
**Aplicación para Control de Producción de Cajas y
Armarios en TAPASEL S.A.S.**

Luis J. NAZAR, Jesús A. REVOLLO

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Electrónico

Director

José Valentín Antonio RESTREPO

Ingeniero Electrónico / Magister en Finanzas

**Universidad Pontificia Bolivariana
Escuela de Ingenierías
Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
Ingeniería Electrónica
Medellín
2015**

Dedicatoria

A nuestras familias, por su constante y total apoyo durante nuestro proceso formativo. Gracias a ellos, pese a las dificultades presentadas, siempre logramos salir adelante.

Agradecimiento

Agradecemos a TAPASEL S.A.S por darnos la oportunidad de realizar un trabajo que contribuye de manera real a nuestra vida como profesionales y a su funcionamiento como empresa.

Agradecemos también a nuestros docentes, y en especial, a José Valentín Restrepo, quién fue de gran ayuda y apoyo durante la realización de este trabajo; estando siempre presto a resolver nuestras inquietudes y brindarnos sugerencias cuando las necesitábamos.

Contenido

INTRODUCCIÓN.....	10
1. SISTEMAS PARA CONTROL DE TIEMPO EN PRODUCCIÓN	11
2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	12
3. DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE	13
3.1. Selección de componentes.....	13
Teclado alfanumérico.....	13
Display LCD	14
Pulsadores	14
Transceptor RS-485	14
MCU (Microcontrolador)	15
3.2. Construcción del diagrama esquemático.....	15
3.3. Diseño y fabricación de tarjeta electrónica.....	16
3.4. Ensamble de tarjeta electrónica	18
3.5. Módulo finalizado	19
4. DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE.....	20
4.1. Firmware del módulo de registro	20
4.2. Protocolo de comunicación	21
Mensajes de polling	21
Mensajes de registro	21
Mensajes de confirmación	21
4.3. Base de datos	21
4.4. Aplicación del servidor.....	22
5. PAGINA WEB Y APLICACIÓN MOVIL	23
5.1. Registro de órdenes	23
5.2. Registro de productos	25
5.3. Estado de órdenes	25
5.4. Aplicación móvil	27
6. PROBLEMAS Y SOLUCIONES.....	28
7. CONCLUSIONES	30
REFERENCIAS	31
AUTOR	32

Lista de Figuras

Figura 1. Diagrama de bloques del sistema.....	12
Figura 2. Teclado alfanumérico.....	13
Figura 3. Display LCD 16x2	14
Figura 4. Conversor USB a RS-485	15
Figura 5. Diseño esquemático del módulo	17
Figura 6. Diseño del circuito impreso	18
Figura 7. Tarjeta electrónica con componentes instalados.....	18
Figura 8. Apariencia del módulo de registro finalizado	19
Figura 9. Formulario de registro de órdenes de producción.....	25
Figura 10. Formulario de registro de productos	26
Figura 11. Tabla de estado de órdenes de producción.....	26

Glosario

Base de datos: Es un espacio en el cual se puede almacenar de manera estructurada y simplificada la información que se requiera, haciendo uso de tablas.

Circuito impreso: También llamado tarjeta electrónica o PCB por sus siglas en inglés (Printed Circuit Board). Es una placa de material aislante sobre la cual se ubican caminos hechos de material conductor (generalmente cobre), que permite realizar conexiones entre componentes ubicados sobre la misma, sin usar cables.

Diagrama esquemático: Es una forma gráfica de representar un circuito electrónico, permite comprender los componentes y conexiones existentes mediante el uso de simbología normalizada.

IDE: Por sus siglas en inglés, es un entorno de desarrollo integrado. Es, básicamente, un software que permite desarrollar aplicaciones para cierta plataforma en particular, brindando herramientas asociadas al destino de dicho desarrollo.

Firmware: En pocas palabras, es el software que realiza el manejo físico del hardware, es decir, las instrucciones de máquina.

GND: Terminal de tierra de una fuente de alimentación o circuito, también suele llamarse de esta manera al terminal negativo (-) de una fuente de alimentación de corriente directa.

Microcontrolador: Es un circuito integrado que incorpora una CPU, memorias y dispositivos de entrada y salida. Es un dispositivo programable de manera que su comportamiento puede ser modificado a voluntad.

Montaje superficial: Es una forma de fijar los componentes en una tarjeta electrónica, de manera que los terminales no atraviesan el circuito impreso por completo. Este tipo de montaje permite reducir el tamaño de los componentes y permite ubicarlos a ambos lados de la tarjeta, aun cuando coinciden en un plano horizontal.

Periféricos: Son los dispositivos de hardware externos, con los cuales se conecta y comunica el microcontrolador.

Servidor: Es un computador que, como su nombre lo indica, está al servicio de otros dispositivos conectados a él. Ubicado en una red permite alojar aplicaciones, bases de datos, páginas web, etc.

Transceptor: Es un dispositivo que incluye un módulo de transmisión y uno de recepción, los cuales comparten su circuitería.

+V: Terminal positivo (+) de una fuente de alimentación de corriente directa.

Cortocircuito: Conexión entre elementos de un circuito que causa una anulación parcial o total de su resistencia y un incremento considerable en la corriente que circula por él.

Resumen

Resumen: TAPASEL S.A.S como empresa del sector productivo, busca optimizar sus procesos de manufactura, de manera que se incremente el volumen de producción a la vez que se reducen los tiempos de ejecución. Como parte de este proceso, se implementa el prototipo de un sistema de control de producción que posibilita monitorear las órdenes de producción mientras avanzan en su proceso de manufactura, permitiendo observar los tiempos de actividad e inactividad durante dicho proceso. *Copyright © 2015 UPB.*

Palabras clave: Optimización, Monitoreo, Orden de producción, Tiempo de actividad, Tiempo de inactividad.

Abstract

Abstract: TAPASEL S.A.S as a company of the productive sector, seeks to optimize their manufacturing processes, so that the production volume increases while the execution times are reduced. As part of this process, a prototype of a production control system is deployed. This system enables monitoring production orders as they move through the manufacturing process, allowing to observe uptimes and downtimes during this process.

Keywords: Optimization, Monitoring, Production order, Uptime, Downtime.

INTRODUCCIÓN

A medida que las empresas crecen, aumentan la cantidad y la frecuencia de las tareas que realizan, y por ende, el número de empleados requeridos para completarlas. Esto dificulta cualquier método de seguimiento artesanal del desempeño de los operarios e incentiva el desarrollo de sistemas más automáticos para el control de la producción.

