

AUTOMATIZACIÓN DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS EN LAS EMPRESAS AGRÍCOLAS

AUTOMATION OF PRODUCTIVE PROCESSES IN AGRICULTURAL COMPANIES

Autores: Aleksey González Dugareva

 <https://orcid.org/0000-0002-2339-9494>

Dayton Hernández Tamayo

 <https://orcid.org/0000-0001-9542-7362>

Evelio L. Báez Pérez

 <https://orcid.org/0000-0002-1545-5687>

Institución: Centro de Bioplantas, Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez
Báez, Cuba

Correo electrónico: aleksey@bioplantas.cu

dayton@bioplantas.cu

evelio@bioplantas.cu

RESUMEN

En este artículo se presentan los principales resultados obtenidos en la realización de un proyecto científico dirigido a resolver el problema: cómo satisfacer la creciente demanda de alimentos del país, tanto dirigidos a la población, el sector turístico como para la exportación, con menores costes económicos y medioambientales. El objetivo es automatizar los procesos productivos de las empresas agrícolas, a partir del empleo de técnicas de la agricultura de precisión, tal que permita garantizar la producción de alimentos con elevada eficiencia, ahorro y gestión sostenible de la tierra, el agua y los recursos naturales. Se presentan los productos software y hardware que conforman esta tecnología integral que permiten sostener la producción con eficiencia, ahorro de agua y energía eléctrica. La propuesta tecnológica se implementó mediante una prueba piloto realizada en la máquina de pivote central en la Estación Experimental del Centro de Bioplantas de la Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez. El objetivo del proyecto fue cumplido y se obtuvo resultados satisfactorios.

Palabras clave: Agricultura, Automatización de Procesos, Proceso Productivo.

ABSTRACT

This article presents the main results obtained in the development of a scientific project aimed to solve the problem of how to meet the growing demand for food in the country, both for the population, the tourism sector and for export, with lower economic and envi-

ronmental costs? The objective is to automate the productive processes of agricultural companies, based on the use of precision agriculture techniques, in such a way as to guarantee the production of food with high efficiency, savings and sustainable management of land, water and natural resources. The software and hardware products that make up this integral technology, which allow production to be sustained with efficiency, saving water and electricity are presented. The technological proposal was implemented through a pilot test carried out in the central pivot machine at the Experimental Station of the Center for Bioplants of the University of Ciego de Ávila Maximo Gómez Baez. The objective of the project was fulfilled and satisfactory results were obtained.

Keywords: Agriculture, Process Automation, Production Process.

INTRODUCCIÓN

La agricultura desempeña un papel clave en la economía de un país. Es la columna vertebral del sistema económico que impulsa la economía de los países en desarrollo. Además de proporcionar alimentos y materias primas, ofrece oportunidades de empleo a un porcentaje muy grande de la población.

Hoy en día las empresas agrícolas trabajan de forma muy diferente a la de hace unas décadas atrás, principalmente, gracias a las nuevas tecnologías y herramientas para la agricultura. Los avanzados dispositivos y sistemas informáticos permiten a las empresas ser más rentables, eficientes, seguras y respetuosas con el medio ambiente (Almeida et al., 2017; Sosa et al., 2017; González et al., 2018; Báez et al., 2019; González et al., 2019).

Aplicar la tecnología a la agricultura permite compatibilizar la producción con el medio ambiente, consiguiéndose mejores resultados de productividad, trazabilidad y sostenibilidad. Gracias a los avances tecnológicos, los agricultores ya no tienen que aplicar agua, fertilizantes y pesticidas uniformemente a los campos enteros, pueden utilizar las cantidades mínimas requeridas y dirigirse a áreas muy específicas o, incluso, tratar plantas individuales de manera diferente (González et al., 2021).

Gracias a los aportes de numerosos autores (Evans et al., 2000; Zhang et al., 2001; Chávez et al., 2010; Adao et al., 2017; Khanal et al., 2017; Wolfert et al., 2017; Chlingaryan et al., 2018), la integración de las tecnologías de comunicación e información con la de sensores, actuadores, controladores lógicos programables, GPS, GIS, data mining, drones y otros, permite a los agricultores reducir costos, incrementar los rendimientos de los cultivos de manera más eficiente.

En el mundo, la agricultura de precisión se desarrolla a ritmos diferentes. Entre los países pioneros se encuentran los Estados Unidos, Canadá y Australia. Argentina es el país de América Latina más involucrado con esta metodología de manejo de cultivos, tanto en tasa de adopción, como en desarrollo de agro-componentes de alta complejidad, Brasil es otro país de América Latina que se perfila como un gran demandante de este tipo de tecnologías, su agricultura va encaminada hacia una producción eficiente con la protección del medioambiente.

