

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

Red de sensores de temperatura y humedad para controlar el estado de los terrenos en la hacienda cacaotera “La Aurora”.

PROYECTO INTEGRADOR

Previo a la obtención del Título de:

LICENCIADO EN REDES Y SISTEMAS OPERATIVOS

Presentado por:

Renzo Alejandro Núñez Lucín

Ronal Isaac Colcha Arevalo

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2019

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios por darme la vida y la fortaleza para culminar mi proyecto integrador. A mis padres, Mariana Arévalo y Jorge Colcha, por siempre confiar en mí, y por todos los valores y consejos que me inculcaron.

Finalmente agradezco a todos mis profesores, quienes me transmitieron sus conocimientos y me formaron para ser un profesional con valores, conocimientos y principios morales.

Ronal Isaac Colcha Arévalo

Quiero agradecer primero a Dios por hacer de mi la persona que soy, a mis padres Grace Lucin y Renzo Nuñez; a mi familia, que gracias su apoyo, consejos y valores que han inculcado, logrando que sea una persona responsable con ética y profesionalismo.

Doy las gracias a mis amigos y compañeros que he tenido el placer de conocer y trabajar con ellos, quienes me han ayudado cuando he tenido inconvenientes.

Renzo Alejandro Núñez Lucín

DEDICATORIA

El presente proyecto de materia integradora lo dedico principalmente a Dios, por darme la fuerza e inspiración para continuar el proceso de realizar uno de mis objetivos más deseados.

A mis padres, quienes, con su trabajo y sacrificio durante toda su vida, me han apoyado incondicionalmente en toda mi carrera estudiantil.

Ronal Isaac Colcha Arévalo.

Dedico el presente proyecto a Dios, que ha estado conmigo en todo momento, a mis padres por su esfuerzo y apoyo total durante mi vida académica, a mi gata Forest María, por hacerme compañía toda su vida, desvelarse cuando yo estudiaba o realizaba investigaciones y proyectos, despertándome y así no llegar tarde en las mañanas.

Renzo Alejandro Núñez Lucín

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, nos corresponde exclusivamente; y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

Ronal Isaac Colcha Arévalo

Renzo Alejandro Núñez Lucín

EVALUADORES

MSc. Robert Andrade Troya

PROFESOR DE LA MATERIA

MSc. Rayner Durango Espinoza

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

La tecnología avanza de forma muy acelerada, el desarrollo de nuevas tecnologías y redes inteligentes en la actualidad abarcan un gran número de soluciones. Las redes inalámbricas son de mayor uso actualmente, debido a la versatilidad y necesidad de tener la información actualizada y precisa en nuestro ambiente, ya sea en el área militar, domótica, industrial, médica, etc.

En este proyecto monitorea los parámetros medio ambientales como son temperatura y de humedad. Estos datos son extraídos mediante una red de sensores inalámbricos, en la hacienda “La Aurora” ubicada en La Concordia, provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas.

Para la realización del proyecto se usan redes inalámbricas establecidas en el estándar Zigbee. Se tienen dos tipos de nodos, los nodos terminales y el nodo coordinador. Los nodos que son terminales están interconectados de manera inalámbrica hacia el nodo coordinador, el mismo que esta conectado a un servidor web, el cual muestra la información de las lecturas de los parámetros.

De esta manera se puede obtener eficiencia en el manejo del tiempo y la metodología de trabajo en la hacienda, aumentando la productividad de esta, generando mejores ingresos y realizando las tareas de forma eficaz.

Palabras Clave: Arduino, raspberry, raspbian, sensores, humedad, temperatura, monitoreo, terreno, cacao.

ABSTRACT

Technology is advancing very rapidly, the development of new technologies and smart grids today encompasses a large number of solutions. Wireless networks are currently more used, due to the versatility and need to have updated and accurate information in our environment, whether in the military, home automation, industrial, medical, etc.

