

Sistema de control y supervisión de un compresor de aire utilizando dispositivos móviles con sistema operativo Android y protocolo de comunicación Bluetooth

Control and supervision system for an air compressor using mobile devices with Android operating system and Bluetooth as the communication protocol

COLCIENCIAS TIPO 1. ARTÍCULO ORIGINAL

RECIBIDO: MAYO 27, 2015; ACEPTADO: JUNIO 25, 2015

Javier Andres Vargas Guativa, Ph.D(c)

javier.andres.vargas@unillanos.edu.co

Liliana Rojas Marín

ingri.rojas@unillanos.edu.co

Ricardo Toledo Burgos

edgar.toledo@unillanos.edu.co

Universidad de los Llanos, Villavicencio-Colombia

Resumen

El artículo sintetiza el trabajo desarrollado al interior del grupo Macryp que consistió en el diseño e implementación de un sistema de control y supervisión para un compresor de aire por medio de dispositivos móviles con sistema operativo Android, utilizando el protocolo de comunicación inalámbrica bluetooth. Permitiendo abordar temáticas relacionadas con los sistemas de telecontrol y aportando a usos industriales con tecnologías abiertas y flexibles. La tendencia global se está centrando en la evolución tecnológica de dispositivos móviles donde existen aplicaciones en la medicina, biología y otras ciencias que vienen realizando apropiación del conocimiento en su campo laboral, por esta razón para el desarrollo de este proyecto se trabajó bajo la metodología de proyecto factible y se apropió de un tema global en un contexto local. Las variables supervisadas y controladas fueron temperatura, presión de aire, velocidad, corriente, voltaje y potencia. Controlando los parámetros de Encendido y apagado de la máquina eléctrica, cambio de giro del motor, potencia y presión máxima acumulada en el tanque de almacenamiento del compresor.

Palabras Clave

Presión; temperatura; voltaje AC; RPM; potencia aparente; triac; optotriac; termocupla; llave óptica.

Abstract

The article summarizes the work carried out within the group Macryp that included the design and implementation of a monitoring and control system for an air compressor through mobile devices with Android operating system, using the Bluetooth wireless communication protocol. Allowing addressing issues related to remote systems and contributing to industrial uses with open and flexible technologies. The overall trend is focusing on the technological evolution of mobile devices where there are applications in medicine, biology and other sciences being made appropriation of knowledge in their field, which is why the development of this project will work under the methodology feasible project and seized a global issue in a local context. The variables were monitored and controlled temperature, air pressure, speed, current, voltage and power. Controlling parameters on and off the electrical machine, hand drawing engine power and maximum pressure built up in the storage tank compressor.

Keywords

Pressure; temperature; AC voltage; RPM; apparent power; triac; optotriac; thermocouple; optical key.

I. INTRODUCCIÓN

Sin el avance de las telecomunicaciones, el monitoreo y control de variables se remitía a una labor rudimentaria en la que había que desplazarse hasta donde estuviera el sistema a monitorear y controlar las variables, una tarea bastante compleja si el sistema se encuentra en un sitio de difícil acceso.

Con el avance de las telecomunicaciones y el surgir de protocolos de comunicación inalámbrica este panorama cambia radicalmente. Ante esta situación se decidió hacer un proyecto en el que se implementó una red de área personal Bluetooth para monitorear y controlar un sistema de potencia con un compresor de aire al cual se visualizaron algunas variables –temperatura, velocidad, corriente, voltaje y potencia del motor monofásico asíncrono, temperatura del compresor y presión de aire acumulada en la pipa–, y se controlaron cuatro parámetros –encendido y apagado, cambio de giro, potencia del motor y presión máxima acumulada en el tanque–.

A continuación se presentan las revisiones bibliográficas que sirvieron de soporte teórico para lograr los objetivos propuestos, los proyectos que aportaron al desarrollo presentado referente al monitoreo de variables de compresión de aire utilizando dispositivos móviles con sistema operativo Android, y protocolo de comunicación Bluetooth.

Gengis Nieto (2009) realizó una tesis en la cual propuso desarrollar un sistema de adquisición de datos y supervisión remota que permita la gestión del manejo de variables asociadas a las operaciones automáticas o manuales del tablero del control eléctrico, basado en un software de supervisión a distancia instalado dentro de la sala de control de ésta central, que permita el monitoreo continuo de las diferentes variables de operación del sistema de aire comprimido y conocer el estado actual del proceso supervisado en cualquier instante, a fin de garantizar un buen desempeño de estos compresores.