En Cuba desde 1999 se iniciaron los estudios de agricultura de precisión en la caña de azúcar. Los mismos surgieron en el marco del Proyecto Reloj, en el Complejo Agroindustrial Fernando de Dios en la provincia de Holguín. A partir de este proyecto se comenzó el desarrollo de sistemas de agricultura de precisión para la caña de azúcar y los frutales.

Los primeros resultados estuvieron relacionados con la automatización de la altura de corte base y la velocidad de traslación en la cosechadora de caña. Posteriormente se desarrolló el monitor de rendimiento y se produjo el primer mapa de rendimiento de manera automática en Cuba.

También se adaptaron las fertilizadoras existentes para la aplicación de dosis variable, realizándose estudios para el censado automático de las propiedades agroquímicas del suelo y las afectaciones por plagas y enfermedades. Se trabajó también en el diseño e implementación de un Sistema de Información Geográfica para el soporte de las aplicaciones de la agricultura de precisión.

A pesar de los esfuerzos realizados, al alcance de la implementación de estos resultados es efímero y todavía quedan algunos elementos importantes dentro de la agricultura de precisión, que necesitan su tratamiento.

Por todo esto se determina el problema: cómo satisfacer la creciente demanda de alimentos del país, tanto dirigidos a la población, el sector turístico como para la exportación, con menores costes económicos y medioambientales.

Eso impone la necesidad de la utilización óptima de los recursos naturales, logrando de esta forma obtener suficiente alimento, a la vez, que se conserva la fertilidad de la tierra y se respeta el medio ambiente.

La agricultura de precisión prevé la utilización de modernas herramientas que permiten la obtención y análisis de datos georreferenciados, mejorando el diagnóstico, la toma de decisiones y la eficiencia en el uso de los insumos. Es entonces que se logrará

mayor producción con sostenibilidad del ambiente productivo.

En este artículo se presenta el sistema automatizado para los procesos productivos de las empresas agrícolas, a partir del empleo de técnicas de la agricultura de precisión, que permitan garantizar la producción de alimentos con elevada eficiencia, ahorro y gestión sostenible de la tierra, el agua y los recursos naturales. Se definen y describen las metodologías usadas que permitieron garantizar la conclusión de los objetivos trazados en tiempo y con la calidad requerida, así como, las funcionalidades del software y hardware que conforman la tecnología desarrollada.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la investigación se utilizaron diferentes métodos, tales como análisis-síntesis para el estudio bibliográfico y elaboración del marco teórico; hipotético – deductivo para llegar a las conclusiones partiendo de la hipótesis formulada; modelación en la presentación de los resultados; encuesta, entrevista y observación para el diagnóstico del estado inicial del objeto y campo de la investigación y validar la propuesta; los métodos estadísticos para corroborar el valor científico de los resultados.

Para el desarrollo de esta solución se empleó una combinación de metodologías de gestión de proyectos, programación ágil y desarrollo por pruebas, que permitieron garantizar concluir los objetivos trazados en tiempo y con la calidad requerida.

Para la gestión del proyecto se utilizó Scrum. Entre las principales características de la metodología Scrum, destaca que es un desarrollo iterativo e incremental en lugar de la clásica planificación del desarrollo completo de un producto o servicio (Montes, 2016).

Scrum es un modelo que se basa en lograr objetivos de trabajo, integrando las actividades de análisis, diseño y pruebas en períodos muy cortos. Esto facilita el avance de trabajos y la entrega formal de las funcionalidades planificadas para una iteración (conocida como Sprint). Por sus características, Scrum es óptimo para equipos de trabajo de hasta nueve personas, aunque hay casos de éxito con equipos más grandes (Schwaber, 1997).

Para el desarrollo de software se utilizó XP, una metodología ágil centrada en potenciar las relaciones interpersonales como clave para el éxito en el desarrollo de software. Se basa en la comunicación fluida entre todos los participantes, una simplicidad en las soluciones implementadas y el coraje para enfrentar los cambios que puedan ocurrir en el sistema. Además, de una frecuente realimentación entre el cliente y el equipo de

desarrollo. Estas características la hacen una metodología propicia para el trabajo en pequeños grupos de desarrollo de software en los cuales una persona realiza diversos roles, entornos con requisitos cambiables.

Además, para garantizar una solución con altos niveles de calidad se utilizó el Desarrollo guiado por pruebas, o Test-driven development (TDD). Esta es una práctica de programación que involucra otras dos prácticas: Escribir las pruebas primero (Test First Development) y Refactorización (Refactoring).