In this project it monitors the environmental parameters such as temperature and humidity. These data are extracted through a wireless sensor network, at the “La Aurora” farm located in La Concordia, province of Santo Domingo de los Tsáchilas.

Wireless networks established in the Zigbee standard are used to carry out the project. There are two types of nodes, the terminal nodes and the coordinating node. The nodes that are terminals are interconnected wirelessly to the coordinating node, the same one that is connected to a web server, which shows the information of the parameter readings.

In this way you can obtain efficiency in time management and the methodology of work in the farm, increasing its productivity, generating better income and performing tasks efficiently.

Keywords: Arduino, raspberry, raspbian, sensors, humidity, temperature, monitoring, terrain, cocoa.

ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES	5
RESUMEN.....	I
ABSTRACT.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS	V
SIMBOLOGÍA	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
CAPÍTULO 1	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2 OBJETIVOS	2
1.2.1 <i>Objetivo General</i>	2
1.2.2 <i>Objetivos Específicos</i>	3
1.3 MARCO TEÓRICO	3
CAPÍTULO 2	6
2. METODOLOGÍA	6
2.1 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN	6
2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	8
2.3 SOLUCIONES PROPUESTAS.....	9
2.4 DISEÑO DE SOLUCIÓN	11
2.4.1 <i>Nodo sensor.</i>	12
2.4.2 <i>Nodo coordinador.</i>	15
2.4.3 <i>Servidor de monitoreo para variables medio ambientales y Aplicación Móvil..</i>	16
2.4.4 <i>Tipo de topología.</i>	18
2.4.5 <i>Lista de materiales a usar y sus características.</i>	19
CAPÍTULO 3	27

3. PLAN DE IMPLEMENTACIÓN Y PRESUPUESTO.....	27
3.1 PLAN DE IMPLEMENTACIÓN.....	27
3.2 PRESUPUESTO.....	28
3.2.1 <i>Costos directos</i>	29
3.2.2 <i>Costos Indirectos</i>	30
CAPÍTULO 4	31
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	31
4.1 CONCLUSIONES.....	31
4.2 RECOMENDACIONES	31
BIBLIOGRAFÍA.....	33
ANEXOS	35

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
WIFI	Fidelidad sin cables o inalámbrica.
4G	Cuarta Generación de Tecnologías de Telefonía Móvil.
DT	Pensamiento de diseño.
IDE	Entorno de desarrollo integrado.
API	Interfaz de programación de aplicaciones.
DDR SDRAM	Memoria de acceso aleatorio dinámico síncrono de doble velocidad de datos.
WLAN	Red de área local inalámbrica.
IEEE	Instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos.

SIMBOLOGÍA

Ha	Hectárea
m	Metro
°C	Grado centígrado
h	Hora
mV	Milivoltio
mA	Miliamperio
MHz	Megahercio
in	Pulgada
%	Porciento
Km	Kilómetro
V	Voltio
Kbps	Kilobits por segundo
dB	Decibelios
dBi	Decibelios de ganancia de la antena isotrópica.
GHz	Gigahercio.
GB	Gigabyte
MBps	Megabytes por segundo

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Mapa de empatía – Sra. Dila Merchán	7
Figura 2.2 Diseño de red para el monitoreo de temperatura y humedad.	12
Figura 2.3 Ejemplo de implementación del nodo sensor en el terreno.	13
Figura 2.4 Prototipo de nodo sensor.	14
Figura 2.5 Conexión de componentes con la placa arduino uno.	14
Figura 2.6 Prototipo del nodo coordinador.....	16
Figura 2.7 Pantalla de inicio de aplicación web – Menú. [7]	17
Figura 2.8 Pantalla de software para el monitoreo de temperatura y humedad. [8]	17
Figura 2.9 Diseño de mensajes de alertas de la aplicación para la temperatura, humedad en dispositivos inteligentes.	18
Figura 2.10 Esquema de operación DigiMesh. [9].....	19
Figura 2.11 Diseño de topología DigiMesh en red de monitoreo.....	19
Figura 2.12 Raspberry Pi 3 B+ [10]	20
Figura 2.13 Arduino uno. [12]	21
Figura 2.14 Módulo Arduino Wireless SD Shield [13].....	22
Figura 2.15 Módulo sensor de humedad YL-69. [14].....	22
Figura 2.16 Módulo sensor de temperatura sumergible DS18B20. [5]	23
Figura 2.17 Módulo XBee-Pro 900HP S3B. [15].....	24
Figura 2.18 Antena dipolo 900MHz. [17]	25
Figura 3.1 Planificación de tareas.	28

