

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO MEDIANTE INTERNET DE LAS COSAS, PARA LA SUPERVISIÓN DE DATOS AMBIENTALES DE TEMPERATURA, HUMEDAD Y LUMINOSIDAD EN UN INVERNADERO

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A PROTOTYPE THROUGH
THE INTERNET OF THINGS, FOR THE SUPERVISION
OF VARIABLES, TEMPERATURE, HUMIDITY AND
LUMINOSITY OF A GREENHOUSE

María Estela Rodríguez Torres

Tecnológico Nacional de México / IT de Torreón, México
maria.rt@torreon.tecnm.mx

Dora Ofelia Rodríguez Martínez

Tecnológico Nacional de México / IT de Torreón, México
dora.rm@torreon.tecnm.mx

Karina Esquivel Murillo

Tecnológico Nacional de México / IT de Torreón, México
karina.em@torreon.tecnm.mx

Claudia Elena Soto Álvarez

Tecnológico Nacional de México / IT de Torreón, México
claudia.sa@torreon.tecnm.mx

Recepción: 14/agosto/2023

Aceptación: 14/noviembre/2023

Resumen

El internet de las Cosas (IoT) en los últimos años, se ha convertido en una tecnología fuerte para investigadores del sector agrícola, como la agricultura de precisión, ya que en colaboración con otras tecnologías red de sensores y computo en la nube, permite procesar y monitorear datos y mostrarlos en tiempo real y así facilitar la toma de decisiones de los agricultores, reduciendo la participación humana [Guerrero-Ibáñez *et. al*, 2017]. El análisis y desarrollo del presente proyecto es para llevar a cabo el procesamiento e interpretación de parámetros ambientales (temperatura, humedad y luminosidad) dentro de un invernadero, y así mostrar la información por medio de un dispositivo móvil, manteniendo informado en tiempo y forma al agricultor, en donde se instalaron diferentes sensores de humedad y

temperatura en partes estratégicas del interior del invernadero, al igual que un módulo sensor luminoso para la medición de la luz, y recabar la información y monitorear los datos para tomar cualquier decisión o bien sólo por mantener informado al usuario, utilizando la tecnología GSM. Al hacer las pruebas con el prototipo se recabaron más de 7 a 8 mil registros, valores arrojados por los sensores durante un periodo de 80 horas, de manera continua, arrojando por minuto un promedio de 1.02 registros. Es una tecnología que permite recopilar la información por medio de los sensores siendo estos los valores de temperatura, humedad y luminosidad y así transmitirlos a la tarjeta receptora, posteriormente almacenarlos y por último procesarlos y presentarla al agricultor, dándole a conocer el estatus que tiene en tiempo real su invernadero y así tomar decisiones con la información al alcance de sus manos, presentándola de una manera amigable, por medio de un dispositivo móvil, generando seguridad y confianza en su producción, tomando decisiones en tiempo y forma y así reducir tiempo y costos, brindándole mejor calidad de vida.

Palabras Clave: agricultura de precisión, internet de las cosas, microcontrolador, sensor, tecnología GSM

Abstract

The Internet of Things (IoT) in recent years has become a strong technology for researchers in the agricultural sector, such as precision agriculture, since in collaboration with other red sensor technologies and cloud computing, it allows processing and monitor data and display it in real time and thus facilitate farmers' decision-making, reduce human participation [Guerrero-Ibañez et.al, 2017]. The analysis and development of this project is to carry out the processing and interpretation of environmental parameters (temperature, humidity and luminosity) inside a greenhouse, and thus display the information through a mobile device, keeping the user informed in a timely manner. farmer, where different humidity and temperature sensors were installed in strategic parts of the interior of the greenhouse, as well as a light sensor module for light measurement, and collect information and monitor data to make any decision or just for Keep the user informed,

using GSM technology. When doing the tests with the prototype, more than 7 to 8 thousand records were collected, they yielded values by the sensors during a period of 80 hours, continuously, yielding an average of 1.02 records per minute. It is a technology that allows collecting information through sensors, these being the values of temperature, humidity and luminosity and thus transmitting them to the receiving card, later storing them and finally processing them and presenting it to the farmer, making known the status that it has in your greenhouse in real time and thus make decisions with the information at your fingertips, presenting it in a friendly way, through a mobile device, discovering security and confidence in your production, making decisions in a timely manner and thus reducing time and costs , giving you the best quality of life.