Para escribir las pruebas generalmente se utilizan las pruebas unitarias (unit test en inglés). En primer lugar, se escribe una prueba y se verifica que las pruebas fallen, luego se implementa el código que haga que la prueba pase satisfactoriamente y seguidamente se refactoriza el código escrito. El propósito del desarrollo guiado por pruebas es lograr un código limpio que funcione. La idea es que los requisitos sean traducidos a pruebas, de este modo, cuando las pruebas pasen se garantizará que los requisitos se hayan implementado correctamente.

Algunas de las razones por las que emplear TDD son:

- La calidad del software aumenta.
- Se consigue un código altamente reutilizable.
- El trabajo en equipo se hace más fácil, une a las personas.
- Nos permite confiar en nuestros compañeros, aunque tengan menos experiencia.
- Multiplica la comunicación entre los miembros del equipo.
- Las personas encargadas de la garantía de calidad adquieren un rol más inteligente e interesante.
- Escribir el ejemplo (test) antes que el código nos obliga a escribir el mínimo de funcionalidad necesaria, evitando sobre diseñar.
- Cuando se revisa un proyecto desarrollado mediante TDD, nos damos cuenta de que los tests son la mejor documentación técnica que podemos consultar a la hora de entender qué misión cumple cada pieza del mapa.
- Incrementa la productividad.
- Nos hace descubrir y afrontar más casos de uso en tiempo de diseño.
- La jornada se hace mucho más amena.
- Sensación de que el trabajo está bien hecho.

La combinación de las metodologías anteriormente mencionadas deja como evidencia los siguientes artefactos:

- Pila de producto (Scrum).
- Pila de sprint (Scrum).
- Desarrollo basado en pruebas (XP + TDD)
 - Pruebas de Unitarias.
 - Pruebas de Integración.
 - Pruebas de Aceptación.

Esto podría traducirse en gestionar el proyecto mediante sprints, de Scrum, diseñar guiado por pruebas (TDD de sus siglas en inglés) y codificar empleando la programación en parejas, de XP. Todo ello sin olvidar la propiedad colectiva del código y la Integración Continua.

La utilización de estos métodos tanto teóricos como empíricos y estadísticos han permitido la construcción de un sistema integral automatizado con el empleo de las tecnologías de información y las comunicaciones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Sistema integral automatizado para la gestión productiva en las empresas agrícolas

El sistema integral automatizado que se propone (ver figura 1) consta de un producto software (CropsStation) y uno o varios productos hardware (PanelControl). El software CropsStation es el “maestro” en la comunicación con uno o varios PanelControl “esclavos”, ya sea de manera remota (no utiliza cable sino modem 3G) o no remota (utiliza cables, interfaces de comunicación rs-485 o ethernet) mediante el protocolo de comunicación modbus.

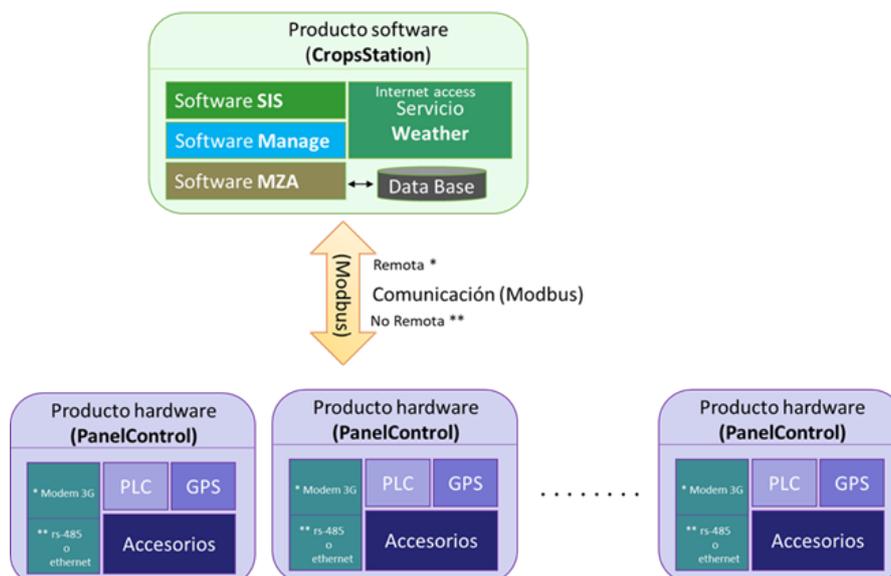


Figura 1. Componentes del sistema integral de automatización.

