

Sistema IoT para el seguimiento y análisis de la intensidad de luz en plantas de interiores

Gabriel Elías Chanchí Golondrino¹,
Manuel Alejandro Ospina Alarcón¹, Wilmar Yesid Campo Muñoz²

¹ Universidad de Cartagena,
Colombia

² Universidad del Quindío,
Colombia

{gchanchig, mospinaa}@unicartagena.edu.co,
wycampo@uniquindio.edu.co

Resumen. En este trabajo proponemos como aporte el desarrollo de un sistema IoT que permita la captura, almacenamiento, análisis y visualización de datos de luminancia en plantas de interior. A partir de la amplia difusión de temas como internet de las cosas (IoT), su uso se ha hecho posible en contextos como: agricultura de precisión o monitoreo de variables ambientales. A nivel de cuidado de las plantas de interior, existen variables como la luminancia que influyen directamente en el proceso de fotosíntesis, y por tanto en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Si bien existen dispositivos de medición comerciales que permiten la captura y transmisión de estas variables de interés, entre sus desventajas se encuentran el almacenamiento limitado y la posibilidad de aplicar algoritmos de aprendizaje automático a los datos.

Palabras clave: Plantas de Interior, Internet de las Cosas, Sistema IoT, Luminancia.

IoT System for Monitoring and Analysis of Light Intensity in Indoor Plants

Abstract. In this paper, we propose as a contribution the development of an IoT system that allows the capture, storage, analysis, and visualization of luminance data in indoor plants. Based on the wide dissemination of topics such as the internet of things (IoT), its use has been made possible in contexts, such as precision agriculture or the monitoring of environmental variables. At the level of care for indoor plants, there are variables such as luminance that have a direct influence on the photosynthesis process, and therefore the growth and development of plants. Although there are commercial measurement devices that allow the capture and transmission of these variables of interest, among

their disadvantages are limited storage and the possibility of applying machine-learning algorithms to data.

Keywords: Indoor Plants, Internet of Things, Iot System, Luminance.

1. Introducción

Internet de las cosas (IoT) puede ser entendido como la conexión de objetos físicos o dispositivos en una red abierta que tiene la capacidad de auto gestionarse, compartir información, datos y recursos, reaccionar y actuar frente a situaciones y cambios en el entorno [1, 2]. Dentro de los desafíos de IoT en diferentes contextos de aplicación, se encuentra el aprovechamiento de los grandes volúmenes de datos de cara a la obtención de información útil para la toma de decisiones [3, 4].

Con la amplia difusión que ha tenido la temática de internet de las cosas (IoT), se ha posibilitado la captura, seguimiento y análisis de variables de interés en diferentes contextos, siendo la agricultura de precisión y la monitorización de variables ambientales un caso específico de aplicación [5, 6]. En este sentido, a nivel del cuidado de las plantas de interiores, es posible hacer uso de las ventajas provistas por IoT en cuanto a la monitorización y análisis de un conjunto de variables que tienen una influencia significativa en el crecimiento y desarrollo de las plantas [7].

Tanto en el caso de las plantas de interiores, como de exteriores la intensidad de la luz es uno de los parámetros fundamentales en el proceso de fotosíntesis, el cual tiene una influencia directa en el crecimiento de las plantas [8]. En el caso particular del cuidado de las plantas de interiores, existen especies que requieren diferentes niveles de intensidad luminosa a lo largo del día, por lo que la monitorización y análisis de esta variable puede ser de gran interés para la fisiología de las plantas [9]. Aunque se ha evidenciado en la literatura la existencia de varios trabajos en cuanto al cuidado de huertas urbanas y al seguimiento de variables de interés en plantas, se ha observado que dichos trabajos se enfocan principalmente en variables como la temperatura y la humedad [7, 10].

Del mismo modo, a partir de la difusión de IoT, se han desarrollado diferentes dispositivos comerciales como es el caso de los luxómetros, los cuales permiten la captura, visualización local y eventualmente la transmisión vía bluetooth de los datos de la intensidad de la luz (en *luxes*). Una de las ventajas de estos dispositivos comerciales es la calibración y la precisión de los datos capturados, mientras que dentro de las desventajas se encuentran el almacenamiento limitado, el uso de formatos propios en los datos transmitidos y la ausencia en el uso de algoritmos de *machine-learning* sobre el histórico de los datos [11]. En este sentido se hace necesario enriquecer las características de estos dispositivos, vinculando las funcionalidades de las diferentes capas de la arquitectura convencional de IoT [5, 12].

