



XVII SIMPOSIO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA (SIE-2017)

Diseño de sistema automatizado para riego por goteo empleando red inalámbrica de sensores de humedad y estación agrometeorológica

Design of automated drip irrigation system by using moisture wireless sensor network and agro-meteorological station

Redney Rodríguez Rodríguez¹, Eduardo Izaguirre Castellanos², José R. Pozo Pérez³

1- Redney Rodríguez Rodríguez. Empresa de la Informática y las Comunicaciones del MINAG (EICMA), Cuba. E-mail: esp-automatica@cav.eicma.cu

2- Eduardo Izaguirre Castellanos. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas, Cuba. E-mail: izaguirre@uclv.edu.cu

3- José Rubén Pozo Pérez. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas, Cuba. E-mail: joserubemp@uclv.cu

Resumen: El empleo de sistemas de riego automatizado en la agricultura es una novedosa tecnología que brinda ahorros significativos de agua y portadores energéticos, incide en el incremento de la producción agrícola, abaratamiento de los costos y aumento de la eficiencia del riego. En este trabajo se realiza la selección y configuración de un autómata programable como elemento controlador y de adquisición de datos para el control de un sistema de riego por goteo con vistas a su aplicación en la Empresa Agroindustrial "Victoria de Girón" en Matanzas. En la solución propuesta se integra funcionalmente una red de sensores inalámbricos para la medición de humedad del terreno y una estación agrometeorológica local, con el propósito de gobernar la operación del sistema de riego por goteo en un contexto de agricultura climáticamente inteligente.

Abstract: *The application of automated irrigation in the agriculture is a new technology who offers water and energy saving, produce an increment of agricultural productions, with cost reduction and high irrigation efficiency. In this work the selection and configuration of PLC as controller and data acquisition system is carry out with the*





purpose of governed the drip irrigation system to be implementing in the enterprise "Victoria de Girón" of Matanzas. The proposed solution integrate both a wireless sensor network to measure the soil moisture and agro-meteorology station, in order to manage the operation and control of drip irrigation system in the context of intelligent agriculture.

Palabras Clave: Riego por goteo, Autómata Programable; Estación Meteorológica, Red de Sensores Inalámbricos

Keywords: *Drip irrigation, Programmable Logic Controller; Meteorological Station, Wireless Sensor Network*

1. Introducción

La agricultura en Cuba constituye una esfera económicamente decisiva para la economía. Transformaciones profundas se han iniciado en este sector en las últimas décadas, de manera particular en los sistemas automatizados de riego por goteo, donde se vienen efectuado inversiones por la alta eficiencia que los caracteriza. El riego por goteo brinda la posibilidad de efectuar riegos frecuentes reduciendo el peligro de estrés hídrico, mantiene la humedad del suelo a niveles óptimos y mejora las condiciones para el desarrollo de las plantas (Wavhal et al., 2014). Por consiguiente, su automatización juega un rol fundamental, lo cual adquiere una mayor relevancia si funcionalmente se integra al mismo, información relacionada con la humedad del terreno y las variables climáticas (Izaguirre and Rodríguez, 2016a).

En este presente trabajo se realiza la propuesta de automatización de un sistema de riego por goteo para aplicar en la Empresa Agroindustrial "Victoria de Girón" en Jagüey, Matanzas con el fin de lograr resultados que tributen a un ahorro de recursos hídricos y energéticos, así como al aumento de la productividad del cultivo de cítricos. El objetivo del mismo consiste en efectuar el diseño del sistema de control para gobernar mediante un autómata programable la entrega adecuada del agua al cultivo, a partir de considerar de manera integrada la información obtenida por un sistema sensorial inalámbrico que brinda información del estado de la humedad del terrero, en conjunto con el cálculo de la evotranspiración que se obtiene a partir del procesamiento de las variables climatológicas provenientes de una estación agrometeorológica local.





