



Desarrollo de un sistema con Raspberry Pi y la Plataforma IoT Thingspeak para la identificación de las condiciones agroecológicas “Humedad, Radiación Solar y Temperatura” del cultivo de la Cholupa en la finca Don Pedro en la Ulloa

Daniel Felipe Torres Garzón

Código 20441616784

Cristián Camilo López Gutiérrez

Código 20441316981

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Electrónica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Neiva, Colombia

2021

Desarrollo de un sistema con Raspberry Pi y la Plataforma IoT Thingspeak para la identificación de las condiciones agroecológicas “Humedad, Radiación Solar y Temperatura” del cultivo de la Cholupa en la finca Don Pedro en la Ulloa

Daniel Felipe Torres Garzón

Cristian Camilo López Gutiérrez

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Electrónico

Director:

Doctor Francisco Maximiliano Fernández Periche

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Electrónica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Neiva, Colombia

2021

NOTA DE ACEPTACIÓN

El trabajo de grado titulado Desarrollo de un sistema con Raspberry Pi y la Plataforma IoT Thingspeak para la identificación de las condiciones agroecológicas “Humedad, Radiación Solar y Temperatura” del cultivo de la Cholupa en la finca Don Pedro en la Ulloa, cumple con los requisitos para optar Al título de Ingeniero Electrónico.



Firma del Tutor



Firma Jurado



Firma Jurado

Neiva, 24/11/2021.

Contenido

Pág.

Resumen	21
Abstract	22
Introducción.....	23
1. Marco teórico.....	30
1.1. Contexto Pasifloras	30
1.2. Riqueza en Colombia	31
1.3. Pasifloras en el Huila	32
1.4. Sistema IoT	38
1.4.1. Arquitecturas	40
1.4.2. Placa de desarrollo	44
1.4.3. Sensores	44
1.4.4. Redes	45
1.4.5. Protocolos.....	46
1.4.6. Etapas	47
1.4.7. Aplicaciones.....	49
2. Diseño metodológico	51
3.1 Análisis de hardware	51
3.1.1. Diagrama General Hardware	51
3.1.2. Diagrama de primer nivel Hardware.....	52
3.2. Análisis de Software	53
3.2.1. Diagrama general software	53
3.2.2. Diagrama de primer nivel software.....	53
4. Resultado y Análisis.....	55
4.1 Generalidades del cultivo.....	55
4.2. Diseño de Hardware.....	55
4.3 Diseño de Software	65
4.3.1 Algoritmo Python.....	66
4.3.2. Diseño Thingspeak.....	69
4.4. Sistema IoT	72
4.4.1. Prototipo.....	72

4.4.2. Interfaz Thingspeak en la página web.....	74
Conclusiones.....	77
Anexo I.....	79
Anexo II.....	84
Referencias Bibliográficas	90

Lista de Figuras

<i>Figura 1</i>	40
<i>Figura 2</i>	51
<i>Figura 3</i>	52
<i>Figura 4</i>	53
<i>Figura 5</i>	53
<i>Figura 6</i>	57
<i>Figura 7</i>	58
<i>Figura 8</i>	59
<i>Figura 9</i>	60
<i>Figura 10</i>	60
<i>Figura 11</i>	61
<i>Figura 12</i>	63
<i>Figura 13</i>	65
<i>Figura 14</i>	66
<i>Figura 15</i>	66
<i>Figura 16</i>	67
<i>Figura 17</i>	69
<i>Figura 18</i>	70
<i>Figura 19</i>	70
<i>Figura 20</i>	71
<i>Figura 21</i>	73
<i>Figura 22</i>	74
<i>Figura 23</i>	74
<i>Figura 24</i>	75

<i>Tabla 1</i>	33
<i>Tabla 2</i>	34
<i>Tabla 3</i>	35
<i>Tabla 4</i>	42
<i>Tabla 5</i>	56
<i>Tabla 6</i>	57
<i>Tabla 7</i>	58
<i>Tabla 8</i>	59
<i>Tabla 9</i>	62
<i>Tabla 10</i>	64
<i>Tabla 11</i>	64

El desarrollo del presente trabajo de grado significó una gran experiencia en mi vida personal y profesional; así que dedico este trabajo a mis padres, ellos son mi motor; sin su apoyo y acompañamiento no hubiese sido posible. Gracias por estar siempre para mí.

Resumen

El cultivo de Cholupa es una de las apuestas productivas del Huila y es protagonista en la economía regional del departamento, más de 2.000 hectáreas son sembradas anualmente con esta deliciosa Passiflora. A través del presente trabajo, en el que se busca ofrecer herramientas tecnológicas a productores de Cholupa en La Ulloa en el municipio de Rivera, se diseñó e implemento un sistema IoT integrado que permite el monitoreo de variables claves en el desarrollo del cultivo como son Temperatura, Humedad y Radiación UV.

El sistema incluyó sensores DHT11 y SML8511 para la captura de datos, una plataforma Raspberry PI 3+, el módulo de comunicación GSM HAT, algoritmos de Python y la plataforma Thingspeak. Ahora, los productores de la finca de Don Pedro aprenderán a leer los datos que contribuirán en la toma de decisiones lo que disminuirá costos y mano de obra.

Palabras clave: Cholupa, Sistema IoT, variables temperatura, humedad y radiación solar.

Abstract

The cultivation of Cholupa is one of the productive bets of Huila and is a protagonist in the regional economy of the department, more than 2,000 hectares are planted annually with this delicious Passiflora. Through this work, which seeks to offer technological tools to producers of Cholupa in La Ulloa in the municipality of Rivera, an integrated IoT system was designed and implemented that allows the monitoring of key variables in the development of the crop such as Temperature, Humidity and UV Radiation.

The system included DHT11 and SML8511 sensors for data capture, a Raspberry PI 3+ platform, the HAT communication module, Python algorithms, and the Thingspeak platform. Now, the producers of Don Pedro's farm will learn to read the data that will contribute to decision-making, which will reduce costs and labor.

Keywords: Cholupa, IoT System, variables temperature, humidity and solar radiation.

Introducción

El departamento del Huila, es un territorio de vocación agrícola y las políticas de los entes regionales están diseñadas para fortalecer el sector y potenciar el campo, lo que sin duda generaría una mejor calidad de vida y bienestar para los habitantes de las zonas rurales.

En ese orden de ideas y partiendo de esa premisa, nace el presente trabajo de investigación que a través de la implementación de IoT contribuye en la tecnificación del cultivo de Cholupa en el municipio de Rivera.

Pese a la importancia que representa la Cholupa para la economía regional, es evidente la escases de información validada sobre las condiciones ideales para la siembra y desarrollo de cultivo; así que este trabajo es un referente para los productores de Rivera que no tendrán que recurrir a sus conocimientos empíricos, sino que tendrán respuestas concretas a las variables que marcan el desarrollo de la cosecha.

El uso de internet de las cosas permite a los productores tener en su mano herramientas tecnológicas que serán su mejor aliado a la hora de tomar decisiones porque no solo disminuirán costos, sino que ahorrarán tiempo, serán más productivos y competitivos en un mercado donde la calidad del fruto, es la prioridad para abrir nuevos mercados.

Con el desarrollo de la investigación se espera desarrollar un sistema para monitorear e identificar las condiciones agroecológicas para el cultivo de la Cholupa en la finca de Don Pedro en la Ulloa municipio de Rivera.

El trabajo está estructurado en seis capítulos. En el primer apartado se relacionan el planteamiento del problema y los objetivos trazados que orientan el desarrollo de la

investigación. En el segundo, se hace referencia a los conceptos que enmarcaron el presente trabajo; en el apartado tres se analizan los elementos que se utilizarán para el desarrollo del proyecto.

En el siguiente capítulo se socializa la implementación de cada uno de las herramientas; seguido de una sección dedicada al diseño del prototipo y un apartado más en el que se relacionan los resultados y finalmente las conclusiones y bibliografía.

Antecedentes

La producción, comercialización y exportación de pasifloras en Colombia se ha convertido en un renglón fundamental en la economía.

Según el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, sólo entre el 2014 al 2017 se registró un incremento en la producción del 34%; siendo Maracuyá, Gulupa, Granadilla, Curuba, Cholupa y badea, las pasifloras con mayor potencial de producción y exportación del país .(González Bell, 2018)

En el territorio nacional se siembran 15.000 hectáreas a través de diversos productores que se clasifican en pequeños, medianos y grandes, según su nivel de siembra que varía entre mínimo tres hectáreas, cinco hectáreas y más de cinco hectáreas.

De acuerdo con los registros del Gobierno Nacional, al año 2019 se tenían identificados 5.511 productores en los departamentos de Huila, Antioquia, Valle, Boyacá y Meta; familias que devengan su sustento total de este cultivo y generan alrededor de 60.000 empleos directos. (Granado & Noreña, 2019)

Es de destacar, que Huila y Antioquia, son los departamentos con mayor área sembrada y predios exportadores. No obstante, Huila, se consolida como líder en área siembra en todas las pasifloras.(Finagro, 2020)

En las fértiles tierras del departamento, se producen 26 especies del género de las Passifloras, de las cuales seis son cultivadas con fines comerciales, como es el caso del Maracuyá, Granadilla, Gulupa, Cholupa, badea y Curuba (Ocampo et al., 2015)

La Cholupa o Pasiflora maliformis L. es la fruta insigne del departamento del Huila. Los cultivos comerciales iniciaron en el municipio de Rivera, específicamente, en el centro poblado La Ulloa en el año de 1980 a partir de plantas silvestres que fueron adaptadas a condiciones ambientales. Con el paso de los años, los cultivos se extendieron a los municipios de Campoalegre, Palermo, Baraya, Neiva, Colombia y Gigante. (Ocampo et al., 2015)

De acuerdo con el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, en el 2018 se cultivaron 321 hectáreas y se produjeron 2.178 toneladas de la exótica fruta. Resultado de su elevado nivel de producción y atracción en los mercados internacionales, la Cholupa hace parte de las apuestas productivas de departamento y cuenta con denominación de origen desde el año 2007, distinción que la acredita como una fruta propia del Huila.

Su aroma, sabor y valor nutricional que incluye los beneficios de las vitaminas A, B3, B12 y C, minerales, fibras y antioxidantes, la hacen indispensables para el bienestar del ser humano. Incluso su composición nutricional es superior en comparación con el Maracuyá y la Gulupa.(Ocampo et al., 2015)

La finca de Don Pedro, lugar donde se realizó el presente estudio, tiene un cultivo de Cholupa de una hectárea y en ella se encuentran sembradas en una distancia de 3 m x 3 m, utilizando el sistema emparrado para sostener y mantener derechas las plantas.

- Condiciones agroecológicas

El desarrollo del cultivo de la Cholupa requiere de condiciones agroecológicas apropiadas, para ello, se deben conocer las condiciones climáticas de la zona donde se realizará la siembra (González & Moraima, 2008)

Sin embargo, pese a la importancia que tiene el cultivo para la economía de la región; existe una notoria escases de literatura y referentes sobre las condiciones idóneas para la siembra; lo que he llevado a los productores a realizarla de manera empírica y tecnificar sus cultivos a partir de las experiencias adoptadas del Maracuyá, limitando la calidad y generando problemas sanitarios y fisiológicos (Saletti-cuesta et al., 2020)

Es en ese sentido, en el presente trabajo de investigación se desarrollará un sistema para identificar y monitorear las condiciones agroecológicas como temperatura, humedad y radiación solar; fundamentales para el desarrollo del cultivo de la Cholupa, en este caso específicamente en la finca de Don Pedro en la Ulloa municipio de Rivera.

En la actualidad, la implementación de la tecnología se convierte en una oportunidad para contribuir en el desarrollo agrícola de las regiones.

Uno de los usos del Internet de las cosas está relacionado con la agricultura, en donde se utiliza para el control y automatización de procesos agrícolas; control del consumo del agua a través de tecnología celular y servicios en la nube; conexión entre el control de procesos y sensores remotos (Andrade Daza, 2020), o como es el caso del presente trabajo de investigación, para el monitoreo de variables como temperatura, humedad y radiación solar.

Las plataformas de IoT ofrecen una solución completa en cuanto a los servicios de control de dispositivos y de recolección, procesamiento y visualización de los datos.

Generalmente residen en la nube, aunque pueden implementarse en servidores locales, especialmente en áreas remotas de difícil conectividad. Son conocidas como el middleware de Internet de las Cosas, actuando como mediador entre la capa de hardware y la capa de aplicación. Las plataformas de middleware IoT pretenden simplificar la lectura de datos de todo tipo de fuentes (dispositivos físicos, entrada humana, datos en línea, etc.) y proporcionan funcionalidades básicas para filtrar, analizar, crear eventos y visualizar la información recibida (Rivero et al., 2019)

Planteamiento del problema

El departamento de Huila es un productor de pasifloras con reconocimiento nacional; sin embargo, uno de sus cultivos con mayor proyección en el país y en mercados internacionales como lo es la Cholupa no se maneja de manera tecnificada en los cultivos ubicados en el municipio de Rivera.