Keywords: *GSM technology, internet of things, microcontroller, precision farming, sensor.*

1. Introducción

Hoy en día con el uso tan avanzado de las tecnologías y las técnicas agrícolas, podemos mejorar el resultado eficaz en la producción agrícola en cualquier cultivo llevando a cabo la implementación del internet de las cosas (IoT), con lo que se pretende tener una agricultura con mayor precisión.

La agricultura de precisión hace referencia a la gestión de parcelas agrícolas o invernaderos mediante la monitorización, el procesamiento y la actuación de la variabilidad inter e intra-cultivo [Smart Net, 2017].

La agricultura de precisión contribuye a:

- Combatir las enfermedades epidémicas mediante la aplicación de la cantidad y tipo adecuado de fertilizante y fungicida.
- Optimizar el consumo de recursos (agua, fertilizantes, etc.).
- Proporciona un valor añadido a la producción agrícola al generar productos más saludables [Dayra, 1994].

En la actualidad el mejoramiento del desarrollo agrícola se atribuye al uso de las tecnologías de información, como el internet, el cual nos permite estar en

comunicación y obtener información en tiempo real y muy precisa a un costo accesible, de esta forma implementar sistemas para monitorear desde las necesidades hasta el progreso del cultivo es mucho más fácil, con lo cual se apoyará al agricultor para tomar la mejor decisión en el proceso agrícola.

El IoT representa la evolución del internet, según [Quiñonez, 2019] es la interrelación inteligente entre objetos que pueden acceder a información, capturar, almacenar y procesar datos para interactuar con las personas, o con otros sistemas para crear ambientes inteligentes. IoT se refiere a los objetos cotidianos que tienen una particularidad ya que cuentan con sensores, circuitos integrados y conectividad que les permite recolectar e intercambiar datos entre ellos, a estos objetos también se los llama dispositivos inteligentes porque deben ser capaces de realizar monitoreo, control, optimización y automatización [Salazar & Silvestre, 2016].

Durante los últimos años se ha masificado el uso de la tecnología en aplicaciones centradas en la vida humana que mediante el uso del IoT se ha extendido a distintos ámbitos como; el hogar, el transporte, la agricultura, la comunidad y a nivel nacional en; monitoreo remoto, redes inteligentes, infraestructura y defensa [Gubbi *et al.*, 2013]. La adopción de las TIC en la agricultura permite hacerlas más eficientes y, reducir costos e introducir certeza en las decisiones. Así mismos, usar TIC basadas en el uso de plataformas digitales, Big Data, Analítica e IoT, contribuye al uso racional de los recursos, al aumento en la productividad y en la rentabilidad misma [Best *et. al*, 2008].

La tecnología IoT permite que la información recolectada se envíe a Internet en tiempo real, de tal manera que los sistemas de información puedan procesar los datos y notificar a los agricultores condiciones anormales para poder tomar decisiones o medidas que contribuyan a mejorar el proceso productivo [Guo & Zhong, 2015].

El objetivo de este trabajo fue diseñar e implementar un prototipo IoT para la supervisión de datos ambientales que procesen, interpreten y monitoreen una serie de sensores y posteriormente sean almacenados en un servidor en la nube utilizando tecnología GSM la cual estará colocada dentro de un invernadero ubicado en el Instituto Tecnológico de Torreón.