Los sistemas de control de producción tienen un impacto positivo en el ámbito industrial, pues mejoran, entre otras, la productividad. Estos sistemas permiten a los directivos de las empresas conocer cuánto tiempo se está invirtiendo en cada etapa de fabricación de un producto, cuánto de este se está desperdiciando, entre otras variables de interés. A su vez, no tienen limitaciones impuestas en cuanto a cantidad de empleados y estaciones de trabajo, ya que no requieren personal adicional para realizar los procesos de registro. (Gómez, 2013)

Esta problemática no es ajena a TAPASEL S.A.S, ya que los procesos de manufactura de armarios, cajas y afines implican varias etapas que requieren la intervención de cierta cantidad de empleados. Actualmente, cuando se recibe de un cliente la solicitud de fabricar algún producto, se llena un formato digital de forma manual y se imprime, con lo cual se crea la orden de producción. Acto seguido, este documento impreso es entregado al operario encargado de la primera etapa de la fabricación, de donde extrae la información que requiere para desempeñar su labor. Una vez es

finalizada, le entrega el documento al operario siguiente y así sucesivamente.

Es por eso que se plantea un sistema de control de producción automatizado, basado en el uso de módulos de registro para cada estación de trabajo y un servidor local que aloja una base de datos, accesible mediante una aplicación web y una aplicación móvil.

Para comprender más a fondo el funcionamiento de este sistema, se realiza, inicialmente, una descripción del hardware de los módulos de registro, considerando componentes y las diversas etapas de diseño, esto se puede apreciar en el capítulo 2.

En el capítulo 3, se encuentra una descripción del software utilizado, tanto en el módulo, como en el servidor. Posteriormente, se muestra información relacionada a la construcción de la página web y de la aplicación móvil, esto se puede ver en el capítulo 4.

En el capítulo 5, se muestran los resultados obtenidos. Por último, en el capítulo 6, se presentan las conclusiones.

1. SISTEMAS PARA CONTROL DE TIEMPO EN PRODUCCIÓN

Los sistemas para control de tiempo en producción tienen como objetivo primario mantener bajo observación constante todo el proceso de fabricación de un producto en empresas del sector manufacturero, llevando el registro de variables como el tiempo transcurrido en cada etapa, el tiempo no aprovechado entre las mismas (conocido como tiempo de inactividad), el estado actual de la producción, entre otros.

Este tipo de sistemas tiene repercusiones positivas en las empresas donde se implementan, logrando mejorar la productividad y la eficiencia de los procesos de manufactura.

Algunas de los efectos a corto y mediano plazo al implementar este tipo de sistemas son:

- Reorganización de las etapas de producción, maximizando el tiempo de actividad y reduciendo el tiempo de inactividad.
- Realización de análisis estadísticos periódicos del desempeño de cada empleado y/o de la fábrica como un todo.
- Toma de decisiones administrativas acertadas, que permitan mejorar la productividad de la empresa.

Es importante resaltar que el uso de este tipo de sistemas en el ámbito industrial no es nada nuevo. Empresas de gran cantidad de

empleados y alto flujo de producción llevan varios años haciendo uso de ellos, pues sus efectos positivos se aprecian con una magnitud proporcional al tamaño de dichas empresas. No obstante, estos sistemas no solían implementarse en empresas pequeñas y medianas, en principio, debido a sus costos prohibitivos, tanto en inversión inicial como en pagos periódicos requeridos para hacer uso de los mismos. Esto es debido a que en muchos de estos sistemas, la información proveniente de la empresa es almacenada y administrada por el proveedor del sistema.

TAPASEL S.A.S a lo largo de los años ha progresado con el fin de seguir siendo una empresa completamente vigente en el sector de fabricación de cajas y armarios. Por esto, dentro de su actual proceso de certificación ISO, busca apropiarse de mecanismos que le permitan un mejoramiento continuo y constante. Uno de estos de mecanismos es, justamente, la implementación de un sistema para control de tiempo en producción, cuyo funcionamiento será explicado en detalle a continuación.

2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El sistema diseñado consta de varios módulos de registro (uno por cada estación de trabajo), donde los operarios ingresan la información requerida. Incluye también un equipo servidor el cual se encuentra conectado a dichos módulos, de manera que recibe la información proveniente de ellos y la almacena en una base de datos local. Toda esta información almacenada puede ser accedida por el personal pertinente a través de una página web alojada en el servidor, bien sea desde un computador o un dispositivo móvil.

En la figura 1 se muestra un diagrama de bloques en el que se puede apreciar de manera general los componentes del sistema y la relación entre ellos.

Para utilizar el sistema adecuadamente, se debe seguir un procedimiento que implica ciertas etapas, algunas deben ser realizadas por el personal administrativo, mientras que otras quedarán en manos de los operarios. Este procedimiento inicia con la creación de la orden, la cual se realiza usando la página web y genera automáticamente el documento imprimible necesario. Posteriormente, al recibir el documento, los operarios de cada estación deberán realizar el registro de sus operaciones sobre la orden, de manera que se conozca si su labor está activa, pausada o finalizada. Toda la información ingresada por los operarios es transmitida al servidor e ingresada en la base de datos, de manera que posteriormente es posible consultar el estado actual de todas las órdenes de producción creadas utilizando este sistema.

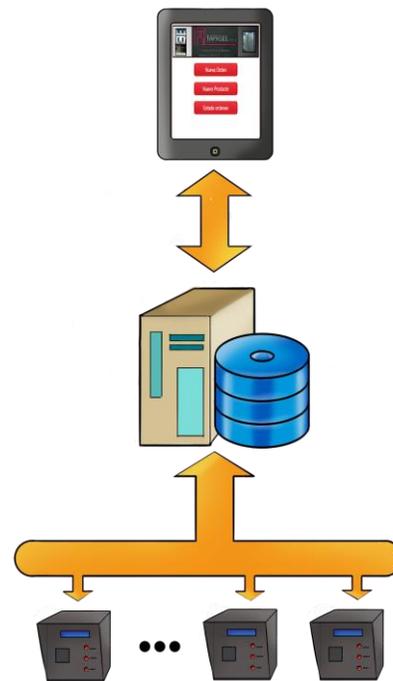


Figura 1. Diagrama de bloques del sistema

3. DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE

Dado que el módulo está concebido como una interfaz bidireccional entre el operario y la base de datos, se debe garantizar que cuenta con componentes que permitan el ingreso y lectura de información. Adicionalmente, éste debe ser de fácil manejo para los operarios y ser robusto, de manera que pueda funcionar adecuadamente en un ambiente industrial.

En este caso se cuenta con los siguientes componentes:

- Teclado alfanumérico
- *Display* LCD
- Pulsadores
- Transceptor RS-485
- MCU (Microcontrolador)

A continuación se describen las etapas por las que se debió pasar antes de tener un prototipo funcional del módulo de registro.

3.1. Selección de componentes

Una vez se decidió que componentes se requerían para la construcción del módulo de registro, fue necesario realizar un proceso de selección entre las diferentes alternativas existentes en el mercado.

Teclado alfanumérico

La selección de este componente se vio enmarcada por las necesidades propias de este sistema. Se escogió un teclado mecánico de 4 filas x 4 columnas, el cual contiene los números del 0 al 9, las letras de la A a la D y los símbolos * y #. Este tipo de teclado se prefirió al teclado de membrana, que pese a ser más delgado y más estético, tiene una menor resistencia al maltrato y al desgaste por uso continuo; elementos cruciales para esta aplicación. El teclado escogido se muestra en la figura 2.



