



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN IOT PARA TEMPERATURA EN UN PROCESO DE ACLIMATACIÓN DE SEMILLA DE PALMA

Design and Implementation of IoT for temperature control in a palm seed acclimatization process

ANGIE MARCELA IDROBO YUNDA¹, SEBASTIÁN RÍOS RICO²,
JOHN JAIRO PIÑEROS CALDERÓN³, JAVIER EDUARDO MARTINEZ BAQUERO⁴

Recibido:19 de diciembre de 2024. Aceptado:13 de enero de 2025

DOI: <https://doi.org/10.21017/rimci.1103>

RESUMEN

Este artículo presenta el diseño e implementación de un sistema prototipo IoT para la variable de temperatura en un proceso de aclimatación de semillas de palma. Inicialmente se realiza la actualización del hardware con la instalación del IoT2040, así como del software a la versión 1.6 de TIA PORTAL®, posteriormente se efectúa la codificación en Node-Red de las variables de los valores máximos, mínimos y promedios de la temperatura para cada cuarto, esto se hace con el objetivo de visualizar mediante UBIDOTS el proceso. De igual forma se realiza el envío del reporte diario a Gmail y se efectúa una notificación por alarma en Telegram, a su vez se realiza un menú de opciones para visualizar el comportamiento de la variable de temperatura en cada cuarto, así como se efectúa el control de las alarmas por medio de Telegram obteniendo una completa optimización del proceso, la cual permite supervisar, registrar, y controlar la variable del sistema, demostrando así la importancia que tiene el IoT en aplicaciones del sector agrícola.

Palabras clave: IoT; IoT2040; TIA PORTAL; Node-Red; UBIDOTS.

ABSTRACT

This article presents the design and implementation of an IoT prototype system for the temperature variable in a palm seed acclimatization process. Initially, the hardware is updated with the installation of the IoT2040, as well as the software to version 1.6 of TIA PORTAL®, later the variables of the maximum, minimum and average values of the temperature are encoded in Node-Red for each room, this is done in order to visualize the process through UBIDOTS. In the same way a daily report is sent to Gmail and an alarm notification is made in Telegram, at the same time a menu of options is made to visualize the behavior of the temperature variable in each room, as well as the control of alarms through Telegram. Getting a complete optimization of the process, which allows to monitor, record, and control the system variable, thus demonstrating the importance of the IoT in applications in the agricultural sector.

Key words: IoT; IoT2040; TIA PORTAL; Node-Red; UBIDOTS.

- 1 Ingeniero Electrónico y Especialista en Instrumentación y Control Industrial, Universidad de los Llanos, Villavicencio, Colombia. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-0705-5738> Correo electrónico: angie.idrobo@unillanos.edu.co
- 2 Ingeniero Electrónico y Especialista en Instrumentación y Control Industrial, Universidad de los Llanos, Villavicencio, Colombia. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-7912-2526> Correo electrónico: sebastian.rios@unillanos.edu.co
- 3 Ingeniero Mecatrónico de la Universidad de San Buenaventura, Especialista en Automatización de Procesos Industriales de la Universidad de los Andes, Magister en Tecnología Educativa de Instituto Tecnológico de Monterrey. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6465-2548> Correo electrónico: jpineros@unillanos.edu.co
- 4 Ingeniero Electrónico y Especialista en Instrumentación y Control Industrial, Universidad de los Llanos, Especialista en Instrumentación Electrónica de la Universidad Santo Tomás y Magister en Tecnología Educativa y Medios Innovadores para la Educación de la Universidad Autónoma de Bucaramanga ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4377-7867> Correo electrónico: jmartinez@unillanos.edu.co

I. INTRODUCCIÓN

DURANTE LA feria de Hannover, en el año 2011, surge el término Industria 4.0. La industria 4.0 o también llamada “fabrica inteligente” nace como una propuesta del gobierno alemán para reposicionarse como potencia pionera en el desarrollo tecnológico del sector industrial[1][2].

Se puede decir que esta fábrica inteligente es una copia virtual de una fábrica física con la posibilidad de operar de manera descentralizada, siendo capaz de permitir a sistemas físicos comunicarse entre sí y operar de manera conjunta, todo en tiempo real[3].

Sus aportes están enfocados en el sector productivo, sector industrial, seguridad mundial, etc. Sus ventajas más notorias están dadas por la ejecución de tareas sin intervención humana, mayor eficacia de trabajo, ahorro de energía, mejora notoria en la calidad final del producto y seguimiento personalizado y detallado de los procesos[4].

Existe gran variedad de herramientas que soportan los proyectos con el enfoque de una fábrica virtual, pero los principales son[5][6]:

- Sistemas de integración.
- Máquinas y sistemas autónomos.
- Manufactura aditiva.
- Big Data y análisis.
- Cloud computing.
- Realidad aumentada.
- Ciberseguridad.
- IoT (Internet of Things-Internet de las cosas).

Una de las soluciones que brinda el IoT en la Industria 4.0 es llevar a internet la información brindada por la CPU (Unidad Central de Procesamiento) a través de un software que permita el intercambio de estos datos. Esta información en su mayoría es obtenida por sensores y datos del proceso[7][8].

En[9], Jefferson García implementa un proyecto de automatización para línea de terminado de una empresa usando sistemas IoT y concluye que el IoT brinda cierta ventaja competitiva en procesos donde se deban monitorear varias plantas.

El protocolo de comunicación ideal para el IoT se denomina MQTT y fue creado en la década de los 90 por IBM[10]. Este protocolo es instalado y configurado dentro del dispositivo SIMATIC IOT 2040[11].

MQTT sigue la regla de comunicación Publicador-Suscriptor[12] donde el Publicador es el dispositivo que envía (PLC), el Broker es el protocolo MQTT y el Suscriptor recibe esta información (Node-Red). (Fig. 1).

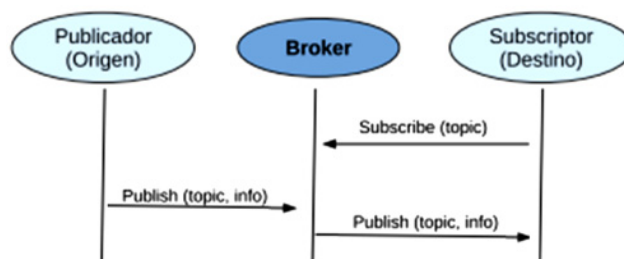


Fig 1. Arquitectura Publicador/Suscriptor basada en Topics[9].

