



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA:

**Estudio de una red inalámbrica de sensores IOT para detección y control en tiempo real de los diferentes parámetros característicos de amarillamiento y secamiento en la palma africana.**

AUTOR:

Molina Granja, Carlos Augusto

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de **INGENIERO EN  
TELECOMUNICACIONES**

TUTOR:

M. Sc. Zamora Cedeño, Néstor Armando

Guayaquil, Ecuador

15 de septiembre del 2020



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. **Molina Granja, Carlos Augusto** como requerimiento para la obtención del título de **INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**.

TUTOR

M. Sc. Zamora Cedeño, Néstor Armando

DIRECTOR DE CARRERA

M. Sc. Heras Sánchez, Miguel Armando

Guayaquil, a los 15 días del mes de septiembre del año 2020



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Molina Granja, Carlos Augusto**

**DECLARÓ QUE:**

El trabajo de titulación **“Estudio de una red inalámbrica de sensores IOT para detección y control en tiempo real de los diferentes parámetros característicos de amarillamiento y secamiento en la palma africana”** previo a la obtención del Título de **Ingeniero en Telecomunicaciones**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 15 días del mes de septiembre del año 2020

EL AUTOR

---

MOLINA GRANJA, CARLOS AUGUSTO



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **Molina Granja, Carlos Augusto**

Autorizó a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **“Estudio de una red inalámbrica de sensores IOT para detección y control en tiempo real de los diferentes parámetros característicos de amarillamiento y secamiento en la palma africana”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 15 días del mes de septiembre del año 2020

EL AUTOR

---

MOLINA GRANJA, CARLOS AUGUSTO

# REPORTE DE URKUND



## Urkund Analysis Result

**Analysed Document:** Titulacion Molina.docx (D77292344)  
**Submitted:** 7/29/2020 6:04:00 PM  
**Submitted By:** nestor.zamora@cu.ucsg.edu.ec  
**Significance:** 4 %

### Sources included in the report:

Alvarado\_Hailis\_rev01.pdf (D63705806)  
TG2-2 diciembre 2016-JennyPalacios.docx (D24020329)  
MiguelAngel\_Barrero\_TFG\_parte1.pdf (D53991706)  
Montesinos\_Roberto\_2018.docx (D40601388)  
<https://www.antevenio.com/blog/2019/09/que-es-el-internet-de-las-cosas/>  
[http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2294/TESIS\\_MORA-ROSAS.pdf?sequence=1&isAllowed=yPazmi](http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2294/TESIS_MORA-ROSAS.pdf?sequence=1&isAllowed=yPazmi)

### Instances where selected sources appear:

10

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de titulación a mi familia en especial a mi madre que ha estado conmigo desde el primer día de inicio en esta carrera universitaria apoyándome y ayudándome para que logre el objetivo de obtener este título; a los docentes por compartir sus conocimientos y destrezas, siendo en conjunto una parte fundamental en este trabajo de titulación.

**EL AUTOR**

**MOLINA GRANJA, CARLOS AUGUSTO**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco primero a Dios por darme las fuerzas necesarias y la sabiduría de poder culminar esta etapa de mi vida estudiantil. A mi madre por estar incondicionalmente a mi lado y recibir su apoyo día a día, agradezco también a mi tutor de tesis el Ing. Néstor Zamora que ha estado en cada proceso que he llevado a cabo en la realización de este trabajo de titulación.

**EL AUTOR**

**MOLINA GRANJA, CARLOS AUGUSTO**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f. 

**M. Sc. ROMERO PAZ, MANUEL DE JESUS**  
DECANO

f. 

**M. Sc. PALACIOS MELÉNDEZ, EDWIN FERNANDO**  
COORDINADOR DEL ÁREA

f. 

**M. Sc. PHILCO ASQUI, LUI ORLANDO**  
OPONENTE



## Índice General

Índice de Figuras .....	XII
Índice de Tablas.....	XIV
Resumen .....	XV
Capítulo 1: Descripción General del Trabajo de Titulación .....	2
1.1. Introducción. ....	2
1.2. Antecedentes.....	3
1.3. Definición del Problema.....	3
1.4. Justificación del Problema. ....	4
1.5. Objetivos del Problema de Investigación. ....	4
1.5.1. Objetivo General.....	4
1.5.2. Objetivos Específicos.....	4
1.6. Hipótesis.....	5
1.7. Metodología de Investigación. ....	5
Capítulo 2: Fundamentación Teórica .....	6
2.1. Palma africana.....	6
2.1.1. Historia de la palama africana. ....	6
2.1.2. Cultivo de palma africana en el Ecuador .....	6
2.1.3. Importancia de la palma africana en el Ecuador .....	6
2.2. Amarillamiento y Secamiento en el cultivo de palma africana.....	7
2.2.1. Amarillamiento.....	7
2.2.2. Monitoreo convencional del amarillamiento.....	8
2.2.3. Control convencional del amarillamiento .....	8
2.2.4. Secamiento .....	8
2.2.5. Monitoreo convencional del secamiento .....	9
2.2.6. Control convencional del secamiento.....	9
2.3. Parámetros de medición en la palma africana. ....	10
2.3.1. Temperatura ambiente .....	10
2.3.2. Humedad del suelo.....	10

2.3.3.	Humedad relativa.....	10
2.3.4.	Humedad de las hojas.....	10
2.3.5.	PH del suelo.....	10
	Fuente: (Catalan S., 2016).....	11
2.4.	Internet de las cosas.....	11
2.4.1.	Historia de la IoT.....	11
2.4.2.	Aplicaciones de la IoT.....	12
2.4.3.	Agricultura de precisión.....	14
2.4.4.	Aplicación de IoT en la agricultura.....	15
2.4.5.	Evolución de la agronomía de precisión.....	15
2.4.6.	Etapas de la agronomía de precisión.....	16
2.4.7.	Sensores.....	17
2.4.8.	Tipos de sensores IoT en la agricultura.....	18
2.4.9.	Beneficios de los sensores IoT.....	21
2.5.	Arquitectura IoT para la agronomía de precisión.....	21
	22	
2.5.1.	Nivel de aplicación.....	22
2.5.2.	Nivel de transporte.....	23
2.5.3.	Nivel de implementación.....	23
2.5.4.	Nivel de red.....	24
2.5.5.	Nivel físico.....	25
2.6.	Protocolos de comunicación.....	25
2.6.1.	Modelo OSI.....	26
2.6.2.	RFID.....	27
2.6.3.	WirelessHart.....	28
2.6.4.	Z-Wave.....	28
2.6.5.	NFC (Near Field Communication).....	29
2.6.6.	ZigBee.....	29
2.6.7.	6LoWPAN.....	30
Capítulo 3: Diseño, Implementación y resultados.....		32

<b>3.1. Proceso actual para el control y monitoreo de la plaga.....</b>	<b>32</b>
<b>3.2. Parámetros que medir en la red de sensores inalámbricos IoT.....</b>	<b>33</b>
<b>3.3. Elementos IoT a utilizar en la red inalámbrica.....</b>	<b>34</b>
<b>3.3.1 Sensor de pH Alta.....</b>	<b>35</b>
<b>3.3.2. Sensor de temperatura inalámbrica Alta.....</b>	<b>36</b>
<b>3.3.3. Sensor de humedad inalámbrico-Alta.....</b>	<b>39</b>
<b>3.3.4. Puerta de enlace ALTA 4G LTE.....</b>	<b>40</b>
<b>3.4. Topologías para usar en la red inalámbrica propuesta.....</b>	<b>42</b>
<b>3.4.1. Topología tipo malla.....</b>	<b>43</b>
<b>43</b>	
<b>3.5. Centro de recolección de datos.....</b>	<b>43</b>
<b>3.5.1. Aplicación de smartphone para el monitoreo de los parámetros de medición propuestos.....</b>	<b>44</b>
<b>3.5.2. Correo electrónico.....</b>	<b>47</b>
<b>3.6. Propuesta de diseño de la red inalámbrica de sensores IoT.....</b>	<b>47</b>
<b>3.6.1. Configuración de sensores IoT mediante software.....</b>	<b>48</b>
<b>3.6.2. Visualización de datos recolectados por la red inalámbrica IoT.....</b>	<b>52</b>
<b>3.6.3. Ubicación de los nodos de sensores inalámbricos IoT para la red propuesta.....</b>	<b>55</b>
<b>3.7. Presupuesto promedio por el proyecto propuesto.....</b>	<b>62</b>
<b>Conclusiones.....</b>	<b>63</b>
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>64</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>65</b>

## Índice de Figuras

### Capítulo 2

Figura 2. 1: Amarillamiento progresivo .....	7
Figura 2. 2: Amarillamiento progresivo .....	8
Figura 2. 3: Secamiento avanzado en la palma africana .....	9
Figura 2. 4: Aplicativos IoT mas usados .....	14
Figura 2. 6: Sensor de radar guiado .....	18
Figura 2. 7: Sensor de radar .....	19
Figura 2. 8: Sensor de nivel hidrostático .....	19
Figura 2. 9: Sensor de ultrasonido .....	20
Figura 2. 10: Sensor de horquilla brillante .....	20
Figura 2. 11: Marco funcional para un servicio de información agrícola .....	24
Figura 2. 12: Estructura de capas del 6LoWPAN.....	26

### Capítulo 3

Figura 3. 1: Sensor inalámbrico de pH Alta .....	35
Figura 3. 2: Sensor de temperatura Alta .....	36
Figura 3. 3: Etiqueta técnica de los sensores Alta .....	37
Figura 3. 4: Sensor de humedad "Alta" .....	39
Figura 3. 5: Puerta de enlace 4G LTE "Alta" .....	40
Figura 3. 6: Distribución general de la red de sensores; del emisor al receptor .....	42
Figura 3. 7: Topología tipo malla.....	43
Figura 3. 8: Pestaña de inicio de sesión o crear cuenta .....	44
Figura 3. 9: Pestaña de inicio de sesión .....	44
Figura 3. 10: Menú principal de la aplicación .....	45
Figura 3. 11: Pestaña de gráficas de mediciones sensoriales .....	45
Figura 3. 12: Pestaña de baterías.....	46
Figura 3. 13: Notificación por medio de correo electrónico .....	47
Figura 3. 14: Diseño de la red de sensores inalámbricos .....	48
Figura 3. 15: Lista de sensores y gateway instalados.....	49
Figura 3. 16: Datos privados del cliente o empresa .....	49

Figura 3. 17: Lista de usuario y acceso a la informacion .....	50
Figura 3. 18: Estado tecnico de los sensores a uso.....	50
Figura 3. 19: Configuracion de parametros de medidas .....	51
Figura 3. 20: Configuracion de los parametros de medicion .....	51
Figura 3. 21: Base de datos de actividad del sensor .....	52
Figura 3. 22: Variaciones de temperatura y humead .....	53
Figura 3. 23: Variaciones en las graficas lineales de temperatura y humedad .....	54
Figura 3. 24: Prueba de sensores de medicion .....	54
Figura 3. 25: Exportacion a Google Earth de la posicion de cada uno de los nodos .....	55
Figura 3. 26:Ubicación del nodo de sneosres, especificando el alto de la estructura referente a la palma africana .....	56
Figura 3. 27: Parte interna de los sensores propuestos.....	57
Figura 3. 28: Panel solar , fuente de alimentacion del gateway .....	57
Figura 3. 29: Configuracion del gateway 4G LTE .....	58
Figura 3. 30: Soporte en forma de tripoide .....	61
Figura 3. 31:Zapatatas hormigonizadas.....	61

## Índice de Tablas

### Capítulo 2

Tabla 2. 1: Niveles de pH en cultivos.....	11
Tabla 2. 2: Niveles de arquitectura IoT .....	22
Tabla 2. 3: Modelo de capa OSI .....	27
Tabla 2. 4: Comparacion de protocolos .....	31

### Capítulo 3

Tabla 3. 1: Dosis recomendada de los elementos quimicos en plantaciones de palma africana .....	33
Tabla 3. 2: Medidas estandar a medir.....	34
Tabla 3. 3: Especificaiones tecnicas del sensor de pH.....	35
Tabla 3. 4: Especificaciones tecnicas del sensor de temperatura.....	37
Tabla 3. 5: Especificaciones tecnicas dels ensor de humedad .....	39
Tabla 3. 6: Especificaiones tecnicas de la puerta de enlace 4G LTE .....	41
Tabla 3. 7: Presupuesto promedio .....	62

## **Resumen**

Mediante el presente trabajo se busca dar a conocer una opción innovadora y eficiente integrando las tecnologías IoT en la agronomía que es el motor principal de la economía del país. La demanda de productos alimenticios a nivel mundial cada día va aumentando por lo que la materia prima requiere de una producción más eficiente a un menor tiempo cumpliendo con los estándares de calidad requeridos. El avance de las tecnologías ha hecho posible una convergencia entre ambos campos evolucionando la manufactura agrícola facilitando así rentabilidad de los cultivos. Sin duda los principales síntomas de las plagas en la palma africana son el secamiento y amarillamiento la causante de la baja productividad y calidad de producción de aceite de palma en la provincia de Los Ríos. El uso de sensores IoT en la plantación facilita el manejo, monitoreo y control de los parámetros que se deben considerar evitando un avance progresivo y letal de la enfermedad. Por lo tanto, el desarrollo de este trabajo ofrece al agricultor ecuatoriano tener una perspectiva innovadora con mira al futuro de sus cultivos, optimizando recursos, produciendo mayor volumen a un menor tiempo.

**Palabras claves: IOT, CONVERGENCIA, TECNOLOGIA, AGRONOMIA, SENSORES, PALMA AFRICANA, NODOS, PARAMETROS.**

## **ABSTRACT**

The present work seeks to publicize an innovative and efficient option by integrating IoT technologies into the agronomy that is the main driver of the country's economy. The demand for food products worldwide every day is increasing so that the raw material requires more efficient production at a shorter time meeting the required quality standards. The advancement of technologies has made possible convergence between the two fields by evolving agricultural manufacturing thus facilitating crop profitability. Undoubtedly the main symptoms of pests in the African palm are the drying and yellowing that causes low productivity and quality of palm oil production in the province of Los Ríos. The use of IoT sensors in the plantation facilitates the management, monitoring and control of parameters to be considered avoiding a progressive and lethal progression of the disease. Therefore, the development of this work offers Ecuadorian farmers an innovative perspective with a view to the future of their crops, optimizing resources, producing greater volume at a shorter time.

**Keywords: IOT, CONVERGENCE, TECHNOLOGY, AGRONOMY, SENSORS, AFRICAN PALM, NODES, PARAMETERS.**



## **Capítulo 1: Descripción General del Trabajo de Titulación**

### **1.1. Introducción.**

El internet de las cosas se define como la conexión digital de objetos y dispositivos cotidianos con internet. Es un paso más en la interconectividad, de forma que no solo las personas se conectan a la red de redes. Ahora, también lo pueden hacer los objetos, además de interconectarse entre sí para crear redes inteligentes. El internet de las cosas en agricultura podría definirse de la misma manera, pero trasladándolo a su aplicación sistemas de producción o maquinaria agrícola. La aplicación del IoT a la agricultura supone un cambio en la manera de trabajar en los cultivos, con el objetivo de automatizar procesos, optimizar recursos, reducir gastos y aumentar la rentabilidad y la producción. Los métodos tradicionales ya no permiten solucionar los problemas a los que se enfrenta la agricultura. Es necesario adoptar sistemas que sean capaces de maximizar el rendimiento de los recursos y modernizar toda la operativa desde la base. Y ahí es donde entra el internet de las cosas. Los sensores IoT para la agricultura es una herramienta para usos específicos la cual ayudan a controlar a el agricultor el estado de sus cultivos ya sea externo o internos para poder actuar a tiempo ante alguna amenaza que este expuesta. En la palma africana el amarillamiento y secamiento son los principales síntomas de diversas plagas que pueden afectar la plantación mediante el uso de sensores se reducirá la probabilidad de infección a la palma africana.

