**Título:** Diseño de un sistema IoT escalar y adaptativo para Casas de Cultivos.

**Autor:** Jonathan Sánchez Marrero.

**Dra.** Ivón Oristela Benítez González, CUJAE, Calle 114 No. 11901 e/ Ciclovía y Rotonda, Marianao, +53772663347, [novi@automatica.cujae.edu.cu](mailto:novi@automatica.cujae.edu.cu).

**Mtr.** Julio Alberto Leyva Durán, UCI (XETID), Residencia de la Universidad de Ciencias Informáticas (UCI) Apto 14210, +53 55161789.

**Estado del arte. Introducción:** La idea de cultivar plantas en un entorno con clima controlado se remonta al tiempo de los romanos, las plantas se colocaban bajo estructuras cubiertas con telas impregnadas en aceite, conocidas como ‘specularia’, o con láminas de mica. Los primeros invernaderos modernos, cubiertos con vidrio, se construyeron en Italia en el siglo XIII para albergar las plantas exóticas que los exploradores traían de los trópicos [1].

Cada vez son más los países que se inclinan por los cultivos bajo techos, debido a las continuas afectaciones ocasionadas por el cambio climático (sequias, intensas lluvias, huracanes, olas de calor y de frio) se hace difícil mantener una producción continua y segura por los métodos tradicionales, por lo que en los últimos años se ha destacado un aumento significativo del cultivo techado. El único inconveniente es el alto costo de inversión inicial y los recursos para mantener su producción (fertilizante, pesticidas). Debido a la necesidad de disminuir el gasto de recursos en la producción se empezó a introducir elementos automáticos. Con la automatización de las casas de cultivos o invernaderos se fue introduciendo el termino Internet de las Cosas (IoT siglas en inglés) en los cultivos techados demostrando una elevada efectividad en la producción y una disminución destacable en la pérdida de recursos.

El termino IoT tiene su origen a finales del siglo pasado. El IoT ha evolucionado a partir de la convergencia de tres tecnologías distintas: Las tecnologías de comunicación inalámbrica, *l*os sistemas micro electromecánicos (MEMS), y microservicios de Internet*.* Pasando de la comunicación máquina a máquina (M2M), máquinas conectadas entre sí a través de una red sin interacción humana, a convertirse en una red de sensores de miles de millones de dispositivos inteligentes que conectan personas, sistemas y aplicaciones. [2]

Las casas de cultivos automatizadas se presentan como una alternativa viable y sostenible, para la producción de alimentos constante durante todo el año, de ahí la importancia de potenciar esta alternativa para satisfacer las crecientes necesidades de alimentos en la población. Son muchas la investigaciones y proyectos nivel internacional de casas de cultivos automatizadas. En la actualidad existen alrededor de 450 000 ha casas de cultivos en el mundo. El 66% de esta área está localizada en Asia, un 30% en la zona del mediterráneo y el 4% en el resto del mundo. [3]. El mercado de los servicios de AP fue valorado en 4.42 mil millones de dólares en 2017 y se proyecta alcanzar 9.53 mil millones de dólares para 2023, con una tasa de crecimiento anual del 13. 38%. De esta manera, se da respuesta a las necesidades de alimento de una población en constante crecimiento, se logra una producción de cultivos con recursos limitados, se combaten las enfermedades epidémicas mediante la aplicación adecuada de fertilizantes y plaguicidas [4].

**Descripción del Proceso:** El proceso consiste en el diseño de un sistema IoT escalar y adaptativo para las Casas de Cultivo asociadas a la empresa XETID. Esto con contempla la autorregulación de las condiciones óptimas para la producción de diversos cultivos, lo que implica controlar: Temperatura, Humedad, Composición de los Gases, Iluminación, etc. El ajuste de los parámetros deseados se realizará de manera local mediante un panel o remota mediante servidores de base de datos e interfaz de usuarios.

**Situación Problema:** La agricultura es un sector base de Cuba, la cual para lograr una producción estable necesita de recursos que son de difícil acceso en el mercado internacional y a precios elevados. Las casas de cultivos automatizadas son una vía para lograr una producción constante y de calidad, con ahorro de recursos y electricidad. Actualmente el país no cuenta con sistemas de automatización en la mayoría de las casas de cultivo, y las que lo tienen fueron obtenido mediante empresas extranjeras a elevado costo.