En[13] se explica la implementación de Node-Red como herramienta de desarrollo basada en nodos[14] al cual MQTT envía la información y Node-Red se encarga de retransmitirla hacia una base de datos para que sea implementada en un tablero didáctico de visualización del proceso (Dashboard) como lo es Ubidots, que mediante su API permite la conexión de cualquier dispositivo a través de protocolos como HTTP, TCP, UDP y MQTT[15].

En el año 2019, mediante[16][17][18][19][20] se resalta la importancia que tienen las tecnologías IoT en la industria agricultora, señalando que se pueden reinventar métodos tradicionales de procesos que contaban con problemas comunes como sequía, bajo rendimiento, riego y control de plagas, confirmando que la agricultura puede alcanzar niveles nunca vistos, optimizando sus recursos con un alto grado de éxito en el producto final.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Para la implementación de este prototipo IoT se realiza la siguiente metodología con las etapas que se muestran a continuación (Fig. 2).



Fig 2. Etapas para realización del diseño e implementación.
Fuente: Autores.

A. Actualización del hardware y software para el proceso de aceite de semilla de palma de la empresa sepalm

La metodología general de la programación del proceso de aceite de semilla de palma para la empresa SEPALM es mostrada en la siguiente figura en forma de diagrama de flujo. (Fig. 3).

Cada cuarto dispone de un sensor de temperatura tipo PT100 para la toma de esta magnitud física. La temperatura es enviada en forma de señal analógica (4-20mA) a una entrada analógica del PLC. El PLC internamente toma los valores

analógicos en formato WORD (INT) en un intervalo de 0 a 27648, tomando 0 como 0mA y 27648 como 20mA. (Fig. 4).

Posteriormente se procede a realizar la escalización de esta señal a formato DWORD (Real); el rango predefinido de trabajo de los valores reales en este proceso es de 0.0°C a 60.0°C. Todas las condiciones de la programación son trabajadas con los valores escalizados de la temperatura del cuarto (Valores Reales).

Una vez escalizados los valores de los sensores, se procede a implementar un sistema de control proporcional, integral y derivativo (PID) en los cuartos con el objetivo de que el valor de la temperatura actual disponga de un valor de referencia (Setpoint) al cual igualar. El controlador PID proporciona una señal por modulación de ancho de pulsos (PWM) la cual activa y desactiva los actuadores (resistencias, aires acondicionados,

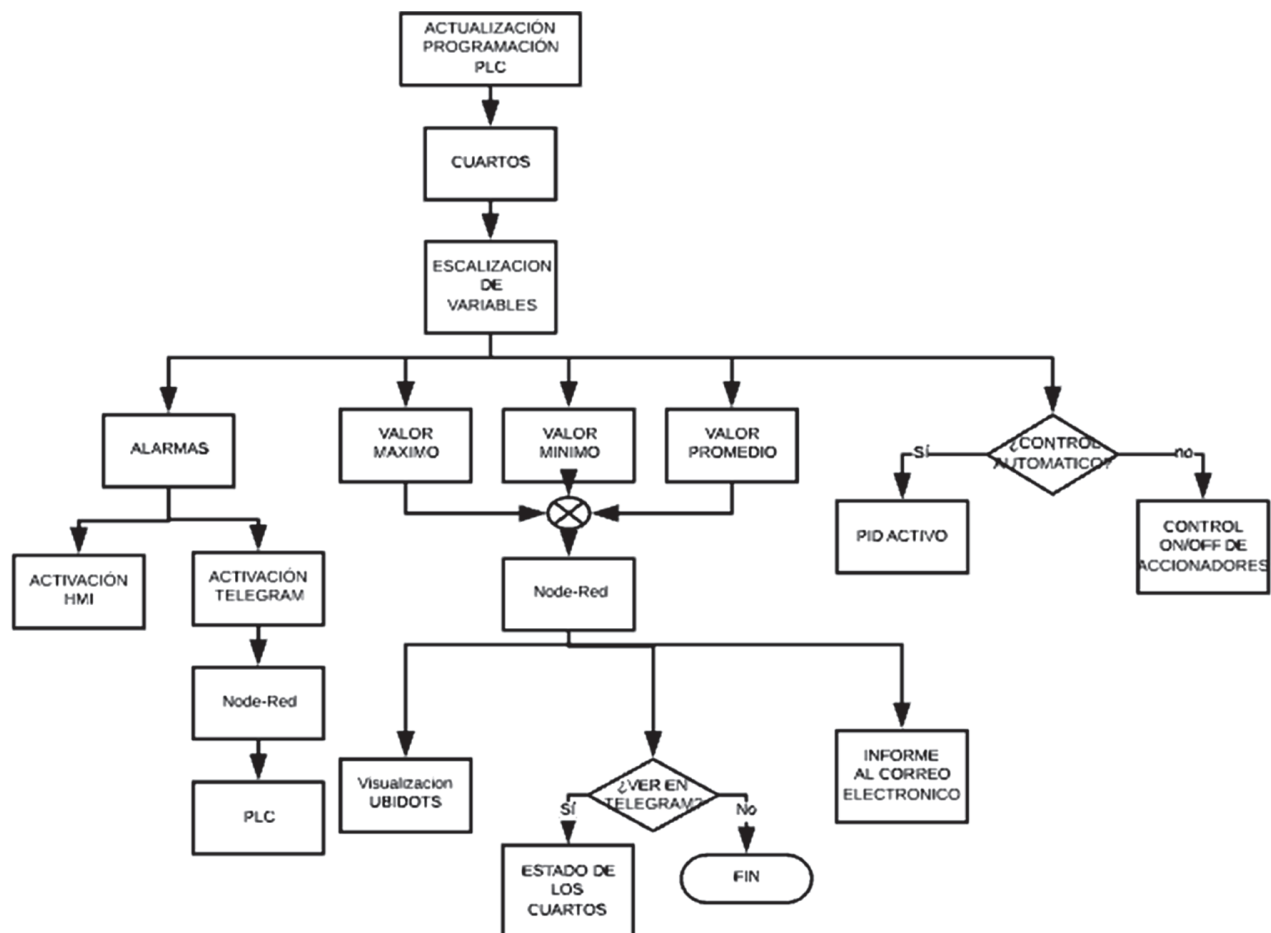


Fig 3. Diagrama de flujo de la programación del proceso. Fuente: Autores.