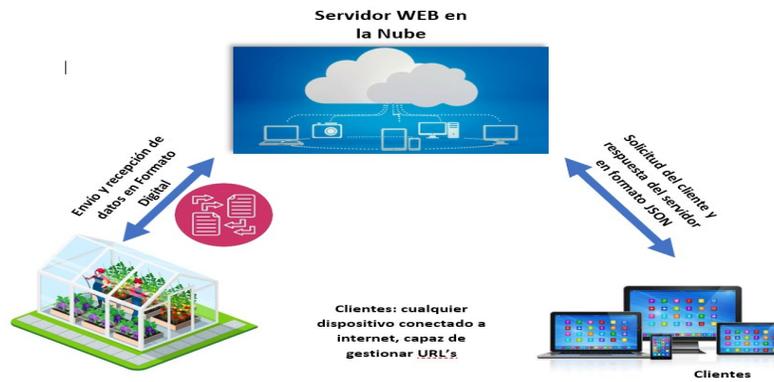
2. Métodos

Para el desarrollo del presente proyecto se aplicó el enfoque cuantitativo, efectuando la técnica de recopilación de datos por medio de resultados obtenidos, de acuerdo con el funcionamiento diario. Se utilizó la metodología de prototipo ya que se fue trabajando de manera evolutiva haciendo las pruebas correspondientes en cada uno de los procesos involucrados haciendo mejoras para realizar el monitoreo adecuado en los parámetros de temperatura, humedad y luminosidad, reflejando resultados favorables para el usuario final para cualquier toma de decisiones.

La temperatura es un factor esencial en el cultivo en el desarrollo de las plantas en las distintas fases, contemplando la producción de sus partes, como el tallo, las hojas y entre otros componentes, en donde se debe de tener una temperatura óptima.

La variabilidad de la humedad de los suelos es un factor que al igual que la temperatura afecta directamente en el crecimiento de la planta, con una baja absorción se reduce el beneficio de nutrientes y el cultivo se ve afectado presentando menor tasa de crecimiento y por ende menor rendimiento por lo tanto la lectura de dicha información para así controlar el riego [Zotarelli *et al.*, 2014]. El crecimiento y desarrollo del cultivo depende de la cantidad de luz, que reciba la planta, durante todo el día [Adlercreutz *et al.*, 2014]., el presente sistema permite monitorear los datos de la temperatura, humedad y luminosidad por medio de un microcontrolador Arduino MEGA, el cuál recibe la información de los sensores almacenándola en tiempo real en una base de datos y mostrándolo en la plataforma Web de manera más amigable para el usuario y para permitir tomar decisiones de manera más rápida y segura, reduciendo riesgo en la producción.

El diseño de la estructura de la red se fundamenta en la implementación de sensores y un modelo de comunicación plano, conectados al interior del invernadero, el microcontrolador se encarga de recopilar la información obtenida por los sensores dentro del invernadero y transmitir los datos analógicos del ambiente a la nube. La información recopilada se transmite a la nube por medio de una conexión de red móvil (3G/4G), tal y como se ilustra en la figura 1.



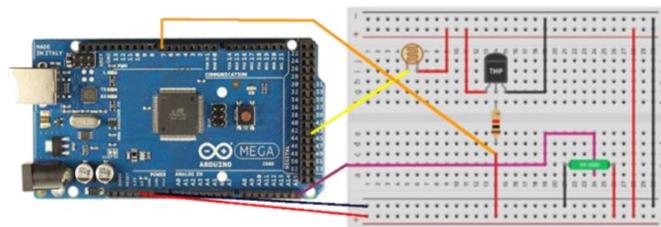
Fuente: Elaboración propia.

Figura 1 Esquema de funcionamiento.

A. Diseño del hardware

El prototipo está integrado por tres variantes de sensores DHT11 (temperatura y humedad), DS18B20, y LDR (GL55), placa Shield GPRS/GSM SIM900 y microcontrolador Arduino MEGA.

En la figura 2 se presenta un esquema general del circuito identificando la conexión de componentes necesarios y la configuración de estos, conectados con la placa Arduino Mega.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2 Diagrama de conexión de componentes del prototipo.

