

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO PARA CONTROL Y MONITOREO DE RESERVORIOS DE AGUA CON EL EMPLEO DE COMUNICACIÓN MÓVIL GSM/GPRS EN SISTEMAS DE RIEGO

DESIGN AND CONSTRUCTION OF A PROTOTYPE FOR CONTROLLING AND MONITORING WATER RESERVOIRS WITH THE USE OF GSM / GPRS MOBILE COMMUNICATION IN IRRIGATION SYSTEM

(Entregado 24/04/2015 - Revisado 06/11/2015)

HELEN MIRANDA RUIZ

Ingeniera en Electrónica y Computación de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo – ESPOCH en 2010. Actualmente se encuentra finalizando la Maestría en Redes de Comunicaciones de la PUCE. Ha estado vinculada a la Politécnica de Chimborazo - ESPOCH.

GUSTAVO CHAFLA ALTAMIRANO

Doctor en Telecomunicaciones – Coordinador del Programa de Maestría en Redes de Comunicaciones y Profesor Principal de la PUCE en la Facultad de Ingeniería. Actualmente vinculado a varios proyectos de Investigación Ligados al Desarrollo de las Telecomunicaciones y sus diferentes aplicaciones

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) - Ecuador

helenmirandar@gmail.com

Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE) - Ecuador

gxchafla@puce.edu.ec

Resumen

La agricultura en el Ecuador es esencial, no solo culturalmente sino económicamente ya que aporta aproximadamente un 6.47% al valor agregado bruto (VAB) nacional. A nivel de provincias para territorios como Los Ríos, Bolívar y Cotopaxi, representa hasta el 36% de su VAB. En promedio, la producción bajo riego contribuye al 70% de la producción agrícola nacional, pero la presencia de los cambios climáticos, la ausencia de asistencia técnica, la poca tecnificación en la infraestructura de los sistemas de riego, han provocado un mal manejo del recurso hídrico. Por tal razón, este proyecto tiene como objetivo implementar un sistema que permita optimizar el uso del recurso hídrico e innovar tecnológicamente la infraestructura existente, en reservorios de riego. El sistema es un prototipo en el que de forma automática se controla el nivel de agua que ingresa a un reservorio, evitando un desperdicio del líquido. El sistema también permite controlar automáticamente el mecanismo de distribución de agua hacia los usuarios mediante una interfaz de comunicación móvil (GSM/GPRS) que habilita a un administrador remotamente activar o interrumpir la distribución del agua de riego. Proporciona además opciones de monitoreo y recepción de alarmas para verificar su funcionamiento, efectuando una gestión eficiente del recurso hídrico maximizando los beneficios y alcanzando un desarrollo económico y social respetuoso con el medio ambiente.

Palabras Claves: *Agricultura, gestión recurso hídrico, reservorios, comunicación móvil (GSM/GPRS), automatización.*

Abstract

Agriculture in Ecuador is essential, not only culturally but economically as it contributes approximately 6.47% to the National Gross Value Added (GVA). In territories such as Los Ríos, Bolívar and Cotopaxi, GVA is representing up to 36%. On average irrigated production contributes 70% of national agricultural production but the presence of climate change, lack of technical assistance, very little infrastructure modernization of irrigation systems have caused mismanagement of water resources. For this reason, this project aims to implement a system that will optimize the use of water resources and technologically innovate the existing infrastructure in irrigation reservoirs. The system is a prototype that allows to control the way the water go in and out from the reservoir, avoiding a waste liquid, at the same time the system automatically control the mechanism of distribution of water to users via a mobile communication interface (GSM / GPRS) that allows an administrator remotely activate or discontinue the distribution of irrigation water. The prototype also provides monitoring and warning features which can be also used with audit purposes, making efficient management of water resources by maximizing the economic and social benefits taking into the account the environment respect.

Keywords: *Agriculture, water resource management, mobile communication (GSM / GPRS), automation, optimization.*

Introducción

La producción agrícola en el Ecuador que utiliza el sistema de riego contribuye al 70% de la producción agrícola nacional, en la actualidad existen 76 sistemas estatales de riego en 14 diferentes provincias del país (SENPLADES, 2013). Dentro de este contexto un buen manejo del recurso hídrico implica un avance importante en términos ambientales y su adecuada gestión coadyuva al control de contaminación de las fuentes hídricas y a la conservación del suelo en zonas de páramo.