2. Metodología

En el riego por goteo, la localización del agua en la proximidad de las plantas garantiza la reducción de la evaporación, distribución de la humedad en el sistema radical, la posibilidad de la fertirrigación y el ahorro considerable del agua. (Wavhal et al., 2014). La determinación de las necesidades hídricas de las plantas en el riego por goteo puede ser conocida a través de la cantidad de agua que las plantas pierden por evotranspiración, ésta varía en función de la especie plantada, la densidad de la vegetación y las condiciones microclimáticas. Conociendo las características de humedad del suelo y la evotranspiración estimada para la plantación, un profesional del riego puede desarrollar un plan efectivo de riego. Evaluando cada factor y asignándole un valor numérico, podemos estimar cuánta agua puede perderse en relación a la evaporación de referencia. Por otra parte, las condiciones ambientales pueden variar considerablemente, lo cual implica que sea necesario incorporar en el control del riego, los resultados derivados del procesamiento de la información proveniente de la temperatura del aire, el viento y la humedad y otras importantes variables climáticas (Dursun and Ozden, 2011, Boutraa et al., 2011).

Un sistema de riego inteligente recogerá, en el momento de regar, los datos necesarios del terreno y tomará una decisión del tiempo de riego acorde con ello. De esta forma se tendrá una estimación muy realista de las necesidades hídricas. Además como el sistema normalmente revisará su decisión durante el riego, se podrá modificar dinámicamente el tiempo de aplicación del riego, con las ventajas obvias que esto supone, ya que una vez decidido el tiempo se riega hasta completarlo (García, 2008, Mata-García et al., 2007).

Dado que gracias a una estación meteorológica se puede calcular la evotranspiración y manejar la información de las variables climáticas, entonces la integración de dicha información con la medición de la humedad del suelo, se incorpora a la estrategia automatizada de control del riego aportando un elemento novedoso a este tipo de sistema de riego (Izaguirre et al., 2017).

Estaciones agrometeorológicas automatizadas.

Una estación meteorológica automatizada (figura 1) es una estructura o dispositivo dotado con sensores que responden a estímulos electrónicos, que tienen la capacidad de registrar y coleccionar información meteorológica en forma automática y en tiempo real (García et al., 2008). Debe estar dotada de una serie de sensores capaces de medir





diversas variables, necesarias para lograr controlar el momento de irrigación, estas pueden ser: temperatura del aire, precipitación pluvial, humedad ambiental, radiación solar, velocidad del viento, dirección del viento y humedad de las hojas (WaterSense®, 2012, Quimisor-Instrumentación, 2014).



Figura 1. Ejemplo de estaciones agrometeorológicas.

Con la información que aportan las estaciones meteorológicas, es posible calcular parámetros muy importantes para la agricultura como: la probabilidad de ocurrencia de lluvias; ocurrencia de temperaturas extremas en duración y localización; estimación de tasas fotosintéticas, posible ocurrencia de enfermedades y la evotranspiración (García et al., 2008)

Sensores de humedad.

El empleo de sensores de humedad del suelo, resulta muy común en la práctica del riego localizado (Espada and Schouwen, 2011). Entre los dispositivos que miden humedad de suelo existen los sensores conocidos como sondas capacitivas o FDR (Frequency Domaine Reflectometry) que basan su medición en la constante dieléctrica del suelo. Ejemplo de ello resulta el dispositivo ES1110 (Figura 2-a) seleccionado para esta aplicación. El mismo es capaz de medir la constante dieléctrica o permitividad del suelo (ϵ_b) relacionándola directamente con el cambio en el contenido de agua (Volumetric Water Content, VWC) brindando una medida proporcional del contenido de humedad del suelo (ALAVA-Ing., 2010). Cuando el suelo está a capacidad de campo (CC), el contenido de agua disponible para las plantas (plant available water) es del 100 % y 0 % cuando está a punto de marchitez permanente.

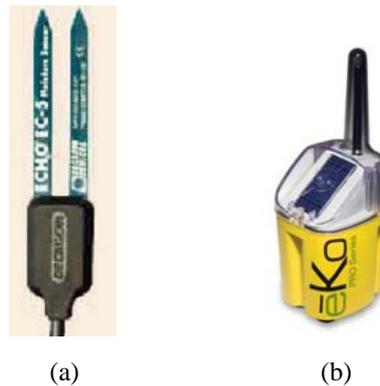


Figura 2. Sensor humedad ES1110 (a) y Nodo eKo EN2100 (Figura 2-b)