En este artículo se propone el diseño y desarrollo de un sistema para el seguimiento y análisis de la intensidad de luz o luminancia en plantas de interiores, teniendo en cuenta para ello la arquitectura convencional a cuatro capas de IoT (captura, almacenamiento, análisis, visualización) [5]. Así, en la capa de captura del sistema se cuenta con un luxómetro comercial *bluetooth* el cual tiene asociado un sensor de intensidad de luz que permite la captura de las mediciones en *luxes*. Los datos

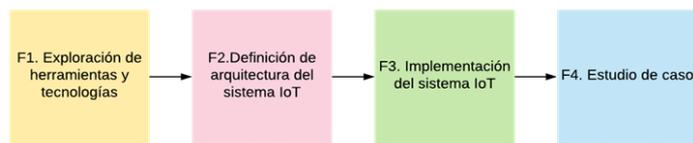


Fig. 1. Fases de la metodología.

capturados son enviados vía *bluetooth* a un sistema *software* que almacena los datos en una base de datos no relacional. En la capa de análisis el sistema *software* se encarga de procesar el histórico de los datos capturados aplicando métodos de estadística descriptiva y modelos predictivos basados en aprendizaje no supervisado. Finalmente, en la capa de visualización se puede hacer un seguimiento sobre los datos capturados en tiempo real y se pueden visualizar los resultados de los diferentes modelos de análisis aplicados al histórico de los datos. De este modo, el sistema IoT propuesto permite extender las funcionalidades de los medidores comerciales, al solventar el problema del almacenamiento limitado y al posibilitar tanto la vinculación de modelos de analítica de datos, como la visualización en tiempo real de los mismos.

El resto del artículo está organizado de la siguiente forma: en la sección 2 se presenta la metodología considerada en el desarrollo propuesto; en la sección 3 se describen un conjunto de trabajos relacionados que se tuvieron en cuenta para el desarrollo de la presente investigación; en la sección 4 se describe la arquitectura y la implementación del sistema IoT diseñado; en la sección 5 se muestra un estudio de caso que permite verificar la utilidad del sistema IoT propuesto; finalmente en la sección 6 se muestran las conclusiones y trabajos futuros derivados de la presente investigación.

2. Metodología considerada

Para el desarrollo del sistema IoT se definieron las siguientes cuatro fases metodológicas: i) caracterización de niveles de intensidad luminosa, ii) definición de la arquitectura del sistema IoT, iii) implementación del sistema IoT de seguimiento y análisis y iv) estudio de caso (ver Fig. 1). En la fase 1 se exploraron y seleccionaron un conjunto de tecnologías a nivel de captura, almacenamiento, análisis y visualización. Dentro de la fase 2 de la metodología se definieron las capas de la arquitectura del sistema, teniendo en cuenta las tecnologías identificadas en la fase 1. En la fase 3, se realizó la implementación del sistema IoT, teniendo en cuenta las capas de la arquitectura diseñadas en la fase 2. Finalmente, en la fase 4 se valida el diseño mediante el desarrollo de un estudio de caso, verificando la funcionalidad del sistema IoT propuesto.

3. Trabajos relacionados

En esta sección se presentan un conjunto de trabajos relacionados que se tuvieron en cuenta para el desarrollo e implementación del sistema IoT.

En [5] se presenta una arquitectura IoT basada en herramientas de *hardware* y *software* libre para el soporte de agricultura de precisión. La propuesta tomó en consideración las capas de la arquitectura Lambda: captura de datos, almacenamiento, procesamiento de datos y consulta. En la capa de captura se hace uso de sensores de temperatura y humedad compatibles con la tarjeta de adquisición de datos Arduino, en la capa de almacenamiento se emplea la base de datos en la nube *Ubidots*, en la capa de análisis se hace uso de un clasificador bayesiano y finalmente en la capa de consulta se hace uso de un aplicativo web desarrollado sobre el *framework Spark* de *Java*. Si bien este trabajo no toma en cuenta dentro de las variables a medir el nivel de intensidad luminosa, se tuvieron en cuenta las capas de la arquitectura consideradas para el diseño del sistema IoT propuesto.

En [13] se presenta un dispositivo electrónico para la adquisición de datos, mediante diferentes tipos de sensores, con el fin de estudiar la evolución de la humedad del suelo y su relación con diferentes parámetros tales como: temperatura ambiental, temperatura al sol, humedad relativa e intensidad de la lluvia. El dispositivo fue construido haciendo uso de la plataforma de *hardware* libre Arduino y sensores compatibles con esta.