## **1.2. Antecedentes.**

En los últimos años es tendencia en varias partes del mundo el uso de la terminología IoT (internet de las cosas), su desarrollo va de la mano del nuevo auge en el diverso uso del internet. Para la agricultura las tecnologías IoT ha dado como resultado el nacimiento de “Smart Agriculture” (agricultura inteligente), el uso de esta tecnología hace que el agro aplique la automatización total en su manufactura. Se emplean redes de sensores programables para el uso requerido lo cual procesa varios datos específicos que se registran en una base de datos así se pondrá a acceder a dicha información y tomar decisiones asertivas y eficientes. Uno de los países pioneros en el desarrollo e implementación de “Smart Agriculture” es España. Una de las empresas más reconocidas es “Libelium”, dedicada a desarrollar sensores de IoT para la agricultura lo cuales miden el PH del agua o suelo, humedad e la hoja o suelo, temperatura de la planta o del exterior etc. Con amplia experiencia han llevado a cabo proyectos en ganaderías y viñedos obteniendo resultados excelentes. Los sensores a usar deben de cubrir las necesidades del cliente, deben de soportar cambios climáticos o agentes externos que puede estar expuesto.

Existen investigaciones relacionadas al tema como es el caso de la optimización de la trazabilidad del aceite de palma por medio de blockchain y IoT (David Soto Sedano, 2019) en la Universidad de Piura, Diseño de una red de sensores (WSN); tecnología 802.1 5.4, basado en el concepto agricultura de precisión para el control y monitoreo de cultivos de hortalizas bajo invernadero en la granja la pradera de la Universidad Técnica del Norte (Jenny Palacios,2017).

## **1.3. Definición del Problema.**

Gran parte de los agricultores de palma africana viven con el constante temor a que sus plantaciones salgan afectadas con amarillamiento y secamiento debido al poco control y eficacia. Los múltiples usos de las redes de sensores han evolucionado con el tiempo hasta llegar a implementarse en

el campo de la agricultura. Los sensores tienen como función principal, recolectar diferente tipo de información con el fin de tener un análisis, monitoreo y control óptimo en la producción del cultivo. Por tanto, la falta de recursos tecnológicos IoT en cultivos de palma hace que la detección de plagas sea tardía y genere pérdidas cuantiosas en plantaciones.

#### **1.4. Justificación del Problema.**

La importancia del presente trabajo de titulación es, el impacto tecnológico que tendrán los agricultores de palma africana debido a que implementarían una automatización total en su manufactura con mejores resultados y con poca posibilidad de pérdida en materia prima. Los agricultores tendrían una herramienta tecnológica muy eficaz y precisa la cual les brindaran monitoreo y control de prevención ante posibles brotes de infección en sus plantaciones de palma africana e incrementando la rentabilidad de los cultivos, su calidad, cantidad y rendimiento. Siendo importante en el crecimiento del ámbito económico y agrícola del país.

#### **1.5. Objetivos del Problema de Investigación.**

##### **1.5.1. Objetivo General.**

Estudiar el uso y aplicación de los sensores de IOT para detectar y controlar de manera efectiva en tiempo real los diferentes parámetros característicos de la plaga en la palma africana.

##### **1.5.2. Objetivos Específicos.**

- Explicar el proceso convencional para el control y monitoreo de la plaga.
- Detallar los diferentes parámetros a medir para la prevención y control de la plaga.
- Analizar los diferentes tipos de equipos y sensores IOT a utilizar para el control preventivo de la plaga.
- Diseñar una red inalámbrica de sensores IoT para la detección y control en tiempo real de la plaga.

## **1.6. Hipótesis.**

La tecnología de IOT tiene aplicativos en el campo de la agricultura específicamente en plantaciones de palma africana, lo cual le asegura una optimización de recursos y en la producción de palma africana. Como resultado se reducirán gastos económicos y pérdidas en plantaciones para beneficio del agricultor.

## **1.7. Metodología de Investigación.**

Uno de los tipos de investigación fue descriptiva para poder detallar y explicar los parámetros a medir y su proceso convencional para llevar a cabo un control y monitoreo de la plantación.

El uso de tipo analítica también fue plasmado en esta investigación porque se realizó el estudio de los diferentes equipos y sensores de IoT que se va a trabajar ya que son de usos y características singulares las cuales dan beneficios óptimos para la producción de palma africana en el país.

## **Capítulo 2: Fundamentación Teórica**

### **2.1. Palma africana.**

#### **2.1.1. Historia de la palama africana.**

La Eleia, nombre griego de la palma de aceite que significa oliva y guineensis por su origen geográfico, es una planta tropical originaria de climas cálidos, a lo largo del Golfo de Guinea, localizados generalmente por debajo de los 500 msnm. La mayor superficie mundial de cultivo y derivados, se la ubica en Malasia, seguido de Nigeria, Indonesia, Zaire, Costa de Marfil. En el continente americano Colombia y Ecuador poseen importantes parámetros productivos industriales.(Falconi B., 2019)

#### **2.1.2. Cultivo de palma africana en el Ecuador**

Las principales zonas de cultivo en el Ecuador se ubican en Esmeraldas, Quevedo, Santo Domingo y en la región del Oriente Ecuatoriano. Los rendimientos pueden oscilar de 35 toneladas de fruta fresca hectárea año uno de los índices, que en términos de rendimientos de aceite tiene promedios de tres a cinco toneladas de aceite de pulpa por cada hectárea de cultivo. La cual se usa principalmente como materia prima para el procesamiento de productos comestibles, vitaminas, derivados grasas especiales, cosméticos, jabones. En la fabricación de acero inoxidable, aditivos para lubricantes, tintas industriales, concentrados minerales. Además, se obtiene de una a dos toneladas de aceite de palmiste en la recuperación de la almendra, para la producción de margarina, aceite vegetal, manteca, alimento balanceado para ganado bovino, equino, incluso especies menores.(Falconi B., 2019)

#### **2.1.3. Importancia de la palma africana en el Ecuador**

En la actualidad, el cultivo de la Palma Aceitera (*Elaeis guineensis*, Jacq.) se ha constituido en uno de los principales rubros agroindustriales del

Ecuador mostrando, desde su introducción al país, un crecimiento sostenido debido, entre otros factores, a ser muy rentable y a la alta demanda del mercado de productos y subproductos de la palma aceitera. (Carrillo Z. et al., 2015)

## **2.2. Amarillamiento y Secamiento en el cultivo de palma africana**

### **2.2.1. Amarillamiento**

Es una enfermedad muy limitante de la palma de aceite, causada por *Phytophthora palmivora*. Este microorganismo tiene especial afinidad con el agua y las temperaturas entre 27 y 30 °C, alta humedad relativa y baja radiación solar favorecen su desarrollo. Puede presentarse en cualquier edad del cultivo. En condiciones de sequía extrema y de suelos mal drenados es posible observar palmas con síntomas de hoja clorótica (amarillamiento de las hojas cercanas al paquete de flechas), lo cual constituye un estado avanzado de la pudrición del cogollo. (Cenipalma, 2016)



Figura 2.1. Amarillamiento progresivo

Fuente:(Cenipalma, 2018)

### **2.2.2. Monitoreo convencional del amarillamiento**

El monitoreo de palmas con amarillamiento y secamiento se deberá realizar mensualmente mediante censo fitosanitario (visita técnica) con el propósito de hacer una detección temprana. Si aumenta la incidencia en el lote, el monitoreo deberá intensificarse cada 15 o 7 días.(Cenipalma, 2016).

### **2.2.3. Control convencional del amarillamiento**

Se debe evitar encharcamiento en el terreno, realizar un drenaje óptimo de acuerdo con la topografía de la plantación, realizar fertilización adecuada de acuerdo con las características del cultivo. (Cenipalma, 2016)



Figura 2.2. Amarillamiento progresivo

Fuente:(Andina, 2014)

### **2.2.4. Secamiento**

Es una enfermedad letal fitosanitario donde la palma muere mientras avanzan los síntomas internos y externos. El secamiento se evidencia en las hojas desde la parte inferior hasta la superior, presenta color rojizo en el secamiento; pudrición en los racimos y desprendimiento de los frutos verdes; pérdida de brillo en sus frutos.(Cenipalma, 2016)



Figura 2.3. Secamiento avanzado en la palma africana

Fuente:(Cenipalma, 2018)

### **2.2.5. Monitoreo convencional del secamiento**

El monitoreo del cultivo afectado por el secamiento se debe realizar mensual o de acuerdo al diagnóstico técnico se intensificarán los monitoreos de la palma.(Cenipalma, 2016)

### **2.2.6. Control convencional del secamiento**

Una vez identificado la palma afectada se procede a insertarle insecticida cubriendo también su vegetación que lo rodea. En caso de un avance significativo en la enfermedad se procede a la eliminación total de la palma y de la misma manera se debe aplicar insecticida a la palma eliminada.(Cenipalma, 2016)

### **Comportamiento del secamiento**

- Es una enfermedad letal.
- Afecta a palmas a partir de un año hasta la edad adulta.
- Desde la aparición de los primeros síntomas visibles hasta que la planta colapsa totalmente transcurren de 1–2 meses.
- Manejo de la enfermedad



## **2.3. Parámetros de medición en la palma africana.**

### **2.3.1. Temperatura ambiente**

La temperatura está definida como la intensidad de calor que tiene un objeto, dicha energía calorífica es el promedio de la energía cinéticas de la materia, es decir, cuando mayor sea la energía mayor será la temperatura.(Mora M. & Rosas P., 2019)

### **2.3.2. Humedad del suelo.**

Se denomina humedad de suelo a la suma de cantidad de agua por volumen de tierra que hay en un espacio o terreno.(Mora M. & Rosas P., 2019)

### **2.3.3. Humedad relativa**

Está definida como el conjunto de agua almacenado en el aire, está relacionada con la humedad que existe en el suelo y la temperatura. Se debe considerar que la humedad relativa con respecto a la temperatura es inversamente proporcional, es decir, a mayor temperatura la humedad relativa disminuye.(Mora M. & Rosas P., 2019)

### **2.3.4. Humedad de las hojas**

La humedad de las hojas es un parámetro que enfoca especialmente en el campo agrícola como ayuda en el monitoreo y control de enfermedades en las plantas. La humedad en las hojas es un factor muy importante en las infecciones de las plantas, ya que al aparecer sirve de protección en las plantas para las actividades de fumigación.

### **2.3.5. PH del suelo**

El pH es una de las variables más importantes en los suelos agrícolas, pues afecta directamente a la absorción de los nutrientes del suelo por las plantas, así como a la resolución de muchos procesos químicos que en él se

producen. En general, el pH óptimo de estos suelos debe variar entre 6,5 y 7,0 para obtener los mejores rendimientos y la mayor productividad, ya que se trata del rango donde los nutrientes son más fácilmente asimilables, y, por tanto, donde mejor se aportarán la mayoría de los cultivos. (Catalan S., 2016)

Tabla 2.1: Niveles de pH en cultivos.

<b>CULTIVO</b>	<b>4.5</b>	<b>5</b>	<b>5.5</b>	<b>6</b>	<b>6.5</b>	<b>7</b>	<b>7.5</b>	<b>8</b>	<b>8.5</b>
TRIGO			■	■	■	■	■		
CEBADA					■	■	■	■	
CENTENO		■	■	■	■	■			
AVENA		■	■	■	■	■	■		
MAIZ			■	■	■	■	■	■	
GUISANTE				■	■	■	■		
VEZA SATIVA			■	■	■	■	■		
ALFALFA				■	■	■	■		
VEZA VILLOSA		■	■	■	■	■	■		
REMOLACHA				■	■	■			
GIRASOL				■	■	■			

Fuente: (Catalan S., 2016)

## 2.4. Internet de las cosas

Conocido como IoT (Internet de las cosas), es una nueva tecnología que permite que cualquier objeto, aparato médico, electrodoméstico, vehículos y todo tipo de sensores o cosas pasen a formar parte del internet. Permite la interacción ente personas y objetos o inclusive entre objetos. El término IoT se usa principalmente para dispositivos que generalmente no se espera que tengan una conexión a Internet, y que pueden comunicarse con la red independientemente de la acción humana.(Pazmiño, 2019)

### 2.4.1. Historia de la IoT

La idea de agregar sensores e inteligencia a los objetos básicos se discutió a lo largo de los años ochenta y noventa, pero aparte de algunos proyectos iniciales, incluida una máquina expendedora conectada a Internet, el progreso fue lento simplemente porque la tecnología no estaba lista. Los chips eran demasiado grandes y voluminosos y no había forma de que los

objetos se comunicaran de manera efectiva. Se necesitaban procesadores que fueran lo suficientemente baratos y económicos como para ser descartables antes de que finalmente se volviera rentable conectar miles de millones de dispositivos. La adopción de etiquetas RFID , chips de baja potencia que pueden comunicarse de forma inalámbrica, resolvió parte de este problema, junto con la creciente disponibilidad de Internet de banda ancha y redes celulares e inalámbricas. (Ranger., 2020)

La adopción de IPv6 , que, entre otras cosas, debería proporcionar suficientes direcciones IP para cada dispositivo que el mundo pueda necesitar, también fue un paso necesario para que IoT escale. Kevin Ashton acuñó la frase "Internet de las cosas" en 1999, aunque la tecnología tardó al menos otra década en alcanzar la visión. Agregar una etiqueta RFID a equipos costosos para ayudar a rastrear su ubicación fue una de las primeras aplicaciones de IoT. El IoT fue inicialmente más interesante para los negocios y la fabricación, donde su aplicación a veces se conoce como máquina a máquina (M2M), pero ahora se hace hincapié en llenar nuestros hogares y oficinas con dispositivos inteligentes, transformándolos en algo que sea relevante para casi todo el mundo.(Ranger., 2020)

#### **2.4.2. Aplicaciones de la IoT**

- **Gadgets:** En artículos varios de uso común como Smart watch, sensor portátil de ritmo cardíaco, visores inteligentes son algunos ejemplos de gadgets que usamos. Son dispositivos relativamente pequeños conformado por sensores y hardware que realizan un trabajo óptimo para el beneficio del usuario.
- **Salud:** La IoT en la salud, sensores que se pueden conectar a los pacientes, el medico les da seguimiento y control a las condiciones del paciente hasta fuera del hospital, alertas medicas de signos vitales, hasta la prevención de enfermedades o casos letales.