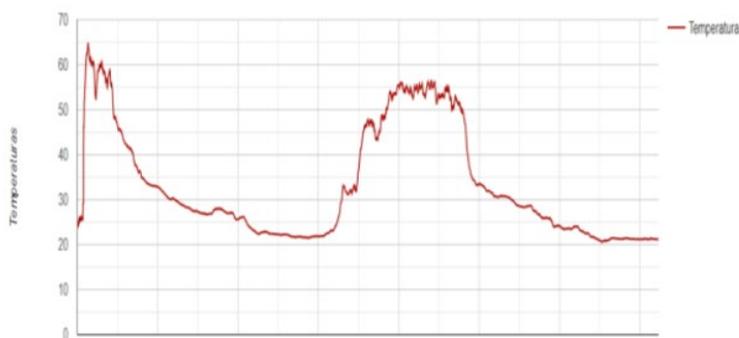
B. Pruebas de laboratorio

En el laboratorio se realizaron diversas pruebas, entre ellas la medición de temperatura mediante un termómetro de mercurio como referencia para su calibración correspondiente la medición de humedad relativa y la luminosidad. Las figuras 3 y 4 ilustran los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio, una vez que los sensores fueron configurados y calibrados, se procedió a instalar el módulo Sim900 en el prototipo, el cual, cuenta con chip 4G para el envío de información

mediante comandos AT. para el envío de información mediante comandos AT. Entre las configuraciones realizadas se encuentran: AT+CIPSTATUS, que permite consultar el estado de la conexión; AT+CIPMUX=0, que configura el dispositivo para una conexión IP; AT+CSTT="compañía celular","usuario","contraseña", que permite configurar el APN con el servicio de telefonía celular; AT+CIICR, que establece una conexión inalámbrica GPRS o CSD; AT+CIPSTART="TCP","url","puerto", que indica la conexión con la url y puerto; AT+CIPSEND, que permite enviar datos a través de una conexión TCP o UDP; y finalmente el comando Sim900Serial.println("Webservice"), que envía la información a un webservice mediante el método GET.

3. Resultados

Durante las pruebas efectuadas, se recopilaron más de 7.5 mil datos arrojados por los sensores durante un lapso ininterrumpido de 75 horas, con un promedio de 1.5 registros por minuto. En la figura 3 se puede apreciar la gráfica que muestra los valores de la medición de temperatura de uno de los sensores de temperatura y humedad.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3 Gráfica de medición de temperatura.

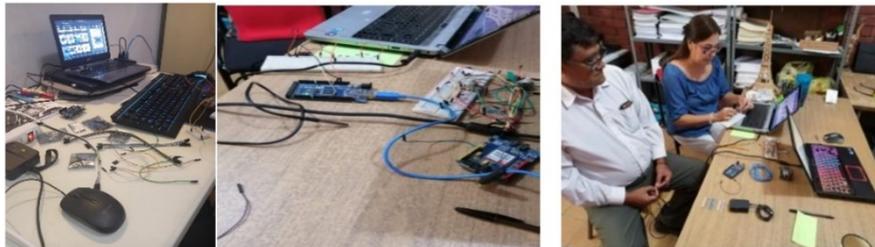
Los gráficos generados por la plataforma permiten visualizar datos diarios, mensuales, anuales y, además, el usuario tiene la posibilidad de ajusta alguna configuración de los sensores, al igual que la modificación del tiempo de consulta según se necesite.

En la figura 4 se visualizar la interfaz de la plataforma Web, en donde se muestran los resultados captados por el sensor de temperatura, mostrándolos gráficamente y presentándolos en tiempo real, anexando la tabla actualizada de manera consecutiva del promedio de temperatura, humedad y luminosidad. En figura 5 se presentan algunas imágenes de la construcción y pruebas de laboratorio realizadas.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4 Interfaz plataforma Web.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5 Pruebas de laboratorio.