En el caso de la presencia de fallas, el operador las detecta a través del software implantado en la sala de control y el desempeño del proceso no se degrada de manera importante. Esta tesis logró dar feliz término al proyecto, gracias al conocimiento de los sistemas de adquisición de datos y de instrumentación electrónica, logrando la disminución de errores humanos y el ahorro de tiempo en la detección de fallas dentro del sistema de aire comprimido de la central.

En la Universidad de Oriente de Venezuela, la tesis de Anyelo Antonio Prado Duran (2009) tuvo como objetivo principal elaborar la ingeniería básica y conceptual de un sistema eléctrico de potencia y control para la operación de motores asíncronos de 1100 HP a 6,6 kV en el área de bombeo de una planta hidrológica. Pese a ciertos inconvenientes, por tratarse de niveles de alta tensión, cumplió los objetivos propuestos.

Stanling José Rodríguez Ducallín (2009), de la Universidad de Oriente de Venezuela, realizó un proyecto cuyo objetivo fue diseñar un sistema de supervisión y control a distancia de los parámetros de operación del sistema de generación y distribución de energía neumática de la planta de producción de Toyota en Venezuela. Para alcanzar su objetivo fue necesario que el ejecutor del proyecto se relacionara con los equipos que conforman el sistema neumático para identificar las variables a supervisar por el sistema y así desarrollar un hardware y un software que estuvieran perfectamente acoplados al sistema. Su proyecto fue exitoso.

Diego Armando Zamora García (2012) realizó una solución al escaso uso de los laboratorios de la Universidad Veracruzana por parte de los estudiantes, generado por lo irregular de los horarios, el gran número de estudiantes y la insuficiencia del equipo, implementando laboratorios remotos, mediante los cuales los estudiantes pueden realizar prácticas de laboratorio en cualquier horario y sin la necesidad de estar presentes en el laboratorio.

Zamora usó tecnologías de protocolos de transferencia de información –como TCP/IP–, lo que permite que los estudiantes puedan realizar prácticas de laboratorio desde cualquier computadora conectada a Internet. Esta tesis tiene por finalidad diseñar y construir un sistema de adquisición de datos y control para un equipo en el laboratorio de máquinas eléctricas mediante la instrumentación virtual, llevando el sistema de control a la red para la implementación de un laboratorio remoto; Zamora logró el diseño y la construcción del sistema de adquisición de datos y control para el equipo del laboratorio de máquinas eléctricas mediante instrumentación virtual.

En el Instituto Politécnico Nacional de México, Sandra Alatorre Terán y Raymundo Carbajal Peña (2011) desarrollaron el proyecto "Diseño e implementación de un sistema de control vía bluetooth para la iluminación de un hogar basado en una aplicación de S.O. Android", con el

cual pretendían desarrollar un sistema de control de la iluminación, para regular la intensidad de lámparas de bajo consumo de energía, por medio de un *dimmer* controlado con un PIC desde una aplicación diseñada en App Inventor para el sistema operativo Android y el protocolo de comunicación Bluetooth. Su tesis fue un éxito, ya que se logró el control del *dimmer* por medio de un dispositivo móvil, usado como mando a distancia, utilizando el protocolo Bluetooth.

Eugenio Salgado Plasencia (2012) en la Universidad Autónoma de Queretano en México presentó el trabajo de grado "Sistemas de medición de consumo de voltaje, corriente y potencia monitoreado por Bluetooth", el cual tiene por objetivo construir un sistema capaz de medir el consumo de una red eléctrica utilizando sistemas embebidos con comunicación Bluetooth, para mostrar los valores de la mediciones en un Smartphone con sistema operativo Android; el sistema debería ser capaz de obtener los valores en magnitudes eléctricas relacionadas con el consumo eléctrico, tales como: corriente, voltaje, frecuencia, factor de potencia y potencia aparente, activa y reactiva.

Salgado logró obtener un sistema de medida con un error menor al 1% utilizando circuitos pequeños y sencillos, mostrando la información en la pantalla de un smartphone, utilizando el protocolo de comunicación inalámbrica Bluetooth.

