

Visualización y Control de Variables en Planta de Abastecimiento de Agua en la Universidad del Quindío

Display and Control of Variables in Water Supply Plant in the University of Quindio

*Edward J. Marín**, *Andrés F. Serna*** y *Paulo C. Triviño****

RESUMEN

Este documento muestra el desarrollo tecnológico basado en un sistema de visualización y control de variables, que permite por medio de un circuito eléctrico y electrónico proporcionar la información necesaria de las variables implicadas en el funcionamiento de la motobomba como son: tensión eléctrica, corriente y presión, ubicada en el bloque de Ciencias Básicas y Tecnologías de la Universidad del Quindío. Las variables son visualizadas y controladas permanente durante su funcionamiento, mejorando así el proceso que existe actualmente en la planta de abastecimiento de agua. El desarrollo tecnológico fue diseñado con el propósito de proteger cada uno de los componentes de los equipos utilizados en la planta prolongando la vida útil y reducir costos en el consumo de energía y de agua. La implementación se basa en una tarjeta Arduino mega 2560, que permite recibir y procesar la información proveniente de los sensores involucrados en el proceso.

Palabras clave: Arduino, hidroneumática, transductor, impedancia.

ABSTRACT

This document shows the technological development based on a display system and control variables, which through an electric and electronic circuit, provides the necessary information about the variables involved in the operation of pumps such as: voltage, current and pressure. The pump is located at the Basic Sciences and Technology bulding of the University of Quindio. The variables are displayed and permanently controlled during

* Docente, grupo de investigación GIDET, facultad de Ciencias Básicas y Tecnologías, Tecnología Instrumentación Electrónica, Universidad del Quindío, Armenia. jomarin@uniquindio.edu.co

** Docente, grupo de investigación GIDET, facultad de Ciencias Básicas y Tecnologías, Tecnología Instrumentación Electrónica, Universidad del Quindío, Armenia. afserna@uniquindio.edu.co

*** Auxiliar de laboratorio, facultad de Ciencias Básicas y Tecnologías, Tecnología Instrumentación Electrónica, Universidad del Quindío, Armenia. pctrivinor@uqvirtual.edu.co



operation improving the water supply plant process. This technological development was designed with the purpose of reducing costs through increasing the useful life of the plant components and minimizing energy and water consumption. The implementation is based by a board built on Arduino mega 2560, which receive and process information from the sensors involved in the process.

Keywords: Arduino, hydropneumatic, transducer, impedance.

I. INTRODUCCIÓN

Muchos de los sistemas de abastecimiento y distribución de agua utilizan motobombas basadas en el principio de compresibilidad o elasticidad del aire [1], también conocido como *Ley de Boyle*, descubierta en 1662 por BOYLE Robert [2] – [4]. La Universidad del Quindío, particularmente en el bloque de Ciencias Básicas y Tecnologías, utilizan motobombas con este principio de funcionamiento, encargadas de suministrar el agua necesaria para la totalidad de las instalaciones; dicho sistema no poseía un equipo que permitiera la visualización y el control de variables como: la tensión, la corriente y la presión necesarias para el correcto funcionamiento, lo cual conduce a un manejo irregular en los mantenimientos preventivos de los equipos utilizados.

Actualmente los sistemas de control de los equipos mecánicos, cuentan con la ayuda de circuitos electrónicos para monitorear de manera precisa los cambios en los diferentes tipos de variables, es el caso de los visualizadores de procesos [5], los cuales permiten observar parámetros y señales normalizadas. Estos visualizadores pueden medir otras magnitudes físicas mediante sensores, y suelen programarse a través de sus propias teclas, e inclusive algunos pueden ser conectados y configurados mediante un PC. Por otra parte, los indicadores de procesos [5], tienen la característica de utilizar todos los sensores posibles con una señal normalizada, conectados al mismo indicador de procesos tras haberlos ajustado con anterioridad, esto haciendo referencia a la visualización de diferentes parámetros, pero hay que tener en cuenta que para un sistema de abastecimiento de agua para un bloque tan grande como el del bloque de Ciencias Básicas y Tecnologías, es necesario tener un buen equipo

para suministrar el vital líquido, y ahí es donde se habla de un variador de velocidad para un motor trifásico, como el que presenta la empresa “YASKAWA”, con su *Qpump 1000* [6], encargado de controlar y monitorear el motor en una fábrica industrial, con pantalla de visualización y variador de velocidad, alto rendimiento y efectividad, precisión y rapidez en la toma y muestra de datos. Este equipo tiene un alto costo en el mercado, por la robustez en su fabricación y las múltiples ventajas que ofrece. Aparte de este, existen gran variedad de referencias con características similares, con menores o mayores prestaciones, cuyos costos de adquisición varían entre \$4'000.000 y \$5'000.000.