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Temas de investigación	5
Tabla 2.1 Matriz Insight.	9
Tabla 2.2 Ideas seleccionada de la “Lluvia de ideas”	10
Tabla 2.3 Matriz de decisión.....	11
Tabla 2.4 Conexión entre el sensor YL-69 y Arduino Uno [4].....	15
Tabla 2.5 Conexión entre el sensor DS18B20 y Arduino Uno. [5].....	15
Tabla 2.6 Consumo energético de los dispositivos.....	26
Tabla 3.1 Presupuesto total.....	28
Tabla 3.2 Presupuesto equipos y materiales.....	29
Tabla 3.3 Presupuesto de equipo y materiales para 1 ha.	29
Tabla 3.4 Presupuesto para trabajadores.....	30
Tabla 3.5 Costos Indirectos.....	30

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

La Sra. Dila Australia Merchán Conforme, dueña de la hacienda “La Aurora”, con ubicación en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, en el sector de La Concordia.

“La Aurora” tiene 72 hectáreas (ha), las cuales se encuentran divididas en sectores para actividades agrícolas, ganaderas y de vivienda. El área agrícola es de 52ha, en la cual el producto que se siembra es cacao. La ganadería ocupa una superficie de 18ha, y es destinada para la crianza de varios animales como vacas, gallinas, etc. Las viviendas destinadas para los trabajadores y dueña de “La Aurora” tienen un área total de 2ha.

“La Aurora” tiene en su nómina a 30 trabajadores en total, los cuales se dividen las actividades que se deben realizar de forma diaria; 10 de ellos son los responsables del cuidado de las plantaciones de cacao, encargados de las funciones como, por ejemplo: del sistema de riego; rociar pesticidas; detección de temperatura del terreno destinado al cultivo; cosecha de las mazorcas de cacao; siembra de las nuevas plantaciones y aplicar fertilizantes.

Los trabajadores de “La Aurora” realizan estas tareas de forma empírica, ocasionando que las mazorcas de cacao no sean de los estándares de calidad esperado para realizar la exportación del producto. Por ejemplo, la detección de plagas la realizan cuando el árbol de cacao se encuentra totalmente comprometido. La detección de temperatura la realizan haciendo pequeños pozos donde los trabajadores por medio del tacto estiman el aumento de la temperatura.

1.1 Descripción del problema

En el área para la siembra, la hacienda cacaotera “La Aurora” presenta diferentes inconvenientes, como son la falta de humedad interna de la tierra, las plagas que dañan las hojas de los árboles y las mazorcas de cacao.

“La Aurora” tiene como principal inconveniente la falta de humedad relativa que tiene la tierra por causa del aumento de temperatura a determinadas horas del día, y como el suelo absorbe esta temperatura y la traslada al interior de la tierra.

Los árboles de cacao fueron sembrados hace un año y siete meses, con lo cual se puede determinar que sus raíces tienen una profundidad aproximada de 1.5 metros (m), el aumento de la temperatura está registrado a una profundidad de 1 m.

Los trabajadores en general no pueden determinar el momento exacto en que el problema se comienza a dar. Ellos al percibir el aumento de temperatura de la tierra, llegando a alcanzar los 40 grados centígrados ($^{\circ}\text{C}$), comienzan a recorrer las 52 ha, para verificar en qué áreas se produce y así activar el sistema de riego. La temperatura para el óptimo crecimiento de los árboles varía desde los 22°C a los 30°C , llegando a producir una pérdida de humedad con lo cual se dificulta la absorción de nutrientes del suelo, y afectar a las plantaciones de cacao, reduciendo sustancialmente su rentabilidad.