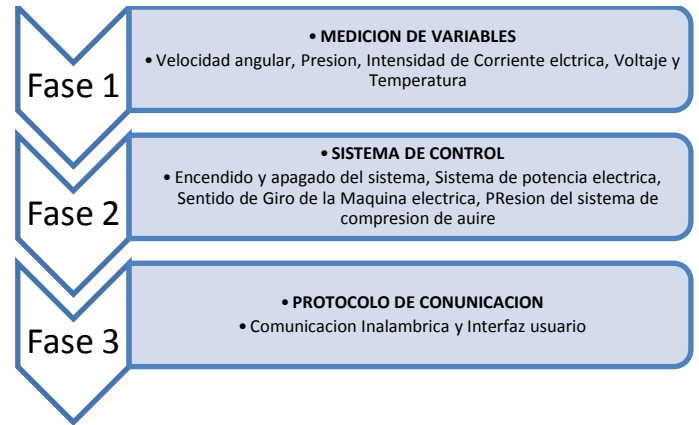
Otro antecedente fue el trabajo de Gary Rolando Torres Villón (2014), el cual consistió en aprovechar la infraestructura física e informática instalada, para permitir el acceso de nodos de adquisición de datos para el monitoreo de la humedad mediante Smartphones con sistema operativo Android.

Torres utilizó microcontroladores PIC para la adquisición de datos. El sistema de adquisición, transmisión y visualización de datos de humedad se completó con buenos resultados ya que se pudo visualizar los valores de humedad desde un dispositivo Smartphone de forma remota, usando Bluetooth.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

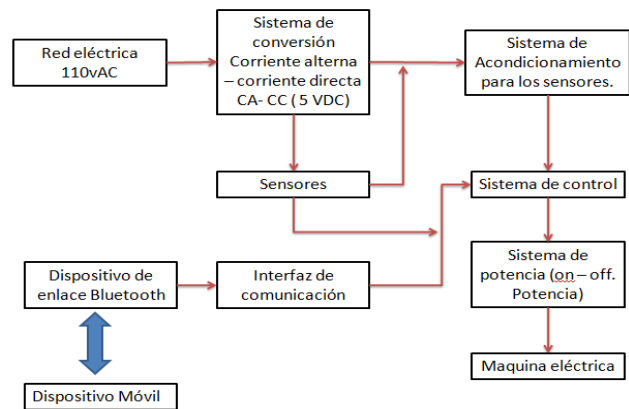
Para el diseño e implementación del proyecto se utilizó una metodología por fases (ver Figura 1), que incluyó las siguientes: medición de variables, sistema de control y protocolo de comunicación e interfaz grafica.

Figura 1. Diagrama de Fases



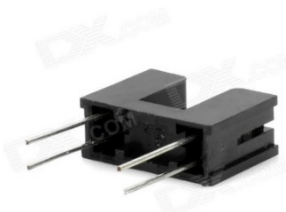
Esta metodología se plasma en el diagrama de bloques funcional de la Figura 2, en el cual cada bloque representa una etapa del proceso para el desarrollo del proyecto y su respectiva línea de comunicación.

Figura 2. Diagrama funcional del sistema



Para la medición de la velocidad del motor se implementó un sensor óptico que cuenta con un emisor y un receptor de infrarrojo, el cual entrega un cambio eléctrico a la salida, si detecta un cambio óptico a la entrada.

Figura 3. Sensor óptico (Dx.com)

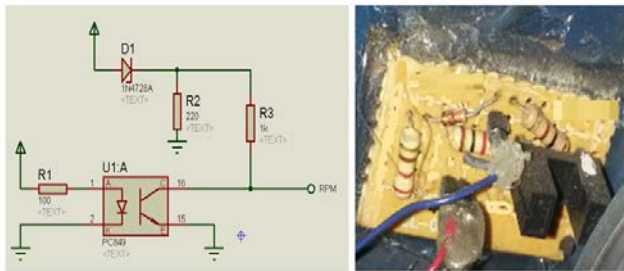


Para el acondicionamiento del sensor en el sistema mecánico, este se instaló en la polea del motor, lo que permitió establecer un punto de referencia para detectar cada giro del motor equivalente a 360°. La Figura 4 presenta el sensor instalado en la polea del motor. Para su acondicionamiento se diseñó la polarización eléctrica necesaria para enviar la señal al sistema digital microcontrolador. La Figura 5 permite apreciar la polarización eléctrica del sensor.