En la literatura sobre las pasifloras, se registran algunos referentes relacionados con las variables de Temperatura, Humedad y Radiación solar; se registran rangos especiales; por ejemplo, en lo relacionado con la Temperatura del cultivo no debe superar los 35° C, la Humedad debe oscilar entre 60 a 75% para un buen desarrollo y la radiación solar deber ser de ocho a once horas al día.

Aunque son datos estándar, no son aplicables a todos los terrenos y climas del departamento del Huila, por eso se hace necesario ofrecer al agricultor información precisa que en un momento determinado le den la opción de tomar decisiones acertadas en cuanto a riegos del cultivo para controlar la humedad del terreno o plaguicidas para controlar las plagas sin perjudicar el cultivo.

Los productores de esta exquisita fruta han optado por implementar procedimientos rutinarios como lo son la preparación del terreno, la densidad de la siembra, el trasplante al campo, los sistemas de conducción o tutorado, el emparrado entre otros que se realizan con el cultivo de Maracuyá dada su similitud; aunque cada cultivo es distinto según su genética, condiciones agroecológicas y fitosanitarias.

Objetivos

Objetivo General

Desarrollar un sistema para monitorear e identificar las condiciones agroecológicas como Temperatura, Humedad y Radiación solar para el cultivo de la Cholupa en la finca de Don Pedro en la Ulloa municipio de Rivera.

Objetivos Específicos

1. Determinar los componentes del sistema de monitoreo para las variables de temperatura, humedad y radiación solar del cultivo de Cholupa.
2. Desarrollar el prototipo IoT con el protocolo de comunicación inalámbrica para la conexión con la nube.
3. Evaluar y validar el sistema IoT con enlace a una base de datos y visualización en una página web.
4. Capacitar a un trabajador de la finca Don Pedro para que maneje la plataforma Thingspeak y analice los datos recolectados en tiempo real, de esta manera podrá tomar decisiones pertinentes a partir del estado del cultivo.

Justificación

El proyecto permitirá el diseño de un sistema de adquisición de datos implementando sobre Raspberry Pi conectado a la plataforma IoT Thingspeak por medio de un sistema de

comunicación GSM, de esta manera se monitoreará el comportamiento de las variables identificadas como son Temperatura, Humedad y Radiación UV; fundamentales en el cultivo de la Cholupa.

Desde la Facultad de Ingeniería a través de este tipo de iniciativas de investigación se contribuye en la divulgación y fortalecimiento de la agricultura de precisión, necesaria en la región que promueva las buenas prácticas en los procesos de siembra, minimice los costos en insumos y funguicidas, además de generar un producto saludable y de altos estándares de calidad.

1. Marco teórico

1.1. Contexto Pasifloras

Las Passifloraceae consta de 18 géneros y cerca de 630 especies, de acuerdo con (Ocampo, 2014) específicamente en América, existen cuatro géneros, *Ancistrothyrsus*, *Dilkea*, *Mitostemma* y *Passiflora*, siendo este último el de mayor importancia en el ámbito social y económico.

Hablar de Passifloras es remitirse al año 1753 cuando el botánico sueco Carlos Linneo creó la taxonomía de seres vivos y específicamente el género *Passiflora* (Ocampo, 2014).

Estas se caracterizan por distribuirse en regiones tropicales y subtropicales, específicamente en zonas moderadamente cálidas y templadas (Marin Tangarife et al., 2009). Son especies originarias del trópico suramericano e introducidas a otras latitudes en países como México, Kenia, Australita, Nueva Zelanda y Tailandia.

Inicialmente sólo eran conocidas por ser plantas ornamentales y cultivos comerciales. No obstante, con el paso de los años, su comercialización está enfocada a la transformación de la fruta en productos como jugos, salsas, helados, cocteles y postres con el delicioso sabor de las pasifloras (Fischer et al., 2009).

Sumado a ello, se registran usos farmacéuticos entre los que se conocen sus potencialidades como sedante, diurético, antidiarreico, estimulante y es en algunos casos protagonista en tratamientos de hipertensión, menopausia, asma, insomnio, entre otras enfermedades que se han tratado en países como Brasil, India, México, Nigeria, Países Bajos y América Latina (Miranda et al., 2009).

1.2. Riqueza en Colombia

Colombia es uno de los países con mayor biodiversidad global, y se evidencia en el registro de 170 Passifloraceae que hacen parte de los géneros de *Ancistrothyrsus*, *Dilkea* y *Passifloras*, el más conocido con 164 especies.

Es decir, que el 26% de las 520 especies que están inventariadas en el mundo, se ubican en Colombia; lo que ratifica que el país es un territorio de alta diversidad en áreas silvestres y cultivadas (Ocampo & Merlin Uribe, 2014).

Es de destacar que de las especies que crecen en Colombia, 42 producen fruto comestible y 9 son cultivadas con fines comerciales (Ocampo, 2007), entre las que sobresalen el Maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener), la Granadilla (*P. ligularis* Juss.) y la Gulupa (*P. edulis* f. *edulis* Sims) por su delicioso fruto y aceptación en los mercados nacionales e internacionales (Posada et al., 2014).

En el país, de acuerdo con (Pérez G. & Noreña T., 2019) se estiman que existen más de 15.000 hectáreas dedicadas al cultivo de pasifloras en 24 departamentos y 422 municipios.

Según el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, al año 2019, se registraban 5.511 productores concentrados en los departamentos de Antioquia, Valle, Huila, Boyacá y Meta (Posada et al., 2014).

De acuerdo con un estudio realizado por la Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas (Miranda et al., 2009), las especies de Maracuyá, Granadilla, Gulupa y Curuba son consideradas de mayor importancia para el país, de acuerdo a tres indicadores; primero, el número de productores dedicados a esta actividad; dos, la extensión de áreas dedicadas a estos cultivos y tres, por hacer parte del Plan Frutícola Nacional.

A estas especies se suman badea y Cholupa según la información del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (Pérez G. & Noreña T., 2019). Aunque es importante resaltar que, en el país, la mayor área sembrada en pasifloras es el Maracuyá con un 35%.

1.3. Pasifloras en el Huila

En el departamento del Huila con un territorio contemplado en 19.890 km², se clasificaron 26 especies de pasifloras entre los 1500 y 2500 msnm, según un estudio realizado por (Ocampo, 2013).

A partir de ese estudio, se determinó que ocho son especies cultivadas en alrededor de 2.000 hectáreas y se trata de la Granadilla, Maracuyá, Gulupa, Badea y la Cholupa; esta última considerada fruta insigne de los Huilenses y con un alto potencial comercial en mercados nacionales e internacionales. Entre tanto, las 18 especies restantes son silvestres y crecen en caminos y bosques de la región.

El departamento del Huila es el líder en área de siembra en todas las pasifloras. El Ministerio de Agricultura (Pérez G. & Noreña T., 2019) señala que el Huila siembra 2.332 hectáreas de Maracuyá y produce 25.871 toneladas; es líder en la siembra y producción de Granadilla teniendo el 50% de participación en el país, además de producir el 60% de la producción total de Badea en Colombia.

Este promisorio panorama, ubica al departamento en una destacada posición en el sector agrícola del país.

1.3.1. Cholupa: Una fruta con Denominación de Origen

La Cholupa o *Passiflora maliformis* L. nativa del norte de Ecuador, Colombia, Venezuela y las Antillas; es hoy, la fruta insigne del departamento del Huila, razón por la

cual se destaca en el siguiente apartado, no solo por su importancia para la economía regional sino por su protagonismo en el presente trabajo de investigación.

Los cultivos comerciales de Cholupa iniciaron en el municipio de Rivera, específicamente, en el centro poblado La Ulloa en el año de 1980 a partir de plantas silvestres que fueron adaptadas a condiciones ambientales. Con el paso de los años, los cultivos se extendieron a los municipios de Campoalegre, Palermo, Baraya, Neiva, Colombia y Gigante (Ocampo et al., 2015).

De acuerdo con el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, en el 2018 se cultivaron 321 hectáreas y se produjeron 2.178 toneladas de la exótica fruta. Resultado de su elevado nivel de producción y atracción en los mercados internacionales, la Cholupa hace parte de las apuestas productivas de departamento y cuenta con Denominación de origen desde el año 2007, distinción que la acredita como una fruta propia del Huila.

- Taxonomía

La Cholupa como se indica anteriormente hace parte de la Familia Passifloraceae.

En la siguiente tabla se referencia a su clasificación taxonómica.

Tabla 1

Características taxonómicas de la Cholupa

Categoría	Descripción
Orden	Violales
Familia	Passifloraceae
Tribu	Passiflorae
Género	Passiflora
Subgénero	Passiflora
Supersección	Laurifolia
Serie	Tiliifolia
Especie	P. maliformis

Nombre científico	Passiflora maliformis L., 1753
--------------------------	--------------------------------

Nota: (Ocampo et al., 2015)

- Usos de la Cholupa

Su delicioso aroma, dulce sabor y valor nutricional que incluye los beneficios de las vitaminas A, B3, B12 y C, minerales, fibras y antioxidantes, la hacen indispensable para el bienestar del ser humano.

Incluso su composición nutricional es superior en comparación con el Maracuyá y la Gulupa, características que la ubican dentro de las frutas nutraceuticas o beneficiosas para el ser humano (Ocampo et al., 2015).

Tabla 2

Componentes de la Cholupa

Componente	Cantidad
Agua	75,7 - 86,0 %
Proteínas	1,1 - 2,34 gramos
Calorías	40,0 - 95,74 Kcal
Carbohidratos	11,8 - 21,56 gramos
Grasas	0,02%
Fibras	0,30 gramos
Cenizas	0,91%
Calcio	7,0 gramos
Fósforo	30,0 mg
Hierro	0,80 mg
Vitamina A	1.780 IU
Riboflavina - B12	0,10 mg
Niacina - B3	2,1 mg
Vitamina C	10,74 - 20,0 mg
Sólidos solubles totales	10 -18 Brix
Acidez	3,00%
pH	3,2 - 3,8

Nota: (Ocampo et al., 2015)

- Crecimiento de la planta

Luego de la siembra, se debe realizar el tutorado en un tiempo de 15 días, proceso en el que se pueden incluir estructuras para el soporte del cultivo como espalderas y emparados. Se maneja una densidad de plantación entre 500 y 666 plantas por ha. (Parra et al., 2017)

La Cholupa da sus primeros frutos entre los seis y siete meses después de la siembra en el campo donde alcanza su madurez que se evidencia por el fruto de color verde o amarillento. (Parra et al., 2017)

A través del estudio realizado por (Parra et al., 2017) se identificaron tres tipos de Cholupa diferenciados por el color de su fruto; Cholupa color verde, Cholupa amarilla y Cholupa morada.

- Enfermedades

Los agricultores señalan que las enfermedades más comunes en sus cultivos están relacionadas con la presencia de Fusarium, bacteriosis y roña de los frutos; mientras que, en las plagas, las más feroces siguen siendo los ácaros, trips, mosca Dasiops sp y Lonchaea sp. (Parra et al., 2017)

En la siguiente tabla se describen los principales insectos y plagas que atacan al cultivo de Cholupa en el país.

Tabla 3

Principales afectaciones en el cultivo

Afectaciones	Nombre científico	Nombre común	Daño
Plaga	Neohydatothrips sp	Trips	Encrespamiento en los brotes terminales
Plaga	Monomacra sp	Cucarro	Caída del fruto
Plaga	Pococera sp.	Gusano de la flor	Caída del fruto
Plaga	Dasiops inedullis	Mosca del botón floral	Caída del fruto

Plaga	Tetranychus urticae	Araña roja	Disminución de la actividad fotosintética de la hoja
Plaga	Agraulis vanillae	Gusano cosechero	Defoliación severa
Plaga	Conotrachelus sp	Barrenador o picudo	Secamiento de la planta
Plaga	Anomala sp	Chiza o mayito	Marchitamiento de la planta
Plaga	Meloidogyne incognita	Nematosis	Clorosis en la planta
Enfermedades	Botrytis cinerea	Botritis o Moho gris	Pudrición y caída
Enfermedades	Cladosporium	Roña	Verrugosis sobre la cascara
Enfermedades	Alternaria passiflorae	Mancha parda	Disminución de la actividad fotosintética
Enfermedades	Colletotrichum gloeosporioles	Antracnosis	Disminución de la actividad fotosintética - pérdida calidad del fruto

Nota: (Parra et al., 2017)

- Condiciones ecológicas

En el cultivo de Cholupa como cualquier otro de pasifloras, la constitución genética marca el desarrollo y la producción. Sin embargo, la capacidad productiva está determinada por las posibilidades de adaptación a las condiciones ecológicas específicas; es decir, factores como el suelo y el clima de una región que condicionan el cultivo restringiéndolo o haciéndolo rentable (Parra et al., 2017).