El problema con la forma de trabajo actual, es que a lo que ellos terminan de obtener la temperatura estimada en el área de siembra, han pasado aproximadamente de 2 a 4 horas. En ese tiempo la humedad relativa y la temperatura vuelve a variar, por lo que se vuelve un proceso erróneo y muy tardío.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Diseñar una red de sensores inalámbricos de temperatura y de humedad para la supervisión de la tierra en la hacienda cacaotera “La Aurora”.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar la humedad relativa de la tierra para el registro de los parámetros.
- Analizar el tiempo y las horas promedio en el cual la humedad disminuye para la obtención de un patrón de comportamiento.
- Elaborar un plan estratégico de riego para la corrección de la temperatura y de la humedad en la tierra.
- Evaluar los resultados obtenidos para la obtención de las conclusiones.

1.3 Marco Teórico

Para este proyecto hemos considerado diferentes fuentes, con información en proyectos de sensores con nuevas tecnologías e implementando nuevos materiales. Además de soluciones desarrolladas por empresas usando sistemas inalámbricos con sensores en la agricultura, y empresas que han desarrollado herramientas específicas para la medición de parámetros ambientales. Entre los proyectos y soluciones podemos destacar lo siguiente:

Desarrollo de un sensor con materiales innovadores con la capacidad de medir temperatura y humedad usando la variación de iones y electrones en el voltaje.

El equipo de investigadores del laboratorio de electrónica orgánica de la Universidad de Linkoping en Suecia [1], ha desarrollado un sensor que puede medir simultáneamente los parámetros de temperatura y humedad. El material usado para su fabricación es un innovador aerogel elástico, compuesto de polímeros que tienen propiedades conductivas y termoeléctricas.

Para la creación de este nuevo material mezclaron nanofibras de celulosa con un polímero orgánico termoeléctrico llamado PEDOT:PSS, este polímero es la combinación de poliestireno sulfonado con politiofeno, luego la mezcla de nanofibras de celulosa con PEDOT:PSS es secada por congelación, obteniendo como resultado un aerogel con estructura de esponja que permite mediante la variación de electrones e iones, registrar las variables de temperatura y humedad.

Placa Agricultura V30 desarrollado por la empresa LIBELIUM.

La empresa Libelium diseña hardware y software para redes inalámbricas de sensores para diferentes sectores empresariales [2], para el sector agrícola ha diseñado la placa Agricultura V30, esta placa permite conectar individualmente sensores de temperatura, humedad, presión atmosférica y pluviómetro, estos sensores se venden por separado dependiendo de la necesidad y el presupuesto del comprador, además la placa tiene incluido conexión Fidelidad sin cables o inalámbrica (WiFi), Cuarta Generación de Tecnologías de Telefonía Móvil (4G) y transmite en la banda 868 megahercios (MHz) y 900MHz. El precio de este producto varía dependiendo de la cantidad de sensores que el cliente desea adquirir.

Tensiómetro Irrometer desarrollado por la empresa IRROMETER.

La empresa Irrometer ha creado un instrumento llamado tensiómetro [3], con la capacidad de medir la humedad de la tierra. El tensiómetro funciona midiendo la tensión real del agua en la tierra, lo que indica el esfuerzo requerido por las raíces de las plantas para extraerla. Dependiendo de la profundidad de las raíces de los cultivos, las longitudes de este instrumento son 6, 12, 18, 24, 36 o 48 pulgadas (in).

Como información relevante de las investigaciones realizadas, se obtuvo el conocimiento de:

- La posibilidad de comunicar por medios inalámbricos las redes de sensores para la medición de varios parámetros.

- Considerar la profundidad a la que pueden llegar las raíces de los diferentes cultivos.