Los datos capturados mediante el dispositivo son almacenados en una memoria *flash* y son enviados por puerto serial a un computador, en donde pueden ser visualizados a partir de un *software* de conexión serial. El dispositivo propuesto no permite el seguimiento remoto, ni la aplicación de técnicas de analítica de datos.

En [14] se presenta el diseño e implementación de un sistema de monitoreo en tiempo real de las variables de temperatura y humedad en losas de concreto convencional, haciendo uso para ello de la plataforma de *hardware* libre Arduino y sensores electrónicos compatibles con esta. El sistema construido es útil en el campo de la ingeniería civil de cara a la identificación de la durabilidad de un elemento estructural. El sistema propuesto captura los datos de las variables de temperatura y humedad para luego almacenarlos en una memoria SD articulada a la tarjeta Arduino, de tal modo que luego dichos datos puedan ser analizados. El sistema desarrollado en este artículo no permite la monitorización remota, ni tiene articulado de manera directa la aplicación de técnicas de análisis de datos sobre las capturas realizadas.

En [15] se presenta un sistema para la medición y seguimiento de la intensidad lumínica y la temperatura bajo el mar, realizando mediciones cada metro de profundidad hasta los 20 metros. El sistema está conformado por un total de 20 nodos sensores de luz y temperatura los cuales son gestionados por una tarjeta Arduino, desde donde los datos son enviados a un modem 3G, el cual los transmite a una estación terrestre, donde existe un instrumento virtual desarrollado en *Labview* que permite la visualización en tiempo real de los datos. El sistema desarrollado no evidencia la implementación de la capa de almacenamiento, ni de la capa de análisis de los datos mediante algoritmos de aprendizaje supervisado y no supervisado.

En [10] se propone un sistema de monitorización de humedad del suelo en huertos, el cual incluye la funcionalidad de irrigación automática a través de una electroválvula. El sistema fue implementado a través del uso de la plataforma de *hardware* libre Arduino y el sensor de humedad del suelo compatible con esta. Los datos capturados por los sensores son procesados en la tarjeta Arduino para determinar mediante un algoritmo si el suelo requiere ser irrigado o no. Del mismo modo a medida que los datos son recibidos por la tarjeta Arduino, son enviados

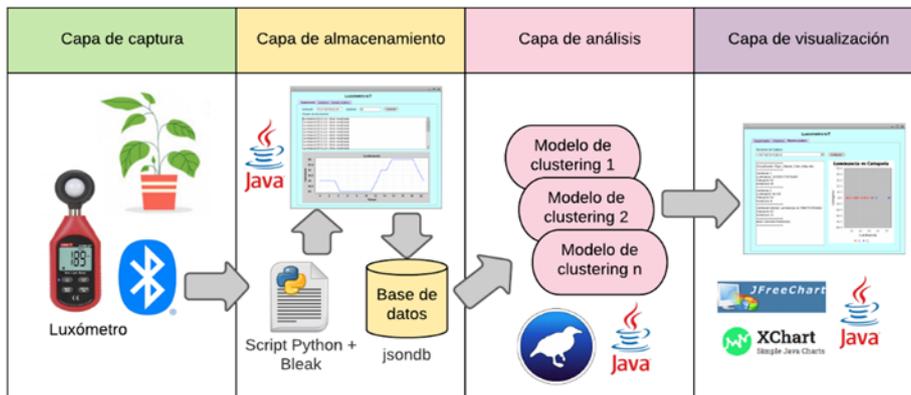


Fig. 2. Arquitectura del Sistema IoT.

mediante el uso de un módulo bluetooth a una aplicación móvil que muestra en tiempo real los datos que van siendo capturados. Aunque el sistema permite el seguimiento remoto, no permite el uso de algoritmos de analítica sobre el histórico de los datos.

En [7] se presenta un sistema para el monitoreo de plantas ornamentales haciendo uso de la plataforma de *hardware* libre Arduino. El sistema de monitoreo permite la obtención de las variables de temperatura y humedad del suelo, las cuales son enviadas por la placa Arduino mediante *bluetooth* a una aplicación móvil que permite la visualización de los resultados en tiempo real. El sistema adicionalmente cuenta con una minibomba de agua, la cual se activa dependiendo de los resultados obtenidos en tiempo real de temperatura y humedad. Aunque este sistema cuenta con diferentes aportes en la capa de captura y visualización, no se evidencian los aportes en cuanto a las funcionalidades de almacenamiento y análisis del histórico de los datos mediante métodos de aprendizaje supervisado y no supervisado.