Las limitantes en las zonas de producción afectan el potencial productivo y competitivo generando daños irreversibles, en ocasiones, el desarrollo de la actividad agrícola no es el mejor por las zonas no aptas, afectando la economía de la región y de país (Parra et al., 2017)

Es así como el conocimiento de los factores eco fisiológicos de las pasifloras, le dan al campesino herramientas para mejorar los procesos de producción; sí bien no pueden influenciar en las condiciones ambientales, sí puede aprovechar sus conocimientos para el beneficio de su cultivo.

En ese propósito, aspectos como la temperatura, la luz, altitud, agua, estrés por sequía, humedad relativa, viento y suelos son determinantes.

- Variables

Para el desarrollo de la presente investigación se ahondará en tres variables específicas que son consideradas determinantes en el desarrollo del cultivo. Se trata de Temperatura, Radiación solar y Humedad; cada una con parámetros especiales que promueven el crecimiento de las pasifloras.

La Temperatura es una de las variables que se debe tener en cuenta en un cultivo de pasifloras. En temperaturas calientes, la vida útil del cultivo disminuye y en temperaturas muy frías causa alta sensibilidad y daños severos. Es así como una temperatura promedio 20-25° C promueve el vuelo de las abejas aumentando el número de flores polinizadas (Miranda et al., 2009)

Según (Parra et al., 2017) la planta de Cholupa que se encuentra de manera silvestre puede soportar temperaturas de hasta 35° C en el día y 15°C en las noches. Sin embargo, sugieren para el desarrollo del cultivo, temperaturas que estén entre los 26 a 32° C durante el día y 17 a 22° C en la noche. Si el cultivo está en un área fuera de estas condiciones podría generar un desarrollo anormal.

Dentro de estos factores ambientales, uno que quizás debe referenciarse como principal o clave es la Radiación solar, por considerarse fuente de energía, aspecto determinante en el desarrollo de la pasiflora, específicamente en el tamaño y la calidad del fruto (Miranda et al., 2009).

De acuerdo con los expertos en la materia, los cambios en la Radiación solar influyen sobre la productividad, y los días nublados reducen el crecimiento. (Miranda et al., 2009)

La luz, se convierte en la fuente principal de energía en la producción de azúcares a través del proceso de la fotosíntesis. Para (Parra et al., 2017) los cultivos de Cholupa deben

estar ubicados en áreas con radiación solar entre 2.929 y 4.015 horas anuales; es decir, 8 a 11 horas/día; este aspecto contribuye la calidad del fruto en lo relacionado con el sabor y el aroma.

Finalmente, la variable de Humedad relativa, se convierte en otros de los factores a revisar en el cultivo; si se registra una Humedad relativa alta se dificulta la transpiración lo que ocasionaría deficiencia en la absorción de los nutrientes, vaporización de los agroquímicos utilizados y la transferencia del polen; entre tanto, si se presentan baja humedad relativa se genera marchitamiento de las flores, deshidratación, interrupción de la fotosíntesis, entre otras consecuencias (Miranda et al., 2009).

De acuerdo con el estudio realizado por (Parra et al., 2017), la humedad relativa debe oscilar entre 60 y 70% para un buen desarrollo. Este rango favorece la polinización y fecundación efectiva.

En concentraciones muy altas de Humedad relativa promueve el ataque de enfermedades; mientras que una baja humedad relativa genera deshidratación del polen, reduciendo los procesos de fecundación.

1.4. Sistema IoT

El uso de las tecnologías en el sector agrícola se convierte en una oportunidad para mejorar el desarrollo de los cultivos en las regiones.

Basados en esta premisa, se ha creado e implementado el término agricultura de precisión que, entre sus diversos propósitos, contribuye a combatir las enfermedades epidémicas a través de la aplicación de determinadas cantidades fertilizantes y fungicidas; a optimizar el consumo de recursos representados en agua, fertilizantes, entre otras; además

de proporcionar un valor adicional a la producción agrícola al generar productos más saludables (Guerrero-Ibañez et al., 2017).

Resultado de la implementación de la tecnología en las parcelas de tierra, es posible conocer información en tiempo real sobre variables como el clima, calidad del suelo y aire para tomar decisiones inteligentes relacionadas con costos, disponibilidad de equipos y mano de obra necesaria en el cultivo; luego de un completo análisis de la información obtenida; así lo indica Ibañez en (Guerrero-Ibañez et al., 2017).

Sin embargo, es el internet de las cosas, la herramienta que hoy marca el desarrollo en diversas áreas y es un aliado en la vida cotidiana del ser humano y más del campesino en sus cultivos.

Kevin Ashton en el año 2009 acuñó el término Internet de las cosas haciendo referencia a la información que manejaban los seres humanos desde los computadores incluido el internet. (Pérez et al., 2014)

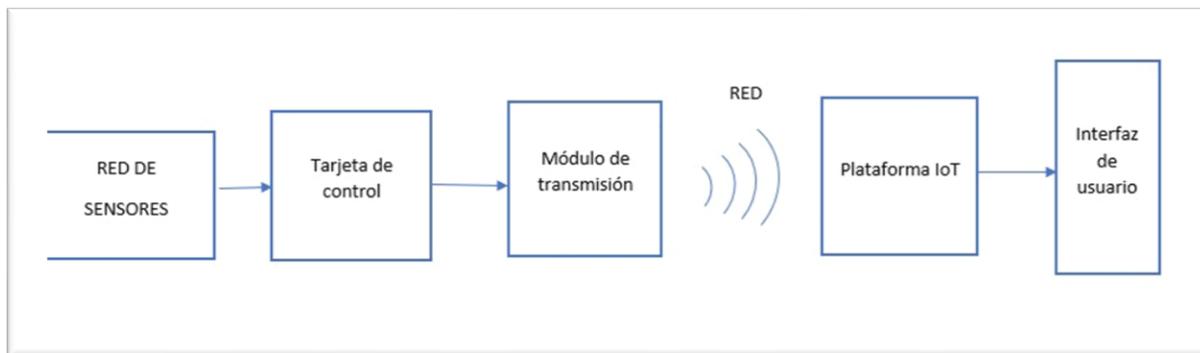
Existen diversos conceptos sobre IoT, para algunos es la red mundial de objetos interconectados direccionables basados solo en los modelos de los protocolos de comunicación; para otros como el Cluster of European Research Project, permite la interacción y comunicación a través de un intercambio de datos e información; es válido afirmar también que a través de IoT los participantes del internet se comunicarán con cualquier lugar del mundo (Pérez et al., 2014)

Es decir, que con IoT acceder a la información desde dispositivos embebidos es posible en cualquier momento, lugar y hora, a través de la integración de sensores y dispositivos en objetos cotidianos para conectarlos a internet desde redes fijas e

inalámbricas, señala la Fundación de la Innovación Bankinter en (Guerrero-Ibañez et al., 2017).

Figura 1

Arquitectura Sistema IOT



Nota: Figura del Autor

1.4.1. Arquitecturas

La plataforma IoT puede definirse como un sistema que permite almacenar datos y utilizar interfaces estándares y más completos, que hacen posible la realización de predicciones o analíticas. En la plataforma se almacenan datos enviados desde los dispositivos conectados, y se facilita la creación de aplicaciones tanto para dispositivos móviles como ordenadores en los que se visualice los datos recogidos. (Montoya et al., 2017)

En el mercado, se encuentran diversas plataformas IoT se destacan a continuación las más utilizadas.

Una de las más acreditadas es Amazon Web Services IoT, una plataforma que conecta distintos dispositivos a la nube de Amazon Web Services, permite su interacción, procesa datos y crea aplicaciones. Los sensores, accionadores y dispositivos introducidos se conectan a través de HTTPS, WebSockets o MQTT. Además, incluye un mecanismo de

comunicación bidireccional seguro y de baja latencia llamado “Gateway para dispositivos” (Montoya et al., 2017).

Otra de las plataformas más top, es Azure IoT Hub, que administra la comunicación bidireccional, fiable y segura entre los dispositivos IoT y un back-end de soluciones, es decir, un servidor. La comunicación la realiza a través de protocolos MQTT v3.1.1, HTTP 1.1 o AMPQ 1.0 de forma nativa (Montoya et al., 2017).

Por su parte, la plataforma Oracle IoT Cloud tiene una particularidad especial; la conectividad segura a los dispositivos en tiempo real a la nube y analiza e integra los datos recibidos con otras aplicaciones; además de utilizar interfaces abiertas e integraciones con ofertas de PaaS. (Montoya et al., 2017). Para conectarse a la plataforma utiliza entre otras, las bibliotecas disponibles en plataformas como Windows, mbed, Java, Android, Javascript, entre otros.

En el enlistamiento de las plataformas, se encuentra Watson IoT, un servicio de IBM alojado en la nube lo que hace posible acceder en tiempo real y al histórico. Este sistema permite analizar, gestionar, transformar, almacenar y exponer los datos de los dispositivos IoT. (Montoya et al., 2017).

Sumado a las descritas anteriormente, se destaca el uso de Xively que incluye servicios entre otros, de directorio, servicio de datos, motor de seguridad y aplicaciones de gestión web; o la plataforma desarrollada por Samsung que no solo suministra un software, sino que además registra una gama de dispositivos y placas de desarrollo que hacen parte de las librerías y que facilitan la conectividad, y Ubidots que almacena la información en la nube e interpretar la información de los sensores en tiempo real. (Montoya et al., 2017)

Entre tanto, (Guerrero-Ibañez et al., 2017) se hace referencia a la plataforma SGreenH-IoT que se diseñó con el propósito de cumplir con las necesidades de monitoreo remoto, disminuyendo la inversión de los recursos humanos. Es una herramienta de bajo consumo energético y bajo costo para la monitorización de cultivos e invernaderos.

Sin embargo, es de destacar el uso constante de las plataformas que se basan en servicios web para tratar la información que es emitida desde determinados sensores ubicados en los dispositivos inteligentes, de esta manera se emplea la tecnología de computación en la nube, se hace referencia a Pachube, Nimbits, ThingSpeak y Sensor Cloud; que, además almacenan datos en tiempo de real de varios dispositivos y los controlan (González, 2013).

Tabla 4

Comparativo de plataformas

Plataforma	Lenguaje	Protocolo	Ventaja	Desventaja
AWS IoT	C, JavaScript, Java, Python, iOS, Android, C++	MQTT (Incluye soporte para WebSocket) Http	Plataforma líder, con casi infinitas posibilidades mediante sus diferentes servicios	Requiere de constante actualización para estar al día con su funcionamiento y no es fácil la conexión entre los distintos servicios.
Azure IoT	C, Python, Node.js, Java, .NET	MQTT AMQP HTTP	Plataforma ideal, con multitud de servicios; arquitectura por capas muy bien definida y un completo sistema de interacción con el dispositivo.	Los precios son altos para su utilización.
Oracle IoT	Android, C, iOS, Java SE, JavaScript	MQTT, HTTP	Fácil conexión entre dispositivos y herramientas de análisis muy completas.	Limitados servicios por ser una plataforma muy nueva.
Watson IoT	Node.js, Java, Python, C#, C, C++	HTTP, MQTT	Plataforma completa para analizar datos para machine learning y minería de datos	Cantidad de servicios disponibles mínimo y no registra una solución para la representación de los datos.

Xively	iOS Android	MQTT WebSocket HTTP	Gestión de dispositivos completa y sencilla de utilizar.	Solo cuenta con servicios básicos para la recolección, análisis y representación de datos.
Samsung Artik	C C++ Node.js	HTTP WebSockets MQTT CoAP	Placas de desarrollo sencillas de conectar a la plataforma y herramientas de terceros configuradas automáticamente	Es costosa y poco flexible.
Carriots	Groovy	MQTT HTTP	Genera la lógica de las aplicaciones básicas mediante una herramienta visual con bloques y utiliza un lenguaje funcional y moderno.	Se deben exportar los datos a una base de datos externa.
Adafruit.IO	Arduino, Ruby, Python, Node.js	MQTT HTTP	Completa asesoría a través de tutoriales; disponibilidad de controladores para los sensores y paneles con información fáciles de crear.	No es posible exportar la información fuera de la plataforma; no permite configurar alertas o reglas para actuar según los valores recogidos por los sensores.
Ubidots	Python, Java, C, PHP, Node.js, Ruby	MQTT HTTP	Dispone de numerosas librerías para placas de desarrollo y lenguajes de programación, además, de una excelente herramienta de representación gráfica de los datos.	No permite la gestión de dispositivos por grupos y carece de ofertas flexibles por uso
myDevices Cayenne	Arduino	MQTT	Gestiona directamente los conectores de las placas de desarrollo	Limitado soporte para placas y de desarrollo y sensores, deben ser compatibles con el software de la plataforma
Macchina.io	JavaScript	MQTT COAP ModBus	La plataforma es de código abierto y dispone de un sistema de alertas con reglas.	Utiliza una base de datos SQLite que es muy limitada al igual que la herramienta de representación gráfica.
ThingSpeak	MATLAB	MQTT HTTP	La plataforma es de código abierto.	Limitado sistema de alertas y de reglas poco intuitivo.