Fig 4. PT100[21]

extractores) para que la temperatura actual sea lo más fiel posible a la temperatura de referencia. El control puede ser automático (PWM) como también puede ser manual (Forzar On/Off).

Las alarmas son configuradas dependiendo si el valor escalizado ha superado un valor máximo o un valor mínimo dado el operador, y de ser así se activa la sirena del proceso.

Esta puede ser activada o desactivada tanto por el HMI como por la aplicación de mensajería TELEGRAM, si la orden es dada por la app TELEGRAM, se debe realizar la conexión previa con Node-Red y así mismo con el PLC.

Para conocer el estado de los cuartos o para brindar un informe diario es necesario tomar los valores máximos, mínimos y promedios de todo el día de trabajo del proceso. Estos valores son enviados a Node-Red para luego ser visualizados en la base de datos Ubidots, en la app TELEGRAM o simplemente para ser enviados por correo electrónico todos los días a las 6:00 P.M.

La instalación de la herramienta Node-Red junto al protocolo MQTT para el desarrollo de la programación de nodos se realiza en el dispositivo SIMATIC IOT2040. (Fig. 5).



Fig 5. SIMATIC IOT 2040. Fuente: Autores.

B. Conexión PLC, Node-Red y Ubidots (Fig. 6)

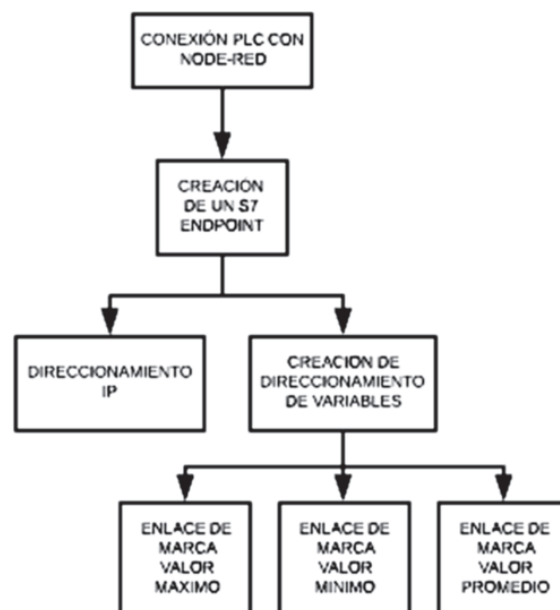


Fig 6. Diagrama de flujo de conexión de variables del PLC con Node-Red. Fuente: Autores.

La conexión entre el PLC y Node-Red se inicia con la instalación de la librería “node-red-contrib-s7” la cual permite el ingreso de los datos provenientes del PLC (s7 in) o los valores provenientes de Node-Red hacia el PLC (s7 out) y el bloque que permite la conexión entre Node-Red y el PLC (s7 control) (Fig. 7).



Fig 7. Bloques s7. Fuente: Autores.

Se enlaza node-red con el PLC dentro del bloque s7 control, allí se indica el direccionamiento del PLC, su puerto de conexión (por lo general es el puerto 102) y se definen las marcas que se usarán para obtener los datos del PLC. (Fig. 8).



Fig 8. Escritura y llamado de marcas del PLC. Fuente: autores.

De esta manera se enlazan los valores de las variables en el PLC con los bloques “s7 in” en Node-Red.

Un ejemplo de la programación por nodos realizada en Node-Red es mostrada en la Fig. 9.

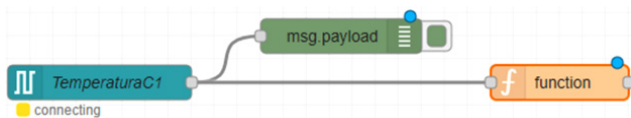


Fig 9. Programación por nodos Node-Red. Fuente: Autores.

El método empleado para la programación del bot en Telegram está mostrado por el diagrama de flujo de la Fig. 10.

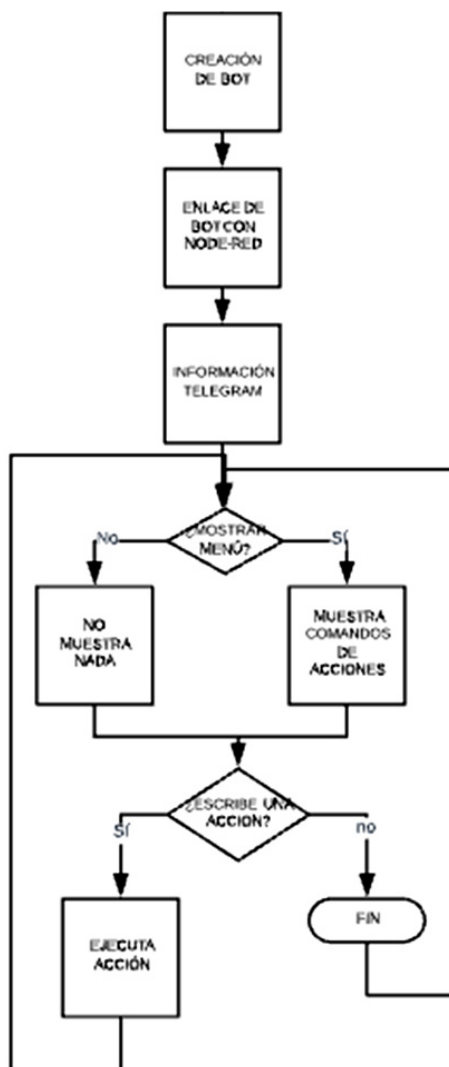


Fig 10. Diagrama de flujo de menú en la app Telegram. Fuente: Autores.