Un sistema de riego ayuda a la generación de empleo y disminución de la pobreza en sectores rurales ya que un gran porcentaje de la actividad de las personas gira alrededor de este recurso. Este es el punto que motiva la realización de este prototipo que ayudaría a un uso más eficiente del agua mediante la automatización de la apertura de válvulas para el llenado del reservorio y la alimentación del sistema de riego como tal, estos procesos en el caso de estudio planteado se realizan de forma manual con su consecuencia directa en la poca eficiencia en la utilización del recurso hídrico como el humano.

De esta forma, los objetivos que pretende el proyecto son analizar, diseñar y construir un prototipo para control y monitoreo de reservorios de agua empleando comunicación móvil GSM/GPRS que permita optimizar el uso del recurso hídrico e innovar tecnológicamente la infraestructura existente de los sistemas de riego. El prototipo propuesto permite controlar de forma automática la carga de agua para el reservorio en función de parámetros proporcionados por sensores. De igual forma el sistema automatiza la apertura de la válvula que habilita la distribución del recurso a los terrenos cubiertos.

Para el control del prototipo se creó una interfaz de comunicación móvil (GSM/GPRS) la que a su

vez mediante un protocolo de mensajes cortos de texto permite al usuario desde cualquier ubicación remota activar o interrumpir la distribución del agua de riego del sistema. Adicionalmente, la interfaz proporcionan opciones de monitoreo y recepción de alarmas que permiten verificar su funcionamiento que lo hacen más eficiente que su contraparte manual con los beneficios directos en los tiempos de operación, productividad y principalmente beneficia a los ecosistemas que requieren un uso sostenible del agua para mantener su equilibrio.

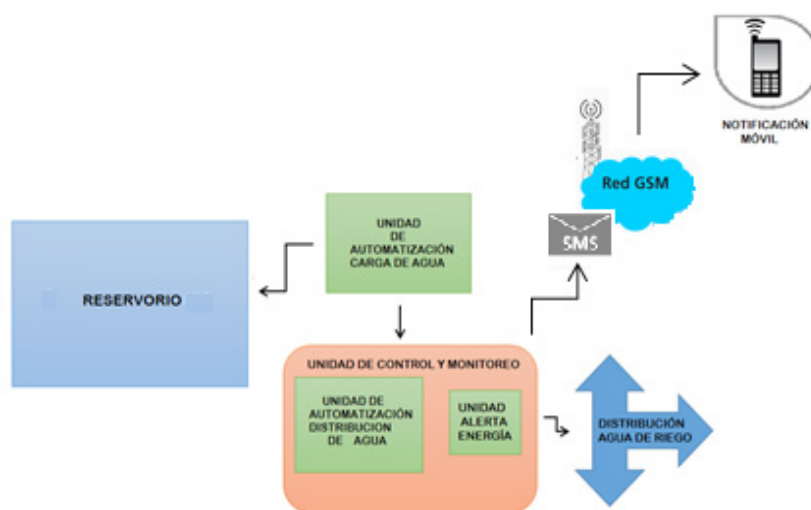
Para medir la efectividad de la funcionalidad del prototipo se realizó el cálculo de la pérdida de agua por evaporación en el suelo para cultivos, permitiendo desarrollar un análisis del manejo del recurso previo y posterior a la implementación del artefacto.

Materiales y Métodos

Para la investigación e implementación del sistema propuesto se aplicó el muestreo no probabilístico de tipo discrecional; lo que permite al investigador, a juicio personal y de disponibilidad, elegir un reservorio para implementar el sistema prototipo (Francis José Mas Ruiz, 2012). Como caso de estudio se utilizó un reservorio del Sistema de Riego Chambo-Guano ubicado en la ciudad de Riobamba provincia de Chimborazo. En la investigación se aplicó el método deductivo, el cual permite buscar la solución a un sistema que opera sus reservorios diariamente de forma manual, con muy poco control en el manejo del recurso hídrico. Para la recolección de información secundaria, fueron requeridas la revisión bibliográfica y búsquedas electrónicas que presentan las perspectivas técnicas, experiencias de expertos en el medio, normativas gubernamentales, aportaciones de autores de artículos y periódicos que aportaron con la información que demanda la investigación (Gutiérrez Jagüey, 2012)

El esquema general del funcionamiento del prototipo se muestra en la figura 1. El prototipo permite controlar de forma automática un motor acoplado a una válvula de entrada de agua que se activa en función de la información recibida por los sensores de nivel del líquido. Así mismo, el circuito permite abrir de forma automática una válvula para la distribución para riego del agua almacenada en el reservorio. El control del equipo se realiza por medio de notificaciones móviles GSM/GPRS que las ejecuta el usuario administrador, quien podría también recibir alertas relacionados con el suministro eléctrico, todo este proceso basado en un protocolo ad-hoc de mensajes de texto.