El ES1110 posee un rango de medición de 0 a 0.3 m³/m³ de contenido de agua (VWC) con una exactitud de 0.03 m³/m³ en todos los suelos hasta un 8 dS/m. Posee un cable de 4.87 m de longitud con un conector Switchcraft de 6 pines (ALAVA-Ing., 2010, LabFerrer, 2008). El mismo trabaja conectado a un nodo sensor nodo eKo EN2100 (Figura 2-b) encargado de procesar y transmitir inalámbricamente la medición. Este integra un procesador de la familia IRIS con una placa de radio y antena que son alimentados por baterías recargables y celdas solares. Proporciona un radio de espectro de dispersión de secuencia directa (DSSS, IEEE 802.15.4) que soporta la banda global ISM de 2.4 GHz. Los nodos vienen preprogramados y configurados con el protocolo de baja potencia XMesh de MEMSIC. Esto proporciona la escalabilidad de la red *plug-and-play* para la red de sensores inalámbricos (MEMSIC, 2010, Crossbow-Technology, 2010). Luego, cuando se aplica un riego, la humedad del suelo aumenta para luego comenzar a disminuir. El nivel de humedad que se desea mantener en el suelo lo puede definir el usuario, a partir de la CC, determinadas con la sonda FDR y el porcentaje de agotamiento de humedad del suelo que se permitirá (umbral de riego). Por consiguiente la información que reportan estos sensores es de gran utilidad para el manejo del riego. Un buen programa de riego, que considere la evotranspiración de referencia (Eto), el coeficiente de cultivo (Kc) y retención de humedad del suelo, puede tener un error muy bajo en la estimación de las necesidades de riego. Si estos programas se ajustan con la medición continua de la humedad del suelo, entonces se pueden mejorar considerablemente estas estimaciones (Espada and Schouwen, 2011).

Red de sensores inalámbricos.

Las redes de sensores inalámbricos se definen como una red de características auto-configurable compuestas por sensores integrados, también llamados motes (conjunto de comunicadores), desplegados en el área de cultivo. Estos sensores cooperan entre sí para



senzar en tiempo real, informaciones diversas del suelo, temperatura, humedad, vibración, contaminantes, etc. La información percibida se transmite al centro de decisión de diagnóstico a través de la red de comunicación inalámbrica de propia-organización aleatoria, que recibe de manera remota información del ambiente agrícola y de los cultivos (Yunseop K et al., 2008, Yu et al., 2012, Archila-Córdoba and Santamaría-Buitrago, 2013).

3. Resultados y discusión

La Empresa Agroindustrial "Victoria de Girón", situada en la localidad de Jagüey en la provincia de Matanzas, posee un área cultivable de 35,553 ha, donde el 49 % corresponde a cítricos. En la granja T14 que se emplea para el estudio del presente trabajo, se fomenta el cultivo de naranja, disponiéndose de un área de riego de 131.74 ha. Este cultivo presenta un marco de plantación de 5 x 2.5 m, sembrado en suelo ferralítico rojo compactado.

El propósito de la presente investigación consistirá entonces en efectuará la selección de cada uno de los medios técnicos de automatización a ser emplearlos en el desarrollo de la propuesta de automatización del sistema de riego por goteo, donde se aprovecha la información que brinda un red de sensores inalámbricos, así como el cálculo de la evotranspiración necesaria, gracias a una estación agro meteorológica que se integra en la toma de decisiones en función del riego, decidiéndose cuándo y cuánto regar. También se muestra la propuesta de accionamiento para la estación de bombeo.

Estación meteorológica IQ3000.

Como estación meteorológica digital se empleará el equipo IQ3000 (Figura 3) desarrollada con red de sensores IQ-BUS digitales y 4 entradas analógicas ampliables. Esta estación dispone de tres microcontroladores, comunicación interna con sensores IQ-BUS, excitación programada de sensores analógicos y conversión y filtrado de entradas analógicas. Permite también la realización de múltiples cálculos complejos e integrar un conversor analógico/digital de 16 bits (Quimisur-Instrumentación, 2014).



Figura 3. Estación meteorológica IQ3000 y elementos sensores integrados.