La programación del menú de Telegram junto a sus acciones fueron codificadas en Node-Red. Para realizar la conexión entre Telegram y Node-Red se debe crear previamente un bot con la herramienta ofrecida por Telegram “Botfather”. Una vez creado el bot, se procede instalar la librería en Node-Red “node-red-contrib-telegrambot” y enlazarlo con node-red introduciendo en los bloques de Telegram la API CREDENTIAL (código brindado por Botfather para entablar una conexión segura entre node-red y Telegram). (Fig. 11).



Fig 11. Bloques Telegram. Fuente: Autores.

La conexión entre Node-Red y Ubidots es mostrada en el siguiente diagrama de flujo. (Fig. 12).

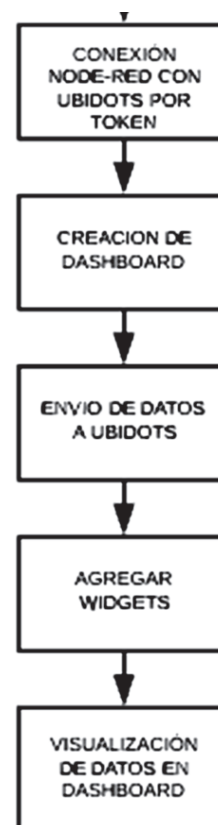


Fig 12. Bloques Ubidots. Fuente: autores.

Se instala la librería en Node-Red “node-red-dashboard” en la cual se añaden dos funciones que sirven para escribir y leer información desde o hacia Ubidots. (Fig. 13).



Fig 13. Bloques Ubidots. Fuente: autores.

En la base de datos Ubidots se crea un Dashboard el cual es un tablero al que se le puede adjuntar widgets para establecer un entorno gráfico con la información proveniente del PLC. También permite el control de ciertas acciones, las cuales en este caso son el control on/off de los cuartos. Se puede hacer la descarga de 2.000.000 de datos al mes, esto equivale a aproximadamente 1 mes de datos continuos de una variable. Igualmente cabe mencionar que la conexión entre el PLC y Ubidots se realiza únicamente por Node-Red como intermediario mediante el protocolo MQTT. Node-Red puede escribir y leer datos provenientes del PLC y también puede escribir y leer datos de Ubidots. Si Ubidots desea escribir al PLC, este dato debe pasar por Node-Red. (Fig. 14).

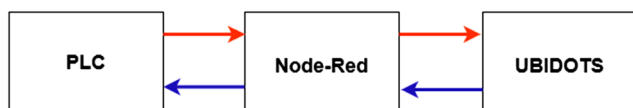


Fig 14. Conexión del PLC con Ubidots. Fuente: Autores.

III. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

A. Actualización de programación y HMI (SCADA)

Al presentar la programación del proceso en una versión desactualizada del software TIAPORTAL, se realizó la actualización de esta misma a una versión más reciente siendo esta la versión 16, de igual forma se reemplazó el sistema de supervisión WINCC flexible por un sistema en tiempo de ejecución (RUNTIME); integrando así el menú de opciones del anterior sistema de supervisión, por el cual este menú brinda al operario las opciones de observar las curvas de temperatura para cada cuarto del proceso, como se muestra en la Fig. 15.

Igualmente permite la opción de visualizar los mensajes de errores y advertencias de temperatura para cada cuarto (Fig. 18), o de manera general (Fig. 19), así como el estado actual del valor de la variable del proceso y el valor de referencia establecido; del mismo modo se observa de forma individual las curvas de temperatura para cada cuarto, los estados de los extractores, válvulas, calefactores y aires acondicionados presentes en el sistema (Fig. 16), por ultimo ofrece una configuración completa del cuarto en dónde se ingresa el valor de referencia de la tempera-

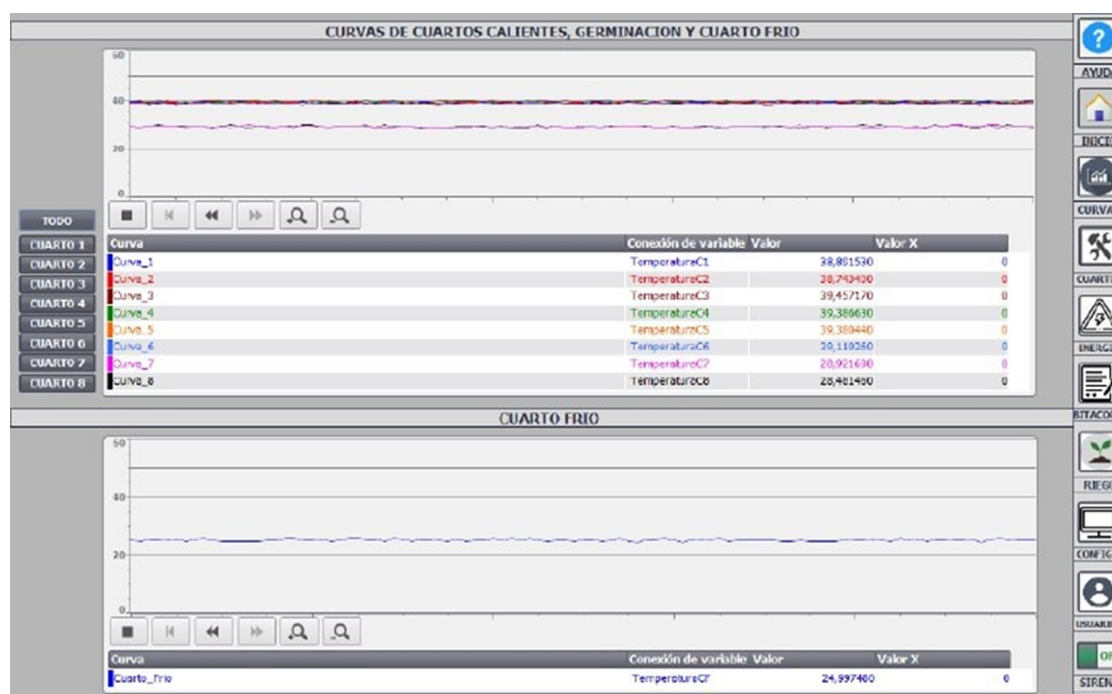


Fig 15. Curva de temperatura de los cuartos del proceso. Fuente: autores.

tura; y a la vez se accede a la activación o desactivación del modo de operación del cuarto, los actuadores y alarmas presentes en él, como se observa en la Fig. 17.