Los anteriores trabajos permiten evidenciar la importancia de que los sistemas de monitorización basados en IoT tengan en cuenta las capas de captura, almacenamiento, análisis y visualización.

De acuerdo con lo anterior, se observa que varios de los sistemas presentados, incluyen la mayoría de las veces las capas de captura, almacenamiento y visualización, teniendo como gran desafío el enriquecimiento de la capa de análisis. En este sentido en el contexto de la agricultura y el cuidado de las plantas ornamentales las variables más comunes empleadas son temperatura y humedad, sin embargo, se hace necesaria la integración de otras variables de interés tales como la intensidad de la luz, la cual determina también el crecimiento de las plantas de interiores.

4. Sistema IoT propuesto

En esta sección se presenta la descripción de la arquitectura y la implementación del sistema de seguimiento y análisis de la intensidad luminosa en plantas de

Tabla 1. Categorías de luminancia consideradas.

Rango	Categoría
Luminancia<=807	Insuficiente
807<Luminancia<=2152	Bajo
2152<Luminancia<=5382	Medio
5382 <Luminancia<=10764	Alto
Luminancia>10764	Muy Alto

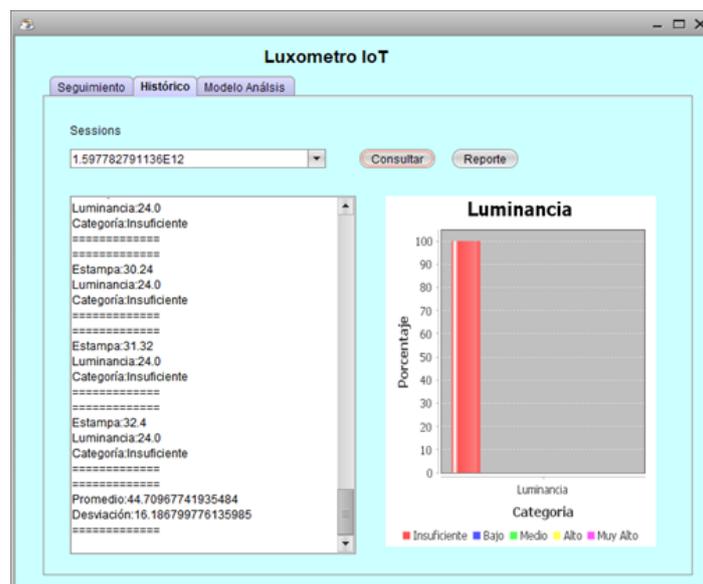


Fig. 3. Pestaña de “Historico”.

interiores. A partir del análisis de la literatura anterior y de la metodología considerada en la Fig. 1, en la Fig. 2 se presenta la arquitectura del sistema IoT propuesto.

En la Fig. 2 se muestra como en la capa de captura de hace uso de un luxómetro comercial IoT UT383 BT, el cual permite la obtención de la intensidad luminosa o luminancia en *luxes* y la transmisión en tiempo real de los datos en un formato de trama propio mediante el protocolo *bluetooth* LE. En la capa de almacenamiento los datos de luminancia son obtenidos de manera asincrónica mediante un *script* de *Python* que hace uso de la librería *Bleak*, la cual posibilita la conexión a los servicios y características de los dispositivos *bluetooth*. El *script* de *Python* es invocado en segundo plano por un aplicativo desarrollado en *Java*, el cual a medida que obtiene los datos, los categoriza en 4 niveles (Insuficiente, Bajo, Medio, Alto), genera una estampa de tiempo y los almacena en la base de datos no relacional *jsondb* mediante un *id* de sesión. A medida que los datos son presentados en pantalla, también son visualizados en función del tiempo mediante una gráfica generada a partir de la librería *XChart* de *Java*.