Dado lo obsoleto e ineficiente del sistema anterior que presenta la institución, cabe resaltar la importancia de implementar este desarrollo tecnológico. El sistema integrado de control de variables desarrollado genera **confianza**, ya que permite de una manera autónoma proporcionar reportes de alarmas en caso de presentarse algún problema, como por ejemplo; ausencia del agua en la motobomba o simplemente anomalías con el abastecimiento. Para casos extremos, anula automáticamente la alimentación y así evitar un daño mayor en el sistema. Además, **interacción** proceso – operario por medio de la visualización de las diferentes variables usando un Display de Cristal Líquido (LCD), como son: tensión, corriente y presión. Por último, la **seguridad** en el óptimo funcionamiento de las motobombas por medio de un sistema de control, permitiendo que estas funcionen de manera adecuada, asegurando que siempre permanezca con agua cuando esta activa. La confianza, interacción y seguridad conllevan la reducción de costos generados por mantenimientos correctivos y por ende prolonga la vida útil de los equipos.

La finalidad del sistema implementado se basa en la mejora de la tecnología utilizada y en la reducción de los costos en el consumo de energía y del agua.

El objetivo general del proyecto se define como la implementación de un sistema integrado para la visualización y el control de las variables involucradas en una planta de abastecimiento de agua, en donde se pretende mejorar la tecnología utilizada, en busca de la confianza, interacción y seguridad del proceso.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo del sistema integrado de medición y control en la planta de abastecimiento de agua se presentaron 4 etapas, que se muestran en el diagrama de la Figura 1. Estas son:

- Microcontrolador basado en la tarjeta de desarrollo Arduino mega 2560 como controlador del sistema general.
- Etapas de sensado para cada variable (tensión, corriente y presión).
- Control de potencia para el encendido de la motobomba.
- Sistema de visualización de variables.

Para la implementación del sistema integrado de visualización de tensión, corriente y presión, inicialmente se realiza una modificación al sistema ya existente. Para mejorar el método de llenado del tanque, dicha modificación consiste en añadir a la tubería una válvula de retención, la cual se implementa en uno de los sistemas de acumulación de presión (tanque hidroneumático).

Luego de realizar la modificación, se acopla a la red que suministra el líquido al tanque hidroneumático el transductor de presión [7] mostrado en la Figura 2, el cual se conecta a una derivación en forma de "T", para poder agregar una llave de paso y de este modo controlar de forma manual su funcionamiento, si así se desea; dicho elemento se encarga de sensar la presión actual, y entregar los datos en un rango de voltaje entre 0 V - 5 V, lo que facilita recopilar la información en la tarjeta Arduino mega 2560.

El sensor de presión se alimenta a 12 V máximo, y la tensión de salida depende exclusivamente de la presión sensada, la cual tiene un comportamiento más lento con la adecuación de la válvula de retención, lo que permite recopilar de manera precisa los datos adquiridos, y que por medio de una caracterización, determina la equivalencia entre la tensión (V) y la presión (psi).