Figura 2. Teclado alfanumérico

Display LCD

La correcta selección de este componente es vital, pues es el que le permite al operario conocer el estado de la orden en la cual se encuentra trabajando actualmente. Si bien en el mercado existen pantallas a color con gran resolución y buena densidad de color, estas son bastante costosas y no aportan ningún valor agregado para este sistema en particular. Es por esto que se escogió un *display* LCD monocromático retroiluminado de 16 caracteres x 2 filas. Adicionalmente, este *display* viene en dos tamaños distintos, de los cuales se escogió el más pequeño para mantener los costos al mínimo. Dicho componente se puede apreciar en la figura 3.



Figura 3. Display LCD 16x2

Pulsadores

Si bien la selección de estos componentes puede parecer trivial, es importante seleccionar pulsadores que resistan gran cantidad de maniobras sin afectar su funcionamiento, teniendo en cuenta que muchas de estas maniobras pueden ser realizadas con exceso de fuerza. Adicionalmente, deben ser de un tamaño adecuado que permita al operador su uso, incluso usando guantes industriales. En una primera instancia, se deseaba utilizar pulsadores con código de colores, de manera de que fuesen rápidamente identificables por el operario; pero dada la dificultad para encontrarlos en el mercado local, se optó por usar pulsadores del mismo color, acompañados de etiquetas que permiten aclarar su función.

Transceptor RS-485

La selección de este componente estuvo influenciada por la cantidad y calidad de la documentación proporcionada por el fabricante, la cual facilita su uso. En este caso, el transceptor con mejor documentación fue el MAX485, fabricado por Maxim. Por esta razón, y por su facilidad de consecución en el mercado local, fue escogido para esta aplicación. Adicionalmente, para facilitar la conexión del equipo servidor a la red RS-485, se adquirió un conversor USB, el cual ahorra el uso de transceptores en cascada (RS-485, RS-232). Este elemento se puede apreciar en la figura 4.

MCU (Microcontrolador)

El proceso de selección de un microcontrolador implica identificar las necesidades que se tengan en cuanto a cantidad de entradas/salidas digitales, puertos seriales, conversores, etc.

Inicialmente, se utilizó el MCU PIC16F887, fabricado por Microchip; esto debido a que ya se tenía experiencia previa en su utilización. A pesar de esto, en etapas posteriores, se decidió reemplazarlo por un PIC16F883. Este cambio se realizó debido a que este modelo es más compacto que el PIC16F887, por lo que ocupa menos espacio en la tarjeta electrónica; y a pesar de tener 11 entradas/salidas digitales menos, se ajusta perfectamente a la cantidad requerida de las mismas. Una ventaja adicional de haber realizado este cambio fue la reducción del costo del MCU.



Figura 4. Conversor USB a RS-485

3.2. Construcción del diagrama esquemático

El diagrama esquemático del circuito del módulo se realizó mediante el software *EAGLE* de *CadSoft*. Durante el proceso de diseño de dicho diagrama, se planteó inicialmente la incorporación de una fuente de corriente directa integrada a la tarjeta electrónica de cada módulo de registro, de manera que éstos se pudieran conectar fácilmente a la red eléctrica de corriente alterna existente en las instalaciones de TAPASEL S.A.S. Sin embargo, esta idea fue rápidamente descartada debido a que elevaba considerablemente los costos de fabricación de la tarjeta electrónica y de los componentes requeridos para la misma.

Posteriormente, se inició el proceso de diseño de una fuente de corriente directa de mayor capacidad, de tal manera que se pudiera instalar una por cada 10 módulos de registro. Esta fuente de directa incorporaría un transformador 110V/9V, una etapa de rectificación con puente de diodos y una última etapa de regulación usando un convertidor *buck*, el cual permite mantener la tensión fija sin generar pérdidas por calor como si lo hacen los reguladores pasivos convencionales. No obstante, en etapas posteriores de desarrollo, se encontraron dificultades para adquirir en el mercado local algunos de los componentes requeridos para el buen funcionamiento de la fuente diseñada. En vista de esto, el personal de TAPASEL S.A.S, en virtud de sus experiencias previas en el tema, se ofreció a solucionar el problema de raíz, implementando una red eléctrica de corriente

directa al interior de las instalaciones, motivo por el cual se desistió del proceso de diseño y fabricación de la fuente.

La realización del diagrama esquemático implicó también la incorporación de elementos pasivos (resistencias y condensadores) de valores específicos, los cuales acompañan a los componentes. Algunos de estos elementos pasivos fueron usados en los terminales del MCU donde se encuentran conectados los pulsadores y el teclado alfanumérico; en este caso, resistencias de *pull-down*. Este conjunto de resistencias se usa para garantizar que los únicos estados posibles al realizar la lectura de los terminales de entrada sean 1 (Alto) o 0 (Bajo), evitando la aparición de un tercer estado (alta impedancia), el cual causa un comportamiento impredecible. Otros elementos pasivos, en este caso condensadores, fueron ubicados entre las líneas de V+ y GND, con el objetivo de filtrar cualquier ruido que ingrese al módulo mediante a través de la fuente de alimentación.

El diagrama esquemático finalizado, se puede observar en la figura 5.

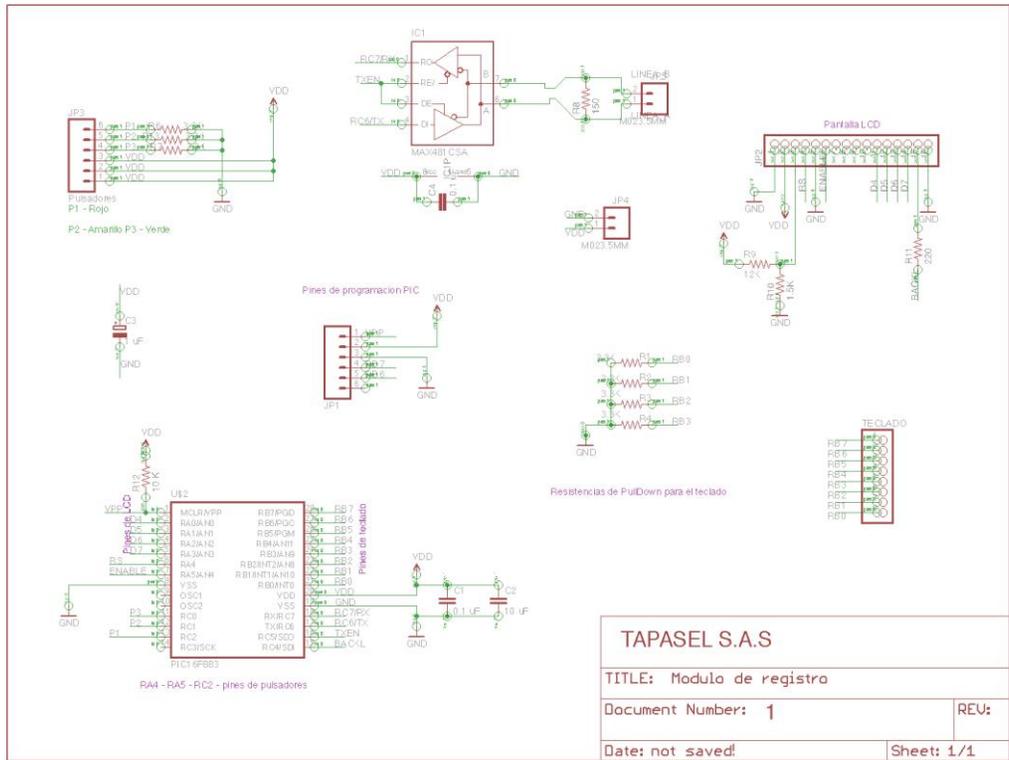
3.3. Diseño y fabricación de tarjeta electrónica