Figura.1 Esquema para control y monitoreo de reservorios de agua empleando comunicación móvil GSM/GPRS



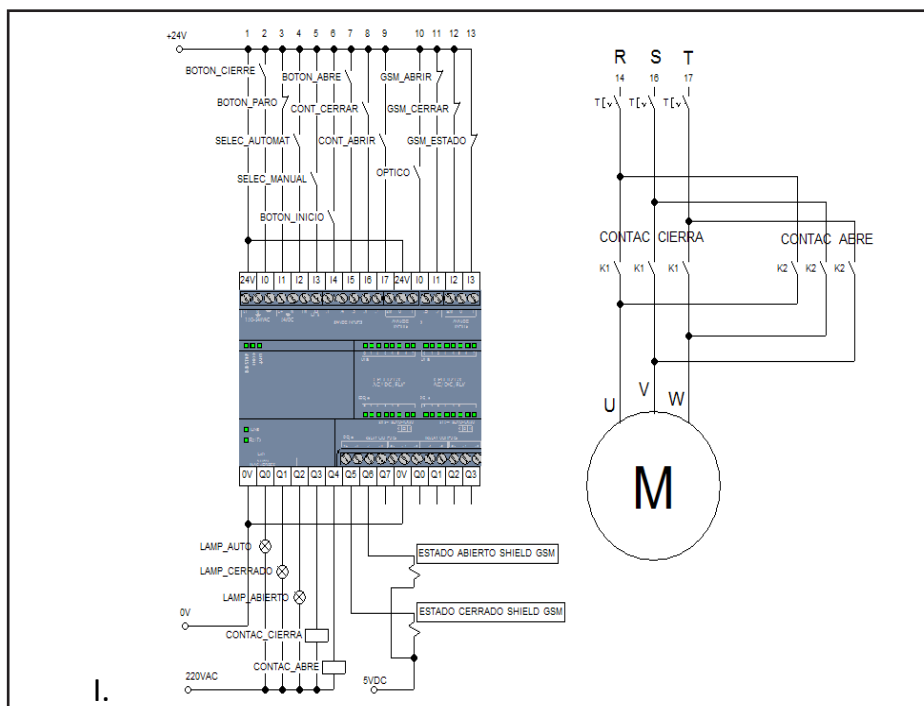
Para el diseño y construcción de la unidad de control de nivel de agua automatizado para reservorios se utilizó como elemento principal un módulo lógico Siemens Logo 230 RC (Siemens AG, 2003), que toma las señales del sensor de nivel tipo relé Sirius 3UG05 (Siemens, 2011) que se encuentra conectado a la entrada del controlador. Se han utilizado pulsadores y selectores conectados desde la entrada I1 a la entrada I6 del Logo para las funciones de inicio, selección manual /automática, marcha y paro en forma manual y emergencia.

Para la implementación del circuito de potencia se emplea como elemento de protección un guardamotor Siemens Sirius 3RV1011-1K10 (Siemens AG, 2011) para carga trifásica el cual posee contactos auxiliares conectados a una lámpara con indicación de *Sobrecarga* como protección frente a variaciones de voltaje del motor, cortocircuitos y casos de falta de fase. Los contactores Siemens 3RT1024 (Siemens AG, 2011) tienen la función de poner en marcha el motor y realizar la inversión de giro, a fin de efectuar la apertura o cierre para carga del reservorio. Para la configuración del módulo de control se utilizó la interfaz gráfica del software LOGO! SOFT COMFORT V7.0.30 (Siemens AG, 2006).

