes del CENES*, vol. 30, n° 51, pp. 165-182, 2013.
- [8] O. Mendoza-Ferreira, «Usos y beneficios de la investigación de mercados: nuevas tendencias e influencias de la interactividad,» *AiBi revista de investigación en administración e ingeniería*, vol. 1, n° 1, 2013.
- [9] W. H. Porras Moreno y J. Piñeros Torres, «Análisis de la influencia de la cementación en el tratamiento térmico de temple desde temperaturas intercríticas y desde temperatura intercríticas y revenido en un acero AISIA/»,
- [10] ARTINAID., «Definición de voltaje.,» 2015.
- [11] I. Y. Esguerra, L. G. Lozano, L. D. Villamizar y J. C. Acevedo-Páez, «Metodología para la estandarización del modelo normativo en centrales eléctricas de Norte de Santander – Grupo EPM,» *AiBi revista de investigación en administración e ingeniería*, vol. 4, n° 2, 2016.