#	Titulo	Institución / Empresa	Fecha
1	Proyecto desarrollo de un sensor con materiales innovadores con la capacidad de medir temperatura, humedad y presión usando la variación de iones y electrones en el voltaje. [1]	Universidad de Linkoping	Suecia 2019
2	Desarrollo Placa Agricultura V30 [2]	Empresa LIBELIUM	España 2018
3	Desarrollo Tensiometro Irrometer [3]	Empresa IRROMETER	EE. UU 2010

Tabla 1.1 Temas de investigación

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

En la elaboración del proyecto se emplea la metodología de pensamiento de diseño (DT), la misma que reúne varias herramientas que están divididas en cinco fases que permiten realizar un mejor trabajo, para generar nuevas ideas de forma integral y con ello, desarrollar soluciones que logren cumplir con las necesidades del cliente de forma efectiva.

2.1 Levantamiento de información.

Para el levantamiento de información una de las herramientas que se utilizó fue “La investigación de escritorio”. Esta herramienta nos ayudó a comprender mejor el entorno geográfico en el que se encuentra ubicada la hacienda (Anexo A), la temperatura promedio ambiental, los tipos de suelos característicos de la zona, entre otros datos.

Además, se estableció, cuales son las personas relacionadas con esta problemática. Se acompañó a la Sra. Dila Merchán y a sus trabajadores para saber cómo es su día de trabajo y cómo se realiza la detección de temperatura, siendo un proceso tardado y demorado debido a las distancias que ellos deben recorrer. Entre otras tareas se evidenció como ellos hacen el reconocimiento de plagas, etc.

Después de establecer quiénes son estos actores que se ven afectados, se usó la herramienta de “Entrevista”, a varias personas encargadas de los grupos de trabajo. El banco de preguntas (Anexo B), fue creado por medio de una “Lluvia de ideas”, sabiendo a quiénes estarían dirigidas cada una de las entrevistas.