El esquema general de conexiones de la unidad de automatización puede verse en la figura 2, cuyo principal componente es un PLC Siemens Simatic S7-1200 (Siemens AG, 2009), que se alimenta con 220 VCA. La PLC toma la señal que entrega el sensor óptico del tipo Omron E3H-DS5B13 para la verificación del proceso de apertura o cierre de válvula, este sensor se alimenta con un voltaje de 24 VCD del PLC. Para el ingreso de señales al PLC se tiene el pulsador RESET cuya función es tomar un punto de partida o encendido para el mantenimiento e inicio de operación del módulo. El pulsador de ENCENDIDO AUTOMÁTICO permite iniciar las acciones que cumple el programa del PLC. Por medio del selector en el modo MANUAL se puede utilizar los pulsadores de APERTURA y CIERRE en caso de que el operador requiera operarlo en el sitio. Con el selector en modo AUTOMÁTICO el PLC toma señales de los 2 temporizadores electrónicos PET-010 (Karlslitlegarden) para cierre y apertura como instrumento de respaldo en casos especiales.

INFORMÁTICA

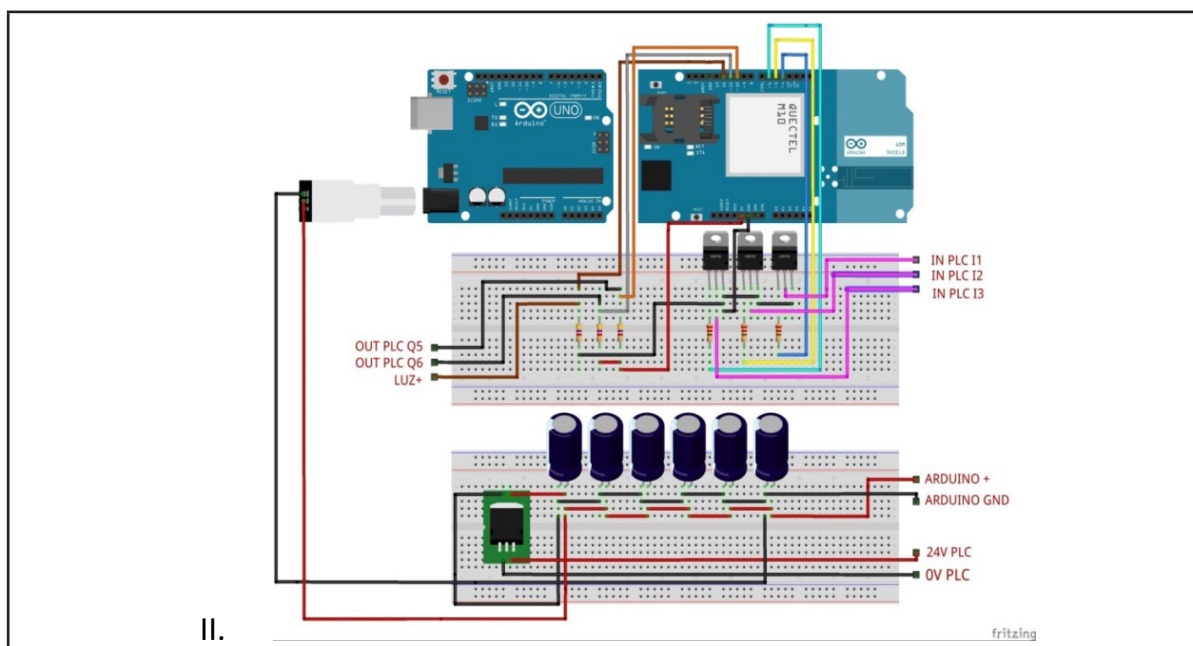
Figura. 2 Diagrama de conexiones de unidad de automatización para distribución de agua



Como entradas del PLC también se tiene las notificaciones móviles GSM con instrucciones de apertura/cerrado y del sensor óptico para procesos de verificación de la posición de la válvula. A las salidas del PLC se encuentran conectadas una lámpara que indica el funcionamiento automático del módulo y el estado de la válvula sea este ABIERTO o CERRADO además de dos salidas conectadas al Shield GSM de Arduino que son las encargadas de informar el estado de las lámparas al usuario mediante una notificación del estado actual de la válvula de distribución. Para la configuración del controlador PLC se utilizó la interfaz gráfica del software TIA PORTAL V13 Totally Integrated Automation Portal V13 (Siemens AG).

Para la construcción y montaje de la unidad de control/monitoreo GSM se utilizó una tarjeta electrónica de hardware y software libre Arduino Uno (Creative Commons, 2015) que junto con un Shield GSM (Creative Commons, 2015) permite enviar y recibir mensajes SMS que son instrucciones y notificaciones desde y para el usuario administrador. El esquema general de las conexiones de la placa puede verse en la figura 3.