Nota: (Montoya et al., 2017)

1.4.2. Placa de desarrollo

En el internet de las cosas, suele utilizarse la Raspberry Pi 3, es decir, un computador de placa única con LAN inalámbrica y conectividad a través de Bluetooth. (Raspberry Pi, 2020)

Este dispositivo es utilizado en el desarrollo de prototipos por tres factores especiales; registra todo tipo de conectividad de serie, soporta multitud de distribuciones Linux y diversas plataformas disponen de opciones de conexión hechas a la medida para este dispositivo. (Montoya et al., 2017).

La Raspberry Pi según (PÉREZ et al., 2019) se ha utilizado entre otras áreas en ambientes en el hogar, para el monitoreo de la calidad del agua; en el monitoreo y control de las condiciones ambientales para mejorar el crecimiento de las plantas en un invernadero. Entre tanto, el Arduino, plataforma de prototipo electrónico de código abierto recibe a través de los diversos sensores las características del entorno y que puede afectar a su alrededor mediante el control de luces, motores y otros dispositivos. Los proyectos desarrollados con Arduino son autónomos y pueden comunicarse con un software en un ordenador (Chora García et al., 2018).

1.4.3. Sensores

Los sensores recolectan la información del entorno. El sensor puede definirse como un detector o dispositivo que responde a un estímulo físico, lo mide y lo convierte en una señal, que generalmente es eléctrica. (Pérez et al., 2014)

(Reyes-Flores, 2019) como se cita en (Cartuche Calva et al., 2021), los sensores son dispositivos utilizados para detectar o medir eventos del entorno y enviar información a otro para su procesamiento.

De acuerdo con (Serna Ruiz et al., 2010) los sensores pueden clasificarse en diversos tipos. Según su funcionamiento pueden ser activos, es decir, que requieren de una fuente externa de energía o los pasivos que no necesitan una fuente de energía externa; las propias condiciones medioambientales son suficientes. Pueden clasificarse también por la señal que proporcionan, analógicos o digitales e incluso por su uso, es decir, aquellos de posición, fotoeléctricos, de temperatura, humedad, movimiento, químicos o de presión. En este listado también se ubican los sensores de acuerdo con los materiales utilizados en su fabricación donde se destacan los capacitivos, inductivos o semiconductores.

1.4.4. Redes

Las redes son los sistemas de comunicación que conectan computadores con otros equipos para compartir información. Según (Zambrano et al., 2017) como se cita en (Cartuche Calva et al., 2021) existen diferentes redes como son LAN, PAN, WAN.

Estas últimas se caracterizan por ser redes de mallas de corto alcance que por lo general son de banda ancha; se incluyen las redes RFID, WiFi, WiMax, entre otras. En el grupo de redes de largo alcance se encuentran GSM, CDMA, WCDMA, y otras más, así como la comunicación vía satélite (Pérez et al., 2014).

Se registran dos tipos inalámbricos que ofrecen una gama de nuevos productos y servicios basados en la ubicuidad y la innovación. Además, permite la conexión de todo tipo de dispositivos móviles y personas como parte del sistema. En las redes inalámbricas se destacan ZigBee, Wavenis; Z- Wave; Wi Fi; WiMax; PLC; GSM/GPRS.

De acuerdo a lo investigado, se determina que lo más conveniente es utilizar redes inalámbricas que permiten el desplazamiento y en donde se utilicen tecnologías como 3G, 4G, Bluetooth y Zigbee.

1.4.5. Protocolos

Uno de ellos, es MQTT, un protocolo de mensajería liviano y flexible que es una buena opción en caso de tener un dispositivo con recursos limitados; la comunicación es posible gracias a un intermediario de mensajes entre los distintos clientes y encaja en el paradigma del IoT (Ojeda Crespo & Cabrera Mejía, 2020).

De acuerdo con (Nikolov, 2020) citado por (Embebidos et al., 2021), el protocolo CoAP guarda una similitud con HTTP, pero usa pequeños paquetes de información; los mensajes son sencillos de generar y no consumen RAM adicional. Los clientes y servidores suelen trabajar con datagramas sin seguridad.

En la clasificación presentada por (Embebidos et al., 2021), se hace referencia a XMPP, un protocolo basado en XML, es en tiempo real y registra un amplio portafolio de aplicaciones, entre las que se destacan mensajería, chats privados, colaboración, contenido, entre otras.

Entre tanto, HTTP es muy seguro si se trabaja desde dispositivos IoT solo como clientes y no como servidores, es decir, que sea usado solo para iniciar conexiones. No se recomienda utilizarlo en dispositivos con pocos recursos por su alto consumo de energía y tiempo de ejecución (Embebidos et al., 2021).

El modelo TCP/IP permite la conectividad de extremo a extremo, especifica los datos deben ser formateados, direccionados, transmitidos, enrutados y recibidos por el respectivo destinatario. Hace posible que el equipo pueda comunicarse en una red ya que provee conectividad de extremo a extremo especificando como los datos deberían ser formateados, direccionados, transmitidos, enrutados y recibidos por el destinatario (Aprendiendo Arduino, 2017).

Thread es un protocolo que se centra en dispositivos de bajo consumo de energía, convirtiéndose en una opción para los sistemas embebidos en el IoT además de ser amigable con el usuario, sencillo para agregar y remover nodos de la red.

Finalmente, se encuentran Zigbee que reúne protocolos de comunicación seguros de alto nivel inalámbrica con radiodifusión digital de bajo consumo y Bluetooth que posibilita la transmisión de voz y datos entre diversos dispositivos mediante un enlace de radiofrecuencia (Embebidos et al., 2021).

1.4.6. Etapas

En IoT existen un proceso denominado arquitectura que hace referencia a las etapas utilizadas durante el proceso de recolección de información pasando por el análisis, almacenamiento y visualización.

En ese orden de ideas, a la hora de seleccionar los factores para el diseño de la arquitectura se recomienda que, sea acorde a las condiciones del mundo real; móvil y que permita la diversidad al manipular varios dispositivos como sensores y actuadores.

Es así como (PÉREZ et al., 2019) presenta una clasificación de las principales arquitecturas utilizadas. Hace referencia a una clasificación por capas; en primer lugar, Cuatro capas que está integrada por Capa de sensor, Capa de concentrador y red; capa de administración de servicio y capa de aplicación. En las Cinco capas ITU, se propone Capa de sensado, capa de acceso, capa de red, capa de medicación y las capas de aplicación y en la Tres Capas se integran las capas de Redes de sensores inalámbricas; Red de transmisión y monitoreo de datos y central de análisis.

En la revisión, se determinó también que existe una arquitectura bajo el nombre Alertas con Raspberry PI y Modem NBN que se basa en una alerta de luz y sonido a través

de una tarjeta de desarrollo, en este caso Raspberry, un modem NBN, una fuente de alimentación de la red y una batería de respaldo (PÉREZ et al., 2019)

Además, se registra la ICN, cuyo componente principal es el concentrador que se convierte en el elemento de comunicación intermediario entre clientes y dispositivos IoT en dos escenarios; primero, en información que es generada por la recepción de controles primitivos y, dos, información disponible en el dispositivo (PÉREZ et al., 2019).

Otro proceso está relacionado con técnicas de procesamiento y minería de datos, arquitectura que se denomina IoT Nube. Se encuentra también el Nodo de sensores que agrupa diversos tipos de nodos de lectura de gases y condiciones ambientales; datos que son transmitidos por medio de ZigBee a una estación base para ser procesados; éste resulta finalmente en una matriz difusa para predecir condiciones basadas en el conocimiento del sistema (PÉREZ et al., 2019).

Sumada a las anteriores, (Gómez et al., 2018) hace alusión a la arquitectura tipo cliente – servidor; dividida en cuatro capas; Administración y procesos de capturas, en la que se recibe la información de cada sensor; Capa de interfaz de servicios a clientes que se encarga de recibir las peticiones del cliente desde la web móvil; continúa la Capa de Administración y Gestión, en la que se reciben los datos leídos y se conecta a la base de datos para su almacenamiento dependiendo de la variable que se esté analizando; y finalmente, se registra la capa de Recuperación y entrega de información que recupera y entrega la información de acuerdo con las solicitudes de los usuarios.

De acuerdo con (Montoya et al., 2017), existe también la arquitectura lógica está integrada por cuatro componentes fundamentales; se trata de la capa captura de datos que hace referencia al conjunto de sensores que se utilizan para obtener los datos; la capa de

almacenamiento o seguridad en la que se recopila la información en tiempo real a partir de los sensores. El proceso continúa con la capa de velocidad o procesamiento cuya función es analizar la información relevante a partir de los datos recopilados, usando técnicas de minería de datos; y finalmente, la capa de consulta para visualizar y hacer seguimiento en tiempo real a las variables determinadas y a las predicciones obtenidas.

1.4.7. Aplicaciones

Las plataformas IoT se han aplicado en las áreas de logística en tareas que hacen parte de los sistemas industriales y comerciales, en las que se desarrollan labores como ventas al por menor, rastreo de animales, transporte, fabricación, entradas a un concierto, entre otras. O en salud donde se utiliza el uso de redes de sensores inalámbricas en hospitales para el monitoreo de pacientes, entre otras aplicaciones. (Pérez et al., 2014)

Las aplicaciones van más allá, se destaca su uso en la aviación industrial para evitar falsificaciones en partes de las aeronaves; en la industria automovilística para supervisar e informar el funcionamiento del vehículo; en telecomunicaciones; a la hora de automatizar edificios o casas; en farmacéutica; manufactura; en la industria de procesamiento de petróleo y gas; monitoreo ambiental, entre otros usos. (Pérez et al., 2014)

Sumado a ello, se hace referencia también a una de las mayores áreas de aplicación, se trata del campo de la meteorología, que usa sistemas con múltiples sensores para la monitorización en tiempo real de las condiciones climáticas.

No obstante, es de destacar, los usos en la agricultura. A través del Internet de las cosas, los agricultores pueden distribuir las cosechas directamente a los consumidores cambiando toda la cadena de suministro a una cadena más directa con la garantía de identificación de cosecha previamente negociada.

Las arquitecturas IoT se han utilizado con el paso de los años en el área de la agricultura, protagonista en el presente trabajo de investigación. Es así como se hace alusión a algunas experiencias relacionadas con estas herramientas.

Se trata de una iniciativa que se lideró desde la Universidad de Pekín en donde se diseñó una arquitectura integrada por herramientas que generaron la plataforma de infraestructura de información espacial para diseñar una plataforma de gestión de la agricultura que permitía al usuario supervisar el cultivo; la integración entre módulo y software de código abierto ayudan a reducir el costo de desarrollo y mejora la eficiencia del sistema. (Montoya et al., 2017)

2. Diseño metodológico

En el presente apartado se describirá el componente de Hardware y Software del sistema IoT implementado.

3.1 Análisis de hardware

3.1.1. Diagrama General Hardware

La Figura 2 representa el diagrama general de hardware que se requiere para la implementación del sistema IoT en el cultivo de Cholupa.