- **Ciudades inteligentes:** Es muy útil para las grandes metrópolis o ciudades importantes, el poder controlar el tráfico a través de teléfonos móviles y hasta monitoreo de tráfico, destinar rutas distintas, llegada aproximada.
- **Gestión de flotas:** Sensores en vehículos ayudan a interconectarse el vehículo o la flota o el administrador de la flota. Ver el funcionamiento, las rutas o detalles específicos de la mecánica para prevenir inconvenientes como falta de combustible o mejorar conductividad.
- **Agricultura:** Por medio de la IoT, podemos incluir sensores en los cultivos o ganadería e incluso en la acuicultura. Sensores que miden parámetros específicos que el usuario puede programar en los cultivos o animales, poder incrementar a productividad en los resultados optimizando recursos (PH del suelo, agua, temperatura ambiente, humedad del suelo, etc.)
- **Hotelería:** Calidad de servicio, implementación de tecnologías como llaves electrónicas, aplicaciones móviles para poder automatizar la interacción en la estadía. Realizar room service, pagos desde el móvil, ofertas, comunicación con el personal.
- **Medio ambiente:** Medidores de energía con sensores ayudan al ahorro automatizado para el control y prevención del consumo eléctrico o de agua. Comunicación directa y simultánea entre el cliente y la compañía son aplicaciones sobre problemas o novedades técnicas.

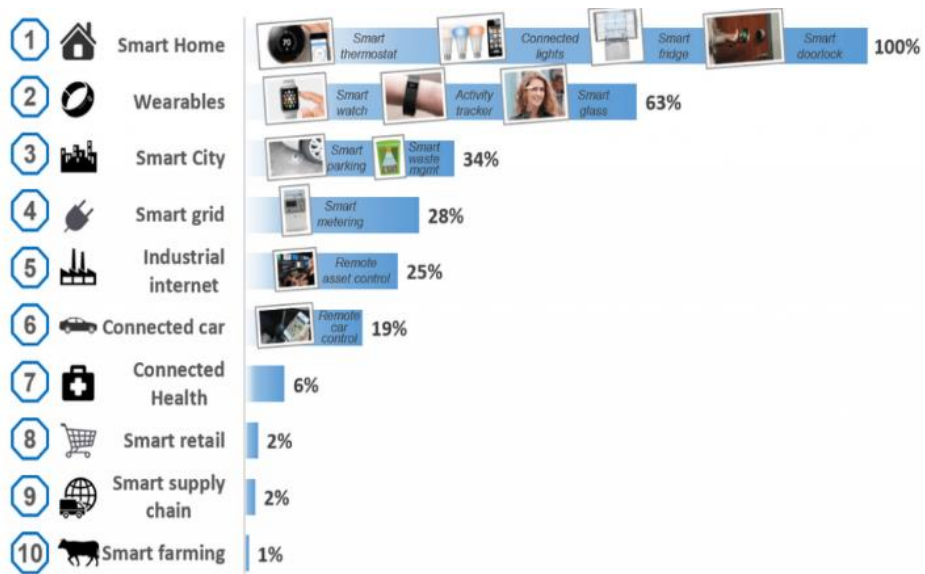


Figura 2.4: Aplicativos IoT más usados.

Fuente: (AELICES, 2015)

### 2.4.3. Agricultura de precisión

Es el proceso de usar imágenes satelitales y otras tecnologías (como sensores) para observar y registrar datos con el objetivo de mejorar la producción y minimizar los costos y preservar los recursos. La innovación tecnológica en la agricultura no es nada nuevo, las herramientas de mano eran las normas hace cientos de años, y luego la revolución industrial provocó el auge en la industrialización. (Meola., 2020)

La década de 1800 trajo consigo elevadores de granos, fertilizantes químicos y el primer tractor a gas. Hasta a finales del siglo XX, cuando los agricultores comienzan a usar satélites para planificar su trabajo. La IoT está listo para impulsar el futuro de la agricultura al siguiente nivel. La agricultura inteligente ya se está volviendo más común entre los agricultores, y la agricultura de alta tecnología se está convirtiendo rápidamente en el estándar gracias a los drones y sensores agrícolas que pueden implementar en sus cultivos y tener un rendimiento óptimo en su manufactura. (Meola., 2020)

#### **2.4.4. Aplicación de IoT en la agricultura**

Ayudará a los agricultores a satisfacer las demandas alimentarias del mundo en los próximos años. Los agricultores ya han comenzado a emplear algunas técnicas y tecnologías agrícolas de alta tecnología para mejorar la eficiencia de su trabajo diario. Por ejemplo, los sensores colocados en los campos permiten a los agricultores obtener mapas detallados de la topografía y los recursos en el área, así como variables como la acidez y la temperatura del suelo. (Meola., 2020)

También pueden acceder a pronósticos climáticos para predecir patrones climáticos en los próximos días y semanas. Los agricultores pueden usar sus teléfonos inteligentes para controlar de forma remota sus equipos, cultivos y ganado, así como para obtener estadísticas sobre la alimentación y producción de su ganado. Incluso pueden usar esta tecnología para realizar predicciones estadísticas para sus cultivos y ganado. Y los drones se han convertido en una herramienta invaluable para que los agricultores inspeccionen sus tierras y generen datos de cultivos. (Meola., 2020)

#### **2.4.5. Evolución de la agronomía de precisión**

Empezó en las décadas del '70 y '80 en Estados Unidos, cuando se vio la necesidad de tener un registro de mapeos, datos sobre el estado del suelo y la productividad de las cosechas cuando se empezó a tener idea y comienzo a una agronomía de precisión. Mediante la unión de varias compañías y empresas tecnológicas se pudo llegar a un acuerdo en conjunto para el desarrollo del concepto de variabilidad del suelo, que determina el uso óptimo del suelo y el manejo de los recursos. Reduciendo las siembras totales en el terreno, sino que poder llevar acabo en espacios donde se llegue a un funcionamiento del suelo.

Con el tiempo la evolución de las máquinas agrícolas usa sensores y sistema de posicionamiento global (GPS) para mapeo y aplicación de insumos con diferentes medidas. En 1982 Massey Ferguson fue la primera compañía

en producir una cosechadora comercial con sistema de mapeo de productividad de granos. Luego las competencias no se hicieron esperar en reinventarse con maquinarias inteligentes y así competir empresas tales como; John Deere y New Holland.

Actualmente en la mayoría e las cosechadoras que se producen en el mundo, cuentan con sistemas inteligentes para el monitoreo y control de granos. Cuentan con sensores para; medir el flujo de los granos, humedad, velocidad de la cosecha, posición para el corte del cultivo, GPS.

#### **2.4.6. Etapas de la agronomía de precisión**

Actualmente para la aplicación de la agronomía de precisión los expertos e ingenieros se basan en cuatro etapas las cuales se inicia, se desarrolla, se analiza y se concluye.

- **Adquisición de datos:** Esto depende de la cantidad de sensores y parámetros que se quieran medir en el campo, depende del tipo de cultivo ya que la capacidad tecnológica es suficiente como para medir; humedad, pH del suelo, probabilidad de plagas, geolocalización etc.(Qampo, 2020)
- **Análisis de datos :** Una vez registrado los datos se usan herramientas para la interpretación de este pueden ser mapeos, geolocalización etc.(Qampo, 2020)
- **Toma de decisiones:** Una vez teniendo todos los datos procesados, la ardua experiencia del técnico o ingeniero agrónomo debe presentarse para a la toma de la mejor decisión sobre el cultivo. Pude tomar decisiones para detectar, prevenir enfermedades o plagas o solo para la gestión.(Qampo, 2020)

- **Monitorización del rendimiento:** Se evalúan los resultados obtenidos de la producción, las acciones tomadas con anterioridad y el resultado final con la finalidad de aprender de los errores cometidos. Si podemos guardar la información podemos medir los resultados a corto y largo plazo. (Qampo, 2020)

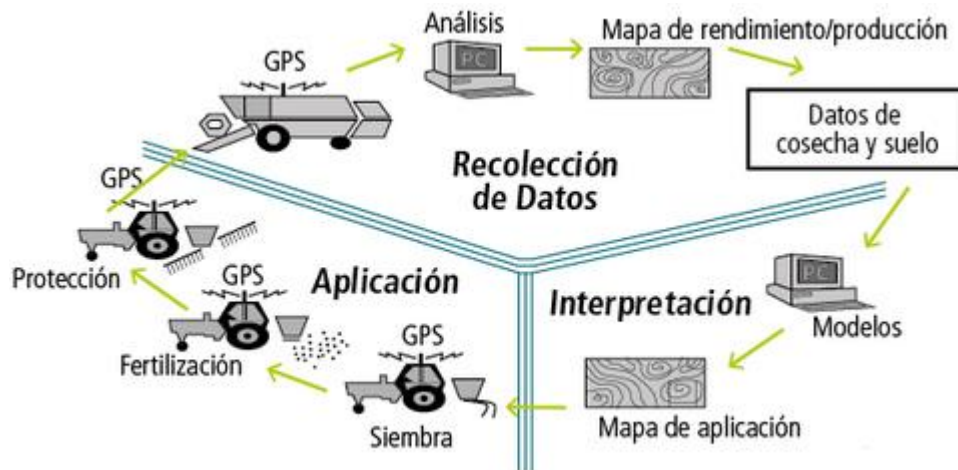


Figura 2.5. Etapas de la agricultura de precisión

Fuente:(CultivosMaiz, 2017)

### 2.4.7. Sensores

Sensores es un concepto que hace referencia a diferentes tipos de sensores. Bajo esta palabra de sensores se entiende tanto las unidades que emite una señal analógica, como las unidades que emite una señal binaria (encendido o apagado). En todos aquellos lugares donde no sea posible detectar magnitudes eléctricas se requiere los sensores. Convierte una magnitud física en una magnitud eléctrica. Encontrará en nuestra gama de productos sensores para diferentes magnitudes físicas.



#### 2.4.8. Tipos de sensores IoT en la agricultura

- **Sensor de radar guiado:** El sensor de radar guiado es de uso primordial en la medición de líquidos o sólidos granulados. Son también los detectores más eficaces de medición ya que no afecta a la superficie del producto medio. Una de las ventajas es que brinda mayor seguridad en su funcionamiento. Su función se basa en pulsos de radar de alta frecuencia.(Agrodiario, 2019)



Figura 2.6: Sensor de radar guiado.

Fuente: (Interempresas, 2020)

- **Sensores de radar:** Es un detector de nivel muy característico por medir en una extensa variedad de producto hasta en los que son corrosivos. Es altamente impermeable y robusto ya que trabaja en niveles extremos de temperatura. Su ventaja principal es que no necesita mantenimiento. Su accionar lo hace sin tener contacto alguno con el producto.(Agrodiario, 2019)



Figura 2.7: Sensor de radar.

Fuente: (Agrodiario, 2019)

- **Sensores de niveles hidrostático:** Es de perfecto funcionamiento para ser sumergido en pozos o en alguna profundidad ya que cuentan con una impermeabilidad extrema para evitar filtrados de líquidos. Una ventaja de este sensor es que es conocida por ser de buena estabilidad a largo plazo.(Agrodiario, 2019)



Figura 2.8: Sensor de nivel hidrostático.

Fuente: (Sulzer, 2019)

- **Sensores de ultrasonido:** Este sensor puede hacer mediciones sin la necesidad de estar en contacto. Requiere un mantenimiento especial y

especifico. Su característica especial es que no tiene problema alguno por si tiene adherencia alguna, humedad o densidad.(Agrodiario, 2019)



Figura 2.9: Sensor de ultrasonido.

Fuente: (Sulzer, 2019)

- **Sensores de horquilla brillante:** Este sensor es muy utilizado para silos donde se guardan diferentes tipos de granos fino o pulverizados. Son resistentes a las vibraciones o adherencias o alguna propiedad específica del producto.(Agrodiario, 2019)



Figura 2.10: Sensor de horquilla brillante.

Fuente: (Agrodiario, 2019)

#### **2.4.9. Beneficios de los sensores IoT**

Con el uso de sensores inteligentes, podrá gestionar sus terrenos y cultivos eficientemente y optimizar la observación, medición y toma de decisiones. Sus óptimos sistemas de predicción y administración permiten tener un mayor control sobre todos sus cultivos para así garantizar la más alta calidad de los productos. Los sensores pueden medir una gran cantidad de parámetros desde la temperatura y radiación solar hasta el diámetro del tronco y humedad de las hojas. (Convergencia, 2020)

Otra gran ventaja que provee la tecnología IoT de los sensores inteligentes es la optimización en el manejo de los recursos hídricos y los procesos de irrigación. Sensores como los Smart Agriculture se pueden complementar con sensores Smart Water para tener una administración más completa de todos sus recursos, tanto agrícolas como hídricos. Además, al estableciendo sistemas inteligentes como el riego automatizado, podrá tener un manejo más eficiente del agua y reducir sus costos en consumo.(Convergencia, 2020)

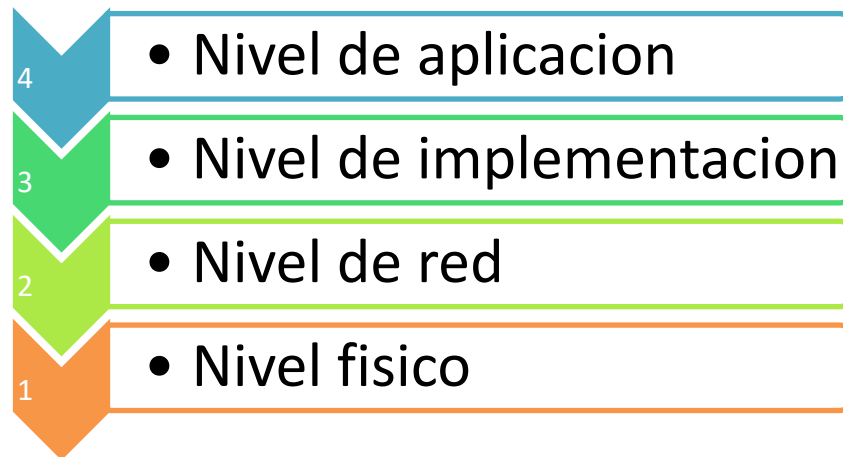
En todo terreno, es importante mantener un ambiente óptimo para el crecimiento adecuado del cultivo y para evitar que alguna plaga pueda infestarlo. La instalación de sensores inteligentes facilita el control de plagas y enfermedades producidas por hongos, detectando su presencia antes de que puedan expandirse y dañar los cultivos. Esto resulta una gran ventaja ya que no solo mejora la calidad de los productos, sino que también significa un ahorro de costos por la reducción de uso de fertilizantes y pesticidas.(Convergencia, 2020)

#### **2.5. Arquitectura IoT para la agronomía de precisión**

La red agrícola de IoT es el factor principal de IoT en el campo de la agricultura. La arquitectura de red agrícola de IoT sugiere un esquema para la especificación de los elementos físicos de una red agrícola de IoT, así como sus principios y técnicas de trabajo. La mayoría de las aplicaciones de IoT

generalmente siguen la arquitectura de cuatro niveles (nivel de red, nivel de aplicación, nivel física y nivel de transporte).

Tabla 1.2: Niveles de arquitectura IoT.



Fuente: Elaborado por el autor.

### 2.5.1. Nivel de aplicación

Debido a las limitaciones de energía y al cálculo riguroso de los dispositivos IoT, existen muchos protocolos livianos en la capa de aplicación como CoAP, MQTT, AMQP y HTTP. Estos protocolos se pueden aumentar o disminuir de acuerdo con los requisitos del sistema.