Figura. 3 Diagrama de conexiones de Unidad de control – monitoreo y alerta de ausencia de energía eléctrica

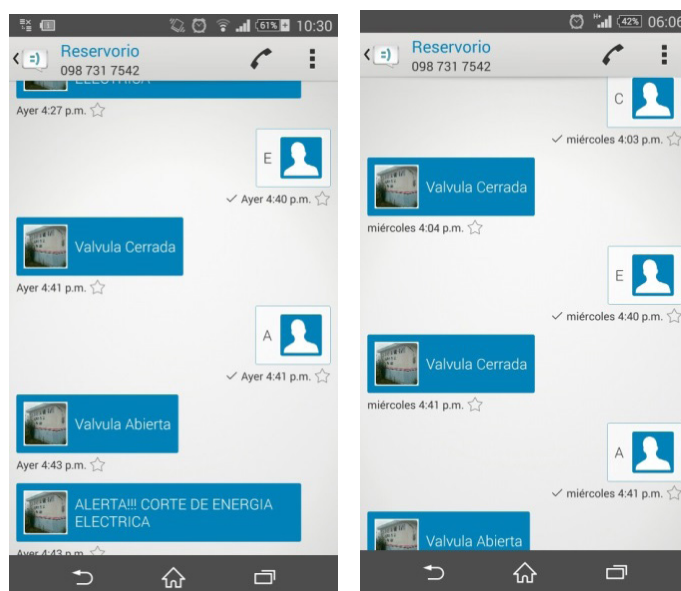


La comunicación con la placa se realiza por medio de mensajes de texto que se interpretan por medio de comandos AT con procesamiento de caracteres. El objetivo de la comunicación GSM es que a partir de un mensaje de texto enviado desde cualquier usuario, se pueda generar una señal discreta y enviarla a las entradas PLC para realizar la función que corresponda. Por otra parte, las salidas que genera el PLC se ingresan a la tarjeta electrónica GSM para realizar el envío de los mensajes de texto al usuario.

Para la programación de la unidad de control y monitoreo GSM/GPRS se utilizó un IDE para Arduino y el protocolo de mensajes de texto para control/monitoreo se muestra a continuación y se ejemplifica con la figura 4:

- *Letra A: Instrucción para apertura de válvula*
- *Letra C: Instrucción para cerrado de válvula*
- *Letra E: Instrucción que permitirá realizar el monitoreo del sistema, para solicitar el estado actual de la válvula, este a su vez responderá al operario con un mensaje "VALVULA ABIERTA" ó "VALVULA CERRADA"*
- *En caso de que exista un corte de energía eléctrica el sistema enviará al operario un SMS de emergencia: "ALERTA-CORTE DE ENERGIA ELECTRICA "*

Figura. 4 Envío y recepción de mensajes de control y monitoreo móvil



Para el manejo de notificaciones de emergencia se diseñó una placa electrónica que está compuesta por capacitores electrolíticos de 15000 μ F-25V cuya función es almacenar voltaje para que en caso de un corte de energía eléctrica entren en proceso de descarga alimentando a la tarjeta electrónica Arduino por un tiempo aproximado de 10s que permite que el Shield GSM haga el envío de un último mensaje con indicación de fallo de energía en la red eléctrica.

Resultados y discusión

El principal aporte de la investigación es el prototipo funcional que precisamente se encuentra operativo en uno de los reservorios del Sistema de Riego Chambo – Guano, y que tiene la capacidad de abrir las válvulas de entrada para el reservorio y la de salida para el sistema de riego. Este proceso de aperturas se lo realizaba de forma manual, por lo que era necesario que un operador estuviese en el sitio para iniciar ambas operaciones.

La operación manual tiene obviamente inconvenientes, no solo por el hecho de que implique un personal dedicado a ese trabajo, sino que además la apertura de válvulas se realizaba en horas inadecuadas y en función de la disponibilidad del operador, quien debía en cualquier caso chequear los niveles correspondientes in situ para proceder. Esta apertura descoordinada tiene también efectos sobre la pérdida por

evaporación del agua de riego cuando esta se utiliza en horas de mayor calor o radiación solar.