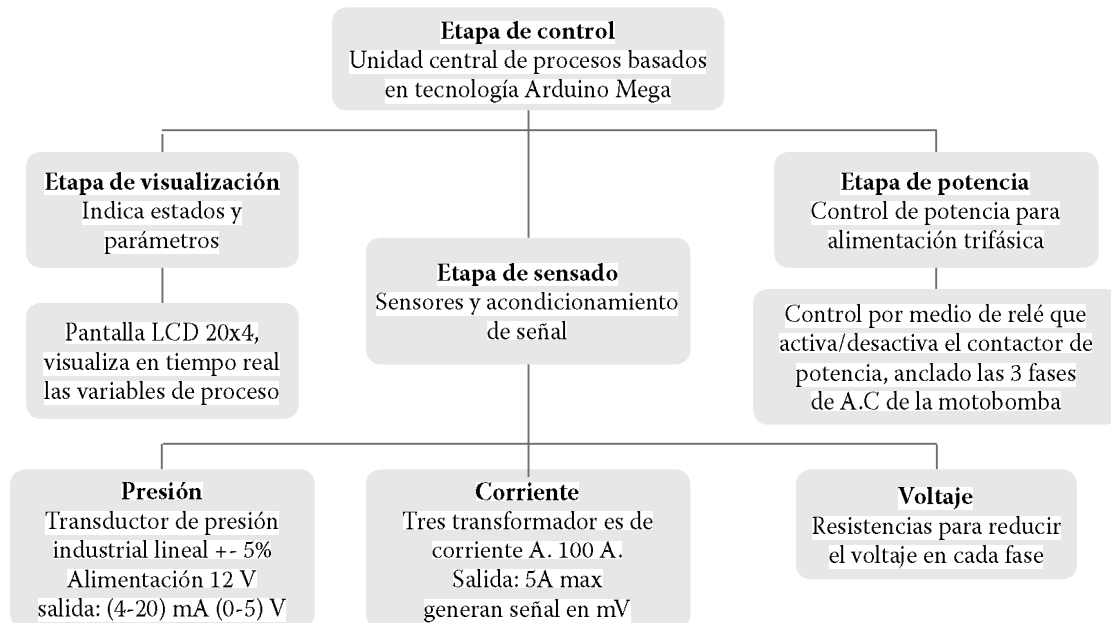


Figura 1. Diagrama de bloques del sistema.



Figura 2. Sensor de presión [7].

Luego del proceso de acoplamiento del sensor, se realiza la conexión a la tarjeta principal, esta etapa se realiza colocando una resistencia de 220 Ω , entre la señal de entrada y/o de salida y la tierra del circuito, como lo especifica el manual. Lo anterior se puede observar en el esquema de la tarjeta de corriente y presión de la Figura 3.

Con la implementación del sensor de presión terminada, se desarrolla la etapa de sensado de corriente, para esto, se diseña un circuito electrónico basado en la señal que emiten los transformadores de corriente [8] como el mostrado en la Figura 4. Los tres transformadores, uno por cada fase, son acoplados al sistema de la red trifásica, encargada de alimentar las motobombas del sistema de abastecimiento; dichos transformadores captan el flujo magnético que pasa por el conductor y convierten la corriente alterna en tensión. Como resultado del proceso de los transformadores, la tensión que se obtiene de cada uno de ellos se ve representado por medio

de dos conductores, los cuales están encargados de llevar la información desde el transformador hasta el circuito diseñado para la rectificación de la señal, esta tensión después de su rectificación, es recibida de forma digital por la tarjeta Arduino 2560, que procesa esta información y con la ayuda de la programación desarrollada para la toma de los datos obtenidos, permite recibirlos en forma de tensión y mostrarlos en forma de Amperios; de esta manera se puede obtener la información necesaria para monitorear la corriente que pasa por el transformador en cada una de las fases durante el encendido de la motobomba que permite el llenado del tanque hidroneumático.

Como resultado, la señal que emite cada uno de los transformadores entra a un puente de diodos, encargado de la rectificación de la señal y principalmente la conversión de corriente alterna a continua con la ayuda de un condensador y una resistencia de carga. Para el montaje del circuito de sensado de corriente se utiliza un puente de diodos con un condensador de 470 μF y una resistencia de 1 $\text{k}\Omega$, ambos en paralelo. Este circuito se implementa para cada una de las fases. Con lo mencionado anteriormente se puede decir que la señal que genera el transformador es recibida por los pines positivo y negativo del puente de diodos en forma de corriente alterna (AC), luego de entrar al puente para ser rectificada con la ayuda del condensador y la resistencia, finaliza convertida en corriente directa (DC), saliendo por los terminales restantes del puente, que van