La misma ofrece diversos métodos comunicación, puerto serie RS232 o USB, red TCP/IP, Ethernet, Wifi, conexión telefónica GSM, conexión directa vía modem o GPRS. Posee memoria flash con capacidad para 120 000 lecturas. Para un tipo de registro normalizado por la Organización Meteorológica Mundial, con almacenamiento de 20 parámetros de lectura, puede almacenar más de 8 meses de datos; aunque existe la posibilidad de ampliar la misma a 240 000 lecturas para un año y medio de datos. Gracias a librerías dinámicas se permite la integración de la estación meteorológica IQ3000 en un sistema SCADA sin necesidad de conocer los procesos internos de la misma (Quimisor-Instrumentación, 2014). Como sensores integrados incluye tanque evaporímetro para la medición de la evaporación ambiental. Un anemómetro con microprocesador interno que se conecta al Datalogger IQ3000 mediante conexión RJ45, permitiendo realizar 4 lecturas por segundo. Una veleta IQ-Bus, que mide la dirección del viento incidente por una señal digital de 8 bits (1,54°). Un radiómetro para medir la radiación visible en el rango de 400 a 1000 nanómetros. Un pluviómetro. Sonda de Temperatura y Humedad Relativa Ambiental. Barómetro Analógico PTB110 y Transductor de temperatura T01 T (Quimisor-Instrumentación, 2014).

Todos los sensores poseen un microprocesador interno para efectuar operaciones y lecturas, emplean IQ-Bus, y la alimentación y transmisión de datos se realizan por una conexión RJ45 con el Datalogger IQ3000. Son sistemas con transmisión digital libre de ruidos y poseen calibración interna del propio sensor.

Arquitectura para la red de sensores inalámbricos.

Una vez efectuada la propuesta de la estación meteorológica, y conocidas las características del terreno y el cultivo, el manejo de la instalación de la red sensorial pasa a ser el siguiente paso para dar continuidad al diseño del sistema de automatización asociado al riego por goteo. Para ello resulta necesario el conocimiento del rango de cobertura de los dispositivos sensores inalámbricos para proceder a la ubicación correcta de los nodos y demás componentes de la red.

Según el fabricante la distancia establecida entre los nodos sensores de humedad, se encuentra entre 152.4 y 457.2 m. Se decide utilizar el rango de cobertura mínimo para evitar problemas de comunicación con respecto a los obstáculos del terreno, garantizando comunicación entre los motes tomando en cuenta las pérdidas adicionales a las consideraciones en el modelo de propagación por el espacio libre (Moya et al., 2012). Cada mote se colocará a una altura no inferior a los dos metros para garantizar que las plantaciones no interfieran con la comunicación; y cada sensor ES1110 a 90 cm bajo tierra, posición adecuada para la medición de humedad en cítricos. La distribución de los sensores será en forma de malla propiciando que cada uno de los nodos tenga dos posibles vecinos como alternativa de transmisión, por consiguiente la malla tendrá una forma de triángulo equilátero entre motes, ubicándose al menos dos sensores por parcela (Moya et al., 2012).