El software CropsStation está integrado principalmente por tres módulos (SIS, Manage y MZA), un servicio (Weather) disponible si se cuenta con acceso a internet y una base de datos. La integración de todos estos componentes en el software CropsStation crea una herramienta que ayuda a una mejor gestión del fertirriego en las empresas agrícolas.

El **módulo SIS** (Smart Irrigation System), implementa un SRMCR (Sistema Remoto de Monitoreo y Control de Riego) para máquinas de pivote central. Este posee la capacidad de ejecutar diferentes acciones sobre la máquina de pivote central mediante la comunicación que este tiene con el PanelControl. Se puede arrancar, parar, mover en sentido antihorario, mover en sentido horario, parar en un ángulo determinado a esta máquina. Además, se puede arrancar o parar la bomba de agua, se puede variar la velocidad de la máquina para cambiar la cantidad de agua en el riego; así como supervisar el estado de la misma y otros parámetros como la presión y el voltaje si se cuenta con los sensores para ello. También se puede otorgar cierta funcionalidad al PanelControl a través de la ventana de programación del módulo SIS.

El **módulo Manage** permite gestionar las máquinas de pivote central presentes en las empresas agrícolas, los diferentes cultivos que se siembran, así como el plan de riego y fertirriego (según la máquina y el cultivo), si se cuenta con esta información. La información de las máquinas de pivote central, los cultivos y los planes de riego y fertirriego se almacenan en la base de datos. El orden en que se almacena la información para la gestión es importante. Los datos de las máquinas de pivote central es lo primero a almacenar, de lo contrario el almacenamiento de los cultivos y los planes de riego y fertirriego no se permitirá desde el módulo Manage.

Una vez almacenados los datos de las máquinas de pivote, se almacenan los cultivos; pues estos están asociados a una máquina determinada. Por último, se almacenan los planes de riego y fertirriego, los cuales están asociados tanto a una máquina de pivote central como a un cultivo. Por tanto, a cada máquina de pivote se asocia uno o varios cultivos; así como uno o varios planes de riego y fertirriego si la maquina tiene asociado ya uno o varios cultivos.

Según la opinión de Jiang et al. (2010) y Guastaferrero et al. (2010), el **módulo MZA** (Management Zone Analyst) permite delimitar o agrupar Zonas de Manejo (en la parcela cubierta por determinada máquina de pivote). Lo anterior, ayuda a determinar en qué lugar de dicha parcela los rendimientos de determinado cultivo no son los esperados

y en consecuencia tomar decisiones. Para lograr delimitar estas zonas, se utilizan herramientas del campo No Supervised Learning (Mitra et al., 2002), específicamente el algoritmo de agrupamiento fuzzy c-means (Lu et al., 2013). A partir de un conjunto de datos se forman k grupos de datos (subregiones dentro de los lotes con características relativamente homogéneas), siguiendo determinado criterio (Duda et al., 2001). En el módulo MZA los datos suministrados se extraen de imágenes satelitales georreferenciadas en formato TIFF sobre el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada, según Kemerer et al. (2004).

El servicio Weather permite monitorear las condiciones meteorológicas de la parcela en cuestión, siempre que se disponga de acceso a internet. Es una alternativa para el caso de que no se disponga de una estación meteorológica que brinde los datos en tiempo real del clima de la región en cuestión.

La base de datos almacena la información de todas las máquinas de pivote central, además de todos los cultivos asociados a las mismas, así como de los planes de riego y fertirriego que se asocian a un cultivo y una máquina de pivote central determinada. También se almacenan los usuarios y contraseñas que se registran en el software CropsStation, así como sus roles.

En cuanto al PanelControl es el encargado de ejecutar las acciones ordenadas o programadas desde el software CropsStation en la máquina de pivote central de determinada empresa agrícola. Además, desde el PanelControl se puede ejecutar dichas acciones de manera local, esté o no esté en comunicación con el software CropsStation.

Los principales componentes del PanelControl es el PLC (dispositivo de control de lógica programable) y el GPS (dispositivo de posicionamiento global). Sin estos sería inviable utilizar el software CropsStation para la gestión más eficiente de las empresas agrícolas. Es válido decir que la comunicación recomendada entre ambos productos se haga de manera remota (usando módems 3G).

Esto se debe a que las parcelas con los cultivos que se quieren gestionar y las máquinas de pivote central que se pretenden monitorear y controlar en la mayoría de los casos se encuentran distanciados del local en el que se toman las decisiones. Es por esto que la comunicación del producto hardware PanelControl y el producto software CropsStation se realiza con mayor frecuencia de manera remota; aunque esto no siempre sea así.

Producto hardware PanelControl

Aquí se presentan los principales módulos que componen el PanelControl, así como sus requerimientos y funcionalidades; además de ilustrar el producto resultante.