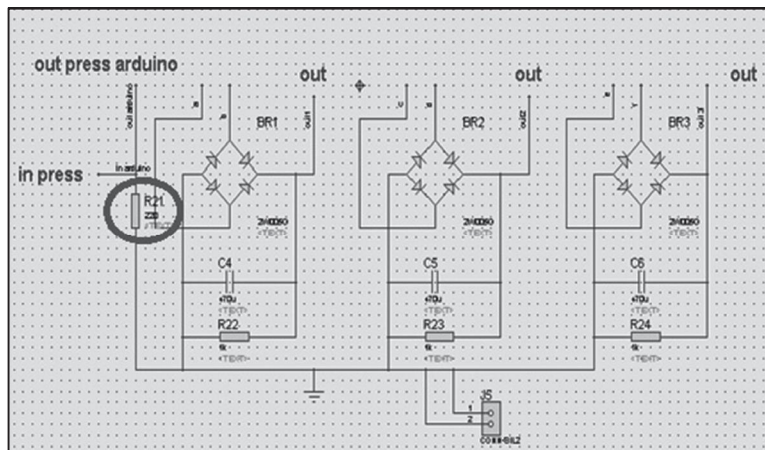


Figura 3. Circuito corriente – presión.



Figura 4. Transformador de corriente [9].

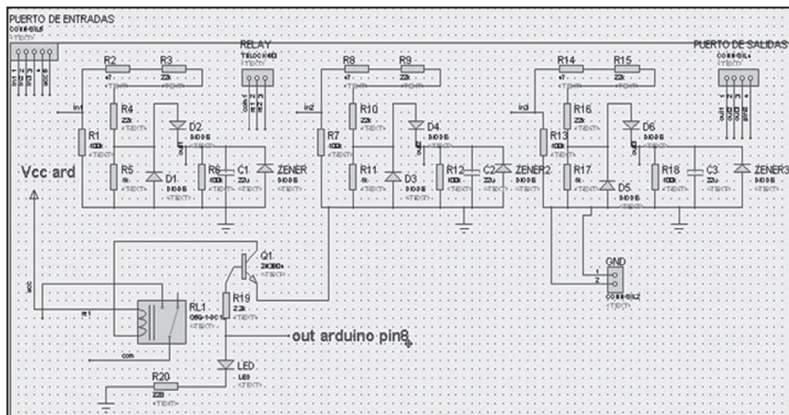


Figura 5. Circuito para el sensado de tensión.



Figura 6. Contactor [10].

conectados a la tarjeta Arduino 2560 para que sean visualizados en forma de corriente en amperios en la pantalla LCD.

De manera similar, para el desarrollo de la etapa de visualización de la tensión presente en el sistema de motobombas, se elabora un circuito para el sensado como se muestra en la Figura 5, el cual se encarga de recibir las señales emitidas directamente por las fases R, S y T.

Este circuito toma cada una de las tensiones de manera individual, y se acoplan al circuito por medio de divisores de tensión y reductores de impedancia; de igual forma se rectifica y se filtra la señal. también se implementa un contactor [10] como el mostrado en la Figura 6, tipo relé, para el encendido y apagado de la motobomba, con el propósito de controlar directamente desde el sistema integrado de visualización, el funcionamiento del tanque hidroneumático y el sistema general de abastecimiento; además de esto funciona como protector térmico en caso de presentarse una caída de tensión o una elevación de corriente.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente se puede decir que la primera parte del circuito de la Fig. 5. consiste en reducir la tensión de entrada de 120 V en AC a 5 V en DC, que es el máximo permitido por la tarjeta Arduino 2560, para lo cual se diseña un circuito con dos divisores de tensión; el primero se encarga de acoplar impedancias utilizando una resistencia de 100 kΩ, con otra de 47 Ω conectadas a tie-

rra, y el segundo divisor se encarga de reducir el voltaje de 118 V en AC a 3 V en DC, utilizando 2 resistencias de 22 kΩ en serie y una resistencia de 1 kΩ en paralelo conectada a tierra; por otra parte, la rectificación se realiza por medio de 2 diodos 1N4007, estos diodos están encargados de realizar la conversión de corriente alterna a continua, adicional a ello y teniendo en cuenta que la señal está en DC, se filtra por medio de un condensador de 22 uF conectado en paralelo con los diodos y se adiciona también en paralelo una resistencia de 100 kΩ, para la descarga del capacitor.