**Problema Científico:** La no existencia de un sistema escalar y adaptativo para la automatización de la producción en las casas de cultivos.

**Objeto de estudio:** Automatización de las Casas de Cultivos.

**Campo de Investigación:** Automatización de las Casas de Cultivos asociadas a la Empresa Xetid

**Objetivo General:** Diseñar un sistema de IoT que se adapte y escale a las condiciones y características de las casas de cultivos del país para mejorar la producción.

**Objetivos Específicos:** Realizar un estudio y análisis de sistemas empleados a nivel internacional utilizando hardware libre. Definir las variables presentes en el sistema. Estas variables son la luminosidad dentro de la casa de cultivo, la temperatura dentro y fuera, la humedad del suelo y del aire, la concentración de CO2 dentro y el nivel de PH del suelo. Desarrollar el correcto canal de medición de las variables a controlar. Seleccionar y desarrollar el protocolo de comunicación adecuado para el proceso. Desarrollar la aplicación de visualización y control remota de las casas de cultivos.

**Tareas y grafico de Gantt (Anexo1):** Realizar un estudio de la instrumentación existente en las Casas de cultivos automatizadas. (septiembre/2021). Análisis de las diferentes soluciones de los sistemas automatizados de casas de cultivos a nivel internacional y nacional (septiembre-octubre/2021). Estudio de los protocolos e infraestructura de redes de comunicación empleados en estos sistemas (octubre/2021). Realizar un inventario de la instrumentación necesaria para la elaboración del sistema. (octubre-noviembre/2021). Programación y simulación del sistema de control de la casa de cultivos (noviembre/2021). Análisis de los resultados obtenidos (diciembre/2021). Análisis e implicaciones económicas con la instalación del sistema de automatización de las casas de cultivos(diciembre-enero/2021).

**Hipótesis**: Es posible lograr el correcto diseño de un sistema IoT que se ajuste a las necesidades de las Casas de Cultivos.

**Métodos: Métodos teóricos:** Análisis y síntesis: tras el análisis de la situación problema y de la documentación existente vinculada a los sistemas IoT en las Casas de Cultivos, se determinará las diferentes variantes de solución y así desarrollar el sistema de control más adecuado. Hipotético deductivo: partiendo de la hipótesis planteada se elaborarán conclusiones sobre la factibilidad del sistema de integral diseñado. Inducción – deducción: con el estudio de las características y requerimientos del sistema de IoT de las Casas de Cultivos seleccionado se tomarán decisiones para declarar que se necesita para su diseño y puesta en marcha. Histórico- lógico: se tendrá en cuenta en todo el proceso el análisis de la bibliografía, así como los antecedentes de sistemas IoT en las Casas de Cultivos que se hayan desarrollado con anterioridad.

**Métodos empíricos:** Criterio de experto: se realizarán entrevistas al personal de la empresa que posean el conocimiento y la experiencia indicada para determinar los factores necesarios para el correcto diseño y funcionamiento de los sistemas de control automático en Casa de Cultivos. Simulación: se realizará la programación y simulación del sistema de control para demostrar el correcto funcionamiento de la solución empleada para automatización de las Casas de Cultivo. Experimentación: se comprobará si el sistema creado responde correctamente a lo que ocurre en los sistemas aislados de forma independiente y si se logra la correcta integración de los mismos.

**Materiales o recursos necesarios y disponibles:** Sensores: fotorresistores, Ph-4502c, DHT21, FC-28, MQ135, celda de carga.Módulo de Relé. Hx711. Amplificadores AD623. Arduino Mega. Esp8266. Laptop. teléfono inteligente. Cableado. Electroválvulas. Circuladores de aire. Humificadores. =

**Recursos que dispone:** Sensores: Fotorresistores, Ph-4502c, DHT11, FC-28, MQ135, celda de carga, módulo de Relé, Hx711. Amplificadores AD623. Arduino Mega. Esp8266. Laptop. Teléfono inteligente. Cableado. Electroválvulas. Circuladores de aire.

**Normas Técnicas:**  Se utilizan las normas ISA en los diagramas y las normas Vancouver para las referencias bibliográficas.