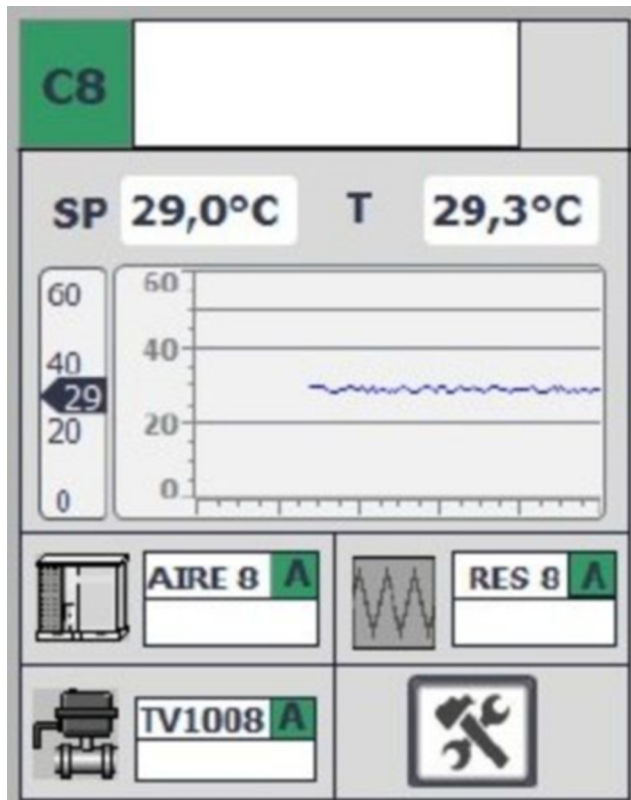


Fig 16. Visualización del estado del cuarto. Fuente: autores.



Fig 18. Mensaje de advertencia por temperatura baja. Fuente: autores.

B. Resultados IoT

1. Ubidots

El producto final del enlace entre el PLC con Node-Red y Ubidots es el tablero o dashboard de cada cuarto. En el dashboard se visualizó el valor actual de la temperatura, el valor actual de referencia, así como los valores máximos, mínimos y promedios de la variable del proceso; de igual forma se observó un registro de datos por medio de una gráfica en un rango de hasta 24 horas, y el estado de los actuadores del proceso siendo estos los calefactores, extractores y aires acondicionados, por el cual dependiendo del cuarto se visualizó calefactor-extractor o calefactor-aire acondicionado.

La implementación del dashboard es de suma importancia para la recopilación de información del proceso ya que permite la descarga de los datos del proceso, y también una gran ventaja para los

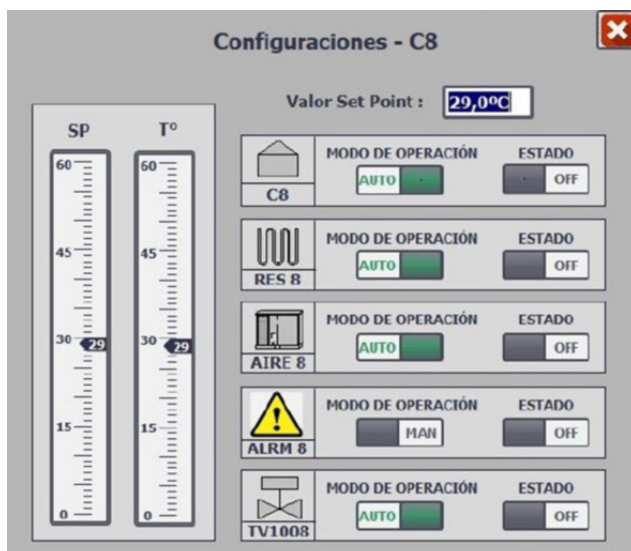


Fig 17. Ventana de configuraciones. Fuente: autores.