Vale la pena destacar que este mismo procedimiento se repite en cada una de las fases sensadas de la red trifásica, y de igual manera, hacer énfasis en el método de protección, que consiste en conectar en paralelo un diodo zener de 5.1 V.

Otra etapa de este proceso consiste en recibir los datos obtenidos de cada una de las variables (presión, tensión y corriente), en donde se utilizó la tarjeta Arduino mega 2560 [11] como se muestra en la Figura 7. La escogencia de esta tecnología se hace porque cuenta con 16 entradas analógicas, flexibilidad en la programación, modularidad con periféricos y su bajo costo.

La tarjeta Arduino 2560 permite recibir 7 señales analógicas provenientes de la etapa de tensión con las fases “R”, “S” y “T”, el transductor de presión y la etapa de corriente con las fases “R”, “S” y “T”.

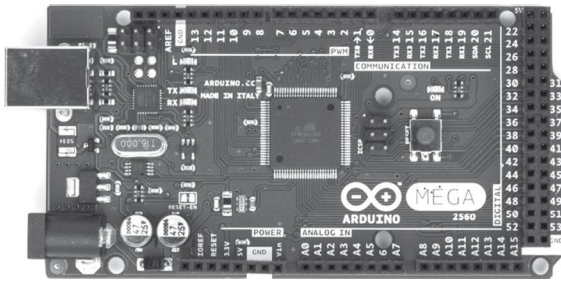


Figura 7. Arduino mega 2560 [11].



Figura 8. Pantalla LCD de 4 x 20 caracteres.

Fuente: www.hwkitchen.com

La siguiente etapa es la que permite la visualización de los datos adquiridos. Para esto se utilizó una pantalla LCD de 4 x 20 caracteres como la mostrada en la Figura 8, la cual se conecta a la tarjeta basada en Arduino para presentar mediante el código desarrollado, la información recibida.

La etapa de control permite recibir las señales de tensión, corriente y presión de la motobomba, y sensarlas de tal manera que se puedan controlar desde la tarjeta principal basada en Arduino. La Figura 9. muestra el diagrama de funcionamiento de esta etapa.

Luego de realizar el sensado, se visualizan constantemente los datos obtenidos, independiente del funcionamiento del equipo. La etapa de control debe garantizar el correcto funcionamiento del sistema general, es decir, cuando se presente una caída de tensión en la red trifásica, el sistema debe anular la alimentación principal de la motobomba, de igual forma si la motobomba llega a presentar elevaciones en la corriente, el sistema de alimentación se anula, para evitar recalentamiento del motor y daños en partes mecánicas.

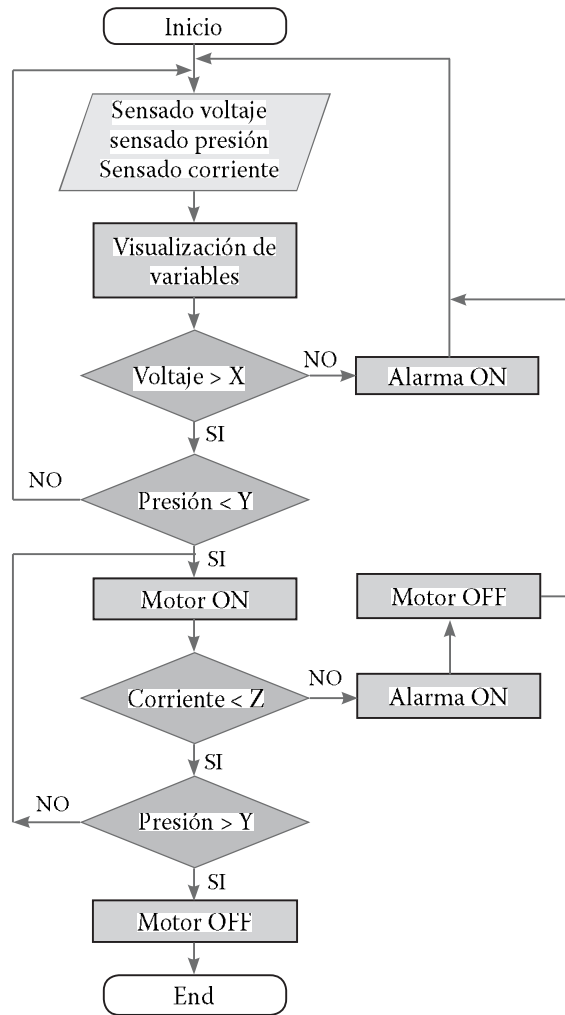


Figura 9. Diagrama de la etapa de control.