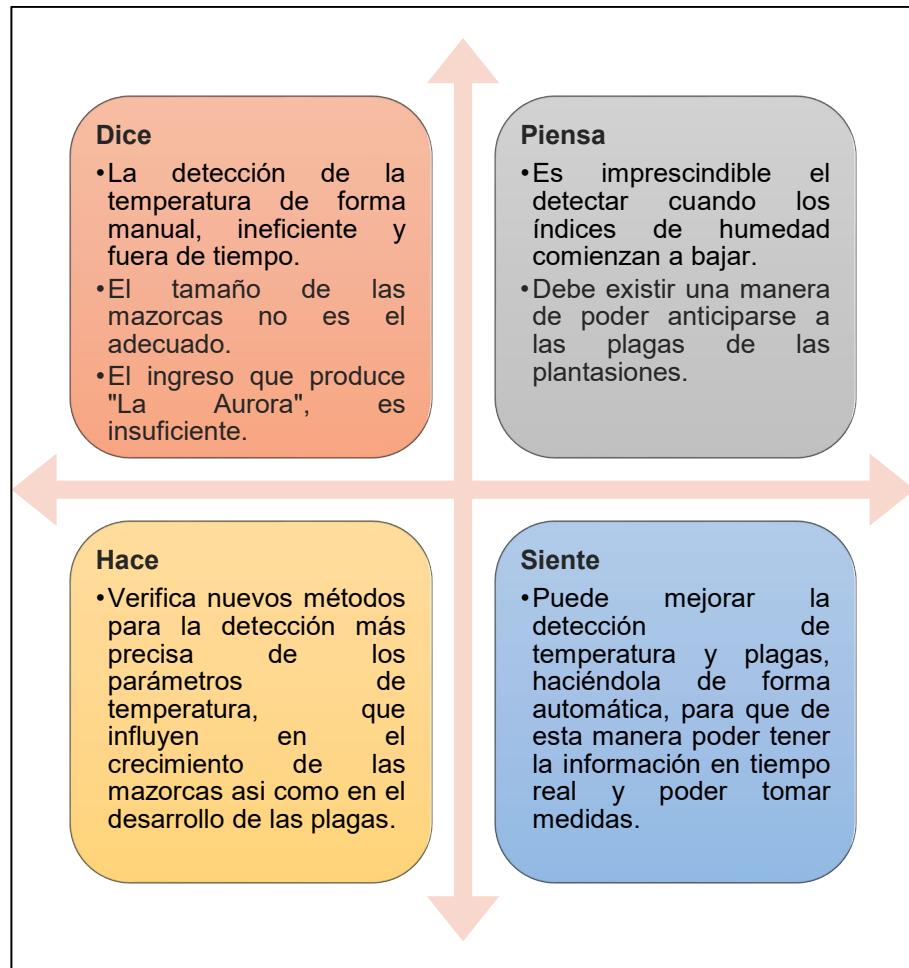


Figura 2.1 Mapa de empatía – Sra. Dila Merchán

En la figura 2.1 se muestra el “Mapa de empatía”, que se realizó para este proyecto. Se recopila la información entregada por la Sra. Dila Merchán, dueña de “La Aurora”, con relación a las actividades que ella realiza en conjunto con sus trabajadores. Adicionalmente se incluyen los proyectos de siembra que tienen y sus problemas diarios en sus actividades.

Durante la entrevista manifiesta la Sra. Dila Merchán que sus trabajadores no cumplen con todo lo requerido por diversas circunstancias.

Entre estas se enumeran:

- Cansancio por largas caminatas dentro de “La Aurora”.
- Detección tardía del estado de los terrenos.

- Proliferación de plagas.
- Altas temperaturas que resecan la tierra.

El día de visita a “La Aurora”, se evidenció la metodología de trabajo y el tiempo que les toma realizar sus actividades diarias.

2.2 Definición del problema.

Se logró definir el problema, gracias a las entrevistas que se realizaron a los sujetos de interés, se concluyó que muchos de sus problemas giran alrededor del desarrollo del árbol del cacao, así como la germinación del fruto, produciendo pérdidas económicas a su propietaria.

En esta fase se decidió usar la herramienta “Árbol del problema”, para reconocer causas y consecuencias de los problemas antes expuestos. (Anexo C):

- La detección de los parámetros de temperatura se lo hace de forma manual y fuera de tiempo.
- Los trabajadores no manejan ningún tipo de registro de los cambios detectados de temperatura y humedad relativa.

Después se procedió a utilizar la herramienta “Matriz Insight”, la cual nos permite observar de forma más clara a los actores involucrados, sus necesidades y lo que desean (Tabla 2.1).

Usuarios		+	Necesidad	+	Insights
Propietaria	Necesita	Mejorar la forma de hacer producir los terrenos	Por qué	Espera que las mazorcas alcancen el tamaño adecuado para poder exportarlas.	
Jefes de personal		Mejorar la manera de control sobre su personal a cargo.		Necesita designar mejor las responsabilidades para optimizar el tiempo de trabajo.	
Trabajadores		Accionar el riego en los cultivos al momento de detectar que la humedad no es suficiente.		Se debe evitar que los árboles no dejen de absorber los nutrientes de forma adecuada.	

Tabla 2.1 Matriz Insight.

Gracias a todas las herramientas implementadas anteriormente, se permite dar a conocer ideas que reflejan las necesidades de los entrevistados. De esta manera, se puede concluir en posibles soluciones, que ayuden a satisfacer sus necesidades y a su vez que resuelvan el problema de su lugar de trabajo.

Siendo la problemática identificada “detección ineficiente de las variaciones de temperatura y humedad relativa en la tierra”, a ser resuelta mediante el presente proyecto.

2.3 Soluciones propuestas.

Después de definir el problema a resolver, se realizó una nueva “Lluvia de ideas”, con el fin de plantear posibles soluciones para la problemática. Como resultado de utilizar esta herramienta, se pudieron seleccionar cinco ideas viables y con potencial para resolver la problemática identificada (Tabla 2.2).