Para insertar ecuaciones debe considerarse lo siguiente: los resultados nos permitieron conocer la varianza en las condiciones climáticas en el interior del invernadero, llevando a cabo un seguimiento de datos, generados de manera automática, manteniendo informado al usuario y así tener la posibilidad de tomar una decisión en tiempo y forma, y conservando las condiciones climáticas necesarias para el desarrollo del cultivo, evitando deficiencias que afectan las hojas, tallos y otros componentes de la planta, proporcionando estándares necesarios de temperatura, humedad y luminosidad logrando un mayor porcentaje de producción.

La funcionalidad del sistema nos refleja un porcentaje de pérdida de datos nula, permite el acceso a los datos de condiciones del cultivo en tiempo real proyectados en un dispositivo móvil, esto permite la reducción de uso de los recursos, utilizando sólo los necesarios y funcionando de manera automática monitoreados por medio de la aplicación o bien ejecutando la aspersión de manera automática en los tiempos adecuados y así contribuyendo a la producción de manera sustentable.

4. Discusión

El Internet de las cosas ha abierto una amplia variedad de aplicaciones en varios campos, tales como sistemas médicos y de atención médica (salud), la domótica inteligente y el monitoreo ambiental. En la computación ubicua con el uso de la IoT se espera gran cantidad de cambios [de la Rosa, 2018]. Módulo Sensor de Energía basado en Internet de las Cosas (MSE-IoT). Por lo cual el IoT es la interconexión de los objetos del mundo físico a través de Internet y los cuales están equipados con sensores, actuadores y tecnología de comunicación el permitiendo a las personas y las cosas estar conectados en cualquier momento, en cualquier lugar, con cualquier cosa o persona, idealmente utilizando cualquier ruta / red y Servicio [Bonilla-Fabela et al., 2016].

Las IoT es una tecnología de vanguardia que ha llegado para quedarse y está cada vez más presente en el campo, con el uso de dispositivos inteligentes y una red de sensores automatiza procesos, optimiza recursos y reduce costos, los sensores que monitorean diversas condiciones de campo, informando estratégicamente y actuar en las etapas de proceso de cultivo, desde el inicio de la siembra hasta la calidad del suelo, permitiendo a los agricultores automatizar los procesos y así tener mayor control sobre sus cultivos y tomar cualquier decisión en tiempo real.

Se predice que para años posteriores ira creciendo la población, lo cual será un gran reto para la industria agrícola ya que además del estrés climático, plagas y reducción de espacios la demanda de alimentos sigue aumentando, para poder enfrentar este reto la industria debe de utilizar o emigrar a nuevas tecnologías, la agricultura con IoT busca integrar las prácticas agrícolas con dispositivos de software y el uso del internet con el fin de automatizar los procesos en busca de

lograr un mayor rendimiento en los invernaderos inteligentes un sistema digital conectado a internet es instalado para monitoreo de los cultivos con la ayuda de sensores, drones, y cámaras, ofreciendo a los productores tener un control preciso de sus cultivos sin la necesidad de ingresar al campo, parámetros importantes como la humedad, las condiciones de los suelos, sistemas de irrigación y fertilización llegan a ser medidos y controlados de manera automática manteniendo condiciones idóneas sin gastos extra de recursos, es decir generando un mayor rendimiento, dado que la población aumenta rápidamente el cambio y adaptación a nuevas tecnologías permitirá al productor afrontar retos y posicionarse con éxito en el futuro.

5. Conclusiones

Siendo un sistema que se encuentra en fase de desarrollo y pruebas, se han estado evaluando los valores que son generados por los sensores, haciendo las pruebas necesarias, y si se presenta un error realizar las correcciones de inmediato o bien hacerle mejoras para que sea un sistema óptimo cumpliendo con el objetivo específico.

Según la literatura que se ha ido investigando, se ve reflejada la importancia que tiene la tecnología IoT en la agricultura, debido a que según el análisis existen agrónomos o productores que no cuentan con dicha tecnología aplicada en sus invernaderos por tal motivo presentan pérdidas o bien el costo se eleva por los recursos utilizados, es por eso por lo que surgió la inquietud de desarrollo del presente proyecto ya que el beneficio para el área agrícola es favorable.