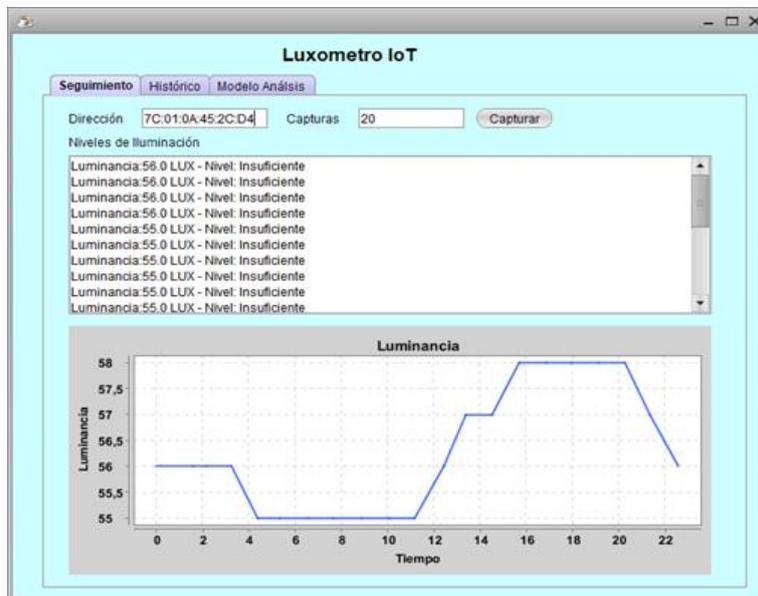


Fig. 4. Pestaña de “Seguimiento”.

Una vez los datos son almacenados, en la capa de análisis es posible realizar cálculos estadísticos básicos (promedio y desviación estándar) sobre los datos de cada sesión de captura, así como aplicar modelos de aprendizaje no supervisado o *clustering* sobre los mismos. De manera específica el sistema IoT implementa mediante el uso de la librería *weka* el algoritmo de agrupamiento *K-means*, el cual permite obtener un número de terminado de centroides alrededor de los cuales se concentran los datos de luminancia capturados. Finalmente, en la capa de visualización son presentados los valores de los *clusters* obtenidos a partir de la aplicación del modelo, así como la gráfica que muestra los datos asociados a cada *cluster*.

Considerando las funcionalidades y tecnologías presentadas en la arquitectura del sistema IoT mostrado en la Fig. 2, en la Fig. 3 se presenta la interfaz principal del sistema IoT para el seguimiento y análisis de la luminancia en plantas de interiores, el cual fue desarrollado en el lenguaje *Java*. La interfaz del sistema está formada por tres pestañas a saber: “Seguimiento”, “Histórico” y “Modelo Análisis”. En la pestaña “Seguimiento”, el usuario del sistema ingresa la dirección *bluetooth* del luxómetro y el número de capturas asincrónicas a obtener a partir de este, de tal modo que al presionar el botón “Capturar”, los datos son obtenidos a partir del luxómetro. Cada captura realizada es categorizada por el sistema, teniendo en cuenta los niveles de luminancia presentados en la Tabla 1 y obtenidos a partir de lo presentado en [9]. Del mismo modo en esta pestaña a medida que los datos son obtenidos se presenta una gráfica que muestra los valores de luminancia en función del tiempo.

Por otra parte, en la Fig. 4 se presenta la pestaña “Histórico”, a través de la cual al presionar el botón “Consultar”, es posible obtener los datos almacenados en cada una de las sesiones de captura, junto con el promedio y la desviación estándar de dichos

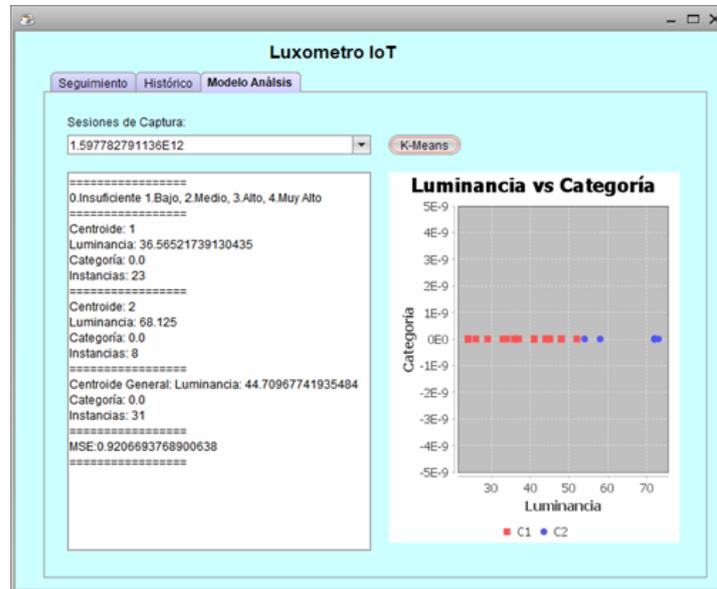


Fig. 5. Pestaña de “Modelo de análisis”.

datos. Del mismo modo, se genera un diagrama de barras con la distribución de cada una de las capturas en los niveles definidos en la Tabla 1.