El diseño del circuito impreso del módulo se realizó, al igual que el diagrama esquemático, mediante el software *EAGLE*. En esta etapa se incluyeron terminales de salida en el diagrama, que permiten la conexión a los componentes periféricos, además de la alimentación y la red RS-485.

El proceso de diseño del circuito impreso parte del diagrama esquemático, pero implica determinar la disposición física de los componentes y elementos pasivos sobre la tarjeta, además de las conexiones existentes entre los mismos.

El MCU, como elemento primario de la tarjeta electrónica se ubica en el centro de la misma, facilitando sus conexiones con todos los componentes y elementos pasivos que hacen parte de ella. Posteriormente, sus terminales de conexión con los periféricos externos se ubican en los extremos del circuito impreso, evitando que el cableado tenga que pasar por encima de éste, o posiblemente, cerca del MCU. Los condensadores dispuestos para filtrar el ruido proveniente de la fuente fueron ubicados de manera que los del menor valor quedaran muy cerca al MCU, mientras que los de mayor valor se encontraran próximos a la bornera donde se conecta la fuente. Por último, el transceptor RS-485 se ubicó lo más cerca posible a la bornera de conexión a la red, con el fin de evitar interferencias causadas por otros componentes de la tarjeta electrónica.

Para esta aplicación, se escoge realizar un circuito impreso de doble capa. Este tipo de impresos permiten realizar conexiones entre componentes por las dos caras de la tarjeta electrónica, de manera que dichas conexiones pueden traslaparse en el plano horizontal, sin hacer contacto entre ellas. Esto permite reducir las dimensiones físicas de la tarjeta y los costos de fabricación. Las dimensiones finales de la tarjeta fueron de 56mm x 37mm, que se adecúan al módulo que se pretendía construir.



TAPASEL S.A.S	
TITLE: Modulo de registro	
Document Number: 1	REV:
Date: not saved!	Sheet: 1/1

Figura 5. Diseño esquemático del módulo

Se implementaron algunas características de diseño especiales que permiten reducir el impacto del ruido eléctrico sobre los componentes de la tarjeta electrónica. Entre ellas está el uso de planos de tierra que garantizan que todas las zonas libres del circuito impreso se encuentren aterrizadas en todo momento. (Longares, 2011)

Esto es crucial, ya que la operación de los módulos se encuentra enmarcada en un entorno industrial, muy propenso a generar este tipo de interferencias. Adicionalmente, debido a la construcción en doble capa, los planos de tierra de cada capa deben permanecer interconectados de la mejor manera posible. Es por esto que se realizan agujeros en la tarjeta, que previenen la formación de “islas”, que son zonas en las cuales el plano de tierra ha quedado aislado del resto del mismo, de manera que no se puede garantizar una correcta puesta a tierra de la tarjeta

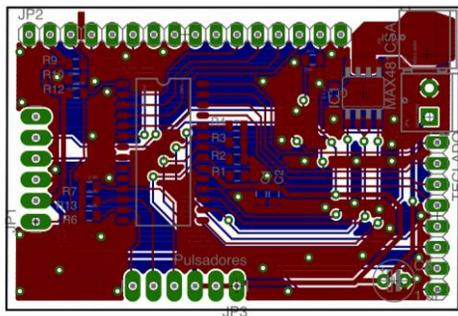


Figura 6. Diseño del circuito impreso

en dichas zonas. El diseño final del circuito impreso se puede observar en la Figura 6.

3.4. Ensamble de tarjeta electrónica

El proceso de ensamble se realizó de manera manual, haciendo uso de una estación de calor. Dicha estación permite soldar los componentes a la tarjeta a una temperatura fija y seleccionada a voluntad, la cual se configura de tal manera que se derrita rápidamente la soldadura, y a su vez se evite causar daños a los componentes que se están soldando. Dado que los componentes escogidos durante la etapa de diseño son casi en su totalidad de montaje superficial, se incrementa un poco la dificultad existente para soldarlos, elevando el nivel de pericia requerida. El resultado final del proceso de ensamble se puede ver en la Figura 7.

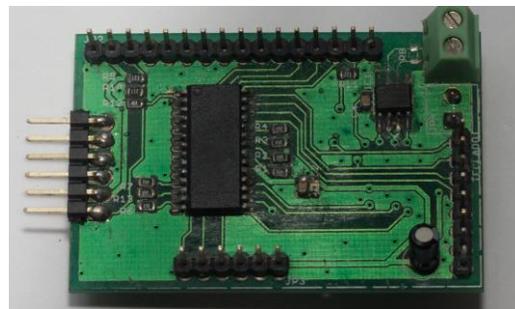


Figura 7. Tarjeta electrónica con componentes instalados

3.5. Módulo finalizado

Luego de tener la tarjeta electrónica con los componentes ensamblados, se realiza la conexión de ésta con sus periféricos, para luego ser ubicados dentro de una caja metálica diseñada y fabricada a medida por TAPASEL S.A.S. En etapas previas, la caja se había concebido muy compacta, de manera que era mínimo el espacio que no estaba siendo ocupado por lo componentes. Sin embargo, luego de algunas conversaciones con personal de TAPASEL S.A.S, se llegó a la conclusión de que era más adecuada una caja de mayor tamaño, con el fin de facilitar su elaboración y el mantenimiento de los componentes que ésta alberga. La caja metálica utilizada incorpora una serie de características implementadas con el fin de extender la vida útil del módulo y facilitar su mantenimiento. Una de estas características es la inclusión de una tapa frontal giratoria, la cual en condiciones de operación se encuentra asegurada firmemente a la caja por dos tornillos. Una vez se remueven dichos tornillos, esta tapa facilita el acceso a la tarjeta electrónica cuando se requiera reprogramar el MCU, reemplazar un componente, o simplemente realizarle mantenimiento. Adicionalmente, se implementó un diseño asimétrico de mayor tamaño en la parte superior, de manera que el *display* LCD queda protegido ante objetos o fluidos indeseados que caigan al módulo. Como última medida, la caja se pintó de color negro, esto con el fin de mimetizar los efectos del polvo y la grasa a la que se encuentra expuesta. La imagen del módulo finalizado, e instalado en la caja previamente mencionada, se puede apreciar en la Figura 8.