Figura 2

Diagrama general del sistema IoT - Hardware



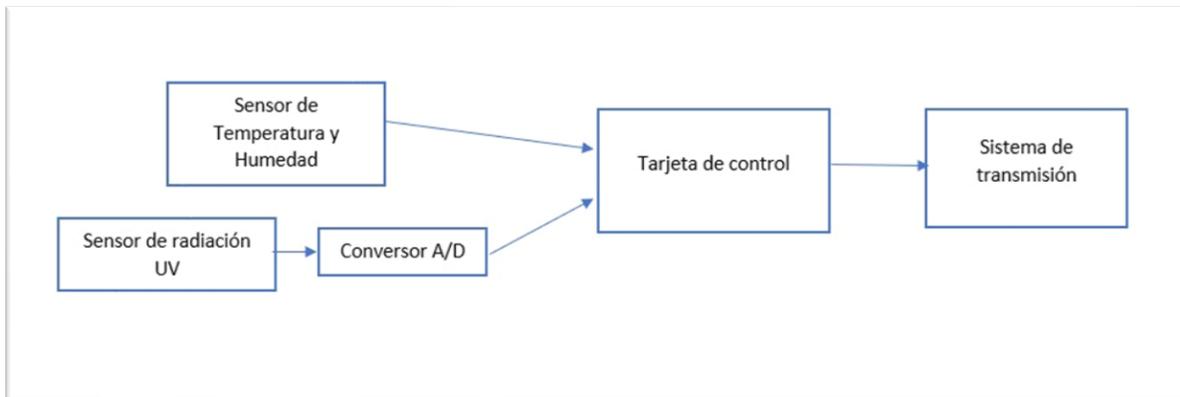
Nota: Autor

3.1.2. Diagrama de primer nivel Hardware

En el esquema que se aprecia a continuación, se identifican los componentes necesarios para la captura de información de las variables de Temperatura, Humedad y Radiación UV y su posterior transmisión.

Figura 3

Diagrama en bloques funcionales del sistema IoT - hardware



Nota: Autor

El sensor de temperatura y humedad es un dispositivo que transforma las variables físicas a una variable numérica digital que se entrega a la tarjeta de control.

Así mismo, el sensor de radiación UV transforma la radiación no ionizante emitida por el sol, en una variable numérica de voltaje, la cual es convertida de analógica a digital para su procesamiento en la tarjeta de control.

La tarjeta de control es el dispositivo que toma la información de los sensores, realiza su procesamiento y envía los datos al sistema de transmisión en el protocolo definido.

Finalmente, el sistema de transmisión realiza el enlace con la red de comunicación seleccionada y la transmisión de datos con el protocolo seleccionado.

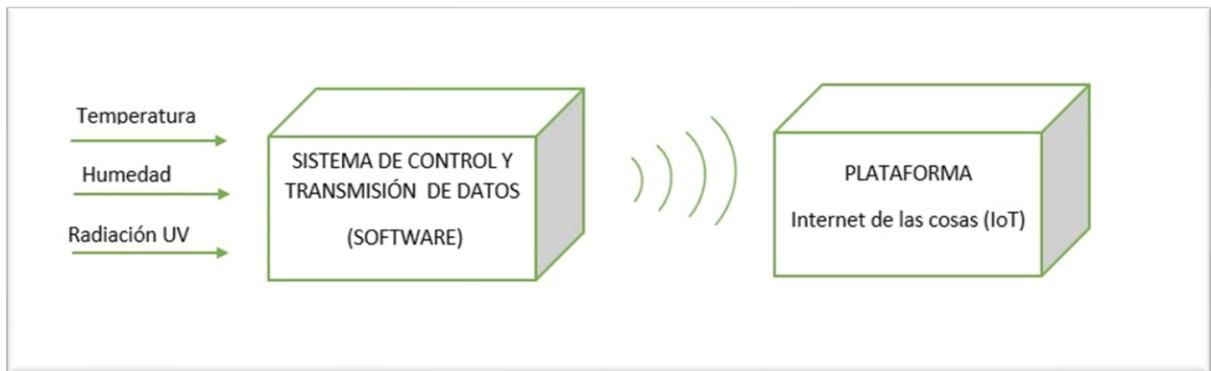
3.2. Análisis de Software

3.2.1. Diagrama general software

La Figura 4 se explica el diagrama general de software para la implementación del sistema IoT. Se captan las variables de temperatura, radiación solar y humedad; se procesan y transmiten los datos mediante la red seleccionada, luego se almacenan y visualizan en la plataforma definida.

Figura 4

Diagrama general del sistema IoT - software



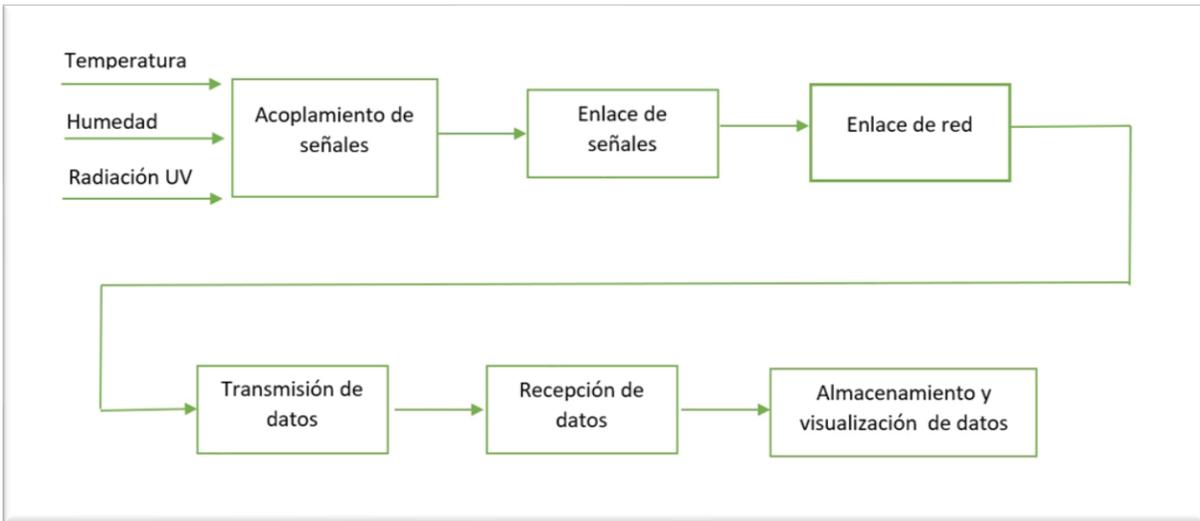
Nota: Autor

3.2.2. Diagrama de primer nivel software

En la siguiente figura, se muestran los bloques funcionales del sistema IoT desde la captación de las variables físicas hasta el almacenamiento y visualización en una plataforma.

Figura 5

Diagrama de bloques funcionales del sistema IoT - Software



Nota: Autor

Las señales de Temperatura, Humedad y Radiación UV son acopladas a valores numéricos reales mediante algoritmos; se enlazan con la estructura y protocolo IoT definida.

Luego, se realiza el enlace de red entre la placa de desarrollo y la plataforma IoT para proceder a la transmisión de los datos estructurados, que son recepcionados para su posterior almacenamiento y visualización en el sistema IoT.

4. Resultado y Análisis

En el siguiente apartado se describen los componentes implementados hardware y software para el funcionamiento del sistema IoT que se aplicará en el cultivo de Cholupa ubicado en el municipio de Rivera.

4.1 Generalidades del cultivo

El cultivo de Cholupa de la finca de Don Pedro, lugar en donde se realiza la investigación, es de una hectárea de extensión y está ubicado en la vereda El Guadual, zona rural del municipio de Rivera.

En la finca se utiliza el sistema de siembra emparrado de 3m x 3m, usando como postes guaduas para unirlos con alambre de calibre 9 para formar una red, lo que permite según su propietario un fruto libre que no interfiere con las hojas o ramas, facilitando no solo la cosecha sino las labores propias agrícolas que deben realizarse en el terreno.

En el momento de las visitas, el cultivo se encontraba en la etapa de maduración comercial, es decir, en el día 30 del rango entre los 50 y 60 días, periodo estipulado para que el fruto crezca y esté listo para su recolección.

4.2. Diseño de Hardware

A continuación, se especificarán los sensores, la placa de desarrollo, el sistema de alimentación solar y la red seleccionada para el diseño y puesta en marcha de sistema que monitoreará las condiciones agroecológicas en el cultivo de la Cholupa.

*Sensores

En el desarrollo de la investigación se revisaron varios sensores cada uno con características especiales.

Tabla 5

Comparación características de sensores

Sensor		DHT11	MF58 50K	SHT10
Salida		Digital	Análoga	Digital
Rango	Temperatura(c)	0 - 50	-50 a 300	-40 a 123.8
	Humedad	20 a 90%	N.A	0 a 100%
Tiempo de sensado		1 segundo	N.A	8 segundos
Voltaje de entrada		3 a 5 V DC	3.3 a 5 V DC	2.4. a 5.5 V DC
Resolución	Temperatura (c)	0.1	0.2	0.01
	Humedad	1	N.A	0.05

Nota: Autor

Finalmente, y luego de una comparación de sensores, se determinó que el sensor DHT 11 es el más indicado para el desarrollo del proyecto porque permite la lectura de las variables de Temperatura y Humedad con un tiempo de sensado menor y el rango de medición adecuado para el cultivo en comparación con los otros sensores. Así mismo, otra de las razones está relacionada con el bajo costo del dispositivo en el mercado.

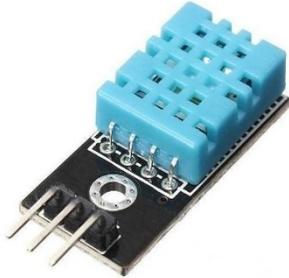
▪ Sensor DHT 11

Para el sistema IoT se utilizaron dos sensores, se trata del sensor DHT 11 que se aprecia en la figura 6.

El dispositivo está integrado por dos partes, un sensor de humedad capacitivo y un termistor; así mismo, cuenta con un chip que realiza la conversión analógica a digital y arroja una señal digital con la temperatura y humedad. (Adafruit, 2012).

Figura 6

Sensor DHT 11



De acuerdo con sus fabricantes (*Adafruit*, 2012) se destacan las siguientes características.

Tabla 6

Características del sensor DHT 11

Características técnicas	
Potencia	3 a 5V
Corriente máxima	2.5 mA
Lecturas de Humedad	20 al 80%
Lecturas de Temperatura	0 - 50°C
Frecuencia de muestreo	1 Hz
Precisión de medición de Temperatura	0 a 50 °C
Resolución Temperatura	0.1 °C
Rango de medición de Humedad	20% a 90% RH
Precisión de medición de Humedad	5% RH
Resolución Humedad	1% RH
Tiempo de sensado	1 seg.
Interface digital	Single – bus (bidireccional)

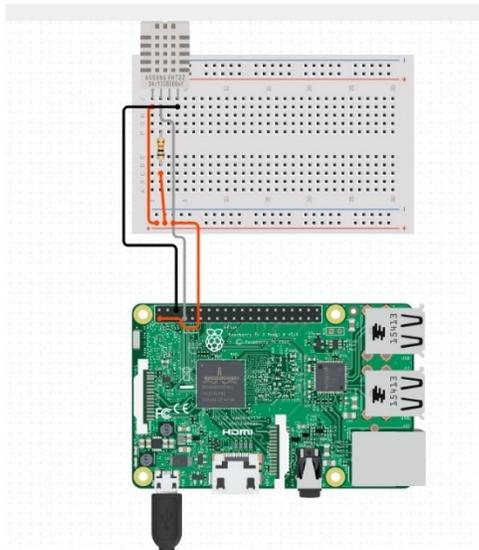
Las características del sensor descritas anteriormente son apropiadas para la medición del cultivo de Cholupa ubicado en la Ulloa en el municipio de Rivera.

- **Conexión sensor DHT 11**

El sensor DHT11 se alimentó a través de los puertos de 5 voltios de las Raspberry PI 3; el puerto de salida se conectó al GPIO 17. La librería utilizada para el pre procesamiento del sensor fue Adafruit_DHT.

Figura 7

Sistema de conexión DHT 11



Nota: (Circuito.Io, 2021)

Luego de un análisis como se describe en la siguiente tabla, se determinó el sensor de Radiación solar que sería utilizado.

Tabla 7

Comparación sensores de Radiación solar

Sensor	UVM 30 A	ML8511	CGM8521
Salida	Análogo	Análogo	Análogo
Gama espectral	200nm hasta 370nm	280nm hasta 560nm	200nm hasta 370nm

Voltaje	3.3 V DC	3.3. V DC	3 a 5 V DC
----------------	----------	-----------	------------

Nota: Autor

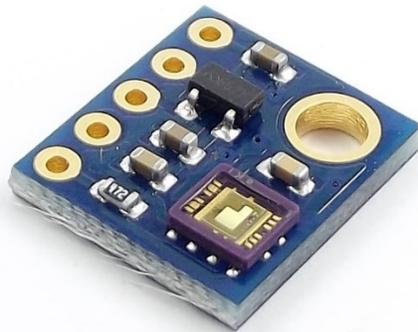
En ese orden de ideas se seleccionó el sensor ML8511 como se describe a continuación.

- **Sensor ML8511**

El segundo sensor utilizado, es el ML8511, un dispositivo de luz ultravioleta (UV) que se usa para el monitoreo de condiciones ambientales como el índice UV, éste entrega una señal analógica que depende de la cantidad de luz que detecta (*Naylamp Mechatronics, 2021*). Se destaca su uso en aplicaciones de tipo meteorológicas.