Finalmente, esta pestaña cuenta con la opción de generar un reporte .csv de cada una de las sesiones de captura almacenadas. La sesión presentada en la Fig. 4 cuenta con un total de 31 capturas (estampa de tiempo, luminancia y categoría), las cuales tienen un promedio de 44.70 *luxes*, una desviación estándar de 16.1876 y han sido categorizados en el nivel de luminancia “Insuficiente”.

En la Fig. 5 se presenta la pestaña “Modelo Análisis”, la cual permite la aplicación de algoritmos de aprendizaje no supervisado o *clustering* a los datos de las diferentes sesiones de captura. En específico el algoritmo utilizado en el sistema IoT propuesto es el de *K-Means*, el cual permite la obtención de un número predefinido de centroides alrededor de los cuales se concentran los datos capturados. Para lo anterior, el modelo fue configurado para trabajar con dos atributos: “luminancia” y “categoría”. Así, en la Fig. 5 se aplica el modelo de *clustering* a la sesión presentada en la Fig. 4, obteniendo dos *clusters* con centroides C1 y C2, donde $C1 = \{\text{luminancia} = 36.5652 \text{ luxes}, \text{categoría} = 0\}$, $C2 = \{\text{luminancia} = 68.125 \text{ luxes}, \text{categoría} = 0\}$, la categoría 0 corresponde al nivel “Insuficiente”. El *cluster* con centroide C1 cuenta con un total de 23 instancias asociadas, mientras que el *cluster* con centroide C2 tiene asociadas un total de 8 instancias, lo que quiere decir que el 74.19% de las capturas están concentrados alrededor del centroide C1 y el 25,81% de las capturas se concentran alrededor del centroide C2. Además de lo anterior, se muestra un centroide general sobre todas las capturas: $C_{\text{general}} = \{\text{luminancia} = 44.71 \text{ luxes}, \text{categoría} = 0\}$. Finalmente, en la pestaña presentada en la Fig. 5 es posible distinguir los centroides y su distribución mediante la gráfica de la derecha, en la cual las capturas del *cluster* 1 se presentan en color azul, mientras que las capturas del *cluster* 2 se muestran en color rojo.

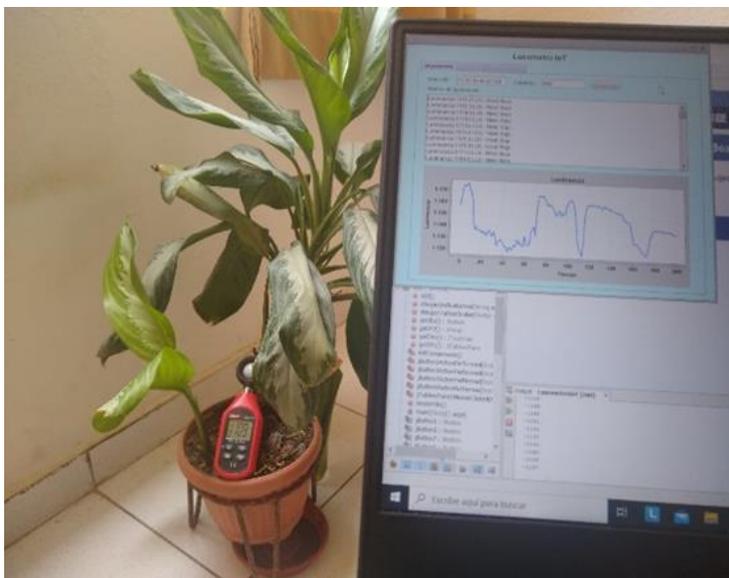


Fig. 6. Estudio de caso.

5. Estudio de caso

Para verificar la funcionalidad del sistema IoT propuesto, se desarrolló un estudio de caso en una zona residencial de la ciudad de Cartagena de Indias Colombia, entre las 12pm y la 1pm, realizando capturas sobre una especie de planta conocida como: dieffenbachia (ver Fig. 6). En total se lograron obtener 365 capturas clasificadas en la categoría de baja luminancia, las cuales tienen un promedio de 1141.51 *luxes* y una desviación estándar de 70.75. Así mismo a partir del reporte generado, se obtuvo como valor mínimo de la luminancia 1081 *luxes* y como valor máximo 1522 *luxes*.