- **CoAP:** Se ejecuta en UDP y funciona según el principio de la arquitectura de solicitud o respuesta.
- **AMQP:** Se ejecuta sobre el protocolo TCP siguiendo la arquitectura de publicación / suscripción de forma asíncrona y utiliza TSL / SSL para garantizar la seguridad.
- **MQTT:** Es un protocolo de ancho de banda eficiente que utiliza poca batería y está diseñado para recibir y transmitir información del sensor.
- **HTTP:** Es un protocolo de mensajería web bien conocido que se basa en la arquitectura de solicitud / respuesta. Se ejecuta sobre TCP y no define ninguna QoS, utiliza TSL / SSL por motivos de seguridad.

### 2.5.2. Nivel de transporte

También se llama capa de transporte de host a host, y es transferido directamente de IP al dominio de IoT. La tarea principal de la capa de red es recoger y encapsular la agricultura información que se obtiene a través de la capa del sensor. Existen dos protocolos que son el protocolo de control de transmisión (TCP) y protocolo de datagramas de usuario (UDP).

- **TCP:** Es una conexión protocolo orientado que garantiza la fiabilidad de la entrega datos. La velocidad de transmisión de datos TCP es baja en comparación con UDP.
- **UDP:** Es una conexión sin protocolo que no garantizar la fiabilidad de los datos. Su velocidad de transmisión de datos es alta en comparación con TCP. Ambos protocolos se usan en diferentes aplicaciones porque sus elecciones dependen de requisitos de aplicación.

### 2.5.3. Nivel de implementación

Múltiples sensores, diferentes tipos de actuadores y microcontroladores se implementan físicamente para monitorear diferentes aplicaciones agrícolas. Se incluyen muchos otros equipos de red también implementados en la capa física como conmutadores, enrutadores y puertas de enlace. En esta capa se detectan condiciones ambientales completas y luego actúan de acuerdo con instrucciones predefinidas. El microcontrolador desempeña el papel de supervisor y realiza operaciones relacionadas con la red y algunas otras funciones que realizan los sensores y actuadores.

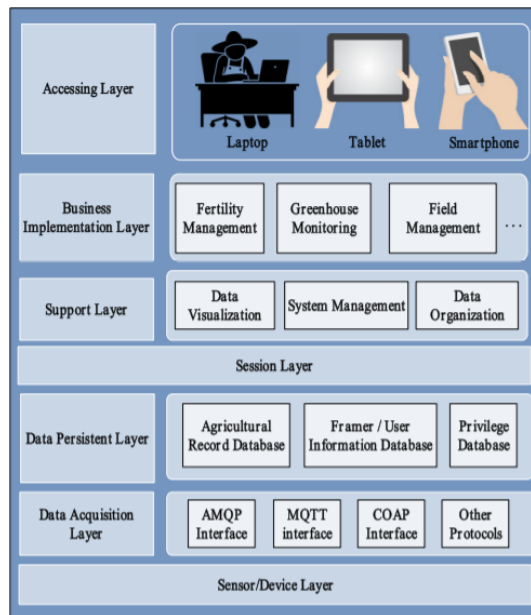


Figura 2.11: Marco funcional para un servicio de información agrícola.

Fuente: (Farooq et al., 2019)

#### 2.5.4. Nivel de red

Este nivel es una tecnología indispensable para la agricultura de precisión y responsable de transmitir información agrícola en la capa de aplicación. IP es la opción principal con las dos versiones existentes que son IPv4 e IPv6.

- **IPv4:** Surgió debido al aumento de la gran cantidad de dispositivos direccionables.
- **IPv6:** Gradualmente se establece en todos los dispositivos de red. El protocolo de enrutamiento para redes de baja potencia y con pérdida (RPL) se considera el protocolo principal al aplicar el enrutamiento en 6LoWPAN.
- **RPL:** Consiste en un protocolo de enrutamiento de vector de distancia que utiliza gráficos acíclicos dirigidos orientados a destino (DODAG) para especificar rutas. Para admitir diferentes flujos de tráfico, RPL se

modifica a sí mismo de acuerdo con la velocidad de la red y reconoce las métricas de enrutamiento, como el estado de la batería utilizada en el dispositivo, la calidad del enlace y un mayor intercambio de costos computacionales.

### **2.5.5. Nivel físico**

Esta es el nivel más inferior en la arquitectura de redes agrícolas que es responsable de detectar y accionar diferentes parámetros agrícolas. Dentro de la capa física y MAC.

- **IEEE 802.15.4:** Es uno de los estándares más populares que fue diseñado para bajo costo, bajo consumo y baja complejidad. Este estándar fue adoptado por muchos protocolos como Wireless HART, ZigBee e ISA100.
- **IEEE 802.11 (Wi-Fi):** Opera principalmente en la banda ISM de 2.4 GHz. Además, también opera a 915 MHz (en las Naciones Unidas de América) 868 MHz (en países europeos) y admite velocidades de datos de hasta 250 kbps.

### **2.6. Protocolos de comunicación**

Los protocolos de comunicación recopilan y encapsulan datos agrícolas. Procesar y transmitir datos mediante el uso de estos protocolos se ha considerado como el centro neurálgico de la IoT en la agricultura. Estos protocolos consisten en tecnologías relacionadas con Internet como las tecnologías WIFI, LoraWan y Code Division Multiple Access (CDMA). ZigBee es considerado como el habilitador principal para la comunicación a largas distancias, cuando los proveedores de servicios de terceros como evolución a largo plazo (LTE), CDMA o Sistema global para móviles (GSM) no están disponibles.



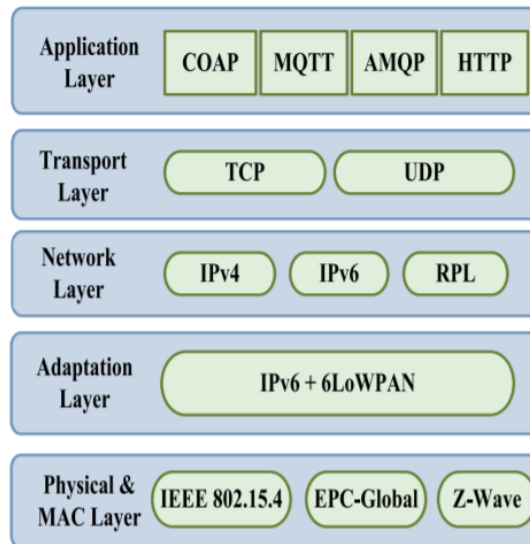


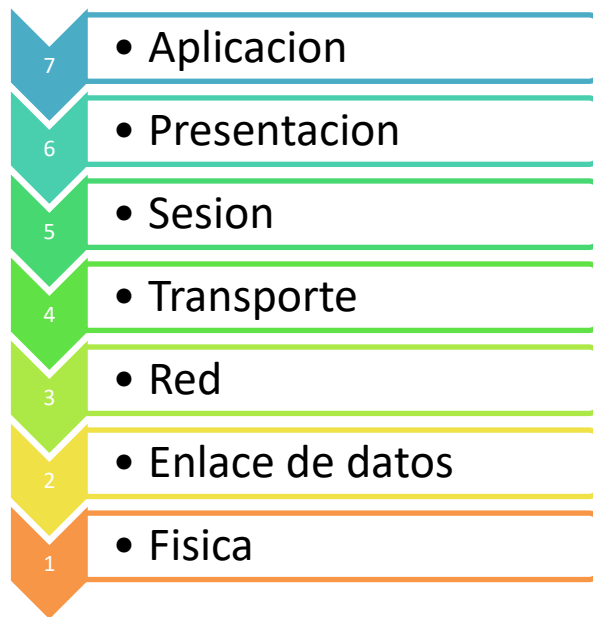
Figura 2.12: Estructura de capas del 6LoWPAN.

Fuente: (Farooq et al., 2019)

### 2.6.1. Modelo OSI

El modelo de interconexión de sistemas abiertos (OSI), es un modelo de red creado por la Organización Internacional de Normalización. Se consideran siete niveles, en cada uno de ellos se procesan unidades de información denominadas PDU (Unidad de datos de protocolo). En los dispositivos emisores las PDU se transmiten del nivel superior al inferior, y en cada uno de ellos se añade información de control. En los dispositivos receptores la información se procesa desde el nivel inferior, comprobando y eliminando en cada nivel las cabeceras o terminales de cada PDU correspondiente a dicho nivel.

Tabla 2.3: Modelo de capas OSI.



Fuente: Elaborado por el autor.

### 2.6.2. RFID

Los sistemas de identificación por radiofrecuencia o RFID (Radio Frequency Identification) son una tecnología para la identificación de objetos a distancia sin necesidad de contacto. Es necesario una etiqueta o tag RFID, esta consiste en un microchip que va adjunto a una antena de radio y que va a permitir la identificación unívoca del elemento portador de la etiqueta. Las bandas de frecuencia en las que trabajan los sistemas RFID son 125 o 134 KHz. para baja frecuencia y 13'56 MHz para alta frecuencia, aunque pueden trabajar en muchos otros rangos de frecuencia. Para el uso del espectro UHF los distintos países no consiguen llegar a un estándar ya que en Europa se trabaja en 868 MHz, en Estados Unidos 915 MHz y en Japón, reticentes al uso de esta banda, empiezan a trabajar en 960 MHz. El problema que se genera en el empleo de la banda UHF es que hay distintos dispositivos que operan sobre la misma, y generan ruidos sobre los sistemas RFID y viceversa, con lo cual los gobiernos tienen que realizar detallados estudios para determinar y minimizar los trastornos que puedan suceder como consecuencia de cambiar las bandas de trabajo de los dispositivos RFID.

### **2.6.3. WirelessHart**

Es una tecnología WSN (wireless sensor network) que se basa en el protocolo HART (Highway Addressable Remote Transducer). El estándar se definió para satisfacer los requisitos de los dispositivos de las redes de sensores. Esta tecnología está diseñada para ser una red de dispositivos tipo mesh, que se autoorganiza y se auto repara.

Opera en la banda ISM de 2,4 GHz utilizando IEEE 802.15.4. En una red WirelessHART, cada estación o dispositivo de campo establece una red, actuando simultáneamente como fuente de señal y como repetidor. El transmisor original envía un mensaje al dispositivo más cercano, el cual pasa el mensaje hacia otros dispositivos, hasta que el mensaje alcanza la estación base y su destinatario.

Pueden configurarse rutas alternativas la inicialización, de modo que si el mensaje no puede ser transmitido por una ruta se pasa automáticamente a una ruta alternativa. Además de aumentar el rango de la red, se proveen rutas de comunicación redundantes para aumentar la confiabilidad.

WirelessHART incorpora saltos de canal (frequency hopping) para evitar interferencias, de acuerdo a normas como IEEE 802.15.4, DSSS (espectro ensanchado por secuencia directa o direct sequence spread spectrum), y CSS (Chirp spread spectrum). Esto permite operar, incluso en presencia de otras redes en la banda de los 2.4 GHz. Posee mecanismos de seguridad, como encriptación AES128, gestión de código, y autenticación, para proteger la red.

### **2.6.4. Z-Wave**

Se trata de una tecnología de comunicación basada en RF, diseñada específicamente para controlar, monitorizar y comprobar el

estado de aplicaciones en entornos residenciales y comerciales. Se trata de una tecnología madura, ampliamente probada y desplegada.

Z-Wave permite transmisiones seguras, de baja latencia y bajas tasas de velocidad, de pequeños paquetes de datos, de hasta 100kbts/s. Está destinado para aplicaciones que utilizan sensores y actuadores. A diferencia de Wi-Fi y otras redes IEEE 802.11, en este protocolo los dispositivos mantienen una distancia máxima de unos cien metros, de manera que los mensajes de un dispositivo pueden saltar entre varios hasta llegar al concentrador o controlador de la casa. La industria domótica ha acogido rápidamente este estándar debido a su simplicidad, pudiéndose encontrar en el mercado multitud de dispositivos compatibles.

#### **2.6.5. NFC (Near Field Communication)**

Es una tecnología de comunicación inalámbrica de muy corto alcance, a través de la cual los dispositivos móviles pueden interactuar entre sí a una distancia de pocos centímetros. NFC se basa en RFID, utiliza variaciones en el campo magnético para la transmisión de datos y opera en la banda de 13,56 MHz. Posee dos modos de operación: activo y pasivo. En el modo activo, ambos dispositivos generan campos magnéticos, mientras que en el modo pasivo solo un dispositivo los genera. A diferencia de RFID, NFC puede ser utilizado para comunicación en dos sentidos.

#### **2.6.6. ZigBee**

ZigBee ha sido diseñado para satisfacer la necesidad de crear redes de baja potencia que cubran grandes áreas. La gran mayoría de los dispositivos ZigBee están alimentados por baterías, por lo que el consumo de energía es un factor crítico. Los dispositivos ZigBee permiten la construcción de redes de nodos malladas.

La distancia entre dispositivos adyacentes puede llegar a 10 metros en aplicaciones de mínimo consumo de energía, opera en la banda de 2,4 GHz y en la de 915 MHz o la de 868 MHz, con una tasa de transferencia de 255 kbps en 2,4 GHz y a tasas menores y bandas inferiores al GHz. Permite el encriptado AES-128 y una gran variedad de métodos de distribución de claves. Las redes ZigBee pueden estar compuestas por miles de nodos, los mensajes se pasan de un nodo a otro a través de la red y no hay necesidad de que ningún nodo individual esté dentro del alcance de transmisión de todos los miembros de la red, pudiendo los nodos formar redes de con topología en estrella o mallada. Así la pérdida de un nodo no interrumpirá el funcionamiento de la red. Pueden colocarse enrutadores ZigBee para extender la red donde los nodos finales están demasiado separados para comunicarse con los nodos vecinos.

#### **2.6.7. 6LoWPAN**

6LoWPAN es el acrónimo de IPv6 (Over Low Power Wireless Personal Area Networks), es decir, la adaptación del protocolo IP versión 6 a redes de bajo consumo tipo IEEE 802.15.4 y sus diferentes características. El objetivo final de este estándar es proveer de una dirección IP (versión 6) a todo dispositivo inalámbrico, pudiendo así direccionarse y accederse directamente.

Las WPAN sobre las que se producen muchas de las comunicaciones de IoT, poseen características especiales que las diferencian de otras tecnologías de la capa de enlace. Una de estas es el tamaño del paquete, limitado a 127 bytes para IEEE 802.15.4, diferentes longitudes y bajo ancho de banda. Fue necesario implementar una capa de adaptación que se ajustara a los paquetes IPV6 a la especificación IEEE 802.15.4. El IETF 6LoWPAN desarrolló este estándar en 2007 que especifica los servicios de mapeo que necesita IPv6 sobre WPANs de baja potencia. El estándar proporciona una compresión de encabezado para reducir la sobrecarga de la

transmisión, la fragmentación para cumplir con el requerimiento de la MTU (Maximun Transfer Unit) de IPv6 y el reenvío de la capa de enlace para soportar múltiples saltos.

Tabla 2.4: Comparación de protocolos.