Figura 8

Sensor ML8511



Nota: (*Naylamp Mechatronics, 2021*)

Las especificaciones técnicas del sensor se indican en la siguiente tabla.

Tabla 8

Características técnicas sensor ML8511

Características técnicas	
Voltaje de Operación	5V DC

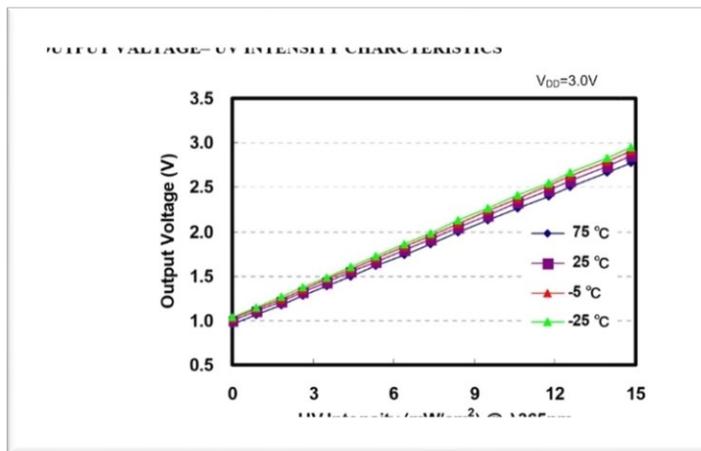
Longitud de onda	280-390nm
Longitud onda pico	365nm
Temperatura de operación	-20 a 70 °C
Tiempo de sensado	1 ms

Nota: (Naylamp Mechatronics, 2021)

En la figura 9, se aprecian los niveles de voltaje de salida frente a la intensidad UV registrados en el sensor ML8511.

Figura 9

Voltaje Vs Intensidad UV



Nota: (Discription et al., 2013)

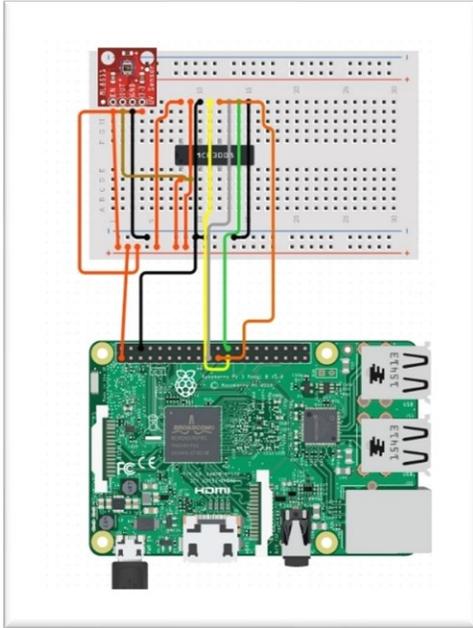
- **Conexión sensor ML8511**

El sensor ML8511 genera un voltaje de 0 a 3 voltios según la intensidad UV medida, la cual es convertida a digital mediante el conversor MCP 3008 y el cual envía una señal digital de la intensidad UV a las Raspberry PI.

Para el procesamiento de la señal se utilizará la librería Adafruit_MCP 3008.

Figura 10

Sistema de conexión sensor ML8511



- **Tarjeta de control Raspberry PI**

Esta tarjeta de control permite manipular la información de los sensores previamente definidos por medio del lenguaje de programación Python en el cual se utilizan librerías diseñadas por los fabricantes para el análisis numérico de estos.

De igual forma, la Raspberry PI hace posible la conexión con diversos módulos de comunicación para la transmisión de datos en diferentes redes.

La Raspberry está integrada por una CPU acelerada, soporte de WiFi de doble banda, soporte Gigabit Ethernet y un disipador ubicado sobre el SoC controlando así las temperaturas que puedan generarse (Pastor, 2018).

Figura 11

Raspberry PI 3



Nota: (Pastor, 2018)

En la siguiente tabla se describen las especificaciones técnicas de la Raspberry PI 3.

Tabla 9

Características técnicas de la Raspberry PI

Características técnicas	
Procesador	Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 (ARMv8) 64-bit SoC
Frecuencia de reloj	1,4 GHz
Memoria	1GB LPDDR2 SDRAM -
Conectividad inalámbrica	2.4GHz / 5GHz - IEEE 802.11.b/g/n/ac - Bluetooth 4.2, BLE
Conectividad de red	Gigabit Ethernet over USB 2.0 - (300 Mbps de máximo teórico)
Puertos	GPIO 40 pines
	HDMI
	4 x USB 2.0
	CSI (cámara Raspberry Pi)
	DSI (pantalla táctil)
	Toma auriculares / vídeo compuesto
	Micro SD
	Micro USB (alimentación)
Power-over-Ethernet (PoE)	

Nota: (Pastor, 2018)

- **Módulo HAT WS13460**

El dispositivo HAT admite una comunicación múltiple a través de GSM, GPRS, GNSS y Bluetooth. Así mismo, permite a la Raspberry realizar llamadas telefónicas, enviar mensajes, contactarse a internet inalámbrico, transferir datos, entre otras acciones (Waveshare, 2021).

Este módulo se implementa para realizar la transmisión de datos a través de la red GSM de operador Claro Móvil con cobertura en toda la región (Caracol Radio, 2021); lo que facilita su uso, debido a que el cultivo de Cholupa en el cual se efectúa el sistema, se encuentra en la zona rural del casco urbano de Rivera.

Figura 12

Módulo HAT WS 13460

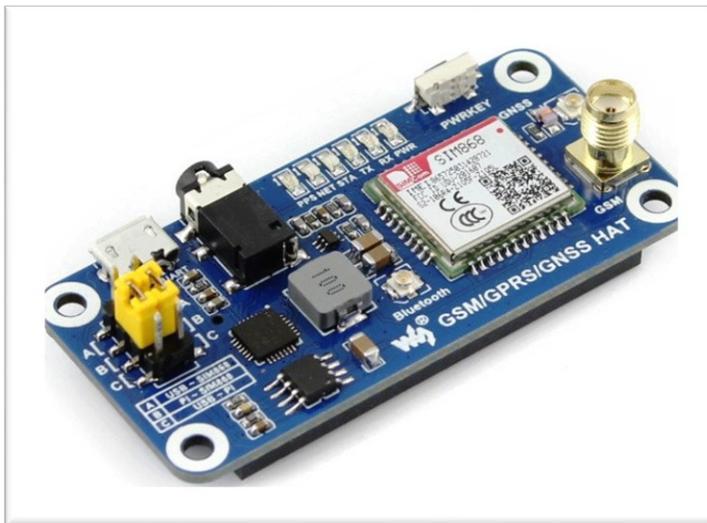


Tabla 10

Características Módulo HAT

Características generales	
Banda	GSM 850 / EGSM 900 / DCS 1800 / PCS 1900 MHz
Control mediante comandos AT	(3GPP TS 27.007, 27.005 y comandos AT mejorados de SIMCOM)
Detección automática de velocidad en baudios	(1200bps ~ 115200bps)
Convertidor	USB a UART integrado CP2102 para depuración de UART
Compatible	Placas de la serie Raspberry Pi
	SMS, llamadas telefónicas, GPRS, DTMF, HTTP, FTP, MMS, correo electrónico
	GPS, COMPASS, Glonass, posicionamiento de estación base LBS, omni-posicionamiento

Nota: (Waveshare, 2021)

- **Sistema de alimentación solar**

El sistema utilizado está integrado por un panel solar de 10 vatios y un rango de 12 voltios; un controlador de carga solar con un rango de voltaje de 12 a 24 voltios y una corriente nominal de 10 A.

Entre tanto, el sistema de almacenamiento está determinado por una batería recargable de 12 voltios por 5 AH, lo cual permite la continua alimentación de la carga necesaria las 24 horas del día.

Tabla 11

Consumo de energía

Consumo de energía	
Elemento	Watts
Raspberry pi 3 b+	1,8
Sensor DHT 11	0,015
Sensor ML8511	0,0009

Modulo hat GSM	0,5
TOTAL	2,3159

Nota: Autor

Como se describe en la tabla 11, el consumo del sistema es de 2.3 Watts, teniendo en cuenta que el suministro de energía solar es de 60 Watts/hora, se tiene la potencia necesaria para la alimentación del sistema.

Figura 13

Sistema de alimentación solar



Nota: Autor

4.3 Diseño de Software

En este apartado se hace referencia al algoritmo desarrollado para el procesamiento y transmisión de las señales de Temperatura, Humedad y Radiación solar en el cultivo de Cholupa.

4.3.1 Algoritmo Python

Se describe a continuación los apartes del algoritmo que facilitan el análisis del código. El código completo se podrá verificar en el Anexo 1.

En la Figura 13 presentada a continuación se encuentra las librerías utilizadas para la comunicación serial de la Raspberry PI y el módulo HAT; la lectura de sensor DHT 11 y la lectura de sensor ML8511.

Figura 14

Librerías

```
#!/usr/bin/python

# Librerías de sensores y modulo HAT

import serial
import os,time
import sys
import Adafruit_DHT
import Adafruit_GPIO.SPI as SPI
import Adafruit_MCP3008
```

Nota: Autor

Así mismo, en el algoritmo de Python se encuentra la configuración de los puertos utilizados para la comunicación SPI con el sensor ML8511 y el sensor DHT 11.

Figura 15

Sensores

```
# Configuración del puerto SPI para lectura del sensor ML8511 Y DHT 11:

#Configuración de puertos para el ML8511
CLK = 18
MISO = 23
MOSI = 24
CS = 25
mcp = Adafruit_MCP3008.MCP3008(clk=CLK, cs=CS, miso=MISO, mosi=MOSI)

#Configuración de puertos para el DHT 11|
sensor=Adafruit_DHT.DHT11
pin=17
```

Nota: Autor

Entre tanto, en el enlace de comunicación se realiza la configuración del puerto serial “ttySO” con una velocidad de 9600 baudios para el módulo HAT.

Se inicia por medio del protocolo de comandos AT la configuración del módulo HAT y se define el enlace del operador, que para este caso es Claro Móvil.

Figura 16

Enlace de comunicación

```

#Enlace de comunicación con la red GSM

#Enlace de puerto serial entre la Pi y el modulo HAT
ser=serial.Serial("/dev/ttyS0",baudrate=9600,timeout=1)

#Prealistamiento del modulo HAT
ser.write("AT \r\n")
time.sleep(2)
rcv=ser.read(520)
print (rcv)

ser.write("AT+CIPSTATUS \r\n")
time.sleep(2)
rcv=ser.read(520)
print (rcv)

ser.write("AT+CIPMUX=0 \r\n")
time.sleep(2)
rcv=ser.read(520)
print (rcv)

# Enlace del modulo HAT con el operados CLARO
ser.write("AT+CSTT=\"internet.comcel.com.co\", \"wap\", \"wap\" \r\n")
time.sleep(2)
rcv=ser.read(520)
print (rcv)

ser.write("AT+CIICR \r\n")
time.sleep(2)
rcv=ser.read(520)
print (rcv)

ser.write("AT+CIFSR \r\n")
time.sleep(2)
rcv=ser.read(520)
print (rcv)

```

Nota: Autor

Finalmente, luego de enlazar el módulo HAT con el operador y obtener una dirección IP se inicia el ciclo de lectura y procesamiento de la información de los sensores. Los datos deben ser de tipo string para ser validos en la transmisión de datos.

El enlace con la plataforma Thingspeak se inicia configurando el protocolo de comunicación definido como TCP, la dirección de la página y el puerto.

Los datos se copilan en un string con el api_key=EO6IHM8P8TZYK87, el cual fue asignado por la plataforma para el canal de transmisión; luego, se envían los datos y se cierra el ciclo de transmisión. Este ciclo se repite cada minuto.