Figura 4. Punto de referencia de la polea



Figura 5. Acondicionamiento eléctrico



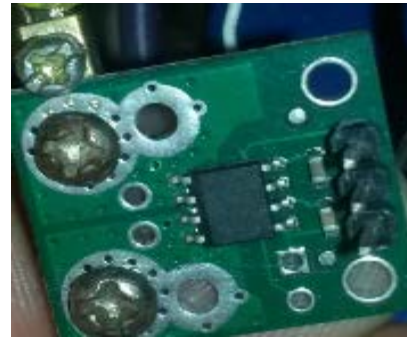
Para la medición de presión se seleccionó como elemento sensor un manómetro a 120 PSI, acoplado a un *encoder* en cuadratura, lo que permitió la obtención de la señal eléctrica equivalente a la presión. La Figura 6 presenta el sensor implementado.

Figura 6. Sistema para medir presión



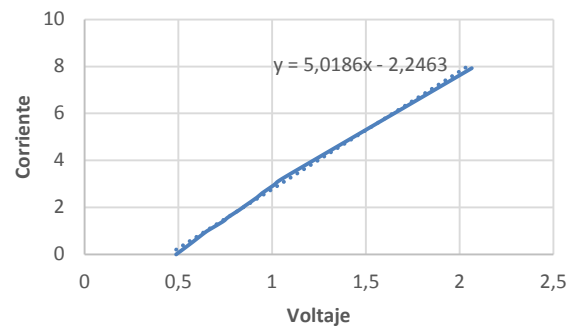
La medición de la intensidad de corriente eléctrica que circula en la red se determinó bajo los principios electromagnéticos de inducción, para lo cual se seleccionó un sensor de efecto hall, que mide la intensidad del campo electromagnético en forma de voltaje proporcional a éste; el sensor usado fue el ACS714 que tiene un rango de medición de 0 a 30Amp (ver Figura 7).

Figura 7. Sensor de corriente ACS714



Para la implementación del sensor se realizó su caracterización, para lo cual se realizaron mediciones de voltaje de salida del sensor, lo que permitió obtener la ecuación característica mediante el método de regresión por mínimos cuadrados (Nieto, 2009). En la Figura 8 se presenta el modelo matemático y su curva característica.

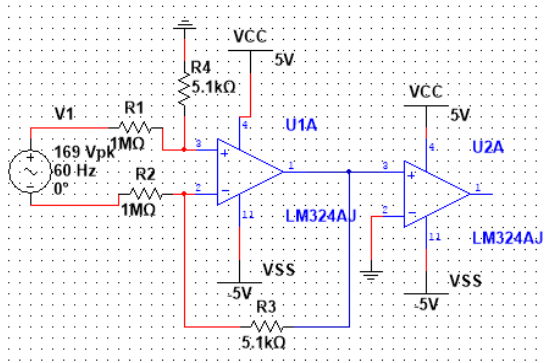
Figura 8. Curva característica sensor de corriente ACS714



Para la medición del voltaje AC RMS del sistema, se creó un circuito de acondicionamiento en configuración de un amplificador operacional en restador-atenuador, como se muestra en la Figura 9 (Floyd, 2008).

La función de este circuito de acoplamiento es determinar la diferencia de potencial entre el neutro y la fase, y adicional atenúa la señal 200 veces, de tal manera que la señal puede ingresar al microcontrolador para detectar cuál fue el pico más alto.

Figura 9. Restador- atenuador, entre fase y neutro



A dicha señal se le realiza un producto por una constante de valor 200 –el número de veces que se atenuó la señal–, y así se obtendrá el valor de voltaje pico, equivalente a una aproximación de 169Volt, se podrá obtener su valor medio cuadrático RMS mediante la siguiente expresión matemática (Ecuación 1).

$$V_{rms} = \frac{V_p}{\sqrt{2}} \quad \text{Ec.1}$$

En la medición de la variable temperatura el sensor utilizado fue la termocupla de tipo k. Fue necesario diseñar e implementar un circuito electrónico de acondicionamiento con un amplificador de instrumentación INA 128. Posteriormente se caracterizó de manera que se obtuvo la relación voltaje con respecto a temperatura (ver la ecuación característica en Ec.2).