Figura 8. Apariencia del módulo de registro finalizado

4. DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE

Si bien el hardware es el eje central de la operación de los módulos de registro, es indispensable un firmware adecuado que haga el manejo de los componentes a los que se tiene acceso. Además, cabe resaltar que el funcionamiento de un sistema de control de producción, de manera muy general, está basado principalmente en el uso de software (bases de datos, página web, etc).

Como un componente adicional a los ya mencionados, es crucial definir un protocolo de comunicaciones que permita el correcto intercambio de información entre el servidor y los módulos, de manera que se garantice que ésta siempre llegue a su destino satisfactoriamente.

Por último, se debe realizar una última pieza de software que permita realizar el empalme entre los módulos y la base de datos, siguiendo el protocolo definido.

4.1. Firmware del módulo de registro

Debido a que el microcontrolador escogido es de la marca Microchip, se trabajó con el IDE proporcionado por el fabricante, llamado MPLAB X.

Adicionalmente, se usó el compilador de lenguaje C proporcionado por Microchip, llamado XC8, compilador que se requiere para configurar fácilmente los PIC16. Dentro de la instalación del compilador, se adquieren una serie de librerías

para uso e implementación, tales como XLCD.h, con la que se logra hacer manejo del *display* 16x2. Como herramienta de programación, se usó el PicKit 3, fabricado por Microchip.

La configuración de los *timers* y los puertos seriales se realizó mediante la manipulación de los registros que se indican dentro de la hoja de datos del microcontrolador. Este método de configuración es bastante tedioso y extiende considerablemente el tiempo requerido para hacer funcionar correctamente el componente requerido, es por esto que se dejó como último recurso. Debió usarse después de no haber logrado encontrar librerías adecuadas para el microcontrolador y los componentes deseados. Para el manejo del teclado alfanumérico se diseñó un algoritmo que registra las pulsaciones por multiplexación. Esta técnica permite reducir la cantidad de entradas/salidas digitales requeridas, comparadas contra la lectura de cada tecla como si fuera un pulsador independiente. La clave para aplicar este método es usar la mitad de los terminales asociados al teclado como salida, y la otra mitad como entrada. De esta manera, siguiendo un arreglo matricial, al poner sólo uno de los terminales de salida en alto y leer el mismo nivel en una de las entradas, se puede saber con certeza que tecla se está pulsando en un momento dado.

Se implementó dentro del código una variable estática donde se almacena el identificador del módulo correspondiente. Esto implica que el firmware almacenado dentro de cada módulo es ligeramente diferente y que se debe compilar un código distinto para cada módulo en particular. Esto podría ser una desventaja al aplicar este

sistema en escalas mayores, pues impide la programación en masa de los módulos de registro.

4.2. *Protocolo de comunicación*

Debido al funcionamiento simultáneo de varios módulos durante la operación para la que se conciben, se decidió realizar la conexión de los mismos al servidor mediante el uso de una red que cumple el estándar RS-485. Este tipo de red es adecuada pues permite una comunicación bidireccional efectiva entre el servidor y los módulos, cumpliendo con los requisitos de distancia y resistencia al ruido establecidos por esta aplicación. (Maxim Integrated, 2001)

Es de resaltar que esta red funciona en la modalidad *half-duplex*, es decir, solo puede haber un equipo en la red transmitiendo información en un momento dado de tiempo, mientras que los otros deben limitarse a recibirla. Es por esto que se diseñó un sistema mediante el cual se garantiza que solo un módulo tiene permitido enviar y recibir información durante un instante de tiempo. Este sistema se conoce como *polling*.

Por la red se transmiten tres tipos de mensajes: mensajes de *polling*, mensajes de registro y mensajes de confirmación.

Mensajes de polling

Este tipo de mensajes son enviados frecuentemente desde el servidor hacia los módulos. La diferencia entre estos mensajes radica en el identificador del módulo destino, el cual permite que

solo el módulo deseado procese dicho mensaje. De esta manera, cuando un módulo recibe del servidor un mensaje que contiene su identificador, se inicia la comunicación bidireccional entre ambos.

Mensajes de registro

Los mensajes de este tipo son enviados desde el módulo que previamente recibió un mensaje de *polling* dirigido hacia él, y están dirigidos al servidor. Su objetivo es enviar a la base de datos la información ingresada por el operario mediante el teclado alfanumérico y los pulsadores. Una vez se envía satisfactoriamente este mensaje, el módulo de registro ingresa a un estado en cual espera un **mensaje de confirmación**.

Mensajes de confirmación

Estos mensajes son enviados desde el servidor hacia el módulo, y se usan para informarle a este último el resultado final de la operación de registro de los datos enviados previamente a la base de datos. De esta manera el módulo puede informarle al operario en pantalla si el registro fue exitoso o fallido.

4.3. *Base de datos*

Es la parte central de cualquier proyecto de este tipo. Facilita tener un control de toda la información que se maneja entre los módulos, la página web y el servidor. Para esto, se escogió el motor de base de datos MySQL y la aplicación PHPMyAdmin como interfaz visual para definir la estructura de la base de datos.

Dentro de una base de datos, el uso de tablas permite administrar fácilmente y de forma práctica toda la información que se necesite almacenar o mostrar al usuario, ya sea en caso de querer registrar una orden o hacer algún tipo de consulta. (Microsoft Office, n.d.)

Asimismo, dentro de la administración de una base de datos, se definieron ciertas relaciones entre las tablas. Estas permiten compartir datos entre ellas, permitiendo limitar el ingreso de ciertos datos en algunas tablas, manteniendo la base de datos en orden y libre de datos inesperados.

Para el caso de TAPASEL S.A.S se definió una estructura basada en cinco tablas principales, en las cuales se almacena información de: órdenes de producción, clientes, productos, registros provenientes de los módulos y estado de órdenes. Cada una de estas tablas se organizó de manera que contienen toda la información relacionada a la tarea que deben desempeñar al interior de la base de datos.

4.4. Aplicación del servidor

Entre las tareas del servidor, está ejecutar en todo momento una aplicación que permite la comunicación de los módulos con la base de datos. Esta aplicación fue desarrollada en lenguaje C# y está configurada de tal manera que inicie cuando se encienda el equipo servidor.

Esta aplicación es la encargada de realizar el proceso de *polling* en un ciclo infinito. Además permite ajustar la cantidad de estaciones activas en el sistema con el fin de mantener en lo

mínimo posible el tiempo requerido para hacer el *polling* a todas las estaciones. Adicionalmente, la aplicación procesa la información proveniente de los módulos, realiza las modificaciones necesarias en la base de datos y responde al módulo si el registro fue exitoso o no.

Como recurso adicional de monitoreo, la aplicación deja en segundo plano una consola de comandos en la cual se muestra cada registro proveniente de los módulos junto con información sobre su origen, la hora y fecha a la que se recibió y el resultado de su ingreso a la base de datos. Esta ventana puede abrirse en cualquier momento y brinda al usuario información en tiempo real que puede usarse para realizar comprobaciones en sitio en cada una de las estaciones, con el fin de prevenir “engaños” al sistema.