Figura 17

Ciclo de lectura y transmisión

```
# Ciclo de lectura de sensores, enlace con la plataforma Thingspeak y transmisión

while True:
    # Lectura de sensores
    humidity, temperature = Adafruit_DHT.read_retry(sensor, pin)
    temp = str(temperature)
    humidity_v = str(humidity)
    value= mcp.read_adc(0)
    rad=(value*3)/1024
    radUV=str((0.13*rad)+1)

    #Enlace del nodo con la plataforma Thingspeak
    ser.write("AT+CIPSTART=\"TCP\", \"api.thingspeak.com\", \"80\"\r\n")
    time.sleep(6)
    rcv=ser.read(520)
    print (rcv)
    ser.write("AT+CIPSEND?\r\n")
    time.sleep(1)
    rcv=ser.read(520)
    print (rcv)
    ser.write("AT+CIPSEND\r\n")
    time.sleep(6)
    rcv=ser.read(520)
    print (rcv)
    #Compilación de los datos sensados con el api_KEY asignado por la plataforma
    datos=("GET https://api.thingspeak.com/update?api_key=EO6IHM8P8TZYK87I&field1=
          "+temp+"&field2="+humidity_v+"&field3="radUV+"\r\n")

    #Envío de datos a la plataforma
    ser.write(datos)
    time.sleep(6)
    rcv=ser.read(520)
    print (rcv)
    ser.write(chr(26))
    time.sleep(6)
    print (rcv)
    ser.write("AT+CIPCLOSE \r\n")
    time.sleep(2)
    rcv=ser.read(520)
    print (rcv)
```

4.3.2. Diseño Thingspeak

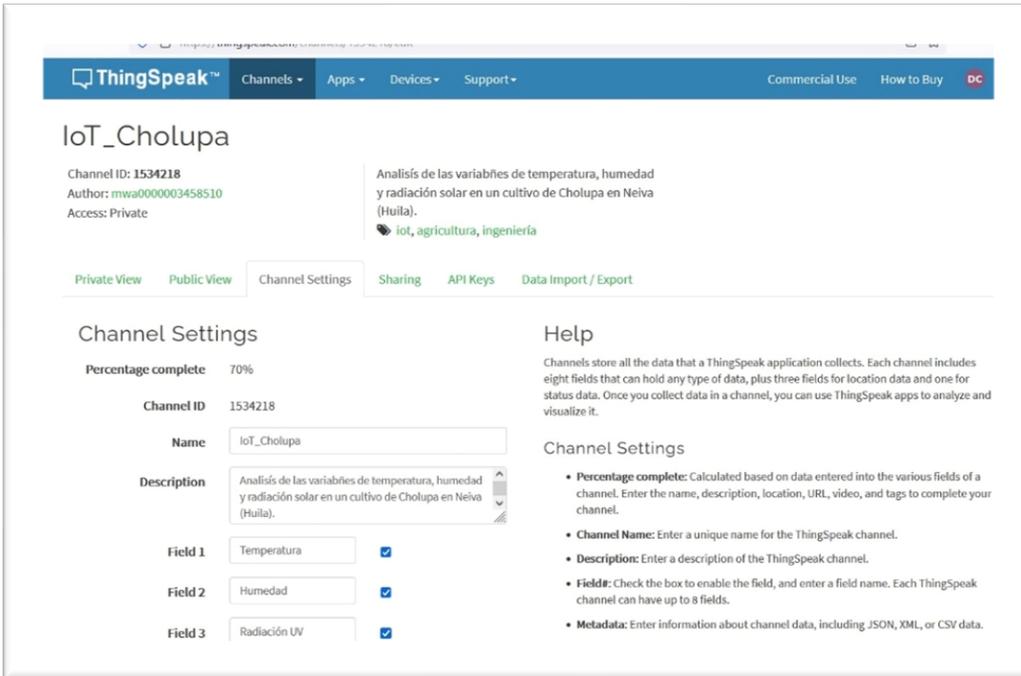
Thingspeak es la plataforma IoT seleccionado para el desarrollo de la investigación por su fácil implementación, gratuidad, capacidad de almacenamiento y accesibilidad a los datos.

La plataforma permite en cada canal, la conexión de ocho campos de transmisión individuales lo cual es perfecto para las tres variables analizadas en el presente proyecto.

A continuación, se presenta la configuración del canal de recepción en la plataforma Thingspeak donde se asignó el ID 1534218 y tres campos denominados Temperatura, Humedad y Radiación UV.

Figura 18

Configuración Thingspeak- 1



Nota: Autor

En la Figura 18 se destaca la configuración de la ubicación geográfica del cultivo con las coordenadas de elevación, latitud y longitud.

Figura 19

Configuración Thingspeak - 2

ThingSpeak™ Channels Apps Devices Support Commercial Use How to Buy DC

Repository URL

Tags:
(Tags are comma separated)

Link to External Site:

Link to GitHub:

Elevation:

Show Channel Location:

Latitude:

Longitude:

Show Video:

Video Source: YouTube Vimeo

Video URL:

Show Status:

[Save Channel](#)

Using the Channel

You can get data into a channel from a device, website, or another ThingsSpeak channel. You can then visualize data and transform it using ThingsSpeak Apps.

See [Get Started with ThingSpeak™](#) for an example of measuring dew point from a weather station that acquires data from an Arduino® device.

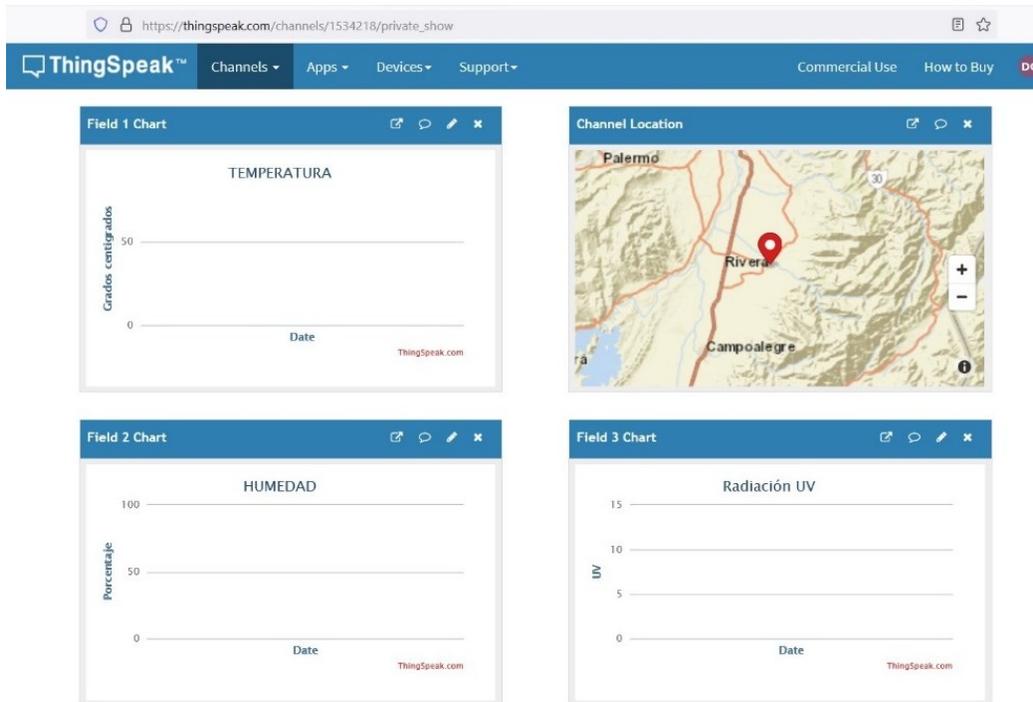
[Learn More](#)

Nota: Autor

Por último, la plataforma asigna un interfaz de visualización de los campos amigable en donde se observan las tres variables sensadas con los respectivos rangos de operación y fechas de análisis.

Figura 20

Visor de campos Thingspeak



Nota: Propia

La aplicación Thingspeak permite configurar si la información es pública, además, de descargar los datos en formato Excel en cualquier momento.

4.4. Sistema IoT

En esta sección, se hace referencia al diseño final del prototipo y a la interfaz utilizada en el proyecto.

4.4.1. Prototipo

La implementación del prototipo IoT se realizó en una caja plástica de 30 cm x 30 cm x 20 cm, resistente al agua y altas temperatura.

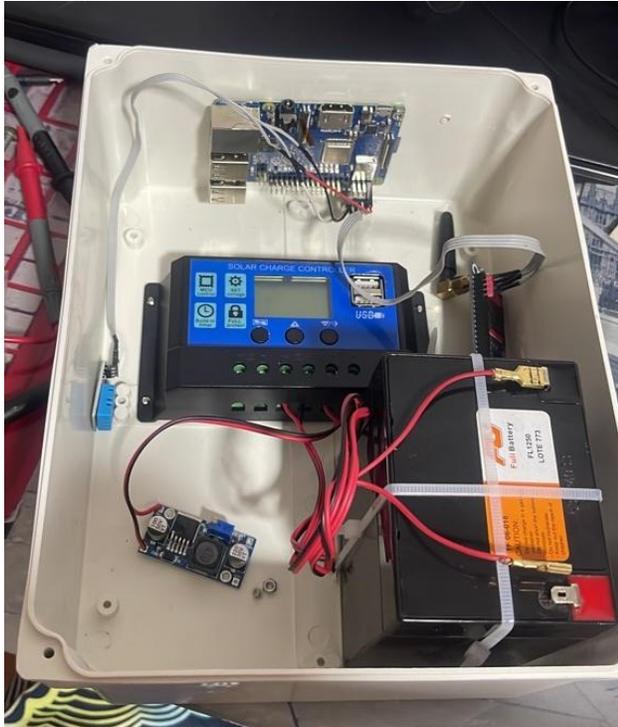
En su interior están ubicados la batería del sistema, el controlador de carga, un convertidor DC de 12 a 5 voltios para la alimentación de la tarjeta de control Raspberry; los módulos de sensado DHT 11 y ML8511, el módulo HAT GSM y la Raspberry PI 3B+; cada dispositivo con su respectivo cableado.

Para la conexión del panel solar se utilizaron dos adaptadores hembra y para la puesta en marcha un interruptor.

Los componentes se registran en la siguiente figura.

Figura 21

Prototipo



Nota: Propia

La validación en campo del prototipo se realizó en la finca de Don Pedro ubicada en la Ulloa, zona rural del municipio de Rivera.

El dispositivo se ubicó en las coordenadas: Elevación 461, Latitud 2.7772 y Longitud -25.255 para realizar las respectivas tomas de datos para las variables de Temperatura, Humedad y Radiación UV.

Figura 22

Prototipo en campo



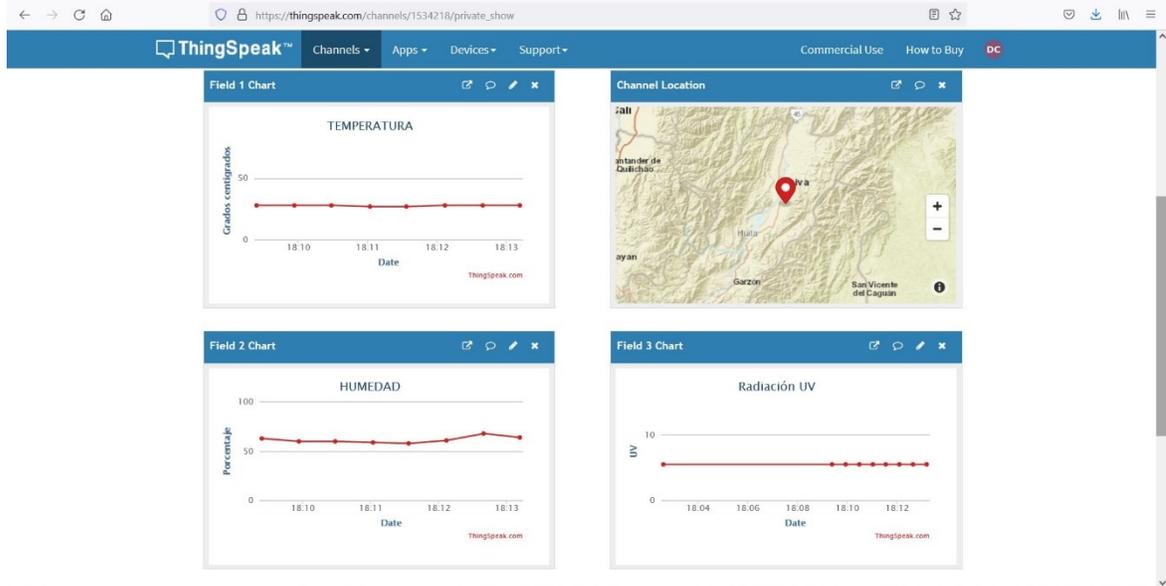
Nota: Propia

4.4.2. Interfaz Thingspeak en la página web

En la Figura 23 se destaca el almacenamiento y visualización de los datos de Temperatura, Humedad y Radiación UV del cultivo de Cholupa en la finca de Don Pedro en La Ulloa, en el municipio de Rivera donde se evidencia el correcto funcionamiento de los sensores demostrado en el correcto rango de operación de cada uno de ellos.

Figura 23

Interfaz Thingspeak



A continuación, se evidencia en la Figura 24, los datos obtenidos de la plataforma Thingspeak donde se analiza el almacenamiento de datos de las tres variables descritas anteriormente.