Módulo GPS

El módulo GPS se encarga de obtener la posición de la máquina de riego en tiempo real dentro de una parcela determinada y transmitirla al módulo de control-monitoreo-comunicación (c-m-c) del PanelControl.

El módulo GPS (ver figura 2) está compuesto de un chip GPS, un Arduino Mega 2560 y un adaptador de interface UART1 a RS-485. Los valores en coordenadas geográficas son obtenidos con el chip GPS. Este chip GPS se comunica con el Arduino Mega 2560 y le envía los datos de la posición en latitud y longitud.

El Arduino Mega 2560 a través del adaptador de interface UART a RS-485 se comunica con el módulo de c-m-c del PanelControl y le envía los datos mediante el protocolo modbus.

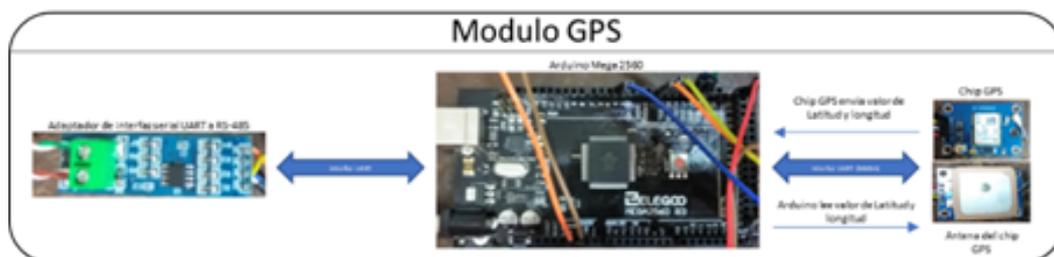


Figura 2. Componentes del módulo GPS

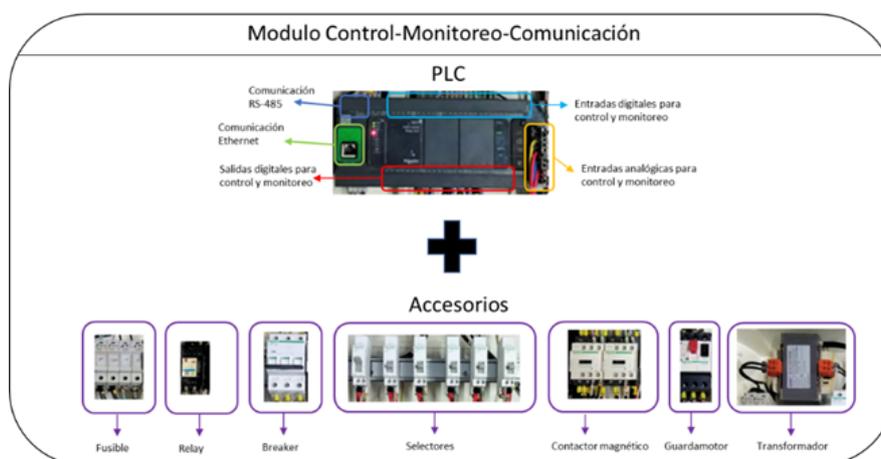


Figura 3. Componentes del módulo de control-monitoreo-comunicación

El módulo de c-m-c (ver figura 3) está compuesto por un componente fundamental llamado PLC y varios accesorios para su buen funcionamiento.

El PLC es el responsable de las funciones de control, monitoreo y comunicación del módulo de c-m-c:

Monitoreo. Cuenta con un grupo de entradas y salidas digitales con las cuales se puede saber el estado de funcionamiento de la máquina de pivote en todo momento. También cuenta con un grupo de entradas analógicas, con las cuales se pueden utilizar sensores para monitorear algunas variables como presión de agua en la tubería principal de la máquina de pivote central, la temperatura y la humedad del ambiente, etc. Además, cuenta con otro canal de comunicación serial, al que se le puede conectar un analizador de red y monitorear la energía eléctrica que consume la máquina de riego.

Control. Es un dispositivo que se puede programar para recibir ciertas órdenes y ejecutar una tarea en dependencia de las mismas. Es decir, que si ciertas instrucciones son verdaderas entonces se ejecuta una acción específica. Para lograr lo anterior, el PLC cuenta con sus entradas digitales y analógicas, además de sus interfaces de comunicación. Por medio de estas logra recibir toda una serie de información, la cual se traduce a reglas del tipo SI (instrucciones programadas son verdaderas) ENTONCES (ejecuto acciones programadas). Estas acciones son establecidas gracias a las salidas digitales, con la que este dispositivo cuenta. Las acciones que se pueden realizar son el arranque/parada de la máquina de pivote central y/o bomba de agua, el cambio de sentido de giro, parar en un lugar determinado, ejecutar planes de riego, etc.