5. PAGINA WEB Y APLICACIÓN MOVIL

Dado que este sistema de control de producción está concebido de tal manera que la información proveniente de los módulos sea almacenada en las tablas de una base de datos, se puede dificultar la posterior observación, extracción y análisis de la información almacenada. Es por esto que se implementó un sitio web, el cual facilita al máximo el acceso a dicha información, facilitando la realización de tareas tales como la creación de nuevas órdenes de producción y el monitoreo de las existentes.

Para el desarrollo de un sitio web se dispone de un gran número de herramientas que facilitan la creación del mismo, sin embargo, para hacer uso de estas herramientas, se requiere de un conocimiento previo sobre sus funcionalidades, además, en muchas ocasiones le impiden al programador tener un control exacto del comportamiento del sitio. Esto se debe a que su funcionamiento se basa en el uso de plantillas y asistentes predefinidos. Dadas las condiciones requeridas para el sitio web deseado, se prefirió realizar su desarrollo haciendo el uso de archivos HTML y CSS escritos desde cero. Esta modalidad permite aplicar diagramación y estilo al sitio, de manera que se puede modificar al detalle su apariencia. Adicionalmente, el uso de JavaScript junto a bibliotecas como jQuery le permite al usuario tener una interacción más amigable con el sitio web. Además, haciendo uso de Ajax, como extensión de jQuery, se pueden hacer consultas al servidor en cualquier momento. Otra herramienta empleada es PHP, que permite de forma dinámica

establecer una comunicación con el servidor posibilitando el realizar consultas, insertar información o actualizar la base de datos.

El sitio web se estructuró en tres páginas distintas, cada una asociada a la realización de una tarea en particular. A continuación se presenta una explicación detallada de cada una de estas páginas y su funcionamiento.

5.1. Registro de órdenes

Esta página es de especial importancia, ya que marca el inicio de un proceso de producción, dicha operación debe quedar almacenada de manera que se pueda consultar posteriormente. Para este caso se ha diseñado dentro de la aplicación web un formulario en el que se ingresa toda la información pertinente y necesaria al momento de crear una nueva orden de producción. Además, permite agregar nueva información, como lo es el caso de la inscripción de un nuevo cliente. Inicialmente se había planteado la idea de crear un espacio dedicado únicamente para el registro de nuevos clientes, incluso, se había planteado la creación de un formulario extenso, que permitiera ingresar la mayor cantidad de información posible del cliente. Posteriormente se determinó que esto no era necesario y que probablemente terminaría cansando al cliente y al empleado encargado de llenar el formulario. Por ende, se implementó un mecanismo en el que se pregunta únicamente la información realmente necesaria y usando como parámetro el número de identificación del

cliente, único y no replicable entre todos los registros, ya sea una cédula de ciudadanía o un NIT conforme sea el caso. De esta manera al ingresar este número de identificación en la casilla correspondiente y hacer *click* en el botón “consultar” la aplicación realiza una consulta mediante AJAX y PHP a la base de datos, con el fin de comprobar si dicha identificación ya existe dentro de los datos almacenados. Si la consulta resulta satisfactoria, inmediatamente el sistema hace que todos los datos correspondientes a dicho cliente aparezcan automáticamente en sus casillas asignadas. De lo contrario, la página muestra un mensaje de alerta, notificando que el cliente no se encuentra registrado, acto seguido, el empleado únicamente tendrá que ingresar manualmente los datos del cliente, los cuáles quedarán almacenados en la base de datos cuando se genere la orden. De esta manera, el cliente ya estará registrado para futuras oportunidades.

El siguiente dato requerido para realizar el registro de una orden es el código de producto, este código es generado por TAPASEL S.A.S con el fin de poder clasificar cada uno de los productos con los que trabajan y poder encontrarlos con mayor facilidad. Para hacer más sencillo el proceso, el operario, en vez de ingresar manualmente el código, puede seleccionarlo de una tabla donde se encuentran listados, inicialmente, todos los productos previamente registrados en la base de datos. Para acceder a dicha tabla es necesario hacer *click* en el botón “Tabla de productos” el cual realiza el despliegue de la misma. La tabla cuenta con un buscador, el cual permite ubicar el

producto deseado ingresando apartes de su descripción, de manera que al ingresar un texto en el recuadro de búsqueda y hacer *click* en el botón “buscar”, se filtran los productos mostrados en la tabla, quedando sólo los que contengan el texto ingresado. En caso de no encontrar ningún producto relacionado, la tabla quedará vacía, indicando que dicho producto no existe, o no se encuentra registrado en la base de datos. Como ayuda visual, que facilita la identificación del producto deseado, la tabla cuenta con un campo de foto, donde se muestra la imagen asociada a cada producto cuando fueron registrados en la base de datos. Dicha imagen aparece en un tamaño pequeño cuando se ubica el cursor encima del enlace, pero si se hace *click*, se puede ver la imagen en tamaño completo en una ventana nueva. Una vez se ubica el producto deseado y se hace *click* en el botón “Seleccionar producto”, el código de producto se carga en su campo correspondiente de forma automática.

El formulario cuenta con campos adicionales, los cuales permiten esclarecer lo que la orden de producción comprende. Estos campos son: número de piezas a producir y tiempo estimado de producción. Una vez se ingresan la información adecuada en estos campos y se hace *click* en el botón “Generar orden”, se almacena toda la información ingresada en la base de datos. Adicionalmente, se genera el documento imprimible en PDF, donde queda plasmada la información ingresada.

El formulario de registro de órdenes de producción, junto con la tabla de productos, pueden verse en la figura 9.

Información Cliente

ID

Nombre completo

Dirección

Teléfono

E-mail

Información Producto

Código de producto

Buscar producto por descripción

Cod Prod	descripción	Link Foto	Link Plano
<input checked="" type="radio"/> PROD1	Descripción para el producto 1	Link Foto	undefined
<input type="radio"/> PROD10	Descripción para el producto 10	Link Foto	undefined
<input checked="" type="radio"/> PROD11	Descripción para el producto 11	Link Foto	undefined
<input type="radio"/> PROD12	Descripción para el producto 12	Link Foto	undefined
<input type="radio"/> PROD13	Descripción para el producto 13	Link Foto	undefined
<input type="radio"/> PROD14	Descripción para el producto 14	Link Foto	undefined
<input checked="" type="radio"/> PROD15	Descripción para el producto 15	Link Foto	undefined
<input type="radio"/> PROD16	Descripción para el producto 16	Link Foto	undefined

Cantidad a producir

Tiempo estimado de producción

Figura 9. Formulario de registro de órdenes de producción

5.2. Registro de productos

Si bien, el portafolio de productos de TAPASEL S.A.S se encuentra bien establecido, siempre cabe la posibilidad de que se desee añadir un nuevo producto al mismo; ya sea una variación de un producto existente, o algo completamente nuevo. Es por esto que, con el fin de anticiparse a cualquier situación, se decidió dejar lista la posibilidad de registrar nuevos productos en la base de datos.