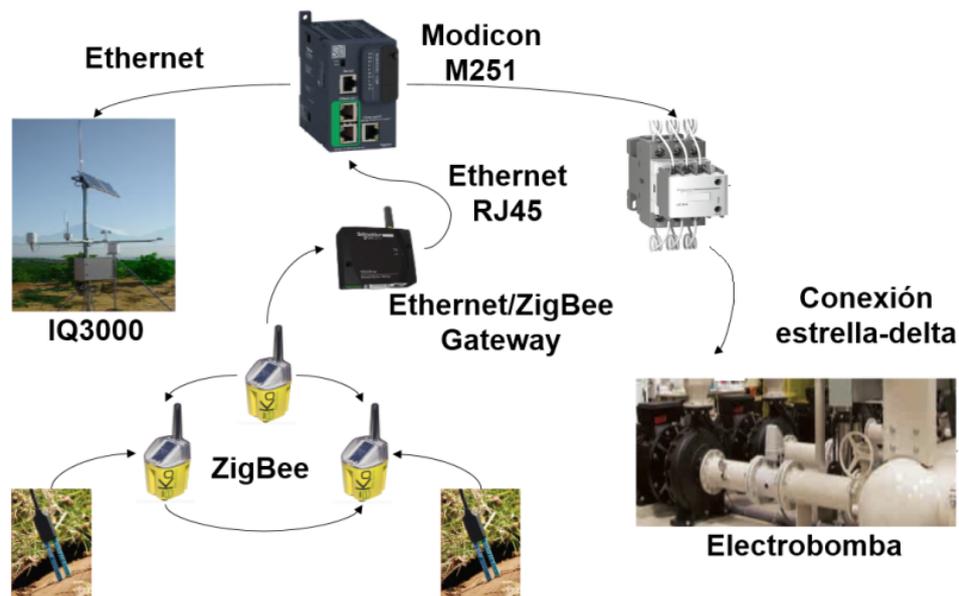


Figura 4. Arquitectura de comunicación para el sistema de riego por goteo (Izaguirre et al., 2017).



La arquitectura general propuesta se muestra en la figura 4. El estándar utilizado para regular la red de sensores inalámbricos es el IEEE 802.15.4, que establece las especificaciones de la Capa de Control de Acceso al Medio (Medium Access Control, MAC) y la Capa Física (Physical Layer, PHY) para las redes LAN y redes inalámbricas de baja tasa de transmisión en áreas personales (Low Rate WPAN) que es el espectro de ocupación en que opera el Protocolo ZigBee empleado. Este protocolo se utiliza para la comunicación entre los distintos nodos de la red diseñada, siendo el estándar de comunicación que posee por defecto el nodo eKo EN2100 de la figura 2-(b) (Moya et al., 2012, Moreno and Ruiz-Fernández, 2007)

En la arquitectura presentada se emplea como elemento controlador y de adquisición de datos un controlador lógico programable (PLC) de la firma Schneider Electric. Una vez desplegada la red inalámbrica de sensores, todas las mediciones realizadas por los sensores y transmitidas por los motes son procesados por pasarela Ethernet/ZigBee METEGX105Z (Schneider, 2017), que es la encargada de convertir el protocolo ZigBee a Ethernet para transmitir los datos hasta el PLC que se encargará de procesar la información para determinar el momento y la cantidad de agua de riego.

Controlador Lógico programable

Para llevar a cabo el control del sistema se selecciona el controlador lógico programable Modicon TM251MESE, que se configura añadiendo los módulos de entradas y salidas discretas TM3DI8 y TM3DQ8R respectivamente, el módulo analógico de E/S mixtas TM3TM3 y la pantalla táctil HMISTU855 (Schneider, 2015) Este dispositivo posee variadas formas de comunicación (Modbus, CanOpen, Ethernet), ofrece un FTP y un servicio de servidor web, siendo fácilmente integrado como maestro en la arquitectura mostrada en la figura 4.

La estación meteorológica define el momento para regar, para lo cual se evalúa la variable ETo (Evotranspiración de referencia, mm/día) obtenida mediante el cálculo $E_{To} = E_{pan} * K_p$. El valor de Epan viene dado por la medición que aporta el tanque evaporímetro de dicha estación, mientras que el valor de Kp se estima a partir tabla del coeficiente Kp para cubetas, que se apoya en la información de la velocidad del viento y la humedad relativa media, que son obtenidos desde la estación meteorológica.

El programa del PLC computa el valor de ETo, que sirve para el cálculo del factor de evotranspiración (ETc). Por su parte, el factor de evotranspiración (ETc) se calcula teniendo en cuenta el valor del coeficiente del cultivo (Kc) multiplicado por el valor de





la evotranspiración de referencia (E_{To}), es decir; $E_{Tc} = K_c * E_{To}$, magnitud fundamental para tomar la decisión de riego, lo cual a su vez está condicionado por el estado de las variables climatológicas.

El valor del coeficiente del cultivo (K_c) es específico para cada tipo de planta en dependencia del estado de crecimiento que tenga; en el caso de este trabajo que es cultivo de naranja en producción donde el porcentaje de crecimiento viene siendo un 100 % dicho coeficiente se fija en el valor de 0.45 (Miranda, 1982). Luego, el factor de evotranspiración de comparación (E_{Tcomp}) es estimado mediante estudio que involucra tipo de cultivo, clima, suelo, etc. y se incorpora como dato a la memoria del PLC para ser comparado con el calculado (E_{Tc}) en función de decidir el momento del riego.