Figura 24

Datos almacenamiento IoT

	created_at	entry_id	field1	field2	field3
1	2021-11-10T11:18:22-05:00	1	29	71	5.47
2	2021-11-10T11:18:54-05:00	2	29	71	4.97
3	2021-11-10T11:19:27-05:00	3	29	71	4.70
4	2021-11-10T11:20:03-05:00	4	29	71	5.21
5	2021-11-10T11:20:32-05:00	5	29	71	4.64
6	2021-11-10T11:21:05-05:00	6	29	71	5.45
7	2021-11-10T11:21:37-05:00	7	29	71	4.64
8	2021-11-10T11:22:10-05:00	8	29	72	4.71
9	2021-11-10T11:22:42-05:00	9	29	72	4.53
10	2021-11-10T11:23:15-05:00	10	29	72	4.87
11	2021-11-10T11:23:48-05:00	11	29	71	4.95
12	2021-11-10T11:24:20-05:00	12	29	71	5.13
13	2021-11-10T11:24:53-05:00	13	29	71	5.43
14	2021-11-10T11:25:25-05:00	14	29	71	5.47
15	2021-11-10T11:25:58-05:00	15	29	70	4.90
16	2021-11-10T11:26:30-05:00	16	29	71	5.16
17	2021-11-10T11:27:05-05:00	17	29	70	4.68
18	2021-11-10T11:27:35-05:00	18	29	70	4.59

Nota: Autor

Conclusiones

Según el análisis de las variables trabajadas en el cultivo de Cholupa de la finca de Don Pedro se determinó que para el diseño e implementación de sistema IOT, el uso del sensor DHT11 era el más adecuado para la medición de Temperatura y Humedad. Así mismo, se seleccionó el sensor SML8511 por su capacidad para el monitoreo de la Humedad en el rango de 0 a 80%; dispositivos que fueron conectados a una tarjeta de control Raspberry PI 3+.

La tarjeta de control realizó el enlace y transmisión de datos con la plataforma Thingspeak por medio del módulo de comunicación HAT utilizando la red GSM del operador Móvil Claro y el protocolo de comunicación TCP. La plataforma de IoT Thingspeak almacena los datos y proporciona la interfaz visual de las variables sensadas.

Es de resaltar que en el presente trabajo se utilizó la arquitectura de cuatro capas comprendida por una primera capa de sensor; seguida por una capa de concentrador y red; una más de administración de servicio y finalmente, una capa de aplicación.

Una vez implementado el prototipo en el campo y realizadas las pruebas de captura de información se evidenció que el sistema debe estar ubicado en una zona despejada, sin ningún tipo de interferencia, ya sean arboles u otros obstáculos. Es importante resaltar que la antena del dispositivo HAT debe posicionarse externamente de la caja de componentes para obtener una buena comunicación. En línea de vista directa hacia a las torres de comunicación cercanas al cultivo.

La cobertura del operador Claro Móvil es superior a la de TIGO y Movistar en la región, razón principal para trabajar con ellos durante el proceso de diseño e implementación del sistema.

Los resultados en el cultivo de Cholupa indicaron que, en lo relacionado con la variable de Temperatura, según las muestras realizadas durante 24 horas, esta debe oscilar entre 20° y 35° C; información que ratifica lo expresado por algunos estudios realizados por investigadores en distintas zonas de la región.

Entre tanto, en la variable Humedad se registró un porcentaje de 60% de Humedad y en lo relacionado con Radiación UV una intensidad de 5.5 mW/ [cm]^2

Don Pedro recibió una explicación clara y didáctica sobre el manejo de la plataforma Thingspeak, la forma de entender los datos que se visualizan y cómo contribuyen en el desarrollo de su cultivo. Recibió con agrado la implementación del sistema e indicó la necesidad de replicarlo en los cultivos que se encuentran en esta zona del municipio, por ser una herramienta que contribuye con un buen desarrollo de sus cosechas.

Anexo I

Algoritmo para el procesamiento y transmisión de datos

```
#!/usr/bin/python
```

```
# Librerías de sensores y modulo HAT
```

```
import serial
```

```
import os,time
```

```
import sys
```

```
import Adafruit_DHT
```

```
import Adafruit_GPIO.SPI as SPI
```

```
import Adafruit_MCP3008
```

```
# Configuración del puerto SPI para lectura del sensor ML8511 Y DHT 11:
```

```
#Configuración de puertos para el ML8511
```

```
CLK = 18
```

```
MISO = 23
```

```
MOSI = 24
```

```
CS = 25
```

```
mcp = Adafruit_MCP3008.MCP3008(clk=CLK, cs=CS, miso=MISO, mosi=MOSI)
```

```
#Configuración de puertos para el DHT 11
```

```
sensor=Adafruit_DHT.DHT11
```

```
pin=17
```

```
#Enlace de comunicación con la red GSM
```

```
#Enlace de puerto serial entre la Pi y el modulo HAT
```

```
ser=serial.Serial("/dev/ttyS0",baudrate=9600,timeout=1)
```

```
#Prealistamiento del modulo HAT
```

```
ser.write("AT \r\n")
```

```
time.sleep(2)
```

```
rcv=ser.read(520)
```

```
print (rcv)
```

```
ser.write("AT+CIPSTATUS \r\n")
```

```
time.sleep(2)
```

```
rcv=ser.read(520)
```

```
print (rcv)
```

```
ser.write("AT+CIPMUX=0 \r\n")
```

```
time.sleep(2)
```

```
rcv=ser.read(520)
```

```
print (rcv)
```

```
# Enlace del modulo HAT con el operados CLARO
```

```
ser.write("AT+CSTT=\"internet.comcel.com.co\", \"wap\", \"wap\" \r\n")
```

```
time.sleep(2)
```

```
rcv=ser.read(520)
```

```
print (rcv)
```

```
ser.write("AT+CIICR \r\n")
```

```
time.sleep(2)
```

```
rcv=ser.read(520)
```

```
print (rcv)
```

```
ser.write("AT+CIFSR \r\n")
```

```
time.sleep(2)
```

```
rcv=ser.read(520)
```

```
print (rcv)
```

```
ser.write("AT+CIPSPRT=0 \r\n")
```

```
time.sleep(2)
```

```
rcv=ser.read(520)
```

```
print (rcv)
```

```
# Ciclo de lectura de sensores, enlace con la plataforma Thingspeak y transmisión
```

```
while True:
```

```
    # Lectura de sensores
```

```
    humidity, temperature = Adafruit_DHT.read_retry(sensor, pin)
```

```
    temp = str(temperature)
```

```
    humidity_v = str(humidity)
```

```
    value= mcp.read_adc(0)
```

```
rad=(value*3)/1024
```

```
radUV=str((0.13*rad)+1)
```

```
#Enlace del nodo con la plataforma Thingspeak
```

```
ser.write("AT+CIPSTART=\"TCP\", \"api.thingspeak.com\", \"80\"\\r\\n")
```

```
time.sleep(6)
```

```
rcv=ser.read(520)
```

```
print (rcv)
```

```
ser.write("AT+CIPSEND?\\r\\n")
```

```
time.sleep(1)
```

```
rcv=ser.read(520)
```

```
print (rcv)
```

```
ser.write("AT+CIPSEND\\r\\n")
```

```
time.sleep(6)
```

```
rcv=ser.read(520)
```

```
print (rcv)
```

```
#Compilación de los datos sensados con el api_KEY asignado por la plataforma
```

```
datos=("GET
```

```
https://api.thingspeak.com/update?api\_key=EO6IHM8P8TZK87I&field1=
```

```
 "+temp+"&field2="+humidity_v+"&field3="radUV+"\\r\\n")
```

```
#Envío de datos a la plataforma
```

```
ser.write(datos)
```

```
time.sleep(6)

rcv=ser.read(520)

print (rcv)

ser.write(chr(26))

time.sleep(6)

print (rcv)

ser.write("AT+CIPCLOSE \r\n")

time.sleep(2)

rcv=ser.read(520)

print (rcv)
```

Anexo II

Fotografías en el campo











Referencias Bibliográficas

- Adafruit*. (2012). <https://learn.adafruit.com/dht>
- Andrade Daza, J. C. (2020). *Ciencia UniSalle*.
https://ciencia.lasalle.edu.co/ingenieria_agronomica/187/
- Caracol Radio*. (2021). Claro Amplió Su Cobertura 4G En Huila: Conectará Siete Nuevas Zonas Rurales.
https://caracol.com.co/radio/2021/10/29/nacional/1635528446_822699.html
- Circuito.io*. (2021). <https://www.circuito.io/app?components=9443,10167,200000>
- Discription, G., Daiagram, B., & Configurations, P. I. N. (2013). *General discription*. 1–8.
- Finagro*. (2020). <https://www.finagro.com.co/noticias/el-sector-agropecuario-del-huila-enfrenta-grandes-retos>
- Fischer, G., Casierra-Posada, F., & Piedrahíta, W. (2009). Ecofisiología de las especies pasifloráceas cultivadas en Colombia. *Cultivo, Poscosecha y Comercialización de Las Pasifloráceas En Colombia: Maracuyá, Granadilla, Gulupa y Curuba*, 26, 45–67.
- González Bell, J. (2018). *Agronegocios*. <https://www.agronegocios.co/agricultura/la-produccion-de-pasifloras-en-colombia-durante-2017-2717762>
- González, C., & Moraima, S. (2008). Especies de trips asociadas a hospedantes de interés en las provincias habaneras. iii. cultivos hortícolas. *Revista de Protección Vegetal*, 23.
- Granado, W., & Noreña, M. (2019). Cadena del Pasifloras Indicadores e Instrumentos. *Miniagricultura (Colombia)*, 1–26.
[https://sioc.minagricultura.gov.co/Mango/Documentos/2019-06-30 Cifras Sectoriales.pdf](https://sioc.minagricultura.gov.co/Mango/Documentos/2019-06-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf)
- Montoya, E. A. Q., Colorado, S. F. J., Muñoz, W. Y. C., & Golondrino, G. E. C. (2017). Propuesta de una Arquitectura para Agricultura de Precisión Soportada en IoT. *RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao*, 24, 39–56.
<https://doi.org/10.17013/risti.24.39-56>
- Naylamp Mechatronics*. (2021). <https://naylampmechatronics.com/sensores-luz-y-sonido/169-modulo-ml8511-detector-uv.html>
- Ocampo, J., Molano, Z., Morera, M., Puentes, A., & Rodríguez, A. (2015). *El cultivo de la Cholupa* (M. M. Ocampo, John, Rodriguez Adalberto, Puentes Andrés, Molano Zulma (Ed.); 1st ed.).
https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/22563%0Ahttp://fedepasifloras.org/es/wp-content/uploads/2018/01/Libro_cholupa_definitivo_2015b.pdf
- Parra, M., Carranza, C., Cárdenas, J., & Miranda, D. (2017). Corporación Centro de

- Investigación para la Gestión Tecnológica de Passiflora del Departamento del Huila CEPASS Huila y La Asociación Hortofrutícola de Colombia ASOHOFRUCOL. In *Over The Rim*.
- Pastor, J. (2018). *Xataka*. <https://www.xataka.com/ordenadores/raspberry-pi-3-model-b-analisis-mas-potencia-y-mejor-wifi-para-un-minipc-que-sigue-asombrando>
- PÉREZ, M. R., MENDOZA, M. A., & SUAREZ, M. J. (2019). Paradigma IoT: desde su conceptualización hacia su aplicación en la agricultura. *IoT Paradigm: From Its Concept towards Its Application in Agriculture.*, 40(18), 1–8.
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/16927><http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,sso&db=fap&AN=138305651&lang=es&site=ehost-live&scope=site&custid=s9226804>
- Rivero, A. C., Portal, J., Sosa, R., Santana, I., Clara, S., & Clara, V. (2019). *Diseño de aplicación IoT para el monitoreo de casas de cultivo*. 12(11), 27–38.
- Saletti-cuesta, L., Abraham, C., Sheeran, P., Adiyoso, W., Wilopo, W., Brossard, D., Wood, W., Cialdini, R., Groves, R. M., Chan, D. K. C., Zhang, C. Q., Josefsson, K. W., Cori, L., Bianchi, F., Cadum, E., Anthonj, C., NIH Office of Behavioral and Social Sciences, Deci, E. L., Ryan, R. M., ... IOTC. (2020). No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析Title. *Sustainability (Switzerland)*, 4(1), 1–9.
<https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/en/mdl-20203177951><http://dx.doi.org/10.1038/s41562-020-0887-9><http://dx.doi.org/10.1038/s41562-020-0884-z><https://doi.org/10.1080/13669877.2020.1758193><http://serisc.org/journals/index.php/IJAST/article>
- Serna Ruiz, A., Ros García, F. A., & Rico Noguera, J. C. (2010). *Guía práctica de sensores*.
- Waveshare. (2021). <https://www.waveshare.com/gsm-gprs-gnss-hat.htm>