Comunicación. Tiene varias interfaces de comunicación serial y un interfaz de ethernet. Una de las interfaces seriales se utiliza para comunicar con el módulo GPS; mientras que la interfaz ethernet se utiliza para comunicar con el software CropsStation ya sea de manera remota o local.

En cuanto a los accesorios (fusibles, relay, breaker, selectores, contactores magnéticos, guardamotor y transformador) son los responsables de lograr el correcto funcionamiento eléctrico del PanelControl así como su protección eléctrica.

Se debe resaltar que el módulo GPS no está dentro del mismo espacio físico que el módulo de c-m-c. Es decir, que ambos módulos se encuentran separados a una distancia de cientos de metros. En la última torre de la máquina de pivote central se coloca el módulo GPS, mientras que el módulo de c-m-c se coloca en el inicio de la máquina de pivote central.

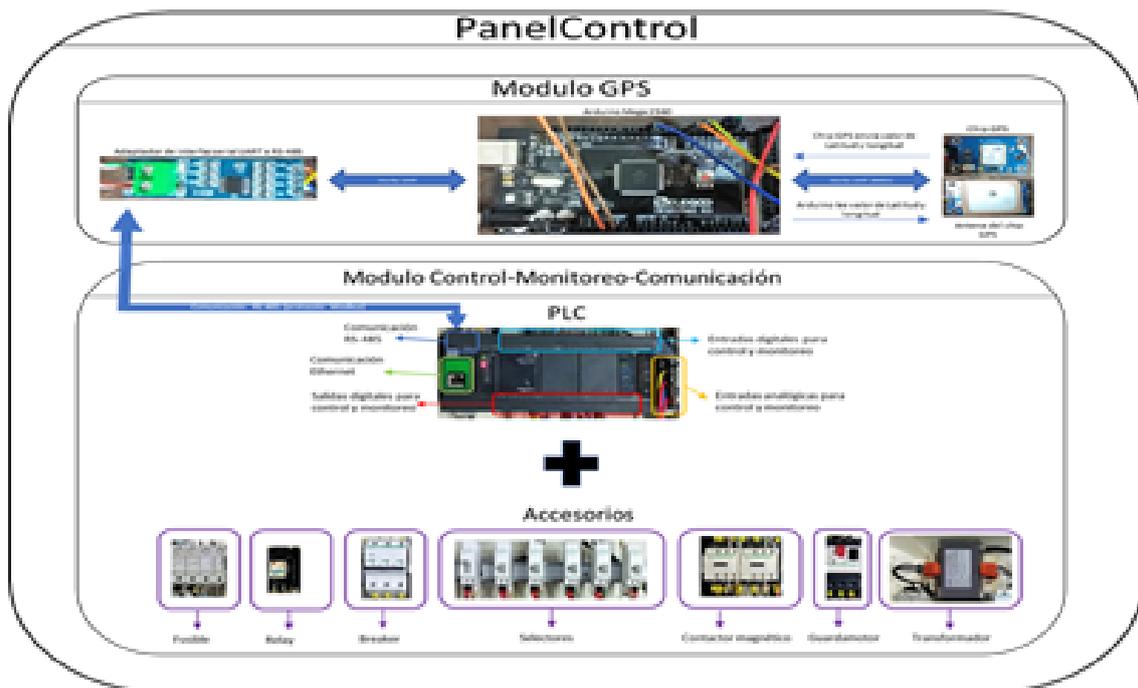


Figura 4. Componentes del PanelControl

En la figura 4 se puede ver cómo los dos módulos que conforman el hardware PanelControl se comunican entre sí.

Validación de la tecnología desarrollada

La prueba piloto se llevó a cabo en la máquina de pivote central ubicada a los 21.9 grados de latitud y 78.7 grados de longitud de la Estación Experimental Juan T. Roig” Centro de Bioplantas, Universidad de Ciego de Ávila, Cuba. El clima predominante es del tipo cálido tropical, con estación lluviosa en el verano, con suelo ferralítico rojo con pobre escurrimiento superficial.

Características de la máquina de pivote central

La máquina tiene una longitud de 180.36 m, cuenta con un cañón, tres torres y tres tramos de 54 m, 53.4 m y 53.4 m respectivamente. El área de riego es de 10.23 Ha, con una velocidad máxima de 3.51 m/min. Lo anterior se detalla en la figura 5.