El registro de un producto nuevo requiere de tres datos únicamente: el código de producto, su descripción y una imagen del mismo. Una vez se ingresan los datos y se hace *click* en el botón “Registrar producto”, se realizan comprobaciones al interior de la base de datos, de manera que no se ingrese un código existente y que la imagen seleccionada no exceda 5MB. Lo primero con el fin de mantener el orden y evitar confusiones y lo segundo con el objetivo de mantener al mínimo el espacio de almacenamiento usado por estas imágenes en el servidor. Si alguna de estas comprobaciones falla, el usuario es informado mediante un mensaje de alerta. El formulario de registro de productos se puede ver en la figura 10.

5.3. Estado de órdenes

La tercera y última página del sitio web es la razón de ser de esta aplicación, pues es en ésta donde se puede monitorear de manera precisa el avance de las órdenes de producción a través de sus diferentes etapas.

En etapas iniciales de desarrollo, se consideró presentar la información de la misma manera en que se encontraba almacenada en una de las tablas de la base de datos, es decir, mostrar un histórico de registros provenientes de las estaciones para cualquier orden de producción. No obstante, esta idea fue posteriormente descartada ya que dificultaba a sobremanera una comprensión rápida y sencilla de los datos mostrados, esto se debe a que en dicha tabla los registros se agregan indiscriminadamente conforme se hacen registros en los módulos, haciendo imposible tareas tan sencillas como saber la última estación por la que ha pasado una orden en particular. Es por esto que se decidió añadir una tabla nueva a la base de datos, donde la información se organiza y se agrupa antes de almacenarse y posteriormente ser presentada al usuario. Adicionalmente, se creó también una tabla de estado de órdenes en el sitio web. En ésta, se listan las órdenes de producción que ya han iniciado su proceso de manufactura, mostrando su estado actual (activa, pausada ó finalizada), la hora y fecha a la que inició su fabricación, la cantidad de horas de trabajo acumuladas y por último, la hora y fecha de finalización de la orden (en caso de que aplique).

Para facilitar el monitoreo de las órdenes más recientes, éstas se muestran en la tabla siguiendo un orden cronológico, dado por la hora y fecha de la última vez en que cada orden cambió su estado, es decir, la orden que encabeza la lista, es la última en haber modificado su estado. La tabla de estado de órdenes se puede observar en la figura 11.

Figura 10. Formulario de registro de productos

Figura 11. Tabla de estado de órdenes de producción

5.4. Aplicación móvil

El uso de aplicaciones para dispositivos móviles ha venido aumentando drásticamente en los últimos años. El usuario moderno prefiere realizar tareas de la forma más rápida y cómoda posible, de manera que prefieren usar su dispositivo móvil, el cual tienen a la mano, a tener que sentarse frente de computador de escritorio para realizar las mismas tareas, pero obligándolos a quedarse quietos y tardar más tiempo.

Para la aplicación móvil, se decidió partir del sitio web previamente mostrado, pero siguiendo las propuestas del *responsive web design*. De esta manera, cuando se accede a dicho sitio desde un dispositivo móvil, se ingresa a una versión similar a la estándar, pero organizada en un tamaño y contenido adecuados para dicho dispositivo. (Designmodo, 2015)

Para mantener una interfaz de usuario intuitiva y fácil de usar, se removieron las opciones de registro de nuevas órdenes y productos. Esto, dado que durante las pruebas de usabilidad, realizadas en conjunto con personal de TAPASEL S.A.S, la tarea de registrar nuevas órdenes de producción usando un dispositivo móvil resultaba bastante tediosa, en vista la dificultad existente para visualizar un formulario tan extenso dentro de una pantalla de dimensiones y resolución reducidas. Adicionalmente, el registro de nuevos productos fue diseñado únicamente para ser usado desde un computador de escritorio ubicado al interior de las instalaciones de la empresa. Esto es

debido a que la carga de imágenes desde un dispositivo móvil a una página web es compleja de implementar, dadas las limitaciones del sistema de archivos en estos dispositivos; además, no es usual almacenar imágenes de productos nuevos en los dispositivos móviles, por motivos prácticos.

Al momento de diseñar la aplicación móvil, el punto clave para decidir que se iba a presentar en ella y de que forma, fue definir su público objetivo y necesidades del mismo. En este caso, la aplicación está dirigida hacia el personal administrativo de la empresa, razón por la cual lo más importante a mostrar es la información relacionada al estado de las órdenes de producción. Adicionalmente, al integrar en la aplicación solo las funcionalidades necesarias, se logra mantener tiempos de carga reducidos que mejoran la experiencia del usuario al manipularla.

6. PROBLEMAS Y SOLUCIONES

Pese a que el alcance de este proyecto incluye la construcción de sólo un prototipo del módulo de registro de órdenes, se decidió incluir módulos adicionales. Esto se hizo para poder hacer pruebas más realistas del funcionamiento de la red RS-485, la técnica de *polling* y el protocolo empleado. En etapas iniciales, la prueba se ideó para ser realizada con cinco módulos de registro, razón por la cual se ordenó la manufactura del mismo número de tarjetas electrónicas. No obstante, por la dificultad para conseguir algunos componentes, solo se pudieron ensamblar en su totalidad tres de las tarjetas electrónicas.

Una vez se inició la etapa de programación y conexión de las tarjetas con sus periféricos externos, se observó que una de ellas no estaba funcionando correctamente. Se notó que el MCU era imposible de programar y por tanto no se podían hacer funcionar los periféricos en absoluto. Tras una inspección cuidadosa, se descubrió que la tarjeta electrónica presentaba un cortocircuito entre dos líneas que deberían estar aisladas, siendo estas, +V y GND. Esto impedía el encendido y por ende el funcionamiento de la tarjeta. Este problema fue posteriormente solucionado desmontando los componentes y trasladándolos a una de las dos tarjetas que habían “sobrado” inicialmente. De esta manera se logró dejar tres tarjetas electrónicas plenamente funcionales.

Posteriormente, teniendo las tres tarjetas mencionadas, todas conectadas a sus periféricos correspondientes, se procedió a conectarlas al servidor haciendo uso de la red RS-485. No obstante, las comunicaciones no funcionaron correctamente en esta etapa. Después de una etapa de análisis, se descubrió que el problema se encontraba en la resistencia ubicada entre los terminales de la bornera de conexión de la tarjeta a la red RS-485, dicha resistencia debió ser removida, dado que estaba ubicada una en cada módulo, en vez de estar una en cada extremo de la red, como se sugiere. (Maxim Integrated, 2001)

Durante el proceso de diseño del sitio web del sistema, dado que TAPASEL S.A.S cuenta con una página web activa, se trató de incorporar el diseño de esta última al sitio en construcción. Esto produjo problemas en la renderización de las imágenes al momento de ajustar el sitio web a la aplicación móvil. Estos problemas fueron luego corregidos usando COMPASS, una extensión usada para compilar en lenguaje SASS (lenguaje de hojas de estilo). Adicionalmente, para añadir la funcionalidad de previsualización de imágenes en la tabla de productos (ubicada en el formulario de registro de órdenes); se debió hacer uso de librerías de JavaScript las cuales causaron conflictos con otros elementos del sitio al momento de ejecutarse. Después de un largo proceso de búsqueda, se encontró una librería de código abierto que funcionó adecuadamente y fue incorporada al sitio.