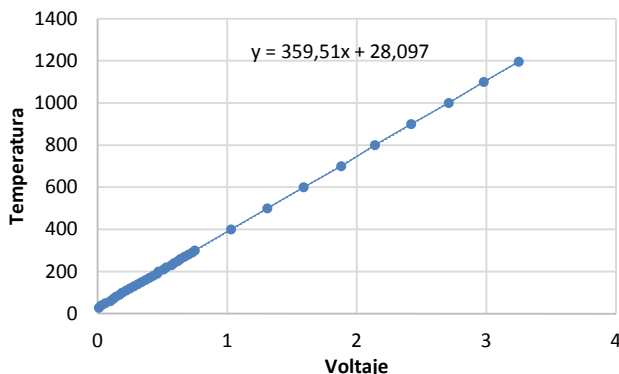
$$T = 359,51 * V + 28,097 \quad \text{Ec.2}$$

donde,

T= Temperatura grados Celsius

V= Voltaje en Voltios.

Figura 10. Curva característica de las termocuplas



La medición de la potencia eléctrica se realizó utilizando la expresión matemática que muestra la Ecuación 3.

$$S = V * I \quad \text{Ec. 3}$$

donde,

S: potencia aparente

V: voltaje (voltios)

I: intensidad de la corriente (amperios)

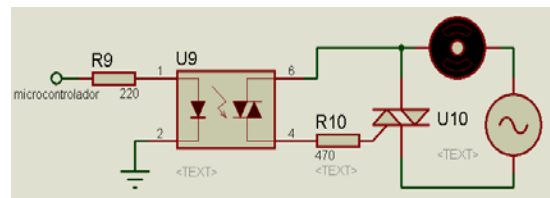
La implementación de esta expresión matemática (Ec.3) se realizó de forma computacional utilizando los datos de voltaje y corriente obtenidos previamente.

El compresor de aire requiere de un movimiento giratorio para trabajar, por este motivo se usa un motor monofásico de medio caballo de fuerza (½ hp) a 1800 revoluciones por minuto (RPM), con el fin de transformar la energía eléctrica en energía mecánica de manera que se proporcione el movimiento necesario.

Para el diseño del control de encendido y apagado del motor monofásico se utilizaron dispositivos semiconductores de potencia, como el Triódo de Corriente Alterna [Triac], por sus excelentes características para trabajos en corriente alterna.

Para el sistema desarrollado se utilizó el triac de referencia BTA41600, el cual, de acuerdo con los datos técnicos, soporta una corriente de 40A y un voltaje de 600V, lo que permite controlar el motor de manera eficaz y con un buen rango de tolerancia. El motor utilizado consume aproximadamente 8A sin carga, y su consumo inicial es de 25A (Maloney, 2008).

Figura 11. Circuito de disparo para el triac



Para el disparo del triac se usa un optotriac, ya que este dispositivo permite el aislamiento eléctrico entre el controlador y el triac, y de esa manera protege el circuito de control. Finalmente para hacer el control de encendido y apagado se requirió que el controlador enviara por un pin de salida un voltaje al optotriac –0V o 3,3V–, de manera que este permita o no el disparo del triac.

Para la implementación del control de potencia se utilizó el circuito de encendido y apagado ya descrito, de manera que se envía una señal de PWM por el pin de activación, controlando así la corriente que pasa por el motor.

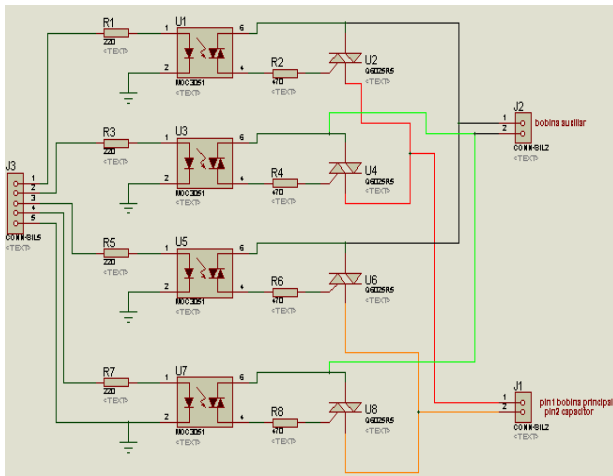
La potencia se puede reducir máximo en un 20%, ya que con una mayor reducción el motor presentaría vibraciones y se recalentaría.

La inversión de giro de un motor monofásico se realiza

mediante el cambio de conexión entre la bobina principal y la bobina auxiliar (Harper, 2004).