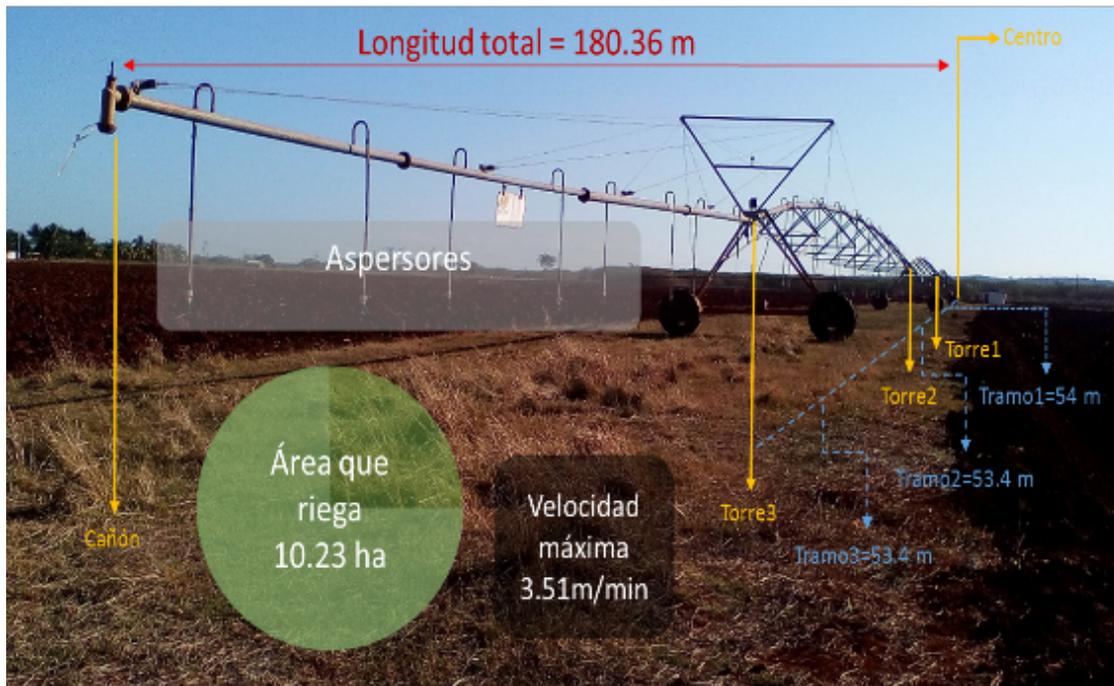


Figura 5. Características de la máquina de pivote central.

La prueba piloto se desarrolló con éxito, evidenciando la funcionalidad y usabilidad del producto en un entorno productivo real. Lo que anteriormente se hacía de forma manual y con cada cultivo en específico, con el producto propuesto se hace de forma automática, en menor tiempo, con diferentes cultivos a la vez y con mayor precisión en los ajustes al tiempo y ahorro del agua y electricidad.

Corroboración de la efectividad del sistema propuesto mediante el método de Criterio de Especialistas

Para la validación de la tecnología desarrollada se utilizó el método de Criterio de Especialistas. Para aplicar este método se seleccionaron especialistas, empleando como criterio de selección la experiencia en su labor profesional y en el desarrollo de productos similares a la propuesta en esta investigación.

Fueron seleccionados un total de 12 especialistas con trabajos avalados sobre el desarrollo de productos informáticos y automatización, aplicación de estos productos en la agricultura. Se les entregó la presentación detallada del producto propuesto y se les pidió su opinión sobre este, mediante una encuesta.

Los 12 especialistas quedaron satisfechos con la factibilidad y validez del producto, muy satisfechos con la originalidad y pertinencia, 10 muy satisfechos con la aplicabilidad y generalidad, mientras dos quedaron satisfechos. Ninguno de los especialistas emitió criterios de poco satisfecho o no satisfecho sobre los indicadores valorados.

Los resultados fueron avalados con el uso de la herramienta estadística SPSS V21 mediante el Coeficiente W de Kendall. Según los resultados obtenidos, existe la concordancia entre los criterios emitidos por los especialistas.

CONCLUSIONES

Para resolver el problema de la gestión productiva en las empresas agrícolas se propone la tecnología integral automatizada que, según los especialistas, se caracteriza por ser factible, aplicable, pertinente, original, generalizable y válida.

El uso en la agricultura permite lograr la producción sostenible mediante la humanización del trabajo y ahorro de la electricidad y el agua.