**Estructuración del contenido por capítulos:** Capítulo 1: Se realiza un estudio de los conceptos más relevantes. Revisión bibliográfica de soluciones actualmente utilizados en sistemas modernos semejantes, además se describen modelos de básicos utilizados en el mundo y se analiza el impacto del IoT en la agricultura. Capítulo 2: Se propone la instrumentación necesaria y se diseña el hardware del sistema cumpliendo con los requisitos de seguridad y ahorro. Y se comprueba la efectividad del mismo mediante los simuladores antes de su montaje. Capítulo 3: Diseño de la interfaz visual integrando todos los instrumentos y protocolos IoT, especificando los softwares utilizados. Se valora los resultados de pruebas de funcionamiento realizadas al sistema de supervisión de parámetros ambientales basado en tecnologías de IoT diseñado. Capítulo 4: Se incluye un análisis económico y medioambiental de la propuesta.

**Aportes Prácticos esperados:** Diseño de los canales de medición de las variables de control. Diseño de la red de comunicación. Programación del microcontrolador. Diseño de interfaz visual.

**Viabilidad e impacto de los resultados:** El proyecto es rentable económicamente ya que la empresa posee todos los recursos financieros necesarios para llevarlo a cabo. El proceso en cuestión no ocasiona afectaciones sobre el medio ambiente. Un buen control de la energía y recursos garantiza que el consumo sea el óptimo propiciando reducir los gastos de la casa de cultivo, contribuyendo a la política de ahorro del país.

**Bibliografía**

1. Los invernaderos del siglo XXI [internet]. disponible en: http://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/33362-Los-invernaderos-del-siglo-XX.html. Accedido septiembre 2,2021.
2. Breve Historia del internet de las cosas (IoT) [Internet] disponible en : <https://empresas.blogthinkbig.com/breve-historia-de-internet-de-las-cosas-iot/>. Accedido septiembre 15, 2021.
3. MarketsandMarkets.com (2018) *Precision Farming Market by Technology (Guidance System, VRT, Remote Sensing), Application (Crop Scouting, Field Mapping, Irrigation), Offering (Hardware-Sensors, GPS/GNSS, Yield Monitors, Software, Services), and Geography - Global Forecast to 2023*. Disponible en:http://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/precision-farming-market-1243.html.
4. El estado mundial de la de agricultura y la alimentación. Disponible en: [https://www.fao.org/3/I7658S/I7658S.pdf.Accedido septiembre 15,2021](https://www.fao.org/3/I7658S/I7658S.pdf.Accedido%20septiembre%2015,2021).
5. Mat, I. *et al.* (2017) «IoT in Precision Agriculture applications using Wireless Moisture Sensor Network», *ICOS 2016 - 2016 IEEE Conference on Open Systems*. Kuala Lumpur, MALAYSIA, pp. 24-29. doi: 10.1109/ICOS.2016.7881983.
6. Sandy E. Abasolo e at. “Evaluación de modelo de referencia “Internet of Things” (IoT), mediante la implementación de arquitecturas basadas en plataformas comerciales, open hardware y conectividad IPv6” AC-ET-ESPE-047621
7. Quiñones Cuenca, M. *et al.* (2017) «Sistema De Monitoreo de Variables Medioambientales Usando Una Red de Sensores Inalámbricos y Plataformas De Internet De Las Cosas», *Enfoque UTE*. Loja, Ecuador, pp. 329-343. Disponible en: <http://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute>
8. Katsikeas, S. *et al.* (2017) «2017 IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC)», en *Lightweight & Secure Industrial IoT Communications via the MQ Telemetry Transport Protocol*. IEEE.
9. Nóbrega, L. *et al.* (2018) «Animal monitoring based on IoT technologies», *IoT Vertical and Topical Summit on Agriculture*. Aveiro, Portugal: IEEE.
10. Mat, I. *et al.* (2017) «IoT in Precision Agriculture applications using Wireless Moisture Sensor Network», *ICOS 2016 - 2016 IEEE Conference on Open Systems*. Kuala Lumpur, MALAYSIA.

**Glosario de términos:** -IoT: Internet de las Cosas. -M2M: máquina a máquina. -MEMS: sistemas micro electromecánicos.

**Anexos**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tareas** | **Sep** | **Oct** | **Nov** | **Dic** | **Ene** |
| **Tarea1** |  |  |  |  |  |
| **Tarea2** |  |  |  |  |  |
| **Tarea3** |  |  |  |  |  |
| **Tarea4** |  |  |  |  |  |
| **Tarea5** |  |  |  |  |  |
| **Tarea6** |  |  |  |  |  |
| **Tarea7** |  |  |  |  |  |

Anexo1. Gráfico de Gantt.