	ZigBee	Z-Wave	6LowPAN	WirelessHART	Bluetooth	WiFi	NFC	RFID
Frecuencia de operación	2,4 GHz, 915 MHz, 868 MHz	900 MHz	2,4 GHz	2,4 GHz	2,4GHz	2,4 GHz, 5 GHz	13,56 MHz	LF:125-134KHZ HF:13,56MHz UHF:856-960MHz
Alcance	500 m	100 m	200 m	250 m	50 m	100 m	10cm	10cm,30cm,100m
Tasa de datos	250 Kbps	40 Kbps	200 Kbps	250 Kbps	1 Mbps	600 Mbps	424Kbps	424 <del>kbps</del>
Número de nodos	65.536	232	100	30.000	8	N/A	2	N/A
Consumo medio	Tx:25-30mA Rx:20-30mA	Tx:30-40mA Rx:20-30mA	Tx:20-35mA Rx:12-25mA	Tx:18-25mA Rx:6-10mA	Tx:15-20mA Rx:15-20mA	Tx: >220mA Rx:>215mA	Bajo con baterías	Depende del modelo de etiqueta
Interoperabilidad	Alta	Alta	Baja	Alta	Media	alta	alta	alta

Fuente: Elaborado por el autor.

## Capítulo 3: Diseño, Implementación y resultados

### 3.1. Proceso actual para el control y monitoreo de la plaga.

Previo a una aplicación tecnológica en cualquier campo de trabajo en este caso de la agricultura se debe conocer sus antecedentes o procesos manuales para conocimiento de cuál será su evolución en el traspaso hacia la tecnología, es por eso por lo que se detalla el proceso manual que se realiza para el control y monitoreo de la plaga.

Es importante el constante control en las plantaciones de palma ya que no se puede predecir enfermedades y hay que estar alerta en todo momento verificando cualquier anomalía que presente la plantación debido a la vulnerabilidad que constantemente está expuesta. El proceso es de forma presencial el cual se detalla a continuación:

- Detección de casos desde los primeros síntomas.
- Monitoreo con una frecuencia cada 15 días u 8 días según la incidencia de la enfermedad, la cual consiste en un chequeo presencial por parte del Ing. Agrónomo a cargo de la plantación.
- Toma de muestras por parte del encargado, en el caso de cualquier anomalía encontrada en la plantación.
- En el caso de alguna anomalía se procede con el tratamiento químico de toda la plantación tanto de las plantas afectadas como las plantas sanas de su entorno, con la dosis recomendada según en la tabla 3.1.
- Eliminación de plantas en caso de que la enfermedad este avanzado o que el tratamiento químico no funcione en las plantas.

Tabla 3.1: Dosis recomendada de los elementos químicos en plantaciones de palma africana.

Análisis de suelo	Gramos/ planta/ año			
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Mg
Bajo	60	30	40	30
Medio	40	15	20	20
Alto	25	10	15	15

Fuente: (Falconi B., 2019)

- El tratamiento químico indicado en el punto anterior se realiza cada 15 días durante 4 meses, luego 1 cada 30 días los 2 meses siguientes.
- Aplicación de insecticida para la eliminación de la maleza (plantas que absorben los nutrientes de las plantas).

### 3.2. Parámetros que medir en la red de sensores inalámbricos IoT.

Las variaciones climáticas en este cantón de la provincia de Los Ríos son variable de acuerdo con cada estación del año, y los cultivos son cultivados de acuerdo con dicha estación por la que se esté pasando. La palma africana no es su excepción con respecto a sus características climáticas para un cultivo y cosecha optima siendo una planta propia de la región tropical calurosa.

- **Temperatura**

La palma africana se ubica en aquellas zonas que presentan temperaturas medias mensuales que oscilan entre 26 °C y 28 °C, siempre que las mínimas mensuales no sean inferiores a 21 °C. Temperaturas inferiores a 17 °C durante varios días provocan una reducción del desarrollo de plantas adultas, no es una planta que soporta temperaturas heladas.

En relación con la luz, la palma africana se identifica como planta heliófila, por sus altos requerimientos de luz. Para lograr altas producciones



se requieren 1500 horas de luz al año, aproximadamente, siendo importante la distribución de estas. Por ello, las zonas que presentan valores medios mensuales superiores a las 125 horas de luz se consideran adecuadas para el cultivo de esta planta.

- **Humedad relativa**

En cuanto a la humedad relativa, es necesario un promedio mensual superior al 75%.

- **PH del suelo**

Tolera suelos moderadamente ácidos (5.5-6.5), aunque éstos en general presentan deficiencias de elementos, que obligan a un manejo adecuado de la fertilización e imponen la aplicación de enmiendas. Cuando hay una alta acidez en el subsuelo se limita la profundización de las raíces y ocasiona susceptibilidad en las plantas a períodos prolongados de déficit hídrico. Los suelos óptimos para el cultivo de la palma africana son suelos profundos con buen drenaje, de textura ligeramente arcillosa, con buen contenido en materia orgánica, topografía de plana a ligeramente ondulada con pendientes inferiores al 2% y con un nivel de fertilidad de medio a alto.

Tabla 3.2: Medidas estándar a medir

Parámetros	Temperatura	Humedad	PH
Nivel optimo	26 °C - 28 °C	75% o mas	5.5 - 6.5

Fuente: Elaborado por el autor.

### **3.3. Elementos IoT a utilizar en la red inalámbrica.**

La implementación de equipos IoT es realizada en base a las características y demandas que el cliente o el campo a tratar lo requiera. En la estructuración de equipos IoT en la palma africana para esta red inalámbrica se utilizan equipos de transmisión, procesamiento de datos y receptor.

### 3.3.1 Sensor de pH Alta.

Mide los niveles de pH del suelo.



Figura 3.1: Sensor inalámbrico de pH Alta.

Fuente:(Monnit, s/f)

- **Especificaciones técnicas**

Tabla 3.3: Especificaciones técnicas del sensor de pH.

Cables de detección	Alta impedancia
Peso	7.6 oz
Tipo de Batería	3.6V 1200 mAh Litio (no reemplazable)
Dimensión	3.0 pulgadas x 1.0 pulgadas
Duración de la batería	12 años o mas
Temperatura máxima de funcionamiento	-18 ° C a 55 ° C (0 ° F a 130 ° F)
Frecuencia de operación	Frecuencia de operación de 900 MHz
Certificaciones	Cumple con la Parte 15 de las Reglas de la FCC. (ID de la FCC: ZTL-G2SC1) Cumple con los estándares de Industry Canada. (IC: 9794A-G2SC1)
Alcance del dispositivo	Alcance del dispositivo Hasta 1,200 pies sin alcance visual, alcance del dispositivo inalámbrico

Seguridad	Encrypt-RF® (Intercambio de claves Diffie-Hellman + AES-128 CBC)
-----------	--

Fuente: Elaborado por el autor.

- **Características**

- ✓ Detecta la presencia inmediata de agua.
- ✓ También puede detectar la no presencia de agua.
- ✓ Utilízelo para detectar cualquier líquido no engorroso.

### 3.3.2. Sensor de temperatura inalámbrica Alta.

Monitorea la temperatura ambiente en el cultivo evitando degradación del rendimiento de la producción de palma africana.



Figura 3.2: Sensor de temperatura "Alta".  
Fuente: Elaborado por el autor.



Figura 3.3: Etiqueta técnica de los sensores "Alta".

Fuente: Elaborado por el autor.

- **Especificaciones técnicas**

Tabla 3.4: Especificaciones técnicas del sensor de temperatura.

Precisión @ 25 ° C	+/- 1% (1 ° C o 1.8 ° F)
Precisión calibrada por el usuario	+/- 0.25 ° C (± 0.45 ° F)
Constante de tiempo @ 25 ° C	15 segundos máximo
Peso	3.6 oz. (3.7 oz con sonda de 3')
Rango de temperatura de funcionamiento de la sonda	-40 ° C a + 125 ° C (-40 ° F a + 257 ° F)
Tipo de Batería	2 baterías AA reemplazables de 1.5 V
Dimensión	4.375 pulgadas x 2.470 pulgadas x 1.12 pulgadas
Tensión de alimentación	2.0 - 3.8 V (2 x pilas AA 1.5V o fuente de alimentación opcional)
Duración de la batería	Con una configuración de latidos de 1 hora, las baterías AA incluidas durarán típicamente entre 6 y 8 años.

Temperatura de funcionamiento máxima con AA alcalina	-18 ° C a 55 ° C (0 ° F a 130 ° F)
Temperatura de funcionamiento máxima con litio AA	-40 ° C a 60 ° C (-40 ° F a 140 ° F)
Temperatura óptima de funcionamiento de la batería	+ 10 ° C a + 50 ° C (+ 50 ° F a + 122 ° F)
Frecuencia de operación	Frecuencia de operación de 900 MHz
Certificaciones	Cumple con la Parte 15 de las Reglas de la FCC. (ID de la FCC: ZTL-G2SC1) Cumple con los estándares de Industry Canada. (IC: 9794A-G2SC1)
Alcance del dispositivo	Alcance del dispositivo Hasta 1,200 pies sin alcance visual, alcance del dispositivo inalámbrico *
Seguridad	Encrypt-RF® (Intercambio de claves Diffie-Hellman + AES-128 CBC)

Fuente: Elaborado por el autor.

- **Características**

- ✓ Preciso a +/- 1 ° C (1.8 ° F).
- ✓ Disponible con una sonda de temperatura externa.
- ✓ El rango real puede variar según el entorno.
- ✓ La duración de la batería está determinada por la frecuencia de informe del sensor y otras variables.

### 3.3.3. Sensor de humedad inalámbrico-Alta

Monitoree la humedad relativa en el cultivo de palma africana con datos en tiempo real previo a la configuración realizada por el cliente.



Figura 3.4: Sensor de humedad "Alta".

Fuente: Elaborado por el autor.

- **Especificaciones técnicas**

Tabla 3.5: Especificaciones técnicas del sensor de humedad.

Exactitud	± 3% en condiciones normales (10% - 90% HR)
Rango operativo de HR	0 - 100% HR
Tiempo de respuesta de HR	8 segundos (tau 63%)
Peso	3.7 oz.
Seguridad	Encrypt-RF® (intercambio de claves de 256 bits y CTR AES-128)
Tipo de Batería	2 baterías AA reemplazables de 1.5 V
Dimensión	4.375 pulgadas x 2.470 pulgadas x 1.12 pulgadas
Tensión de alimentación	2.0 - 3.8 V (2 x pilas AA 1.5V o fuente de alimentación opcional)
Duración de la batería	Con una configuración de latidos de 1 hora, las baterías AA incluidas durarán típicamente entre 6 y 8 años. ** **
Temperatura de funcionamiento máxima con AA alcalina	-18 ° C a 55 ° C (0 ° F a 130 ° F)

Temperatura de funcionamiento máxima con litio AA	-40 ° C a 60 ° C (-40 ° F a 140 ° F)
Temperatura óptima de funcionamiento de la batería	+ 10 ° C a + 50 ° C (+ 50 ° F a + 122 ° F)

Fuente: Elaborado por el autor.

- **Características**

- ✓ Precisión de +/- 3% (entre 10% - 90% HR).
- ✓ El rango real puede variar según el entorno.
- ✓ La duración de la batería está determinada por la frecuencia de informe del sensor y otras variables

### 3.3.4. Puerta de enlace ALTA 4G LTE.

Las puertas de enlace móviles LTE aprovechan la última tecnología celular 4G LTE CAT-M1 y la batería de respaldo, lo que permite que sus sensores inalámbricos se comuniquen con el software a través de la transmisión celular incluso en caso de falla de energía. Esta es la solución perfecta para ubicaciones remotas o donde una conexión a Internet por cable existente no es una opción.



Figura 3.5: Puerta de enlace 4G LTE Alta

Fuente: (Monnit, s/f)

- **Especificaciones técnicas**

Tabla 3.6: Especificaciones técnicas del adaptador inalámbrico de sensores.

Material de la caja	LTE CAT-M1
Compatibilidad con tarjeta SIM	Micro-SIM (3FF) 15 mm x 12 mm x 0,76 mm
Tipo de Batería	Litio recargable
Duración del ciclo de la batería	500 veces
Duración de la batería	Hasta 24 horas
Dispositivo de memoria	de 50.000 mensajes del sensor (los mensajes del sensor se almacenarán en caso de interrupción de Internet y se transferirán cuando se restablezca la conexión).
Dimensión	5,004 x 3,8 x 1,51 pulg



Luces led	Estado de conectividad a Internet, estado del servidor, estado de la red del sensor
Temperatura de almacenamiento:	-20 a + 60 ° C (-4 a 140 ° F)
Temperatura de funcionamiento	+5 a + 45 ° C (41 a 113 ° F)

Fuente: Elaborado por el autor.

### 3.4. Topologías para usar en la red inalámbrica propuesta.

Una topología es una descripción general esquemática de la disposición de una red, incluyendo sus nodos y líneas de conexión. Hay dos maneras de definir la geometría de la red: La topología física y la topología lógica. La topología física de una red es la disposición geométrica real de las estaciones de trabajo. Hay varias topologías físicas comunes, como son: Bus, estrella, malla, árbol, entre otras. En la distribución de la red sensorial se instala un numero "X" de sensor en un punto estratégico (previo a un mapeo) del cultivo donde abarque la mayor parte de palmas. El sensor va conectado inalámbricamente al Gateway el cual va a transmitir los datos obtenidos previo a una configuración del sensor con los requerimientos técnicos que el cliente necesite. La señal transmitida por los Gateway es receptada por dispositivos de comunicación como Pc, laptop, Smartphone, nube; se podrá visualizar y llevar un monitoreo de la información emitida por los sensores.

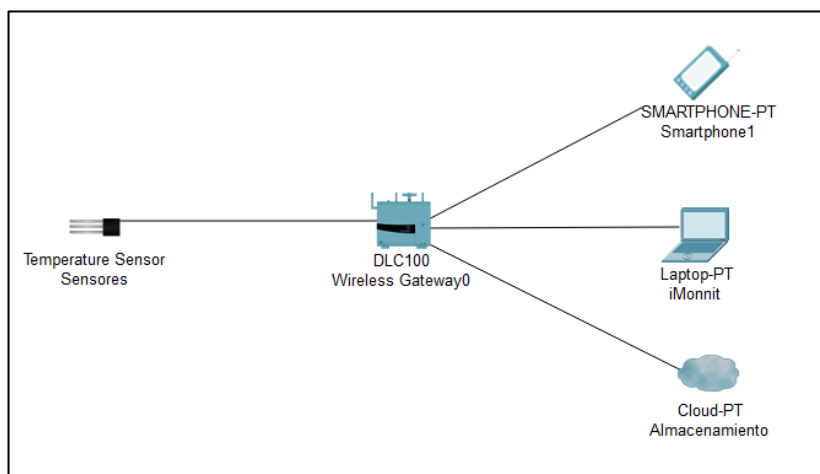


Figura 3.6: Distribución general de la red de sensores; del emisor al receptor.

Fuente: Elaborado por el autor.

### 3.4.1. Topología tipo malla

En la figura se demuestra que la topología tipo malla es una configuración de red en la que cada ordenador y la red está interconectada con los otros, lo que permite para la mayoría de las transmisiones sean distribuidas, incluso si una de las conexiones se encuentra fuera de servicio.