La cantidad de agua a regar se obtiene de la red inalámbrica de sensores que brinda información en tiempo real de la humedad del terreno a la profundidad indicada.

Una vez tomada la decisión por la lógica de programación de activar el riego; se determinarán los puntos en el terreno con mayor necesidad de agua y esta información se transmitirá desde los módulos del PLC para decidir cuales electroválvulas de posición de riego se deben abrir, así como cuáles de las 28 electroválvulas ubicadas en los cabezales de riego deben activarse.

En este contexto, se plantea en la figura 5 el algoritmo que se debe ejecutar en el PLC, donde se observa que el proceso de análisis para el riego procede siempre que las condiciones climáticas sean favorables. Luego el PLC compara el factor de evotranspiración calculado con el especificado por los especialistas de riego (E_{Tcomp}) valor que estará almacenado en la memoria interna del autómata.

Bajo régimen de riego, se procede con los puntos que cumplan con el indicador de que la humedad no sea mayor a la CC fijada (33 %) pero que se mantenga dicho valor sobre el límite de marchitez (LM) establecido (18 %), evitándose ya sea estrés hídrico o sobreirrigación y dando un margen de un 15 % de humedad aprovechable. Todos estos valores se almacenan en la memoria interna del PLC, para comparar en tiempo real con la información proveniente de los sensores de humedad dispuestos en el terreno.

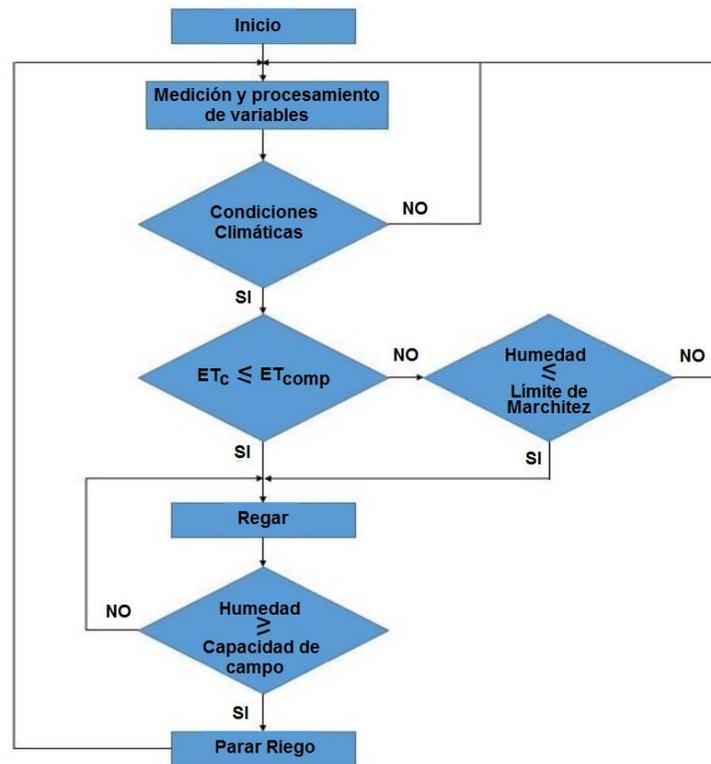


Figura 5. Diagrama de bloques del algoritmo de control del PLC (Izaguirre and Rodríguez, 2016b).

El PLC se encarga también del accionamiento de los motores de la estación de bombeo, la cual está formada por una bomba centrífuga de 465 m³/h, accionada por un motor trifásico de 137 kW/440 V.