Para ambos casos, adicionalmente a la anulación de la alimentación, se enciende una alarma que alerta a los encargados de mantenimiento que se ha presentado una falla en la motobomba que está en funcionamiento.

Si el sistema no presenta fallas en los registros de tensión o de corriente, el funcionamiento dependerá exclusivamente de la presión que se esta sensando, de esta manera, se puede decir que la motobomba solamente se encenderá y se apagará en el caso que la presión existente en el sistema hidráulico así lo requiera, para este fin, el encendido de la motobomba es controlado por el Arduino mega, haciendo efectivo su funcionamiento.

III. RESULTADOS

El conocimiento de la dinámica de funcionamiento de cada una de las variables que intervienen en el proceso es fundamental para determinar las ecuaciones de calibración requeridas para el procesamiento de la información. Es por esto que en cada una de las etapas se realizó la caracterización entrada/salida.

En primera instancia se determina la equivalencia entre la tensión (V) y la presión (psi). La Tabla I muestra los datos obtenidos:

De acuerdo a los datos recopilados se obtuvo la gráfica de calibración para el sensor de presión, generando la ecuación correspondiente, la cual es usada para el procesamiento en la tarjeta de control. La Figura 10 muestra el comportamiento de esta variable.

Tabla I. Caracterización del sensor de presión

Presión (psi)	Tensión (V)
5	1,02
10	1,17
15	1,38
20	1,56
25	1,72
30	1,90
35	2,09
40	2,28
45	2,46
50	2,64
55	2,83
60	3

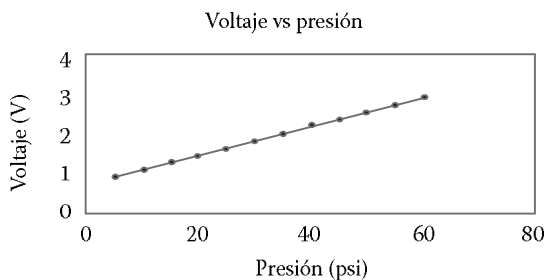


Figura 10. Dinámica del sensor de presión.

Tabla II. Caracterización del sensor de corriente

Corriente (A)	Tensión (V)
19,16	3,20
19,10	3,11
18,91	3,07
18,20	2,96
16,80	2,85
15,16	2,76
14,22	2,64
12,67	2,46
11,15	2,12
10,46	1,94

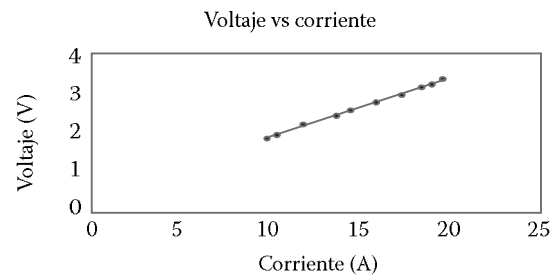


Figura 11. Dinámica del sensor de corriente.

La ecuación (1) permite describir un comportamiento lineal, donde V representa la variable de tensión y P la presión:

$$V = 0,036 P + 0,824 \quad (1)$$

La correlación obtenida es 0,999.

Para la siguiente etapa es necesario realizar la caracterización de los transformadores de corriente; la Tabla II muestra el comportamiento de la corriente contra la tensión.

De la calibración del transformador de corriente se obtuvo el comportamiento dinámico mostrado en la Fig 11.

La ecuación (2) describe el comportamiento del sensor, donde V es el voltaje e I la corriente:

$$V = 0,124 I + 0,775 \quad (2)$$

La correlación obtenida es 0,960.