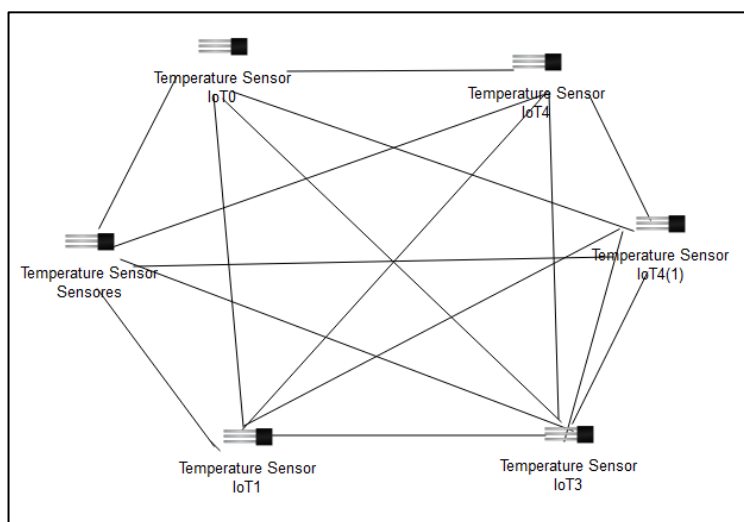


Figura 3.7: Topología tipo malla

Fuente: Elaborado por el autor.

### 3.5. Centro de recolección de datos

Constan de en un ordenador común o un smartphone mediante una aplicación simulada donde toda la información va a parar a un equipo que se almacena en una base de datos, desde donde los usuarios acceden remotamente y observan el compartimiento de los datos.

### 3.5.1. Aplicación de smartphone para el monitoreo de los parámetros de medición propuestos.

Para realizar la aplicación celular se utiliza el software “Balsamiq”, es de uso online y tiene una membresía mensual. La aplicación “Agriculture” dispone de un menú sencillo y fácil de usar para el cliente donde tendrá toda la información necesaria para un monitoreo completo de manera remota; como es gráficas, señal, alertas etc., a continuación, se detalla el funcionamiento de la aplicación.



Figura 3.8: Pestaña de inicio de sesión o crear cuenta.

Fuente: Elaborado por el autor.

Al abrir la aplicación por primera vez se da la opción de iniciar sesión o crease una cuenta. Figura 3.8.

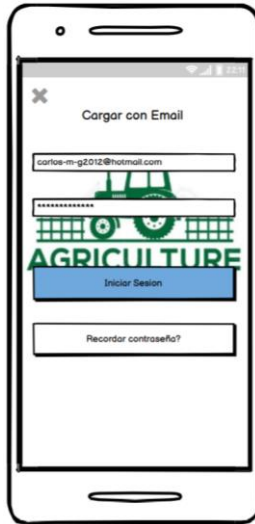


Figura 3.9: Pestaña de inicio de sesión.

Fuente: Elaborado por el autor.

Al cargar con una cuenta ya existente, se vincula con el servidor y se visualizara la misma información que en el software. Figura 3.9.



Figura 3.10: Menú principal de la aplicación.

Fuente: Elaborado por el autor.

En el menú principal de la aplicación podemos ver varios accesos rápidos de batería, alertas, señal, gráficos, nube y temperatura como se muestra en la figura 3.10.

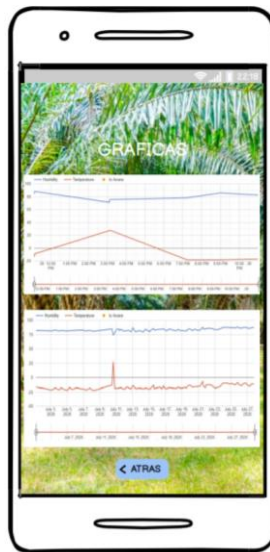


Figura 3.11: Pestaña de graficas de mediciones sensoriales.

Fuente: Elaborado por el autor.

En la figura 3.11, se visualiza en gráficos la información recolectada por los sensores de manera lineal la cual nos dan a conocer en qué hora y fecha exacta se presentó alguna variación.



Figura 3.12: Pestaña de baterías.

Fuente: Elaborado por el autor.

En el acceso de batería, se observa el estado de la batería de cada sensor en caso de que este muy bajo se actuara con anticipación para reemplazarlas por nuevas como se ve en la figura 3.12.

### 3.5.2. Correo electrónico.

Por medio del correo electrónico también se alerta al usuario, notificando cualquier anomalía de los sensores o de los parámetros de medición.

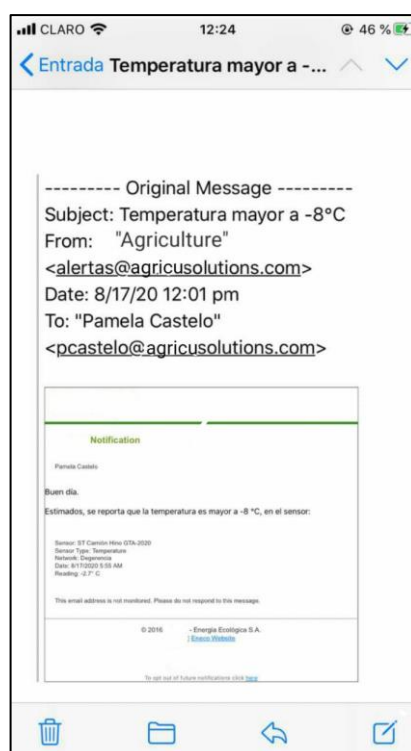


Figura 3.13: Notificación por medio de correo electrónico.

Fuente: Elaborado por el autor.

### 3.6. Propuesta de diseño de la red inalámbrica de sensores IoT.

Tomando como referencia, en la provincia de Los Ríos-cantón Quevedo, la ubicación geográfica hace que esta sea una de las provincias y cantón donde el cultivo de palma africana es de mayor realce en el país, llegando a ser uno de los cultivos de mayor producción de la provincia. La red

de sensores inalámbricos se construye básicamente de seis nodos cada uno con un adaptador de sensor inalámbrico y un nodo central o Gateway que actúa como medio para la comunicación de los módulos de sensores y el centro de recolección de datos, permitiendo que los datos extraídos por los nodos sean transmitidos a la nube con el uso de la plataforma.

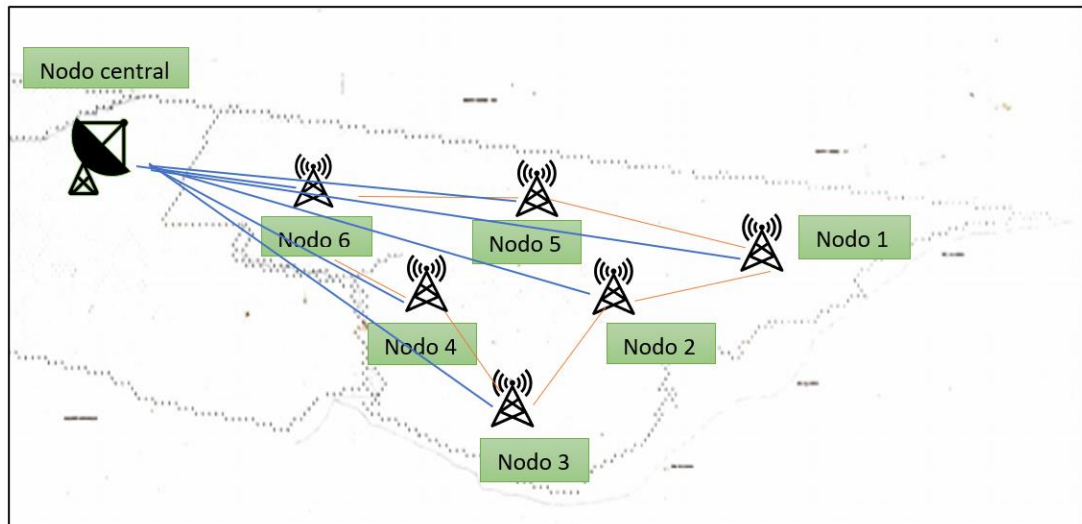


Figura 3.14: Diseño de la red de sensores inalámbricos

Fuente: Elaborado por el autor.

### 3.6.1. Configuración de sensores IoT mediante software.

Se utiliza un software para la configuración de los sensores Monnit, los cuales están conectados a un Gateway, de esta manera permite procesar los datos recibidos por los sensores interconectados y transmitir los datos al ordenador o dispositivo móvil. Se configuraron los parámetros a medir de cada sensor dispuesto por el cliente. La red de origen es una red 4G LTE la cual no se configura por que los requerimientos técnicos no lo ameritan.

Network ID	34276				<a href="#">Edit Network</a>
Name	Pcc				
Count of Gateways/Sensors on this Network	2/4				
Send notifications for this Network	True				
External access until Date	1/28/2018				

Gateway List					<a href="#">Add Gateway</a>
Name ID - Code	Type Version	Radio Band Version	Last Checkin	Status	
Ethernet Gateway - 914871 914871 - IMKDYH	Ethernet Gateway 3 3.3.1.5	900 MHz 2.5.2.0	7/27/2020 10:11 PM	<span>✓</span> <span>✗</span> <span>🔧</span>	
Ethernet Gateway - 934977 934977 - IMSJAL	Ethernet Gateway 3 3.3.1.5	900 MHz 2.5.2.0	7/27/2020 10:15 PM	<span>✓</span> <span>✗</span> <span>🔧</span>	

Sensor List					<a href="#">Add Sensor</a>
Name ID - Code	Type	Radio Band Version	Last Checkin	Status	
S1-TH_CF1 176235 - IMEHZJ	Humidity	900 MHz 2.5.4.0	7/27/2020 8:58 PM	<span>!</span> <span>⊖</span> <span>🔧</span>	
S2-TH_CF 2 176221 - IMGZMD	Humidity	900 MHz 2.5.4.0	7/27/2020 9:00 PM	<span>✓</span> <span>⊖</span> <span>🔧</span>	
S3-TH_CF 3 176233 - IMSYDB	Humidity	900 MHz 2.5.4.0	7/27/2020 6:59 PM	<span>!</span> <span>⊖</span> <span>🔧</span>	
S4-TH_CF4 176210 - IMASTJ	Humidity	900 MHz 2.5.4.0	7/27/2020 8:59 PM	<span>✓</span> <span>⊖</span> <span>🔧</span>	

Figura 3.15: Lista de sensores y Gateway instalados

Fuente: Elaborado por el autor

En la figura 3.15 una vez ya instalado los sensores con el Gateway en la plataforma digital se visualiza cuantos equipos están conformando la red de sensores, que tipo de parámetro están configurados, la frecuencia en la que están trabajando, la información del ultimo aviso sensorial que el equipo envió y por último en caso de que el sensor haya dado un aviso emergente y el cliente no lo ha revisado, se reflejara una notificación de alerta en color rojo. Indica también la información de Gateway en caso de requerir 2 o más Gateway en la plataforma se podrán visualizar y nos dará la misma información técnica.

Account	
Account Number	PALMA AFRICANA
Company Name	COMERCIAL "GRANJA"
Time Zone	(GMT -5:00) BOGOTA, LIMA, QUITO, RIO BLANCO
Primary Contact	PCC PALMA AFRICANA PCC PALMA AFRICANA
Address	PANAMERICANA NORTE, SAN CARLOS- QUEVEDO-LOS RIOS, HACIENDA "GUAPARA" KM 8, ECUADOR
	Contact Support to upgrade your account <a href="#">Redeem</a>
Add Premiere Subscription	<input type="text" value="Premiere Subscription"/>
	<input type="text" value="Code"/>
<a href="#">Edit Account Information</a>	
<a href="#">Notification Credits</a> <a href="#">User List</a>	

Figura 3.16: Datos privados de la empresa o cliente

Fuente: Elaborado por el autor.



En la figura 3.16 se muestra una pestaña con los datos personales del cliente o empresa la red de sensores que se está monitoreando para tener una ubicación exacta de los equipos instalados en este caso se lo configuro para la hacienda “Guapara” ubicada en la parroquia San Carlos del cantón Quevedo provincia de Los Ríos.

Users			
Last Name	First Name	Notification	Admin
(Inactive) Cárdenas	Yolanda	Email: gcalidad@pcc.com.ec	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
(Inactive) Cobos	Patricio	Email: patricioc@pcc.com.ec	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
(Inactive) Coronado	Wilinton	Email: embarqueseamnasa@gmail.com	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
(Inactive) Mogollón	Carlos	Email: produccion@pcc.ec	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
(Inactive) Preciado	Florentino	Email: florentinop@pcc.com.ec	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

[Account Settings](#)   [Notification Credits](#)

Figura 3.17: Lista de usuarios y acceso a la información

Fuente: Elaborado por el autor.

En la figura 3.17 se visualiza una lista de usuarios, esta puede ser añadida de acuerdo con la petición del usuario principal o cliente. Les llegara cada aviso o alerta programado previamente a los dispositivos móviles o cualquier medio de comunicación configurado por cada usuario extra que el cliente desee informar y este contara como administración de la lista de usuarios de la red de sensores.

Overview   Notifications   Manage   Administration							
View Gateways							
2 Notifications Alerting <input type="button" value="Acknowledge"/> <input type="button" value="Details"/>							
All <input type="checkbox"/>	Type	Sensor Name	Data	Last Check In	Signal	Battery	
<input type="checkbox"/>		S1-TH_CF1	95.65% @ 14.5° C	7/27/2020 8:58 PM			
<input type="checkbox"/>		S2-TH_CF2	87.33% @ -10.9° C	7/27/2020 9:00 PM			
<input type="checkbox"/>		S3-TH_CF3	100% @ 5° C	7/27/2020 6:59 PM			
<input type="checkbox"/>		S4-TH_CF4	88.72% @ -16° C	7/27/2020 8:59 PM			

Figura 3.18: Estado técnico de los sensores a uso.

Fuente: Elaborado por el autor.

En la figura 3.18 visualizamos la información en conjunto de la red de sensores. Se monitorea también el estado de los sensores como, el número de sensores utilizados, cada uno con su respectivo nombre que es modificado de acuerdo con cada cliente; la configuración dada por el cliente como es la temperatura en grados Centígrados, la fecha y hora exacta del último reporte sensorial, el nivel de batería de cada sensor en caso de que la batería es muy baja se toma la decisión de reemplazarla por otra, la señal de cobertura y conexión con el Gateway.

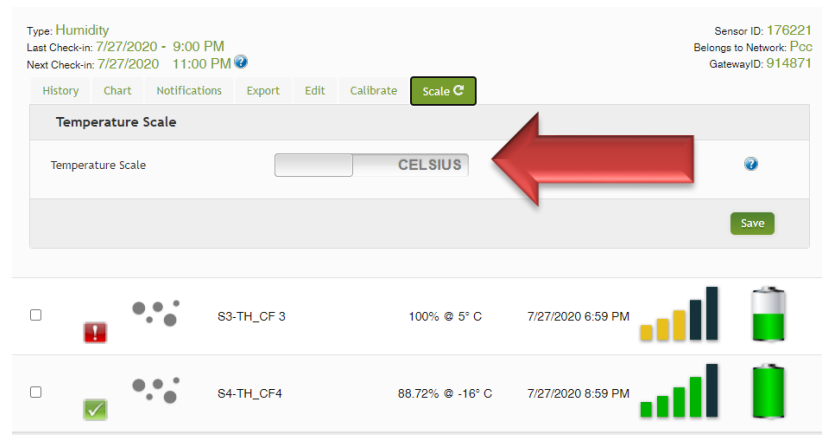


Figura 3.19: Configuración de parámetros de medidas.

Fuente: Elaborado por el autor.

De acuerdo con la región donde se instalará los sensores se podrá cambiar la escala de temperatura y así recibir los datos en grados centígrados como se demuestra en la figura 3.19.