El prototipo es la única solución de automatización que se ha presentado e implementado para un sistema de riego a nivel nacional. Por ser un artefacto elaborado específicamente para esa función tiene un costo moderado, que podría disminuir si por ejemplo se elaboran más aparatos para los reservorios restantes del sistema. En efecto, el prototipo causó un efecto positivo inmediato que generó una propuesta para implementar este elemento en los reservorios restantes.

Es cierto que es una limitante la dependencia con la tecnología GSM/GPRS, particularmente respecto de que tanto el módulo GSM del prototipo así como el del operador deben contar con un saldo de mensajes para el protocolo de texto. Pero sin embargo la parte positiva es la cobertura de la red celular, que aún incluso en zonas rurales tiene al menos disponible la señal para el intercambio de esta mensajería de control.

Podría pensarse a futuro una alternativa de solución con tecnología Wi-Fi de largo alcance (Nedevischi, 2008) que incluso permita la creación de una central de monitoreo basada en un entorno Web, esto se justificaría mejor si todos los reservorios del sistema implementaran un control y monitorización automática.

Una solución basada en la tecnología inalámbrica IP implica un estudio de una red de largo alcance que es posible implementarla a un costo relativamente bajo con la tecnología actual. La red IP permitiría incluso tener un acceso al sistema desde cualquier ubicación remota, así mismo las interfaces de control del sistema podrían ser aplicaciones para teléfonos inteligentes más funcionales sin importar el sistema operativo IOS o Android utilizado.

De todas formas la justificación de una inversión adicional se sustenta también sobre la base del ahorro que el prototipo puede generar respecto de la pérdida por evaporación. Mediante el cálculo de la vaporización o transpiración por los métodos de Perman (Mosolve, 1995) en la superficie de pastos y cultivos irrigados por el reservorio# 64, se obtiene un valor anual de evaporación por unidad de superficie de pastos y cultivos superior a la tasa de precipitación.

Al aplicar una estimación de pérdida monetaria anual, esta representa un valor aproximado de US 21.958,83 anuales ya que se tiene una pérdida en volumen de agua de 243.987 m³ calculados a un precio de 0.09 cts/m³. Si se considera la pérdida global por los 7 reservorios restantes de todo el sistema de riego el valor en conjunto es considerable. Claro que la automatización no garantiza una evaporación nula, pero sí existen estimaciones de las pruebas realizadas en cuanto al vaciado del reservorio que el ahorro estaría rondando el 35%. Esta estimación se realiza sobre la base del número de cargas y vaciados del reservorio en estudio.

El ahorro en conjunto en la implementación de la automatización de todos los reservorios podría utilizarse para fortalecer el sistema de gestión propuesto con la creación de un portal con manejo de base de datos/estadísticas y no solamente de una interface GSM como es el caso actual.

Conclusiones

- Sobre la eficiencia de la implementación de la automatización y telecontrol en el sistema de riego con la implementación de un prototipo de control y monitoreo con el empleo de la comunicación móvil, ha permitido efectuar una adecuada gestión del recurso hídrico, para maximizar los beneficios y lograr un desarrollo económico y social respetuoso con el medio ambiente.
- Se determinó la factibilidad de implementar el sistema de control de nivel de agua en reservorios de forma automática limitando en gran medida la intervención humana en las tareas de apertura y cierre de la válvula de distribución de una manera eficiente y confiable y se obtuvo un ahorro en costos, tiempo y recursos.
- Las pruebas realizadas el sistema de comunicación móvil GSM/GPRS fueron exitosas para el control y monitoreo remoto del prototipo. Cualquier usuario habilitado puede controlar la distribución así como facilitar la gestión en el uso del recurso hídrico gracias al manejo de datos en tiempo real del sistema. La gestión contribuye con la conservación de las reservas de agua, minimiza su ritmo de agotamiento y reduce el volumen de pérdida por evaporación en horas de mayor radiación solar. Así mismo las funcionalidades de alerta de ausencia de energía y opción de respaldo aumentan la confiabilidad en la utilización del sistema.
- El uso de hardware y software libre presenta una creciente demanda, debido a que mediante estos dispositivos, y en particular las placas Arduino, se pueden construir proyectos con una amplia gama de aplicaciones gracias a su facilidad de interacción con otros utilitarios y dispositivos de control compatibles con tecnologías M2M (Machine to Machine).