Con la filosofía de realizar consultas a la base de datos en segundo plano, se deseaba que todas ellas se pudieran ejecutar

usando AJAX, sin embargo, para implementar la carga de imágenes usada en el registro de productos, no fue posible hacer uso de esta herramienta sin realizar ajustes de consideración mediante PHP. Posterior a estos ajustes, la transmisión de toda la información correspondiente al registro de productos se realizó en dos etapas, la primera, mediante PHP, para permitir la carga de la imagen; mientras que la segunda hace uso de AJAX para enviar el resto de información a la base de datos.

Para organizar adecuadamente la información que se presenta en la tabla de estado de órdenes, se había considerado realizar una serie de peticiones a la base de datos y posteriormente procesar la información recibida en el sitio web, para luego mostrarla al usuario. No obstante, este método se mostró lento e ineficiente por lo que se optó (luego de adquirir conocimientos relacionados) por realizar una petición personalizada mediante SQL, la cual permite que la información proveniente de la base de datos llegue lista para ser mostrada, liberando carga del sitio web.

Durante la etapa de producción de las cajas metálicas fabricadas por TAPASEL S.A.S se presentaron dificultades que aplazaron el proceso de pruebas del sistema completo. Una vez obtenidas, se procedió al ensamble y ajustes de las piezas dentro de ellas, para luego ser conectada a la alimentación y la red y ser probadas. Dentro de las pruebas físicas de los componentes no se observó ninguna anomalía, además, su conexión con el servidor fue satisfactoria. Se realizaron varias

pruebas en cadena que incluyen el proceso de creación de órdenes nuevas usando un computador conectado a la red local, la modificación de dichas órdenes haciendo cambio en sus estados actuales (usando los módulos de registro) para luego poder ser observadas dentro del sitio web.

Afortunadamente luego de realizar estas pruebas no se presentó ningún error en los tiempos de respuesta, ni un retraso en la escritura de información a la base de datos, ni en su visualización dentro del sitio web.

7. CONCLUSIONES

Se logró diseñar y construir un sistema integrado que permite realizar el monitoreo de cualquier orden de producción en TAPASEL S.A.S desde el momento de su creación, pasando a través de su proceso de manufactura por las diferentes estaciones de trabajo, hasta su finalización. Este sistema permite observar tiempos de actividad, inactividad, estaciones implicadas, entre otros.

Se consiguió fabricar un prototipo funcional del módulo de registro que permite la identificación de la estación de trabajo y la orden de producción que se encuentra activa en dicha estación. Adicionalmente, se pusieron en funcionamiento un sitio web y una aplicación móvil, las cuales permiten acceder a toda la información proveniente de los módulos mencionados, previamente organizada mediante el uso de una base de datos diseñada e implementada para este sistema.

Las características del módulo finalizado en cuanto a su diseño físico y electrónico, además de los materiales usados para su construcción se deben en gran medida al público al que éste va dirigido. En este caso es necesario tomar consideraciones adicionales debidas a condiciones tales como el ruido eléctrico, presencia de contaminación en el ambiente y uso inadecuado o maltrato de los periféricos externos. Adicionalmente, es clave la sencillez en su diseño para lograr que su operación sea intuitiva para el operario.

La manera en la que se almacena la información en una base de datos, está orientada a la sencillez en su manejo y al mínimo uso posible de los recursos del servidor, esto hace que dicha información se encuentre muchas veces guardada de formas poco comprensibles para un usuario final que desee conocerla. Es por esto que la implementación de una aplicación de software adecuada es decisiva para el éxito de este tipo de sistemas; se debe lograr que el usuario acceda fácilmente a la información que requiere, presentada de una forma que le sea amigable.

El uso de este tipo de red y mecanismo de control establece límites considerablemente altos en la cantidad de módulos de registro que se pueden implementar en una empresa. Es por esto que es una alternativa muy adecuada para empresas que se encuentren en proceso de crecimiento, ya que en cualquier momento se pueden agregar nuevas estaciones de trabajo con sus respectivos módulos de registro.

Si bien es un tema que no está al alcance de este proyecto, es ideal que este tipo de sistemas se encuentren alojados en un servidor web y no en uno local. Esta decisión permitiría acceder a información relativa a la producción desde cualquier lugar diferente a las instalaciones de la empresa, pudiendo incluso usarse para facilitarle a los clientes información exacta sobre el estado actual de su orden.

REFERENCIAS

- Designmodo. (2015). *Diseño Web Adaptativo: Las Mejores Prácticas en 50 Ejemplos*. En línea, <http://designmodo.com/es/disenio-web-adaptativo/>. Consultado 12/04/2015.
- GÓMEZ, E. (2013). *Objetivos de implantar un sistema de planificación y control de la producción en plantas industriales*. En línea, <http://www.eoi.es/blogs/emiliogomez/2013/01/17/objetivos-de-implantar-un-sistema-de-planificacion-y-control-de-la-produccion/>. Consultado 12/04/2015.
- LONGARES, J. (2011). *Ruido eléctrico: Diseñando PCBs inmunes a los ruidos eléctricos*. En línea, <http://www.javierlongares.com/arte-en-8-bits/ruido-electrico-disenando-pcbs-inmunes-a-los-ruidos-electricos/>. Consultado 13/04/2015.
- Maxim Integrated. (2001). *Guidelines for Proper Wiring of an RS-485 (TIA/EIA-485-A) Network*. En línea, <http://www.maximintegrated.com/en/app-notes/index.mvp/id/763>. Consultado 12/04/2015.
- Microsoft Office. (n.d.). *Conceptos básicos sobre bases de datos*. En línea, <https://support.office.com/es-hn/article/Conceptos-básicos-sobre-bases-de-datos-a849ac16-07c7-4a31-9948-3c8c94a7c204?ui=es-ES&rs=es-HN&ad=HN>. Consultado 13/04/2015.

AUTOR



Luis J., NAZAR. Nació en Barrancabermeja, Colombia; Bachiller egresado del Colegio El Rosario. Egresado no graduado de Ingeniería Electrónica de la Universidad Pontificia Bolivariana.



José Valentín Antonio RESTREPO LAVERDE, Docente Titular de la Facultad de Ingeniería Eléctrica Electrónica de la UPB. Magister en Finanzas e Ingeniero Electrónico. Sus principales líneas de investigación son en el área de Bioingeniería y Microelectrónica.



Jesús Alberto, REVOLLO VARGAS. Nació en Sincelejo, Colombia; Bachiller egresado de Colegio Nuestra Señora de las Mercedes. Egresado no graduado de Ingeniería Electrónica de la Universidad Pontificia Bolivariana.