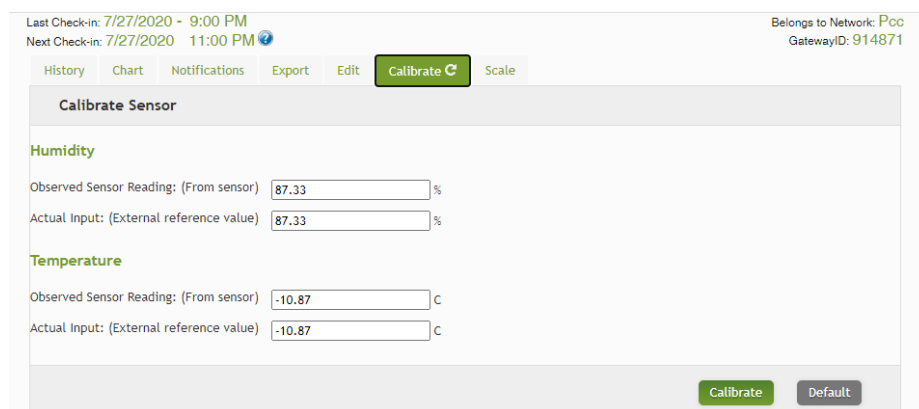


Figura 3.20: Configuración de los parámetros de medición.

Fuente: Elaborado por el autor.

La calibración o configuración de los parámetros de medición tanto como de humedad y temperatura se configura previamente a las características técnicas de cada caso en este caso para la palma africana se calibra con datos de 17 °C (mínimo) y de humedad un 75%(mínimo) de acuerdo con las características de la palma africana.

### 3.6.2. Visualización de datos recolectados por la red inalámbrica IoT.

Los datos procesados y enviados del Gateway son receptados por el software, donde se puede visualizar de manera clara y precisa los diferentes datos técnicos del comportamiento de la plantación emitiendo alertas del estado del funcionamiento de los sensores o sobre una alteración característica de la plaga que puede afectar al cultivo.

En la figura se muestra los datos emitidos de cada sensor, permite visualizar la fecha, hora, señales emitidas, el porcentaje de batería de cada sensor y los últimos datos emitidos (porcentaje de humedad y grados de temperatura) y acceder a datos de días anteriores.

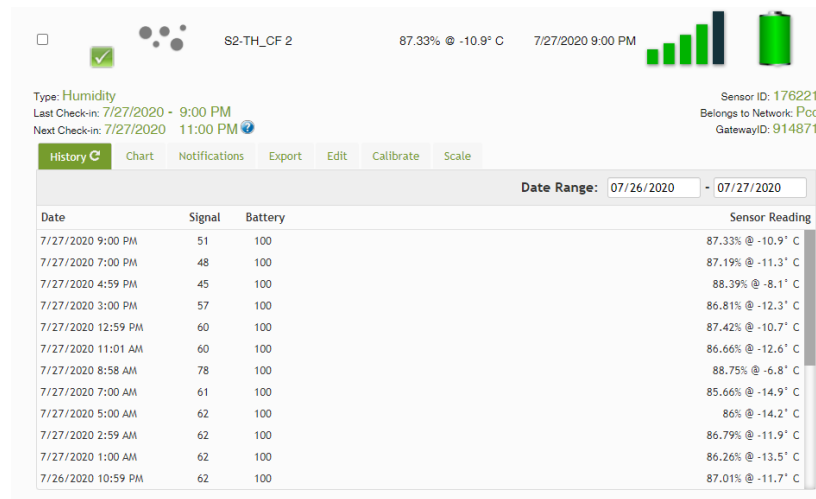


Figura 3.21: Base de datos de actividad del sensor.

Fuente: Elaborado por el autor.

En esta figura 3.21, se muestra la base de datos, al poner una fecha específica visualizamos de manera gráfica los altibajos de las mediciones de temperatura y humedad como se observan los niveles de medición están en el rango permitido y obviamente configurado para cada sensor, se muestra cada hora con su respectiva fecha de la última evaluación sensorial.

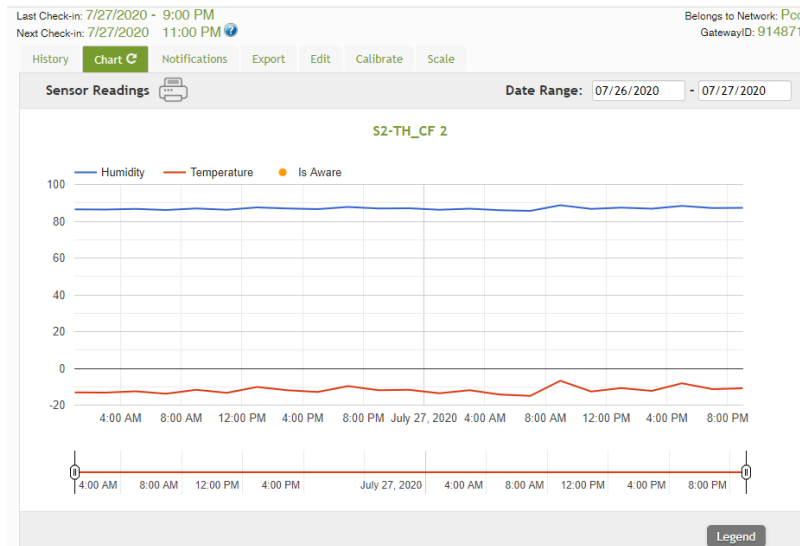


Figura 3.22: Variaciones de temperatura y humedad.

Fuente: Elaborado por el autor.

En esta figura 3.22 se observa un pico bajo de temperatura y múltiples variaciones en su humedad, al reportar dichas mediciones nos da un análisis de lo que pudo haber estado fallando en el momento exacto y enfrentar el caso con respuesta inmediata.

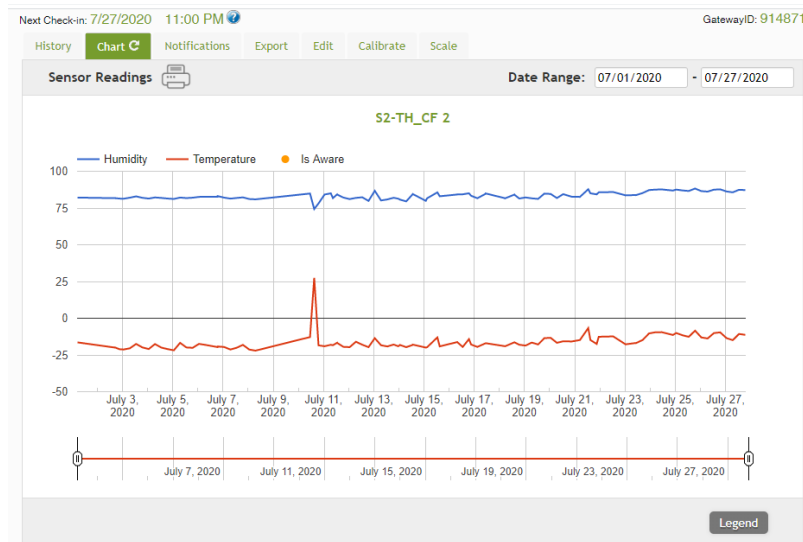


Figura 3.23: Variaciones en las gráficas lineales de temperatura y humedad.

Fuente: Elaborado por el autor.

En la figura 3.23 se muestra el funcionamiento de los sensores, de manera programada en la se cual visualiza una bajada de temperatura a 26 grados centígrados y un 75% de humedad.

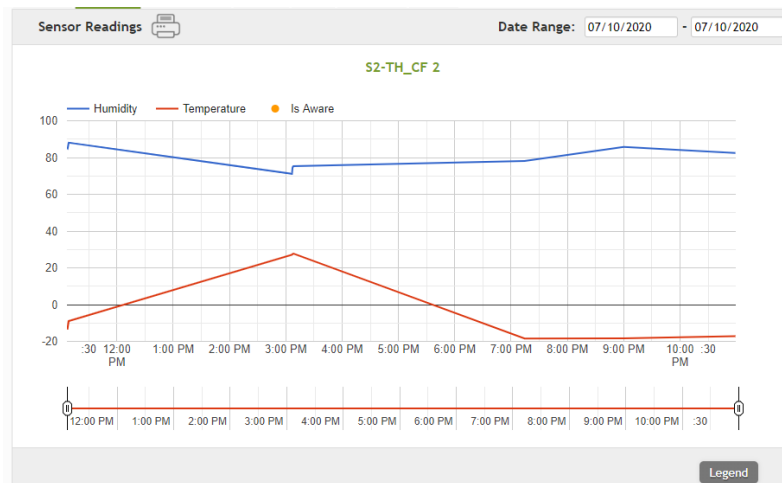


Figura 3.24: Prueba de sensores de medición.

Fuente: Elaborado por el autor.

En esta figura 3.24, se observa que la humedad y la temperatura tienen gráficas lineales rectas. Esto se debe a que los sensores estuvieron en fase de pruebas rápidas y para demostrar su funcionamiento efectivo se puso a prueba exponiéndose a humedades y temperaturas bajas y altas.

### 3.6.3. Ubicación de los nodos de sensores inalámbricos IoT para la red propuesta.

El área total es de 1 hectáreas, pero el área de estudio es de 600 m<sup>2</sup> y se encuentra conformada por un cultivo de palma africana dentro otros cultivos como de maíz y banano, el presente proyecto se ha desarrollado con las siguientes características detalladas a continuación. La topología para usar es tipo malla, la posición de cada elemento es importante, su cobertura en exteriores es de 1200 pies o 111.6 m<sup>2</sup> en teoría, es necesario evitar la pérdida de información de forma que la topología permite redundancia teniendo una comunicación entre todos los nodos para llegar al nodo central por cualquier camino. Existe línea de vista entre nodos, donde la posición de los nodos se encuentre sin obstáculos. Como requerimiento se dio que cada uno de los nodos cubra 100m<sup>2</sup> aproximadamente, así que se ubicó 6 nodos, cada nodo cuenta con 3 sensores: 1 humedad, 1 temperatura, 1 pH y con un adaptador inalámbrico con un total de 18 sensores y 6 adaptadores inalámbricos para cubrir toda la extensión y el nodo central se encuentra en la estación base del área de la hacienda a 30m de la plantación de palma africana.

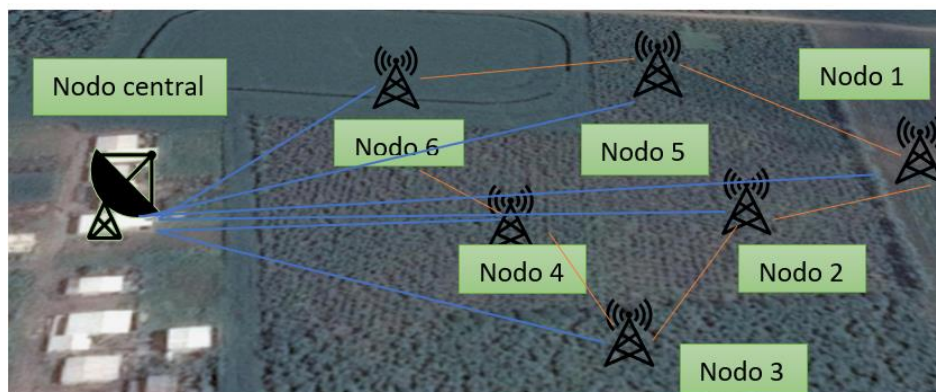


Figura 3.25: Exportación a Google Earth de la posición de cada uno de los nodos.

Fuente: Elaborado por el autor.

Los 6 nodos de sensores se ubicarían cada uno en partes estratégicas para lograr cubrir toda el área del terreno, los nodos están hechos de materiales adherentes e impermeables resistentes a altas y bajas temperaturas e incluso a manipulación robusta, se encuentran 3 metros sobre el suelo, (figura 3.26) como se observó en la simulación para lograr mejor recepción de datos y evitar la manipulación y el contacto con animales o personas; además que cada palma africana en su primer año llega a la altura de 1m aproximadamente, a esa altura la palma ya empieza a dar frutos y puede ser cosechada. La altura de los nodos se ha establecido ubicar a 3 metros de altura sobre el nivel del suelo, para cumplir con un rango aceptable de recepción, teniendo así un óptimo enlace de envío y recepción de datos dentro de la plantación de palma africana.

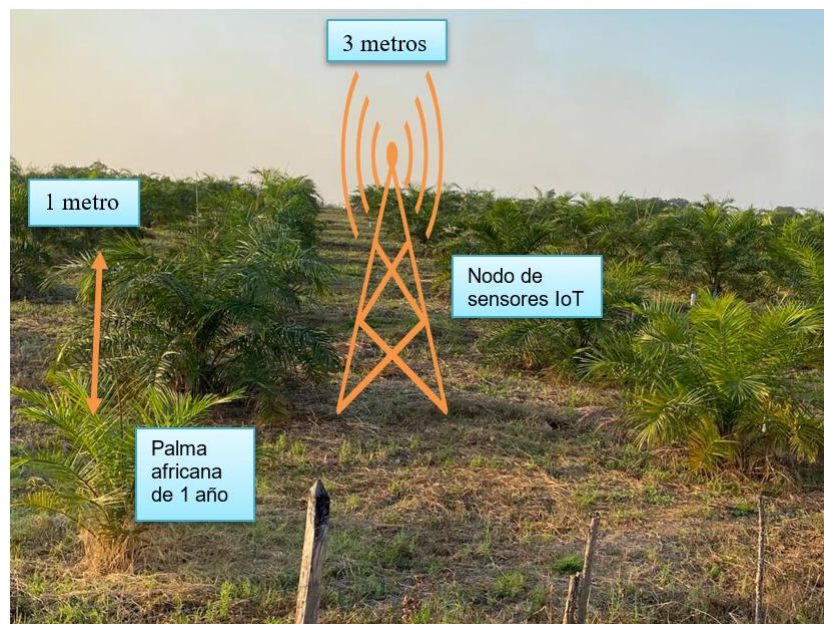


Figura 3.26: Ubicación de nodo de sensor, especificando el alto de la estructura referente al alto de la palma.

Fuente: Elaborado por el autor.

- **Conexión entre nodos**

Cada nodo se constituye de 3 sensores ya antes mencionados y un adaptador de sensor inalámbrico por cada nodo. Cada sensor es alimentado por baterías extraíbles que están instaladas en la parte interna de cada sensor y en caso de que este requiera cambio de batería, el sensor se encargara de dar una señal o alerta. Para conectar 3 sensores y formar un nodo se requiere de un Gateway en el cual se interconectan los 3 sensores (humedad, temperatura, pH) así sucesivamente con los otros 5 nodos.



Figura 3.27: Parte interna de los sensores propuestos.

Fuente: Elaborado por el autor.

Cada Gateway incorpora una batería de polímero de litio de 9000 mAh que requiere una fuente de alimentación de 5V la cual lo provee un panel solar como se ve en la figura 3.27.





Figura 3.28: Panel solar, fuente de alimentación del Gateway .

Fuente: Elaborado por el autor.

Al formar los 6 nodos estos por medio del Gateway e instalados en diferentes puntos previamente estudiados para así cubrir toda el área requerida necesitan comunicarse entre sí lo cual será detallado a continuación.