Con respecto a la aplicación del modelo de agrupamiento o *clustering* sobre las 365 capturas realizadas, se obtuvieron dos *clusters* con centroides C1 y C2, donde $C1 = \{\text{luminancia} = 1126.988 \text{ luxes}, \text{categoría} = 1\}$, $C2 = \{\text{luminancia} = 1421.444 \text{ luxes}, \text{categoría} = 1\}$, la categoría 1 corresponde al nivel bajo de luminancia de acuerdo a lo presentado en la Tabla 1 (ver Fig. 7). El *cluster* con centroide en C1 cuenta con un total de 347 instancias, mientras que el *cluster* con centroide en C2 tiene un total de 18 instancias, lo que quiere decir que el 95.06% de los datos están concentrados alrededor del centroide C1, mientras que el 4.94% de los datos restantes se concentran alrededor del centroide C2.

La distribución de los datos en los centroides C1 y C2 puede apreciarse de manera más clara en la Fig. 7, en donde las capturas asociadas al cluster 1 aparecen en color rojo, mientras que las capturas en color azul corresponden al cluster 2. Del mismo modo, el centroide general alrededor de los cuales se concentran los datos capturados es: $C_{\text{general}} = \{\text{luminancia} = 1141.51 \text{ luxes}, \text{categoría} = 1\}$. Así mismo, en la Fig. 7, se puede apreciar que el error cuadrático medio del modelo de *clustering* aplicado es de 1.767 *luxes*.

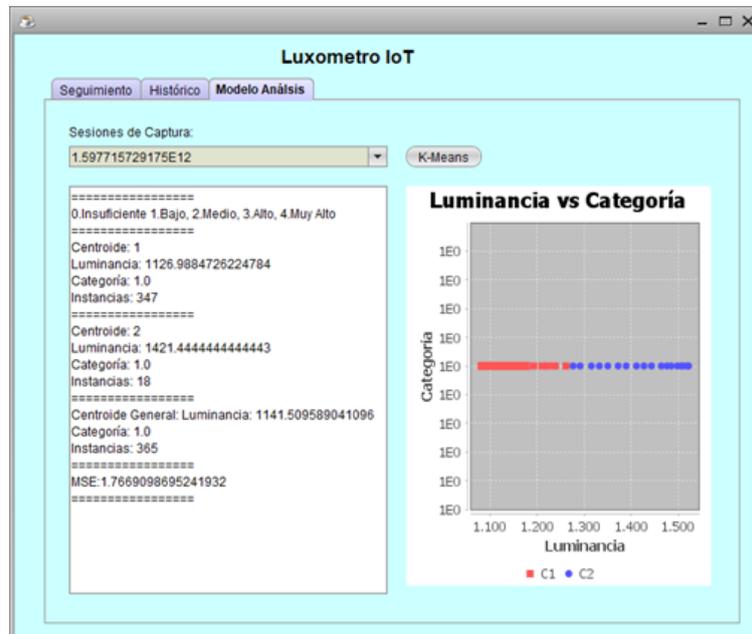


Fig. 7. Modelo de análisis aplicado al estudio de caso.

Finalmente, de acuerdo con lo presentado en [9], para el correcto desarrollo y crecimiento de la *dieffenbachia* se requiere un nivel de luz medio, por lo que según los resultados en el caso de estudio es necesaria la reubicación de la planta a un lugar que cuente con una mayor luminancia.

6. Conclusiones y trabajos futuros

Se propuso un sistema IoT para el seguimiento y análisis de luminancia, el cual está basado en las cuatro capas de la arquitectura convencional de IoT: captura, almacenamiento, análisis y visualización. El sistema propuesto es una alternativa a los problemas de los equipos de medición convencionales, de tal modo que permite solventar el almacenamiento limitado, da soporte a la monitorización remota y posibilita la aplicación de algoritmos de aprendizaje supervisado y no supervisado, centrándose en este caso en los algoritmos de agrupamiento o *clustering*.

Las herramientas y tecnologías empleadas en el desarrollo del sistema demostraron ser adecuadas para dar cumplimiento a los requisitos de cada una de las capas de la arquitectura IoT. En cuanto a la capa de captura se destaca el uso de la librería *Bleak*, la cual permite la conexión a los servicios y características disponibles en los dispositivos *bluetooth*. En la capa de almacenamiento se destaca el uso de la base de datos portable y no relacional *dbjson*, la cual permite el mapeo de objetos a documentos *json*. Finalmente, en la capa de análisis se destaca el uso de la librería *weka*, la cual permite la implementación de algoritmos de aprendizaje supervisado y no supervisado.