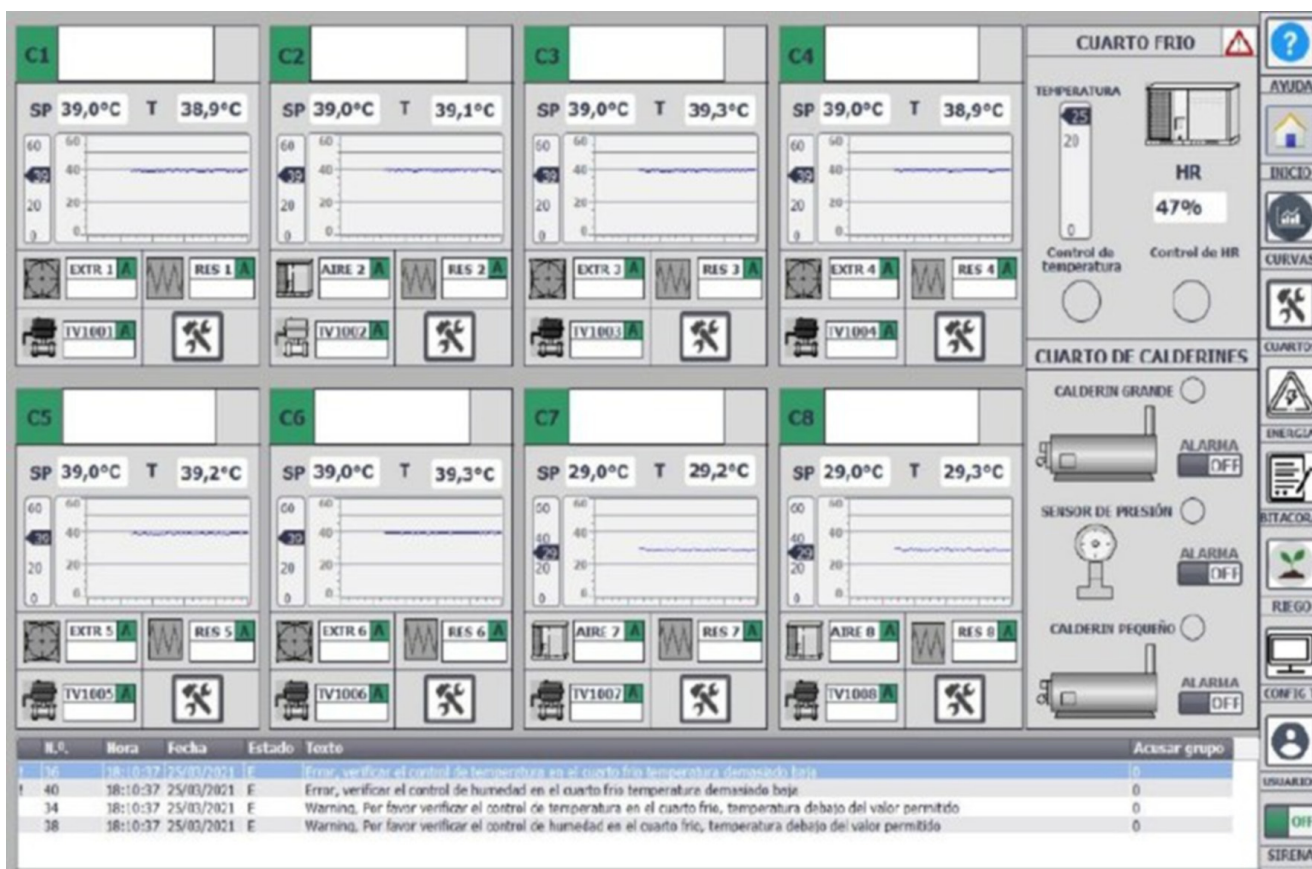


Fig 19. Visualización general de los cuartos. Fuente: autores.

ingenieros agrónomos encargados ya que no se es necesario estar en las instalaciones para conocer el

estado del producto, brindándoles una mayor flexibilidad de acceso a la información. (Fig. 20).

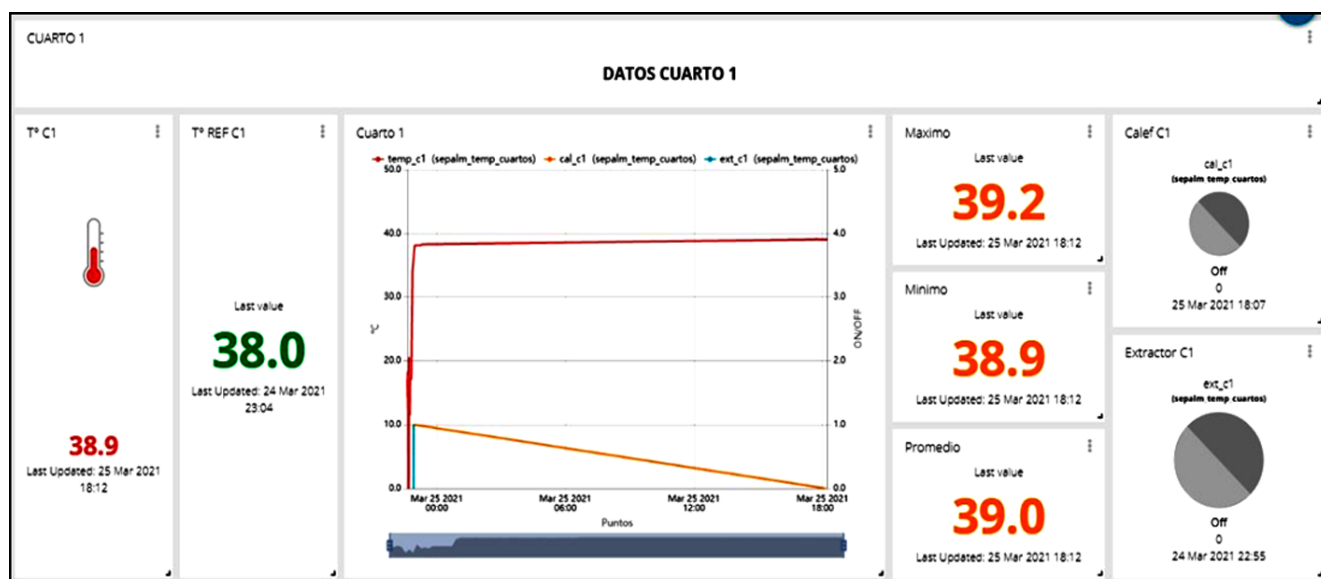


Fig 20. Tablero UBIDOTS (Dashboard). Fuente: Autores.

2. Telegram

Mediante el uso del comando “/Help” en el chat del bot en la aplicación Telegram, se visualiza el menú creado en node-red. El menú implementado brinda información precisa de los comandos configurados para conocer el estado del proceso, configuración de alarmas y envío de informes. (Fig. 21).

Escribiendo el comando “/CX” en Telegram se permite el acceso a los valores máximos, mínimos, promedios del Cuarto X, donde X es el número del cuarto al cual se requiere acceder.

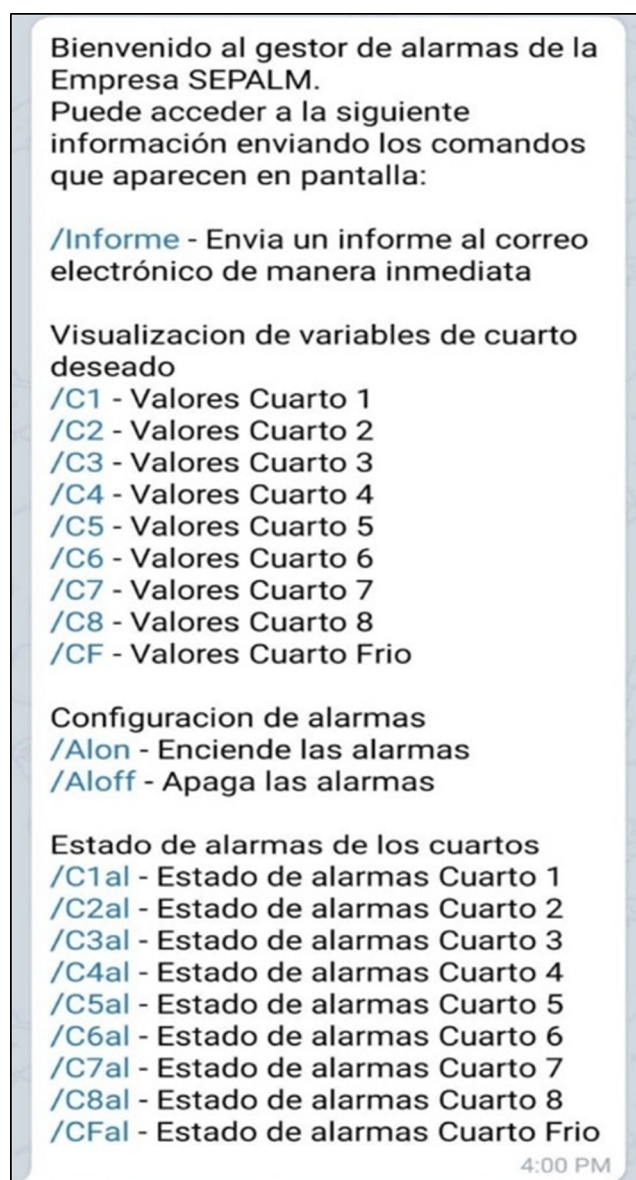


Fig 21. Comandos Telegram. Fuente: Autores.