- **Conexión entre sensores**

La conexión entre sensores se da de manera automática ya que estos incorporan una antena inalámbrica, hace que cuando el Gateway esta encendido estos sensores se conecten automáticamente a la puerta de enlace. Los sensores y Gateway tienen un rango de cobertura de 1.200 pies lo cual pueden estar separados hasta cubrir esa distancia, pero en este tipo de cultivo no es necesario ya que las palmas han sido plantadas de manera uniforme La conexión entre Gateway (nodos) se da por el rango de cobertura ya antes mencionado y por la configuración que se le hacen a los Gateway detallado a continuación:

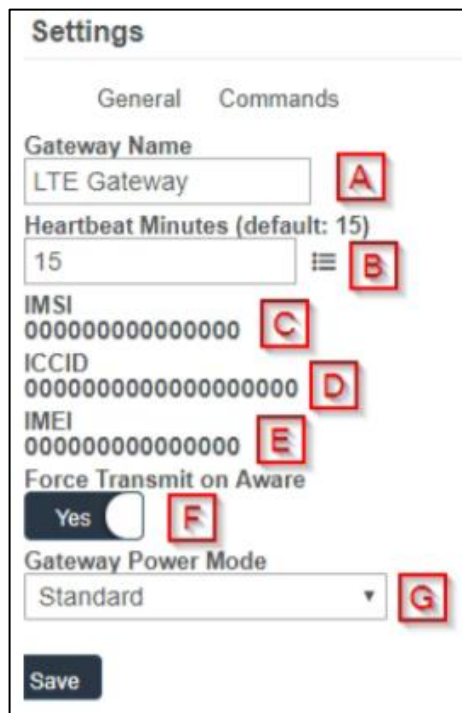


Figura 3.29: Configuración de Gateway 4G LTE.

Fuente: Elaborado por el autor.

- a) El nombre de la puerta de enlace es donde asigne a su puerta de enlace un título único. Por defecto, el nombre de la puerta de enlace será del tipo seguido del ID del dispositivo.
- b) Heartbeat Minutes configura el intervalo que la puerta de enlace se registra con el servidor. El valor predeterminado es quince minutos. Entonces cada quince minutos su puerta de enlace informará al servidor.
- c) El sistema global para dispositivos móviles. Utilizan una IMSI de quince dígitos (Identidad de suscriptor móvil internacional) número como el modo principal para identificar el país, red móvil y abonado. Tiene el formato MCC-MNC-MSIN. MCC es el código de país móvil. MNC es el Código de red móvil adjunto al celular red. MSIN es un número de serie que hace IMSI exclusivo para un suscriptor.

- d) El ICCID es el número de identificación único de diecinueve dígitos correspondiente a la tarjeta SIM celular. Es posible cambiar la información contenida en una SIM (incluida la IMSI), pero la identidad de la SIM sigue siendo la misma.
- e) IMEI (Identidad internacional de equipo móvil) es un número exclusivo de su puerta de enlace internacional LTE para identificar la puerta de enlace a la torre celular. La red del Sistema Global para Comunicaciones Móviles almacena los números IMEI en su base de datos (EIR - Registro de identidad del equipo) que contiene todos los equipos celulares válidos.
- f) Forzar transmisión en consciente significa que, si los sensores alcanzan un estado consciente fuera del intervalo de latidos, la puerta de enlace transmitirá inmediatamente esos datos al servidor en lugar de esperar el tiempo adicional que tomaría alcanzar el siguiente minuto de latidos.
- g) El modo de energía de la puerta de enlace le permite elegir entre energía estándar, baja energía y alta energía, desde un menú desplegable.
- h) Terminado la configuración todos los Gateway se conectarán con la dirección IP de la estación base y como el rango de cobertura limita con todos los sensores estos se conectarán en cascada usando la dirección IP del nodo central o estación base.

- **Estructura de los nodos.**

La estructura recomendable para este proyecto en cultivos de palma africana es la en forma de trípode como se ve en la figura 3.29, ésta se coloca en monopostes y su función es trabajar como arriostramientos laterales para evitar el movimiento del mismo, pero la desventaja de su uso es que esta

solución requiere de pernos de anclaje sobre la estructura de soporte, se emplean para postes de baja altura, ya que los arriostramientos son realizados con ángulos y por práctica general estos arriostramientos forman un círculo de radio mínimo igual a la mitad de la altura.



Figura 3.30: Soporte en forma de trípode

Fuente: (Ferreira G. & Ponte A., 2014)

Si el alto de la estructura es de 3 m para este proyecto el arriostramiento será de 1,5 m de radio, el anclaje para el arriostramiento a la base se realiza mediante zapatas hormigonadas pues tas a 1 m de profundidad del terreno como referencia a la figura 3.30.

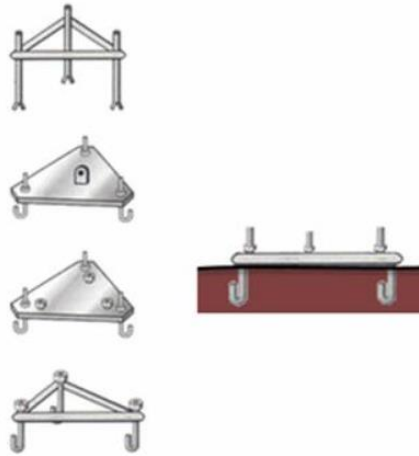


Figura 3.31: Zapatas hormigonadas

Fuente: (Ikastarouak, s/f)

### 3.7. Presupuesto promedio por el proyecto propuesto.

Para el presente proyecto se estimó un valor promedio total de \$5.010 dólares y el precio por nodo es de \$780 dólares. A continuación, se detallan dichos valores.

Tabla 3.7: Presupuesto promedio.

Equipos	Precio x unidad	Número de unidades	Precio
Sensor de temperatura	105	X6	630
Sensor de humedad	160	X6	960
Sensor de PH	110	X6	660
Puerta de enlace alta 4g lte	330	X7	2.310
Panel solar 5V 9000 mAh	40	X6	240
Estructura	35	X6	210
<b>TOTAL:</b>	<b>\$780</b>		<b>\$5.010</b>

Fuente: Elaborado por el autor.

## **Conclusiones.**

- El proceso convencional para la detección del amarillamiento y secamiento es efectivo, pero requiere de tiempo para obtener los resultados de las muestras tomadas, lo cual afecta a la plantación ocasionando un avance progresivo de la plaga.
- Los parámetros que se miden en este proyecto arrojan resultados requeridos por el cliente lo cual permite tener un control ante cualquier variación en las mediciones que afecten la plantación y den indicios de la aparición del amarillamiento y secamiento en la palma africana.
- Los diferentes equipos IoT que se usaron en el proyecto tienen una función específica, la conjugación de esos equipos forman una herramienta útil y necesaria para la innovación de la agronomía en el Ecuador.
- El uso de la tecnología IoT en la agricultura ayuda al agricultor a tener un mayor manejo de sus recursos económicos o de materia prima, ayudando a tener una mayor manufactura y sin riesgo a pérdida de sus cultivos.

## **Recomendaciones.**

- Para este proyecto, la instalación de los nodos en la palma africana debe de contar con una estación base LTE cerca para que puedan comunicarse entre nodos.
- Estudiar la ubicación geográfica del proyecto para implementar la fuente de alimentación a implementar para los nodos.
- Tener en cuenta las alertas receptadas por medio del software, aplicación o correo esto evitaría que el cliente descuide el estado de la plantación o de los parámetros de medición.
- Usar el tipo de topología adecuado o requerido para el proyecto para evitar la pérdida de comunicación entre nodos.

## Bibliografía

- Agrodiario. (2019). *Tipos de sensores que mejoran la productividad en la agricultura*. Agrodiario. <https://www.agrodiario.com/texto-diario/mostrar/1531874/tipos-sensores-mejoran-productividad-agricultura>
- Andina, E. P. de S. E. S. A. E. (2014). *Realizan vigilancia y control de plagas en palma aceitera en Ucayali*. andina.pe. <https://andina.pe/agencia/noticia-realizan-vigilancia-y-control-plagas-palma-aceitera-ucayali-706616.aspx>
- Carrilo Z., M., Cevallos S., V., Cedeño G., C., Gualoto G., W., Mite V., F., Navarrete P., M., Ortega C., D., Ortega C., J., Quintero R., L., Racines J., M., Vera A., C., Vera C., D., Zambrano M., S., & Zambrano S., W. (2015). *Manual del cultivo de la palma aceitera* (p. 100). <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/3871/1/iniapesdmt102.pdf>
- Catalan S., G. (2016). *El pH del suelo en la agricultura*. Agropal. <http://www.agropal.com/es/el-ph-del-suelo/>
- Cenipalma. (2016, agosto). *Guía de bolsillo para el reconocimiento y manejo de las principales enfermedades e insectos plaga en el cultivo de la palma de aceite*. [www.fedepalma.org. http://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/Fedepalma/Semanario%20Palmero/12%20-%202013%20abril/Gu%C3%ADa%20de%20bolsillo%20plagas.pdf](http://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/Fedepalma/Semanario%20Palmero/12%20-%202013%20abril/Gu%C3%ADa%20de%20bolsillo%20plagas.pdf)
- Cenipalma. (2018). *Sintomología de la marchitez sorpresiva (MS) de la palma de aceite*. [cenipalma.org. https://www.cenipalma.org/wp-content/uploads/2018/12/Afiche-MS-VF.pdf](https://www.cenipalma.org/wp-content/uploads/2018/12/Afiche-MS-VF.pdf)
- Convergía. (2020). *Cuáles son las ventajas de implementar sensores IoT en el sector agrícola*. Convergía. <https://www.convergía.io/es-mx/cuales-son-las-ventajas-de-implementar-sensores-iot-en-el-sector-agricola/>
- CultivosMaiz. (2017). *Productores de maíz dispondrán de equipos para agricultura de precisión*. Redagrícola.



<https://www.redagricola.com/cl/productores-maiz-dispondran-equipos-agricultura-precision/>

Falconi B., C. (2019). *Palma Africana*. 4.

Farooq, M. S., Riaz, S., Abid, A., Abid, K., & Naeem, M. A. (2019). A survey on the role of IoT in agriculture for the implementation of smart farming. *IEEE Access*, 7, 156237–156271. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2949703>

Ferreira G., S., & Ponte A., L. (2014). *Proyecto estructural de las estructuras de transición de torres de telecomunicación en azoteas de edificaciones*. [Universidad Católica Andrés Bello]. [https://www.alacero.org/sites/default/files/u16/ci\\_ndeg24\\_-\\_ejemplo\\_1\\_diseño\\_de\\_estructura\\_de\\_soporte\\_para\\_monopoles.pdf](https://www.alacero.org/sites/default/files/u16/ci_ndeg24_-_ejemplo_1_diseño_de_estructura_de_soporte_para_monopoles.pdf)

Ikastaroak. (s/f). *Diseño, configuración, instalación y mantenimiento de las instalaciones de radio y Televisión terrestre*. Recuperado el 16 de agosto de 2020, de [https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ICTV/ICTV05/es\\_IEA\\_ICTV05\\_Contenidos/ICTV05\\_CONT\\_R36\\_pic017.jpg](https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ICTV/ICTV05/es_IEA_ICTV05_Contenidos/ICTV05_CONT_R36_pic017.jpg)

Meola., A. (2020). *Smart farming in 2020: How IoT sensors are creating a more efficient precision agriculture industry*. Business Insider. <https://www.businessinsider.com/smart-farming-iot-agriculture>

Monnit. (s/f). *Gateway Alta Inalambrico*. Monnit. Recuperado el 12 de agosto de 2020, de <https://www.monnit.com/Products/Gateway/Sensor-Adapter/MNG2-9-WSA-USB/>

Mora M., H., & Rosas P., J. (2019). *Diseño, desarrollo e implementación de una red de sensores inalámbricos (wsn) para el control, monitoreo y toma de decisiones aplicado en la agricultura de precisión basado en internet de las cosas (iot). Caso de estudio cultivo de frijol*. [Universidad Ricardo Palma]. [http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2294/TESIS\\_MORA-ROSAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2294/TESIS_MORA-ROSAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Pazmiño, S. (2019). *Implementación de un prototipo iot con semáforos inteligentes a través de una infraestructura de computación en la niebla* [Universidad de Las Américas].

<http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/10657/1/UDLA-EC-TIERI-2019-01.pdf>

Qampo. (2020). *La agricultura de precisión*. Qampo. <https://qampo.es/la-agricultura-de-precision/>

Ranger., S. (2020). *What is the IoT? Everything you need to know about the internet of things right now*. ZDNet. <https://www.zdnet.com/article/what-is-the-internet-of-things-everything-you-need-to-know-about-the-iot-right-now/>

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Molina Granja, Carlos Augusto** con C.C: # 092339211-2 autor del Trabajo de Titulación: **Estudio de una red inalámbrica de sensores IOT para detección y control en tiempo real de los diferentes parámetros característicos de amarillamiento y secamiento en la palma africana.** previo a la obtención del título de **INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 15 de septiembre del 2020

f. \_\_\_\_\_

Nombre: Molina Granja, Carlos Augusto

C.C: 092339211-2



## REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

### FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>	Estudio de una red inalámbrica de sensores IOT para detección y control en tiempo real de los diferentes parámetros característicos de amarillamiento y secamiento en la palma africana.		
<b>AUTOR(ES)</b>	Molina Granja, Carlos Augusto		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	M. Sc. Zamora Cedeño, Néstor Armando		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Educación Técnica para el Desarrollo		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería en Telecomunicaciones		
<b>TÍTULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero en Telecomunicaciones		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	15 de septiembre del 2020	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	68
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Sistemas Microcontroladores, Diseño Electrónico		
<b>PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:</b>	IoT, convergencia, tecnología, agronomía, sensores, palma africana, nodos, parámetros.		
<b>RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):</b>			
<p>Mediante el presente trabajo se busca dar a conocer una opción innovadora y eficiente integrando las tecnologías IoT en la agronomía que es el motor principal de la economía del país. La demanda de productos alimenticios a nivel mundial cada día va aumentando por lo que la materia prima requiere de una producción más eficiente a un menor tiempo cumpliendo con los estándares de calidad requeridos. El avance de las tecnologías ha hecho posible una convergencia entre ambos campos evolucionando la manufactura agrícola facilitando así rentabilidad de los cultivos. Sin duda los principales síntomas de las plagas en la palma africana son el secamiento y amarillamiento la causante de la baja productividad y calidad de producción de aceite de palma en la provincia de Los Ríos. El uso de sensores IoT en la plantación facilita el manejo, monitoreo y control de los parámetros que se deben considerar evitando un avance progresivo y letal de la enfermedad. Por lo tanto, el desarrollo de este trabajo ofrece al agricultor ecuatoriano tener una perspectiva innovadora con mira al futuro de sus cultivos, optimizando recursos, produciendo mayor volumen a un menor tiempo.</p>			
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593959239334	<b>E-mail:</b> <a href="mailto:carlos-m-g2012@hotmail.com">carlos-m-g2012@hotmail.com</a>	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:</b>	<b>Nombre:</b> Palacios Meléndez, Edwin Fernando		
<b>COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE</b>	<b>Teléfono:</b> +593-9-67608298		
	<b>E-mail:</b> <a href="mailto:edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec">edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec</a>		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			