El estudio de caso desarrollado permitió verificar la utilidad del sistema propuesto, al posibilitar el seguimiento de la luminancia en la especie de plantas *dieffenbachia*. El estudio realizado demostró que las capturas realizadas se concentran en el nivel de luminosidad baja, mientras que la planta requiere un nivel de luminosidad media.

Como trabajo futuro derivado de esta investigación, se pretende ampliar el desarrollo del sistema IoT propuesto de manera que permita la integración, el seguimiento y análisis de diferentes variables de interés tales como la temperatura, humedad y presión, teniendo en cuenta no solo la arquitectura presentada en este artículo (a cuatro capas), sino también la arquitectura de soluciones comerciales tales como Cayenne IoT.

Referencias

1. Shruti, S., Hedge, G.: Study of IoT: Understanding IoT architecture, applications, Issues and Challenges. *Int. J. Adv. Netw. Appl.*, pp. 477–482 (2016)
2. Conti, M., Dehghantanha, A., Franke, K., Watson, S.: Internet of things security and forensics: Challenges and opportunities, *Futur. Gener. Comput. Syst.*, 78, pp. 544–546 (2018)
3. Firouzi, F., Farahani, B., Weinberger, M., DePace, G., Aliee, F.S.: IoT Fundamentals: Definitions, architectures, challenges, and promises. In: *Intelligent Internet of Things*, Springer International Publishing, pp. 3–50 (2020)
4. Firouzi, F., Farahani, B., Ye, F., Barzegari, M.: Machine Learning for IoT. In: *Intelligent Internet of Things*, Springer International Publishing, pp. 243–313 (2020)
5. Quiroga, E., Jaramillo, S., Campo, W., Chanchí, G.: Proposal of an Architecture for Precision Agriculture Supported in IoT. *RISTI Rev. Ibérica Sist. e Tecnol. Informação*, 24, pp. 39–56 (2017)
6. Gómez, J.E., Marcillo, F.R., Triana, F.L., Gallo, V.T., Oviedo, B.W., Hernández, V.L.: IoT for environmental variables in urban areas. *Procedia Comput. Sci.*, 109, pp. 67–74 (2017)
7. Mendoza, R., Carrillo, I., Juárez, C.: Sistema autónomo de monitoreo y suministro de agua en plantas de ornato. *Tianguistenco* (2016)
8. Melgarejo, P., Navarro, A., Legua, P., Lidón, V.: La iluminación en los invernaderos. Orihuela, Universidad Miguel Hernández (2019)
9. Pennisi, B.: *Growing indoor plants with success* (2009)
10. Guijarro-Rodríguez, A., Cevallos-Torres, L., Preciado-Maila, D., Zambrano-Manzur, B.: Sistema de riego automatizado con Arduino. *Rev. Espac.*, 39(37), pp. 27 (2018)
11. Chanchí, G.E., Ospina, M.A., Pérez, J.L.: Sistema IoT para la monitorización de la variabilidad del ritmo cardíaco en pruebas de usabilidad. *Rev. Espac.*, 41(25) (2020)
12. Chanchí, G., Sierra, L., Campo, W.: Propuesta de una plataforma académica portable para la construcción de microservicios en entornos de IoT. *RISTI Rev. Ibérica Sist. e Tecnol. Informação*, E27, pp. 1–13 (2020)
13. De Pablo, M., De Pablo, C.: Ardudrop 1.0: dispositivo electrónico para el estudio de la humedad del suelo Permasnow: Snow cover effects on the ground thermal regime in Livingston and Deception Islands, Antarctica. View project Permafrost and Climate Change in the Antarctic Peninsula. *Tecnol. y Desarro.*, 7, pp. 3–24 (2010)
14. Velasco-Núñez, E., Abidán, J., Salas, R.: Instrumentación alternativa con Arduino y la reconfiguración de capitales: un caso en la ingeniería civil. *RITI J.*, 7(13), pp. 103–111 (2019)
15. Jiménez, F., Nogueras, M., Artero, C., Del Río, J.: Sistema de medida de intensidad lumínica para columna de agua basada en plataforma Arduino. *Instrum. Viewp.*, pp. 44–48 (2014)