El uso de este comando brinda información general de manera rápida y sencilla del cuarto sin necesidad de enviar los datos en formato de informe al correo electrónico. (Fig. 22).

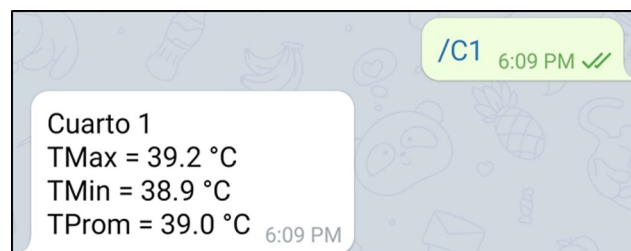


Fig 22. Información del cuarto [Telegram]. Fuente: Autores.

Por medio del comando “/Informe” se envió al correo electrónico un breve informe de todos los cuartos con los valores del proceso de todo el día. Los datos obtenidos mediante este comando son usados para análisis estadísticos, ya que se pueden observar valores atípicos del proceso mediante los valores máximos o mínimos de todo el día. El valor promedio es un indicador general del funcionamiento del cuarto debido a que, si este valor está muy alejado del setpoint, significa que hubo fallas. (Figs. 23 y 24).

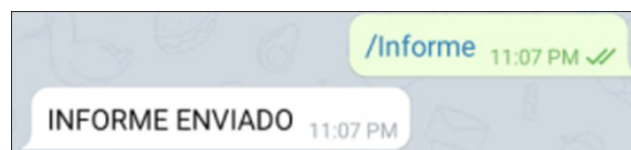


Fig 23. Comando del informe del estado de los cuartos [Telegram]. Fuente: Autores.

De igual forma se visualizó en el chat la activación de las alarmas y el motivo por el cual se encendieron.

La visualización de las alarmas alerta al técnico encargado del proceso brindándole información del por qué se activaron la sirena, reduciendo el tiempo de respuesta frente al fallo y mejorando el bienestar del producto. (Fig. 25).

Del mismo modo, mediante los comandos “/Alon” y “/Aloff” se activó y se desactivó la sirena de emergencia del proceso.

Anteriormente, si por alguna razón las sirenas se activaron después de las 6 P.M., no había forma



Fig 24. Informe del estado de los cuartos en el correo

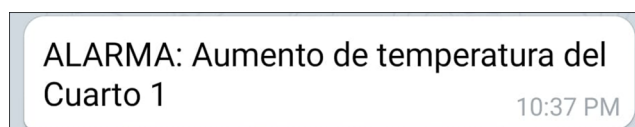


Fig 25. Alarmas [Telegram]. Fuente: Autores.

de apagarlas debido a la ausencia de personal por la finalización de la jornada laboral, causando un malestar para las personas ajenas al proceso que se encontraban cerca. Con la actualización del proceso, implementando el sistema IoT, se logra conocer la razón de la activación de la alarma para implementar una respuesta correctiva inmediata al día siguiente y permitiendo la activación y desactivación de las sirenas desde cualquier lugar, mejorando el bienestar general de las personas ubicadas cerca al proceso. (Fig. 26).

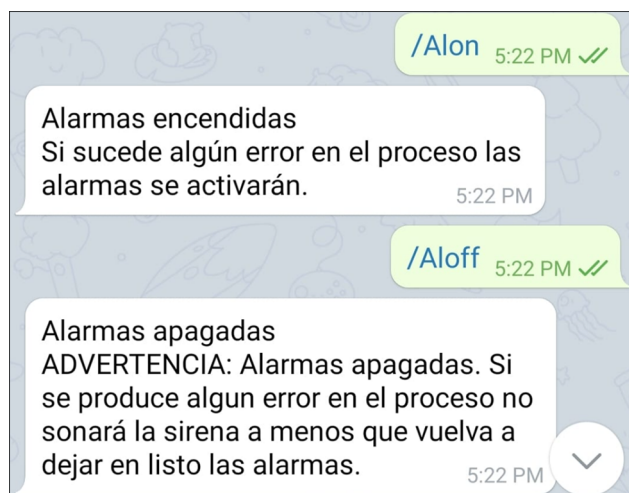


Fig 26. Activación y desactivación de sirena [Telegram]. Fuente: Autores.

La implementación del IoT en el proceso de germinación de semilla de palma brinda innumerables ventajas con respecto al monitoreo del producto. Ubidots permite descargar los datos del proceso para futuros análisis por parte de los ingenieros agrónomos encargados del estado de la semilla de palma. Si por algún motivo hubo fallas en el proceso, los datos descargados son una base para ejecutar acciones correctivas o preventivas, con la finalidad de aumentar la cantidad útil de producto final.

Por otro lado, los altos directivos de la empresa podrán acceder al dashboard en Ubidots y tener información de primera mano del proceso sin necesidad de contactar al operario. De igual forma los informes diarios enviados al correo electrónico son útiles al momento de los análisis del proceso.

El gestor de alarmas por parte de Telegram brinda un aviso inmediato al técnico encargado del

proceso ya que no importa el lugar en el que se encuentre, mientras su teléfono esté conectado vía internet, recibirá una alarma indicándole que presenta una falla y la causa de esta, reduciendo el tiempo de solución frente al error ya que tendrá información para afrontar el problema.

