

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

*Luis J. NAZAR, Jesús A. REVOLLO, José Valentín Antonio RESTREPO*

*Universidad Pontificia Bolivariana; Cir. 1 #70-01, Medellín, Colombia.  
luis.nazar@upb.edu.co*

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: Monitoreo, Orden de producción, Tiempo de actividad, Tiempo de inactividad.

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: Monitoring, Production order, Uptime, Downtime.

## 1. 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.

El proceso planteado inicia con la creación de la orden, la cual se realiza mediante la página web y genera automáticamente el documento imprimible. 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. Esta información podrá ser accedida mediante la página web.

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.

## 2. DESCRIPCIÓN DE 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. En este caso se cuenta con los siguientes:

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

### 2.1. Diseño y fabricación de tarjeta electrónica

El diagrama esquemático y el diseño del circuito impreso del módulo se realizaron mediante el software *EAGLE* de *CadSoft*. Además de los componentes ya mencionados, se incorporaron elementos pasivos (resistencias y condensadores) de valores específicos, que permiten un buen funcionamiento del módulo. Además, 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 mencionado, pero implica determinar la disposición física de los componentes y elementos pasivos sobre la tarjeta, además de las

conexiones existentes entre los mismos. Para este caso, se escoge realizar un circuito impreso de doble capa. Esto permite reducir las dimensiones físicas de la misma y los costos.

Se implementaron algunas características de diseño especiales que permiten reducir el impacto del ruido eléctrico sobre los componentes. Entre ellas está el uso de un plano de tierra que garantiza 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. El diseño final del circuito impreso se puede observar en la Figura 1.

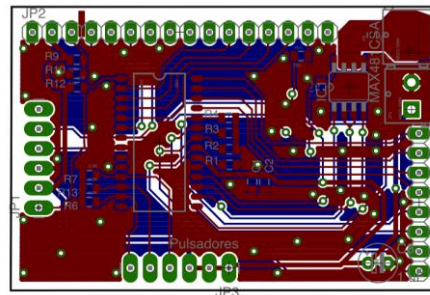


Figura 1. Diseño del circuito impreso

## 2.2. Ensamble de tarjeta electrónica

El proceso de ensamble siguió normas comunes al desarrollo de este tipo de componentes, el resultado final se puede ver en la Figura 2.

Las dimensiones finales de la tarjeta fueron de 56mm x 37mm, que se adecúan al módulo que se pretendía construir.

## 2.3. 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. La imagen de la caja se puede apreciar en la Figura 3.

# 3. DESCRIPCIÓN DE SOFTWARE

Dentro de todo el proceso de desarrollo de software, se tienen en cuenta el protocolo de comunicación elegido, además de las plataformas implementadas para cada una de las partes.

## 3.1. 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

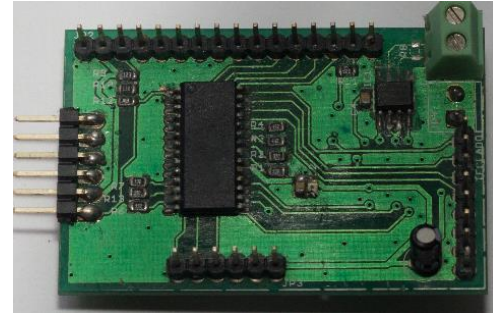


Figura 2. Tarjeta electrónica con componentes instalados

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*.

### 3.2. Funcionamiento del polling

El servidor transmite frecuentemente mensajes diferentes que son recibidos en todos 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.

### 3.3. Firmware del modulo

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 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. La configuración de los *timers* y los puertos seriales se realizó mediante la manipulación directa de los registros que se indican dentro de la hoja de datos del microcontrolador. Para el manejo del teclado se diseñó un código que registra las pulsaciones por multiplexación.



Figura 3. Módulo finalizado

### 3.4. 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 alguna orden o hacer algún tipo de consulta. (Microsoft Office, n.d.)

Asimismo, dentro de la administración de una base de datos, existen las relaciones entre tablas que permiten compartir datos entre ellas, permitiendo limitar el ingreso de ciertos datos en algunas tablas.

Para el caso de TAPASEL S.A.S se implementaron tablas que permitieran guardar información de sus clientes, de los productos y los estados de las órdenes de producción.

### 3.5. 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.

## 4. PÁGINA WEB Y APLICACIÓN MÓVIL

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 las páginas web con diagramación y estilo, se usó una serie de herramientas tales como HTML y CSS. 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 o actualizar la base de datos. En la Figura 4 se puede observar la vista del menú principal de la página Web.

Para la aplicación móvil, se decidió usar la misma página web, siguiendo las propuestas del *responsive web design*. De esta manera, cuando se accede a dicha página desde un dispositivo móvil, se ingresa al mismo sitio web, pero organizado en un tamaño y contenidos adecuados para dicho dispositivo. (Designmodo, 2015)

## 5. RESULTADOS

Se logró realizar un prototipo funcional del módulo de registro diseñado, el cual se comunica correctamente con el servidor, enviando y recibiendo información desde y hacia el mismo. Este recibe correctamente las pulsaciones ingresadas mediante el teclado y los comandos recibidos mediante los pulsadores. Por último, muestra correctamente en el *display* información relacionada a su estado actual.



Figura 4. Menú principal de la aplicación Web

Se logró también, realizar satisfactoriamente el registro de una nueva orden de producción a través de la página web. Posteriormente se logró verificar el estado actual de dicha orden luego de alterarlo mediante el módulo de registro.

## 6. CONCLUSIONES

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.

## 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-pcb-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.



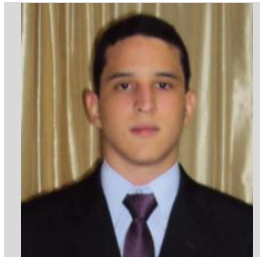
## AUTOR



*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.