Para realizar el intercambio de conexión electrónicamente se usó una configuración de cuatro triacs, de manera que dos de ellos establecen una conexión, y los otros dos la otra. El control de los triacs tiene que ser preciso ya que solo se debe realizar una conexión a la vez, de lo contrario se destruirán los triac o se ocasionarían daños en el sistema.

Figura 12. Circuito cambio de giro



El control de presión mantiene el depósito de aire en un rango de presión establecido por el usuario. Para su control se supervisa constantemente el valor de la presión de aire que arroja el sensor y se compara con el valor establecido por el usuario: si la presión sobrepasa el valor establecido, el motor se apaga; para que el motor vuelva a encender es necesario que la presión disminuya al punto establecido.

El protocolo de comunicación que permitió el monitoreo y control de variables es Bluetooth (Sevilla & García, 2006), un protocolo de comunicación punto a punto, lo que implica que solo dos dispositivos pueden acceder a la comunicación al mismo tiempo, y la única forma que otro miembro acceda, es que alguno de los que están accediendo a la comunicación se desconecte.

Se puede acceder al control y monitoreo de las variables desde un computador o un dispositivo móvil que tenga sistema operativo Android.

La interfaz que usa en las tabletas o dispositivos móviles se hizo en App Inventor, un lenguaje de programación, una herramienta de diseño y un entorno de

desarrollo de aplicaciones para móviles y tabletas que funcionen con el sistema operativo Android. App Inventor permite también ejecutar las aplicaciones en un emulador, por lo que no es imprescindible disponer de teléfonos para probar los programas que se hagan (Martinez & Salazar, 2013).

En App Inventor existen numerosos bloques que son sentencias de programación. Se distinguen rápidamente porque expresan una acción a realizar con un verbo en imperativo. Los más habituales son *call*, *set* y *def* (abreviatura de define). Los bloques que son sentencias sólo están disponibles en dos colores: azul, para modificar variables o propiedades de un objeto; naranja, para llamar a funciones.

Las Figuras 13, 14 y 15, presentan, respectivamente, las sentencias de programación desarrolladas en App Inventor que permiten: escoger el módulo bluetooth al que desea conectarse; enviar datos por bluetooth; y recibir datos de un módulo bluetooth. La Figura 16 presenta la interfaz para equipos móviles que operan con sistema operativo Android.

Figura 13. Elegir modulo bluetooth

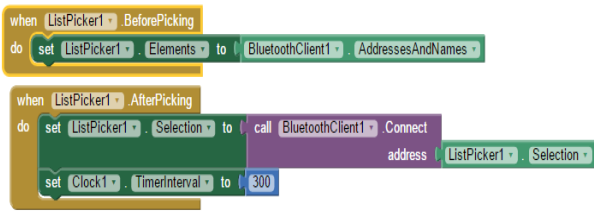


Figura 14. Enviar datos por bluetooth

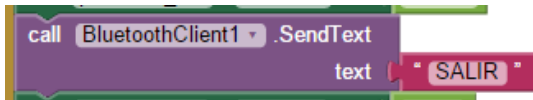


Figura 15. Recibir datos por bluetooth

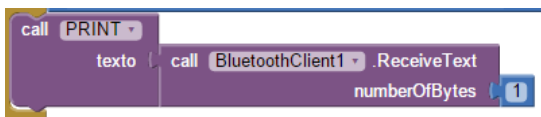


Figura 16. Interfaz con App Inventor



La interfaz utilizada en el computador se desarrolló con el software Processing, el cual usa un lenguaje de programación y entorno de desarrollo integrado de código abierto basado en Java. Es un paquete de fácil utilización, que sirve como medio para la enseñanza y producción de proyectos multimedia e interactivos de diseño digital.

En la elaboración de la interfaz gráfica se usaron figuras básicas como rectángulos, círculos, óvalos, triángulos e imágenes. Cada figura debe llevar la posición en pantalla, tamaño, color de línea y color de relleno. En el caso de los botones, simplemente se ubicó un texto sobre los rectángulos.