Se han estado haciendo pruebas con datos recabados en tiempo real, alcanzando una precisión del 95%, por lo tanto, es un sistema confiable y se pueden tomar decisiones correctas.

6. Bibliografía y Referencias

- [1] Best, S., Zamora, I. y Quiroz, I. (2008). Tecnologías aplicables en agricultura de precisión: uso de tecnología de precisión en evaluación, diagnóstico y solución de problemas productivos. FIA, <http://bibliotecadigital.fia.cl/handle/20.500.11944/1958>.

- [2] Adlercreutz, E., Huarte, D., López, A., Manzo, E., Szczesny, A. & Viglianchino, L. (2014). Producción hortícola bajo cubierta. Inta. https://inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-prod_hort_bc.pdf.
- [3] Bonilla-Fabela, I., Tavizon-Salazar, A., Morales-Escobar, M., Guajardo-Muñoz, L. T., & Laines-Alamina, C. I. (2016). IoT, el internet de las cosas y la innovación de sus aplicaciones. *Vinculatégica efan*, 2(1), pp. 2313-2340.
- [4] Dayra, A. (1994). Como redactar y publicar artículos científicos. Organización Panamericana de Salud.
- [5] De la Rosa González, E. (2018). Módulo Sensor de Energía basado en Internet de las Cosas (MSE-IoT).
- [6] Ge, Y., Thomasson, J. A. and Sui, R. (2011). Remote sensing of soil properties in precision agriculture: A review. *Frontiers Earth Sci.* 5(3), pp. 229–238.
- [7] Guerrero-Ibáñez, J. A., Estrada-González, F. P., Medina-Tejeda, M. A., Rivera-Gutiérrez, M. G., Alcaraz-Aguirre, J. M., Maldonado-Mendoza, C. A., ... & López-González, V. I. (2017). SgreenH-IoT: Plataforma IoT para agricultura de precisión. *Sistemas, cibernética e informática*, 14 (2).
- [8] Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, 29 (7), 1645–1660. <https://doi.org/10.1016/j.future.2013.01.010>
- [9] Kendall, K. y Kendall, J. (2011). *Análisis y Diseño de Sistemas*. (8ª ed.). Pearson Educación.
- [10] López Castro Leonella, V. E. (2016). DEEP WEB (DEEPNET, INVISIBLE WEB, DARK WEB O HIDDEN WEB). Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Derecho, 12.
- [11] Ma, J., Zhou, X., Li, S. and Li, Z. 2011. "Connecting Agriculture to the Internet of Things through Sensor Networks," International Conference on Internet of Things and 4th International Conference on Cyber, Physical and Social Computing, Dalian, 2011, pp. 184-187. doi: 10.1109/iThings/CPSCom.2011.32
- [12] Muñoz, O. Q. (2019). Internet de las Cosas (IoT). Ibukku LLC.

- [13] Pérez, M. R., Mendoza, M. A., & Suarez, M. J. (2019). Paradigma IoT: desde su conceptualización hacia su aplicación en la agricultura. *Paradigma*, 40 (18), pp. 1-8.
- [14] Salazar, J., & Silvestre, S. (2016). Internet de las cosas. *Techpedia*. České vysoké učení technické v Praze Fakulta elektrotechnická.
- [15] Smart Net (2017, mayo 27). El Internet de las cosas y la agricultura. <https://www.smartnet.com.co/el-internet-de-las-cosas-y-la-agricultura/>
- [16] Zotarelli, L. Dukes, M. & Morgan, K. (2014). Interpretación del contenido de la humedad del suelo para determinar capacidad de campo y evitar riego excesivo en suelos arenosos utilizando sensores de humedad. The Institute of Food and Agricultural Sciences (IFAS), University of Florida. <https://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/AE/AE49600.pdf>.