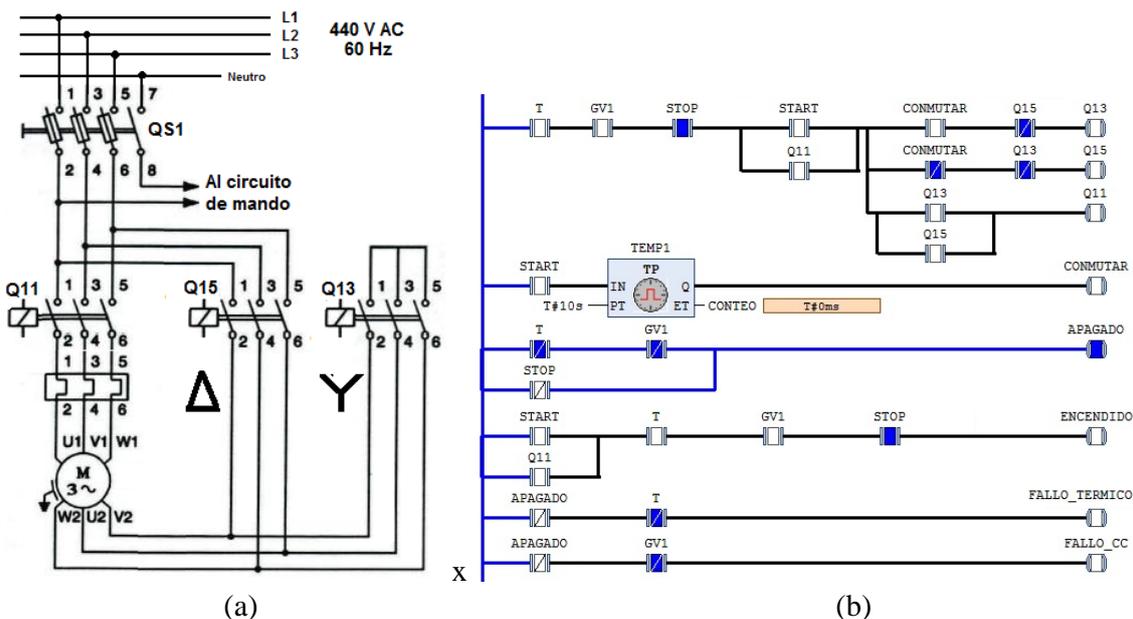


Figura 6. Accionamiento Delta-Estrella (a) y programación del automatismo (b).



El accionamiento delta-estrella para el arranque de la bomba está compuesto por los arrancadores magnéticos tipo LC1F330 (Q11, Q13, Q15), según se muestra en la figura 6-a), donde también se considera el hardware para la protección guardamotor magnetotérmico GV7RE220 (QS1) y supervisión del estado del motor con bloque de contacto auxiliar LADN11 y relé LR9F5371 de corriente alterna (Schneider, 2015), todos estos elementos ubicados en el panel de mando.

Se demuestra la efectividad del PLC empleado en la configuración propuesta, para implementar la automatización del sistema de riego, siendo capaz de integrar la información de los sistemas sensoriales que involucra a la red de sensores inalámbricos y la estación agrometeorológica, así como la ejecución del accionamiento del arranque de las bombas de riego de la estación de bombeo.

4. Conclusiones

La selección y configuración de un autómata programable como elemento controlador y de adquisición de datos para el control del sistema de riego por goteo se integra de manera coherente con una red de sensores inalámbricos para la medición de humedad del terreno y una estación agrometeorológica local para el cálculo de la evotranspiración. Todo ello permite incorporar en el automatismo de control la información necesaria para decidir cuándo y cuánto se riega, así como la operación del sistema de bombeo en un contexto de agricultura climáticamente inteligente.

Se demuestra que la arquitectura de comunicación propuesta satisface los requerimientos en el contexto de la aplicación agrícola y garantiza la transferencia fiable de los datos entre el autómata y los sistemas sensoriales (Estación Meteorológica y la Red de Sensores Inalámbrica) a partir del protocolo Modbus TCP I/O Scanner que brinda Schneider para este PLC.

Se destaca el aporte tecnológico que representa la propuesta de solución presentada en el contexto de una agricultura de precisión, que garantiza el ahorro de recursos hídricos, portadores energéticos, e incide en el aumento de la productividad agrícola y mejora de la eficiencia del riego.

5. Referencias bibliográficas

ALAVA-ING. 2010. Catalogo: eKo Sensors for enviromental monitoring. *In*: MEMSIC (ed.).