Para hacer funcionar los botones se usó la librería de control del mouse, cada vez que se daba un click, se generaba un evento y devolvía la posición del puntero. Para cada botón se evaluó cuantas posiciones en x y en y

ocupaba; de esta manera, cuando el click fuese sobre un área del botón se desarrollaba la función correspondiente al botón. Para recibir y enviar datos se aprovechó el protocolo de bluetooth de servicio de puerto serial. Processing cuenta con una librería para el manejo del puerto serial, de manera que cada vez que se recibía un dato del módulo bluetooth, este se comportaba como una información transmitida por puerto serial; así se pudo leer, manipular y enviar información por medio del protocolo bluetooth.

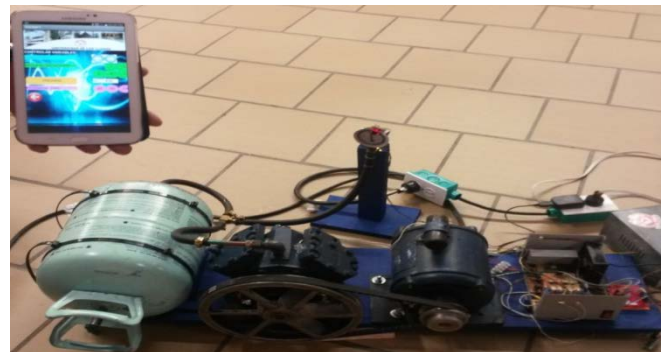
Figura 16. Interfaz con Processing



El encargado de tomar las medidas, ejercer control y enviar los datos por bluetooth del proyecto fue un microcontrolador EK-TM4C123GXL basado en ARM CORTEX M-4 de la tarjeta Tiva C, series TM4C123G LaunchPad Evaluation Kit de Texas Instruments. Se programó con el software de desarrollo libre Energía, el cual permite acceder a los diferentes periféricos del microcontrolador con un lenguaje de programación amigable.

La Figura 17 presenta el prototipo implementado y el dispositivo móvil con la interfaz de usuario; este prototipo cumplió con los objetivos propuestos y presentó alta eficiencia en su funcionamiento y alto nivel de usabilidad en la interactividad con el usuario.

Figura 17. Prototipo Final y puesta en funcionamiento



III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El prototipo diseñado e implementado permite desarrollar aportes a las interfaces hombre maquina (HMI), utilizando dispositivos móviles con sistema operativo Android, lo que a su vez permite que los sistemas industriales también puedan iniciar trabajos con esta tecnología abierta (los sistemas HMI han sido, de alguna manera, monopolizados y de alta inversión).

Desde el punto de vista técnico, el prototipo presentó los resultados que se esperaban, el sistema conformado por el motor monofásico asíncrono y el compresor de aire controlaron los cuatro parámetros establecidos en un principio.

El primero fue el encendido y apagado, que se realizaba con la obturación de los botones ON y OFF respectivamente; adicional a esto, cuando se estimó un límite de presión de sobrepaso para el tanque donde el motor se desenergiza, y cuando el tanque tenía una presión por debajo del límite estipulado se mantenía energizado.

El segundo parámetro que se controló fue el giro del motor, el cual se daba al oprimir las flechas –derecha o izquierda– que aparecían en las interfaces de los dispositivos móviles.

El tercer control fue el sistema de potencia del motor. Para este control la interfaz utilizó tres botones que permitían elegir la potencia deseada de motor: eficiencia del 80%, 90% o 100%.

Finalmente se controló la presión máxima acumulada en el tanque. Mediante la interfaz se podían seleccionar presiones de 60PSI, 70PSI, 80PSI, 90PSI o 100PSI.

Tabla 1. Descripción de variables

VARIABLES	DESCRIPCIÓN
Voltaje	Voltaje Ac de alimentación del sistema.
Corriente	Intensidad de Corriente
Temperatura motor	La temperatura del motor según el trabajo que exigía el compresor
Temperatura compresor	La temperatura del compresor según el trabajo que exigía la presión que había en el tanque.
Potencia de motor	La potencia de trabajo del motor.
Velocidad	La velocidad del motor.
Presión	La presión presente en el tanque.

Las interfaces realizadas en Processing y App Inventor arrojaron excelentes resultados y conservaron los tiempos mínimos para una óptima sincronización con el protocolo de comunicación Bluetooth.

IV. CONCLUSIONES

El uso de bobinas con núcleo tipo toroide permite medir el campo magnético y digitalizarlo para su respectiva visualización. La importancia de los sistemas de aislamiento es alta debido a las corrientes que se emplean en el accionamiento de la maquina eléctrica, es importante el uso de sistemas de seguridad en los diseños para evitar los efectos secundarios de los arcos producidos por los elementos de activación. Los sistemas opto acoplados son una buena opción ya que ayudan al disparo correcto de los elementos de potencia y aíslan la red AC del suministro de DC del sistema.