Contribuye a la destreza y prontitud en la toma de las decisiones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAO, J.J. ... [et al.] (2017). Hyperspectral imaging: a review on UAV-based sensors, data processing and applications for agriculture and forestry. *Remote Sens*, Vol. 9, No. 11, p. 30.
- ALMEIDA, E., CAMEJO, L.E., SANTIESTEBAN-TOCA, C.E. (2017). La fertirrigación inteligente, pilar de una agricultura sostenible. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, Vol. 11, No. 3. Disponible en: <https://rcci.uci.cu/?journal=rcci&page=article&op=view&path%5B%5D=1623>. Visitado: 20 de febrero de 2019.
- BÁEZ, E. ... [et al.] (2019). Relación entre el color externo e interno de la piña Md2 y sus parámetros fisicoquímicos en las condiciones de Cuba. En Conferencia científica internacional Bioveg 2019, Ciego de Ávila, 2019.
- CHÁVEZ, R. G. ... [et al.] (2010). A Remote Irrigation Monitoring and Control System for continuous move systems. Part A: description and development. *Precis. Agric*, Vol. 11, p. 1-10.
- CHLINGARYAN, A., SUKKARIEH, S. y WHELAN, B. (2018) Machine learning approaches for crop yield prediction and nitrogen status estimation in precision agriculture: A review, in *Comput. Electron. Agric.*, Vol. 151, pp. 61–69.
- DUDA, R.O., HART, P.E. y STORK, D. G. (2001). *Pattern Classification*, 2nd ed. Wiley.
- EVANS, G. B. ...[et al.] (2000) Control for precision irrigation with self-propelled systems. In Pro- ceedings of the 2000, in ASAE 4th decennial national irrigation symposium, pp. 322–331.
- GONZÁLEZ, A. ... [et al.] (2019). Sistema de análisis de imágenes para la clasificación

- de hijos de piña. En Conferencia científica internacional Bioveg 2019, Ciego de Ávila.
- GONZÁLEZ, A., GONZÁLEZ, A. y HERNÁNDEZ, D. (2018). Gestión Integral de la Energía aplicado a la Agricultura. En Conferencia científica internacional UNICA, Ciego de Ávila.
- GONZÁLEZ, A., HERNÁNDEZ, D. y DUGAREVA, E. (2021). Plataforma digital unificada: nuevas formas de gestión agrícola en Rusia. Conferencia científica internacional Invitación al mundo ruso: lecturas Científicas, Ciego de Ávila.
- GUASTAFERRO, F. ...[et al.] (2010). A comparison of different algorithms for the delineation of management zones. *Precis. Agric.*, Vol. 11, No. 6, pp. 600–620.
- JIANG, Q., FU, Q. y WANG, Z. (2010). Study on delineation of irrigation management zones based on management zone analyst software, in *International Conference on Computer and Computing Technologies in Agriculture*, pp. 419-427.
- KEMERER, A. C., MELCHIORI, R. J. M. y BRIZUELA, A. B. (2004). Utilización de imágenes satelitales en agricultura de precisión para delimitar zonas de manejo uniforme. *Curso Agric. Precisión*, 5, pp. 13-15, 13, 14 y 15 julio. Manfredi, Córdoba. AR.
- KHANAL, S., FULTON, S. y SHEARER, J. (2017). An overview of current and potential applications of thermal remote sensing in precision agriculture. *Comput. Electron. Agric.*, Vol. 139, pp. 22–32.
- LU, Y. ... [et al.] (2013). Implementation of the fuzzy c-means clustering algorithm in meteorological data. *Int. J. Database Theory Appl.*, Vol. 6, No. 6, pp. 1–18.
- MITRA, P., MURTHY, C. A. y PAL, S. K. (2002). Unsupervised feature selection using feature similarity. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, Vol. 24, No. 3, pp. 301–312. doi: 10.1109/34.990133.
- MONTES, J. L. (2016). *Implantar Scrum con éxito*. Barcelona: Ed. UOC.
- SCHWABER, K. (1997). *Scrum Development Process*. Londres: Springer.
- SOSA, Y., PEÑA, M. y SANTIESTEBAN-TOCA, C. E. (2017). Sistema para la alerta temprana de los efectos del cambio climático en la agricultura. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, Vol. 11, No. 3. Disponible en: <https://rcci.uci.cu/?journal=rcci&page=article&op=view&path%5B%5D=1616> Visitado: 20 de febrero de 2019.
- WOLFERT, M. J. ...[et al.] (2017). Big Data in Smart Farming—A review, in *Agric. Syst.*, Vol. 153, pp. 69-80.

ZHANG, R. K. y TAYLOR, N. (2001). Applications of a Field–Level Geographic Information System (FIS) in Precision Agriculture. *Appl. Eng. Agric*, Vol. 17, pp. 885-892.