Para obtener resultados sobre la implementación del sistema integrado de visualización, se realizó una toma de datos del encendido de

la motobomba en horas de mayor afluencia de estudiantes en el bloque de ciencias básicas, primero se hizo el análisis con el equipo de presión con reóstatos y su sistema convencional, el cual tiene un rango de trabajo entre 40 psi y 70 psi, posteriormente se hizo el mismo proceso con el sistema de presión monitoreado y controlado por el sistema electrónico, el cual tiene su rango de trabajo entre 30 psi y 50 psi.

Sistema convencional en horas pico

Total minutos: 30 minutos
 Número de encendidas: 46
 Promedio duración encendida: 6.9 s
 Corriente pico en cada encendido: 71 A
 Corriente medida: 12 A

Sistema convencional en horas valle

Total minutos: 30 minutos
 Número de encendidas: 25
 Promedio duración encendida: 4.5 s
 Corriente pico en cada encendida: 71 A
 Corriente medida: 12 A

Sistema electrónico en horas pico

Total minutos: 30 minutos
 Número de encendidas: 8
 Promedio duración encendida: 110 s
 Corriente pico en cada encendido: 71 A
 Corriente medida: 12 A

Sistema electrónico en horas valle

Total minutos: 30 minutos
 Número de encendidas: 2
 Promedio duración encendida: 110 s
 Corriente pico en cada encendida: 71 A
 Corriente medida: 12 A

La Tabla III muestra la comparación en términos de eficiencia de los dos sistemas por día.

Como muestra la Tabla III, la cantidad de horas totales de funcionamiento promedio por día (h/día) es de 14.5 h y los resultados obtenidos fueron:

Tabla III. Comparativo del sistema convencional y el sistema electrónico desarrollado

Sistema convencional		Sistema electrónico		Sistema convencional		Sistema electrónico	
Horas pico	Horas valle	Horas pico	Horas valle	Horas pico	Horas valle	Horas pico	Horas valle
h/día	# ON	h/día	# ON	h/día	# ON	h/día	#ON
4	368	9.5	475	4	64	9.5	38

El sistema convencional:

Número de veces que enciende la motobomba en el día (# ON) es 843.

El sistema electrónico desarrollado:

Número de veces que enciende la motobomba en el día (# ON) es 102.

Para ambos estudios se tomaron datos en horas de mayor consumo de agua con rangos de 30 minutos, teniendo en cuenta que las horas pico en el bloque de Ciencias Básicas y Tecnologías son cada dos horas, iniciando a las 7 a.m. hasta la 1 p.m., iniciando nuevamente a las 2 p.m. y terminando a las 8 p.m.

La implementación del control ON – OFF presenta un correcto funcionamiento, ya que al ser sometido a pruebas con caída de fases o elevaciones de corriente, su respuesta de apagado fue inmediata, las pruebas de funcionamiento se hicieron simulando la anulación de una de las fases presentes en la red, probando la falta de cada una de ellas y verificando el correcto funcionamiento del control, para garantizar la anulación del suministro de energía en el sistema general. Inclusive, con la eliminación de una fase, automáticamente la corriente incrementa su valor porque el motor se encuentra, en ese momento, funcionando incorrectamente.

Se realizaron 10 pruebas de detección de fallas del sistema eléctrico del motor, en una de ellas, al desconectar voluntariamente una de las fases, el sistema de detección automáticamente suspendió la alimentación de potencia, apagando la motobomba. En esta misma prueba se evidenció el aumento de la corriente en un valor de 83 A, lo que permitió activar la alarma del sistema por esta nueva causa. Regularmente en estas pruebas, el voltaje de la red trifásica está en 210 V, entre líneas, siendo esta la tensión de la red del bloque de Ciencias Básicas y Tecnologías.

IV. DISCUSIÓN Y/O ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Con el estudio realizado en dichas horas se puede decir que la implementación del sistema integrado de visualización de variables puede reducir hasta en un 70 % el número de veces que se enciende la

motobomba durante una hora pico, lo que genera una reducción considerable en el consumo de corriente en el arranque del motor (valor pico), y este a su vez, representará un menor consumo de energía en el bloque de Ciencias Básicas y Tecnologías de la Universidad del Quindío, ya que al bajar el número de veces del encendido del motor, se disminuye el valor máximo de corriente consumida, el cual está entre 65 A y 75 A.