La caracterización de los sensores es importante en un sistema de medida, para esto el modelo matemático y la función de transferencia del sensor debe ser exacta y precisa, los errores de truncamiento deben ser minimizados en procesos de simulación, de tal forma que se pueda predecir el comportamiento del dispositivo, establecer la necesidad de acondicionamiento en la aplicación, y garantizar la veracidad de los valores obtenidos.

El protocolo de comunicación Bluetooth permite establecer una excelente comunicación para la transmisión y recepción de información, La banda de 2.4Ghz, permite sostener una comunicación estable y permanente en el sistema.

El sistema implementado presenta robustez tecnológica, usabilidad e interactividad, por lo cual es posible acondicionarlo a un sistema de potencia en funcionamiento y acoplarlo a protocolos de comunicación estándar para la supervisión y el control de variables eléctricas y mecánicas.

V. REFERENCIAS

- Alatorre, A. & Carbajal, J. (2011). Diseño e implementación de un sistema de control vía Bluetooth para la iluminación de un hogar basado en una aplicación de S.O. Android [tesis]. Instituto Politécnico Nacional: México DF, México.
- Floyd, T.L. (2008). Dispositivos electrónicos [8a ed.]. México DF, México: Pearson.
- Harper, G.E. (2004). El libro práctico de los generadores, transformadores y motores eléctricos. . México DF, México: Limusa.
- Maloney, T.J. (2008). Electrónica industrial moderna [5a ed.]. México DF, México: Pearson.
- Martinez, G. & Salazar, E. (2013). Control remoto Xbee con arduino y Android [proyecto de investigación]. Torreón, México:

Universidad Tecnológica de Torreón.

- Nieto, G.A. (2009). Sistema de supervisión remoto del aire comprimido en la central hidroeléctrica San Agatón [tesis]. Universidad Nacional abierta: San Cristóbal, Venezuela.
- Prado, A.A. (2009). Ingeniería básica y conceptual de un sistema eléctrico de potencia y control para la operación de motores asíncronos de 1100 HP a 6,6 kV en el área de Bombeo de una planta hidrológica [tesis]. Universidad de Oriente: Cumaná, Venezuela.
- Rodríguez, S.J. (2009). Diseño de un sistema de supervisión y control a distancia de los parámetros de operación del sistema de generación y distribución de energía neumática de la planta de producción de Toyota de Venezuela [tesis]. . Universidad de Oriente: Cumaná, Venezuela.
- Salgado, E. (2012). Sistema de medición de consumo eléctrico de voltaje, corriente y potencia monitoreado por Bluetooth [tesis]. Universidad Autónoma de Querétaro: Santiago de Querétaro, México.
- Sevilla, J.P. & García, P. (2006). Comunicación entre dispositivos Bluetooth [tesis]. Universidad de Granada: España.
- Torres, G.R. (2014). Sistema de adquisición de datos de humedad utilizando tecnología Bluetooth y desarrollo de aplicación Android para su monitoreo mediante smartphone [tesis]. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil: Guayaquil, Ecuador.
- Zamora, D.A. (2012). Monitoreo y control remoto de motores eléctricos mediante instrumentación virtual [tesis]. Universidad Veracruzana: Xalapa, México.

CURRÍCULOS

Javier Andres Vargas Guativa. Ingeniero Electrónico graduado de la Universidad de los Llanos; Especialista en Pedagogía y Docencia Universitaria graduado de la Universidad La Gran Colombia; Magister en Administración y Planificación Educativa graduado de la Universidad Metropolitana de Educación, Ciencia y Tecnología; y Doctorante en Ciencias de la Educación en la Universidad Metropolitana de Educación, Ciencia y Tecnología. Es profesor de la Facultad de Ciencias Básicas e Ingenierías de la Universidad de los Llanos e investigador asociado al grupo de investigación Macrypt.

Liliana Rojas Marín. Auxiliar docente, estudiante del Programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad de los Llanos (Villavicencio, Colombia).

Ricardo Toledo Burgos. Auxiliar docente, estudiante del Programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad de los Llanos (Villavicencio, Colombia).