IV. CONCLUSIONES

En el desarrollo de esta investigación se puede identificar que en la agroindustria colombiana del departamento del Meta presiden factores que pueden llegar a ser un riesgo para la producción de aceite de palma, esto se debe a las técnicas de monitoreo implementadas actualmente, por ende, se concluye que al integrar el IoT para este tipo de procesos se mejora la supervisión del producto como se observó al momento de implementar los múltiples comandos en la aplicación de Telegram.

Con el diseño e implementación propuesto se facilita la entrega de registros de la producción e información precisa del estado del proceso mediante el uso de la plataforma IoT Ubidots; del mismo modo se previenen anomalías en la producción mediante el análisis de días previos del proceso y a su vez se reducen costos por fallos en la producción e igualmente brinda privacidad y seguridad de los datos del sistema.

Conjuntamente se implementó un sistema de ejecución en tiempo real de la interfaz Maquina-Hombre (HMI) de la empresa SEPALM, este sistema brinda la capacidad de implementarse en cualquier tipo de sistema operativo empleado por la empresa para la supervisión del proceso.

REFERENCIAS

- [1] T. Barros, "La industria 4.0: Aplicaciones e Implicaciones," *Univ. Sevilla*, pp. 1-52, 2017, [Online]. Available: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/91146/fichero/La+Industria+4.0+Aplicaciones+e+Implicaciones.pdf>.
- [2] S. Aguilar Zavaleta and G. E. Romero Velazco, "Diseño de una solución basada en el internet de las cosas (IoT) empleando Lorawan para el monitoreo de cultivos agrícolas en Perú," *Universidad Tecnológica del Perú*, 2020. [Online]. Available: <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/2946>
- [3] R. Morrar, H. Arman, and S. Mousa, "The Fourth Industrial Revolution (Industry 4.0) a Social Innovation Perspective," *Technology Innov. Manag. Rev.*, vol. 7, no. 23, pp. 12-21, 2018, doi: 10.25073/0866-773x/97.
- [4] M. Y. Pineda de Alcazar, "La Internet de las Cosas, el Big Data y los nuevos problemas de la comunicación en el Siglo XXI," *Mediaciones Soc.*, vol. 17, no. 0, pp. 11-24, 2018, doi: 10.5209/meso.60190.
- [5] A. I. Basco, G. Beliz, D. Coatz, and P. Garnero, *Industria 4.0 fabricando el futuro*. Buenos Aires, 2019.
- [6] J. Del Val, "Industria 4.0: La Transformación Digital de la Industria.," *Coddiinforme*, p. 120, 2012, [Online]. Available: <http://coddii.org/wp-content/uploads/2016/10/Informe-CODDII-Industria-4.0.pdf>.
- [7] K. Rose, S. Eldridge, and L. Chapin, "La internet de las cosas - una breve reseña," *Internet Soc.*, pp. 1-83, 2015, doi: 10.1007/978-0-85729-103-5_5.
- [8] I. Bonilla, T. Arturo, M. Morles, L. Guajardo, and C. Laines, "Iot, El Internet De Las Cosas Y La Innovación De Sus Aplicaciones," *Vinculatégica EFAN*, no. 1, pp. 2313-2340, 2016, [Online]. Available: <http://www.web.facpya.uanl.mx/Vinculategica/Revistas/R2/2313-2340 - Iot, El Internet De Las Cosas Y La Innovacion De Sus Aplicaciones.pdf>.
- [9] J. David and G. Casas, "Proyecto de automatización para línea de terminado de empresa productora de retenedores de aceite usando sistemas IoT Proyecto de automatización para línea de terminado de empresa productora de retenedores de aceite usando sistemas IoT," *Universidad Nacional de Colombia*, 2020.
- [10] R. R. Camacho, "Infraestructura de eventos para la Internet de las cosas," *Universidad De Castilla - La Mancha*, 2014.
- [11] Siemens, "IOT Gateway MQTT," pp. 1-40, 2019.
- [12] C. A. H. Parra, "Análisis de rendimiento de protocolos de Publicación / Suscripción en comunicación con una Red de Sensores Inalámbricos Zigbee," *Universidad Nacional De La Plata*, 2018.
- [13] F. Astorqui, "Sensor IoT para monitorización de consumo de energía en continua," *Trab. Fin Grado en Ing. Comput.*, 2016.
- [14] S. G. Jiménez, "Desarrollo de paneles de control para redes IoT basados en Nodered," 2018.
- [15] M. Abata and A. Ruben, "Diseño e implementacion de un sistema distribuido empleando protocolo de comunicación industrial enfocado a los objetos (IIoT), para el control y monitoreo remoto en tiempo real (RT) a través de la web en el laboratorio de hidrónica y neutrónica de la uni," 2019.

- [16] M. Ayaz, M. Ammad-Uddin, Z. Sharif, A. Mansour, and E. H. M. Aggoune, "Internet-of-Things (IoT)-based smart agriculture: Toward making the fields talk," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 129551–129583, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2932609.
- [17] X. Li, "Development of a Smart Home System Based on Internet of Things," in 019 IEEE International Conference on Applied System Innovation (ICASI), 2019, pp. 1–4.
- [18] G. Osvaldo, F. Elizabeth, A. Ismael, and B. Reyes, "Diseño Arquitectural De Una Plataforma Iot Para La Monitorización Ambiental Aplicada En Vive-ros De Plantas De Ornato," *3C TIC*, vol. 11, no. 1, pp. 223–249, 2022, doi: 10.17993/3ctic.2022.111.
- [19] S. Aydin and M. Nafiz Aydin, "Design and implementation of a smart beehive and its monitoring system using microservices in the context of IoT and open data," *Comput. Electron. Agric.*, vol. 196, p. 106897, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.106897>.
- [20] J. Gómez, M. Teobaldis, J. García, and A. Fernández, "SISTEMA DE INTERNET DE LAS COSAS (IoT) PARA EL MONITOREO DE CULTIVOS PROTE-GIDOS," *Rev. Científica Fac. Ing. Ing. e Innovación*, vol. 5, no. 1, pp. 24–31, 2017, doi: <https://doi.org/10.21897/23460466.1101>.
- [21] SRCL. ¿Qué es un sensor PT100?. <https://srcsl.com/que-es-un-sensor-pt100/>