V. CONCLUSIONES

El sistema integrado de visualización de variables en la planta de abastecimiento de agua del bloque de Ciencias Básicas y Tecnologías de la Universidad del Quindío, presenta en su totalidad un funcionamiento adecuado, teniendo en cuenta que la pantalla LCD muestra continuamente los valores de tensión, corriente y presión durante el llenado del tanque hidroneumático. De este mismo modo, la tarjeta Arduino mega cumple correctamente la función de recibir los datos suministrados por cada una de las etapas de sensado, realizando el procesamiento de la información y posteriormente enviándolos en forma digital hacia el circuito de visualización. De igual forma, la etapa de control funciona correctamente, ya que al ser sometido a pruebas con caída de fases o elevaciones de corriente, su respuesta de apagado fue inmediata, lo que garantiza la anulación del suministro de energía en el sistema general. De la misma manera se evidencia el funcionamiento favorable del encendido de la señal de alarma sonora y luminosa, la cual actúa únicamente en caso de caída de alguna de las fases de tensión o elevación de corriente.

El sistema desarrollado realiza funciones que lo hace atractivo para el mercado, como son: visualización continua de las variables involucradas en el proceso, control y protección del devanado implicado en el movimiento rotacional de la motobomba y la generación de una alarma en caso de alteración en la tensión o la corriente. Los fabricantes tradicionales ofrecen equipos similares con costos elevados, lo que dificulta el acceso en la adquisición de estos productos, en contraste con el bajo costo de la tecnología implementada, el cual tiene un valor comercial de \$1'800.000. Esto evidencia un ahorro del 200% aproximadamente al ser comparados con los sistemas comerciales.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos a la Universidad del Quindío por permitir implementar este desarrollo tecnológico, al magister Ramiro García por sus aportes y al compañero Francisco Galindo Sánchez por su trabajo incansable en la consecución de este proyecto.

VI. REFERENCIAS

1. M. Portilla, “*Diseño e implementación de una maquina de mezclado y envasado para elaborar productos de aseo y limpieza*”, Universidad Tecnológica Israel, 2012.
2. B. Alvarenga, A. Máximo, “*Física general*”, Oxford 4ta edición, p. 476, 2015.
3. M. Kartz, “*Robert Boyle y el concepto de elemento*”, disponible en: www.rlabato.com/isp/qui/boyle_concepto_elemento.pdf, 2010.
4. S. Delgadillo, “*Termodinámica básica: curso 1*”, Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrial y extractivas, 2012.
5. PCE instruments - Productos y soluciones para la industria, “*Visualizadores de procesos*”. Disponible en: <https://www.pce-instruments.com/ft/es/visualizacion-de-procesos.htm>, España 2015.
6. Yaskawa, “*manual: iQpump 1000 AC Driver intelligent Pump Controller Quick Start Guide*”. Disponible en: [http://www1.yaskawa.com/site/dmdrive.nsf/link2/MHAL-924RGQ/\\$file/TOEPYAIP1W01.pdf](http://www1.yaskawa.com/site/dmdrive.nsf/link2/MHAL-924RGQ/$file/TOEPYAIP1W01.pdf), Estados Unidos, 2012.
7. Baumer Passion for sensor, “*sensores para procesos industriales*”. Disponible en: http://www.baumer.com/fileadmin/user_upload/international/Downloads/BR-CT/Baumer_Product-Overview_PI_CT_ES_1309_11117766.pdf, 2013.
8. M. Stanley. “*transformadores de corriente TC*”, Universidad Don Bosco - Facultad de Ingeniería - Escuela de Ingeniería Eléctrica, 2011.
9. Electric Option, “*Transformador de corriente MSQ40*”. Disponible en: <http://www.electricoption.com.pe/shop/shunt-y-transformadores/transformador-de-corriente-msq40/>, Estados Unidos, 2014.
10. Weg, “*Automatización: Contactores y Reles de sobrecarga*”. Disponible en: <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-contactores-y-reles-de-sobrecarga-50036562-catalogo-espanol.pdf>, Brasil, 2014.
11. Arduino, “*Arduino mega 2560*”. Disponible en: <http://www.mantech.co.za/datasheets/products/A000047.pdj>, 2010.