Recomendaciones

- Dentro del sistema de riego Chambo – Guano existen 8 reservorios, para este caso de estudio se automatizó solamente uno, de esta manera podría implementarse el mismo prototipo en los restantes de tal forma que se aumenten los beneficios en la utilización del agua de riego así como también el ahorro por la pérdida por evaporación. Esto permitiría por ejemplo contar con un sistema de monitorización y control más elaborado para la gestión de todo el sistema.
- Si bien es cierto que se ha conseguido la automatización del reservorio en la carga y descarga de agua esto también implica que es necesario un mantenimiento periódico preventivo del sistema particularmente en lo que tiene que ver con posibles corrosiones en puntos de contacto que produzcan caídas de tensión.
- Es recomendable también un estudio sobre la implementación de un sistema Wi-Fi de largo alcance y así eliminar la dependencia con la red celular. La red inalámbrica permitiría también utilizar el protocolo IP de tal forma que el portal de control puede accederse desde cualquier ubicación y en tiempo real. La migración de GSM a IP desde el prototipo es posible, existen módulos Arduino que incorporan esta funcionalidad.
- Finalmente y una vez probada la utilidad del prototipo es necesario ahondar en otras funcionalidades complementarias que pueden ser de utilidad. El prototipo incorporó un sistema de alerta en caso de fallo de energía eléctrica, podría también incorporarse otras utilidades como medidores de caudal de entrada y salida, de temperatura de agua al-

macenada y ambiente, etc. Así mismo, al tener un sistema de control mediante un portal Web podría guardarse información estadística sobre la utilización del prototipo y todos los parámetros que monitorea.

Bibliografía

Creative Commons. (2015). Arduino . Recuperado el 14 de Enero de 2015, de <http://arduino.cc/en/pmwiki.php?n=Main/ArduinoBoardUno>

Creative Commons. (2015). Arduino GSM Shield. Recuperado el 15 de Enero de 2015, de <http://arduino.cc/en/Guide/ArduinoGSMShield>

Gutiérrez Jagüey, J. P. (2012). Proyecto de Innovación tecnológica de sistemas de producción y comercialización de especies aromáticas y cultivos élite en agricultura orgánica protegida con energías alternativas de bajo costo. La Paz, Baja California Sur, México: Centro de Investigaciones Biológicas del Norte S.C.

Karlsittlegarden. (s.f.). Temporizador PET-010. Recuperado el 16 de Enero de 2015, de <http://karlsittlegarden.com/manual.html>

Nedevschi, S. (2008). Maximizing performance in long distance wireless networks for developing regions. ProQuest, 28.

SENPLADES. (2013). Territorio y descentralización: competencia de riego y drenaje. Recuperado el 03 de Enero de 2015, de <http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/01/Territorio-y-Descentralizaci%C3%B3n-Riego-Drenaje.pdf>

Siemens. (27 de Agosto de 2011). Detector de Nivel SIRIUS 3UG de SIEMENS. Recuperado el 14 de Enero de 2015, de <http://www.electricidadgeneral.com/descargas/sirius/Reles%20de%20Tiempo%207PU%20+%203UG.pdf>

Siemens AG. (Junio de 2003). Manual LOGO. Recuperado el 11 de Enero de 2015, de https://cache.automation.siemens.com/dnl/zQ/zQ1ODg5AAAA_16527461_HB/Logo_s.pdf

Siemens AG. (01 de Octubre de 2006). Tutorial Logo Soft Comfort . Recuperado el 16 de Enero de 2015, de https://infonet.siemens.es/Apli_Industry/formacion/Logo/tutorial/index.htm

Siemens AG. (Octubre de 2009). SIMATIC Controlador programable S7-1200. Recuperado el 15 de Enero de 2015, de <https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S71200-MANUAL%20DEL%20SISTEMA.PDF>

Siemens AG. (22 de Agosto de 2011). Contactador 3RT1024-1AN20. Recuperado el 15 de Enero de 2015, de <http://www.gama-me.com/sites/default/files/descargas/3rt1024-1an20.pdf>

Siemens AG. (06 de Septiembre de 2011). GUARDAMOTOR 3RV1011. Recuperado el 14 de Enero de 2015, de <http://www.gama-me.com/sites/default/files/descargas/3rv1011-1ka10.pdf>

Siemens AG. (s.f.). Siemens TIA Portal v13. Recuperado el 16 de Enero de 2015, de <http://www.deingenieria.com/2014/11/siemens-tia-portal-v13-en-espanol.html>