- ARCHILA-CÓRDOBA, D. M. & SANTAMARÍA-BUITRAGO, F. A. 2013. Estado del arte de las redes de sensores inalámbricos. *Revista Digital TIA*, 2.
- BOUTRAA, T., AKHKHA, A., ALSHUAIBI, A. & ATTA, R. 2011. Evaluation of the effectiveness of an automated irrigation system using wheat crops. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 2, 80-88.
- CROSSBOW-TECHNOLOGY 2010. Catalog: eKo Node Datasheet. In: CROSSBOW-TECHN. (ed.).
- DURSUN, M. & OZDEN, S. 2011. A wireless application of drip irrigation automation supported by soil moisture sensors. *Scientific Research and Essays*, 6, 1573-1582.
- ESPADA, I. R. F. & SCHOUWEN, I. G. S. V. 2011. Algunas consideraciones para el manejo de riego en Cítricos. *Tierra Adentro* 94.
- GARCÍA, G. M. 2008. Uso de Estaciones Meteorológicas en la Agricultura. *Centro de Investigación Regional Norte Centro Campo Experimental Zacatecas*. .
- GARCÍA, G. M., GRAGEDA, J. G., CORRAL, J. A. R. & GONZÁLEZ, A. D. B. 2008. Uso de Estaciones Meteorológicas en la Agricultura. In: PECUARIAS, I. N. D. I. F. A. Y. (ed.) Primera ed. Centro de Investigación Regional Norte Centro Campo Experimental Zacatecas.
- IZAGUIRRE, E. & RODRÍGUEZ, R. Los sistemas de riego inteligentes. Contexto actual y perspectivas de su implementación en Cuba. In: EICMA, ed. V Encuentro Técnico de Informática, Automática y Comunicaciones de la Agricultura, 2016a Habana, Cuba. 26-29 abril, 2016. . EICMA.
- IZAGUIRRE, E. & RODRÍGUEZ, R. 2016b. Los sistemas de riego inteligentes. Contexto actual y perspectivas de su implementación en Cuba. Habana, Cuba.
- IZAGUIRRE, E., RODRIGUEZ, R. & POZO-PÉREZ, J. R. 2017. *Diseño de un Sistema Automatizado para Riego por Goteo en la Empresa Agroindustrial "Victoria de Girón"*. Ingeniero en Automática Trabajo de Diploma, Universidad Central Marta Abreu de Las Villas.
- LABFERRER 2008. Catálogo de Instrumentación Suelo-Agua-Planta-Ambiente. In: SYSTEM, E. O. (ed.).
- MATA-GARCÍA, M. G., AGUDO, E. T. & RIVAS, F. G. 2007. *Sistema de Riego Inteligente Borroso*. Universidad Complutense de Madrid.
- MEMSIC 2010. eKo Pro Series User's Manual. In: MEMSIC (ed.).
- MORENO, J. M. & RUIZ-FERNÁNDEZ, D. 2007. ZigBee (IEEE 802.15.4). Universidad de Alicante.
- MOYA, W. T., MALAVÉ, K. & MARQUIS, D. 2012. Aplicaciones de las Redes Inalámbricas de Sensores para implementar la Agricultura de Precisión en Viñedos. 5to Congreso Iberoamericano de Estudiantes de Ingeniería Eléctrica.
- QUIMISUR-INSTRUMENTACIÓN 2014. Sensores IQ3000. Polígono Industrial de Servicios del Aljarafe.
- SCHNEIDER 2015. Automatización y Control Industrial. Schneider Electric.
- SCHNEIDER 2017. METEGX105Z SEMS - Ethernet/ZigBee gateway. *Product Data Sheet. Characteristics. Schneider Electric*.
- WATERSENSE®. 2012. *Weather-Based Irrigation Controllers. Catalog WaterSense Labeled*. [Online]. USA. [Accessed].
- WAVHAL, D. N., GIRI, M. & GHUMATKAR, S. 2014. Decision Support System for Drip Irrigation *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 4, 669-675.
- YU, X., WU, P., HAN, W. & ZHANG, Z. 2012. Overview of wireless underground sensor networks for agriculture. *African Journal of Biotechnology*, 11, 3942-3948.
- YUNSEOP K, EVANS R G & IVERSEN W M 2008. Remote sensing and control of an irrigation system using a distributed wireless sensor network *IEEE Transaction on Instrumentation and Measurement*, 57, 1379-1387.