Código	Idea
A	Sistema que registre los cambios de temperatura mediante el uso de termómetros ambientales.
B	Sensores que registren el cambio de temperatura y humedad relativa en el suelo.
C	Sistema que refleje alcances de temperaturas por medio de un cálculo estadístico.
D	Sistema de red de sensores conectados en la profundidad de la tierra (1m).
E	Sistema de sensores que registre la humedad de la tierra a una profundidad de 1.5m, este conectada a un equipo que transmita esa información hasta la nube, se presenten los datos de forma fácil en una plataforma web, y envíe una alerta a los dispositivos móviles de los trabajadores cuando el porcentaje de humedad sea inferior al de los parámetros normales.

Tabla 2.2 Ideas seleccionada de la “Lluvia de ideas”

Por medio de la “Matriz de solución”, mostrada en la tabla 2.3, se evidencia las ideas más relevantes en comparación a las necesidades de “La Aurora”.

El indicador para este cuadro será numérico. El número 1 es utilizado para cuantificar las ideas preseleccionadas que cubran las necesidades expuestas.

Al proceder a la sumatoria de cada indicador, el que obtenga el mayor resultado, representará a la solución más factible, según los requerimientos de los indicadores en la matriz:

- Sistema de red de sensores conectados en la profundidad de la tierra (1m).
- Sistema de sensores que registre la humedad de la tierra a una profundidad de 1.3m, este conectada a un equipo que transmita esa información hasta la nube, se presenten los datos de forma fácil en una plataforma web, y envíe una alerta a los dispositivos móviles de los trabajadores cuando el porcentaje de humedad sea inferior al de los parámetros normales.

Las dos posibles soluciones serán presentadas a la Sra. Dila para acordar la más factible con referente a “La Aurora”.

Criterios	Ideas				
	A	B	C	D	E
Mantener información completa del área de sembrío de “La Aurora”.	1	1		1	1
Enviar alertas cuando el porcentaje de humedad este por debajo de lo permitido.			1		1
Consultar información actualizada de los cultivos.					1
Optimizar la búsqueda de las zonas que presenten problemas.				1	1
Organizar los cultivos en pequeñas zonas para mejorar la identificación de cada una de ellas.	1	1		1	1
Generar reportes automáticos.	1				1
TOTALES	3	2	1	3	6

Tabla 2.3 Matriz de decisión

2.4 Diseño de solución.

Como diseño de solución presentado a la dueña de la hacienda, se planteó una red de sensores para el monitoreo de los parámetros de temperatura y humedad en el terreno. Con el fin de realizar las mediciones y envío de datos, se crearon lo que denominamos “nodo sensor” (figura 2.4); cada uno de los sensores de estos nodos estarán enterrados a una profundidad de 1.30m debajo del terreno y 0,5m por encima del terreno. Para la recepción de datos se diseñó un “nodo coordinador” (figura 2.6), el cual está encargado de enviar los datos a un servidor de monitoreo para variables medio ambientales en la nube. Este servidor enviará la información a una aplicación móvil la cual mostrará los parámetros de temperatura y humedad relativa en el terreno, la aplicación enviará un mensaje de alerta cuando la humedad relativa este por debajo del 30 por ciento (%).

En la figura 2.2 se observa el diseño de red para el monitoreo del terreno.



Figura 2.2 Diseño de red para el monitoreo de temperatura y humedad.

2.4.1 Nodo sensor.

Este nodo está compuesto por una placa Arduino Uno, que tiene conectado un sensor de humedad YL-69 y un sensor de temperatura DS18B20. Estos sensores envían señales hacia el Arduino para ser interpretados y transformados en datos.

Para la conexión inalámbrica de los nodos, se utiliza un módulo Xbee Pro S3B con una antena dipolo, lo que permitirá enviar la información, con distancias de cobertura mínima de hasta 8 kilómetros (Km) y llegando hasta los 14.4Km, con línea de vista en la frecuencia de 900MHz. El módulo Xbee estará conectado al Arduino mediante un módulo Arduino Wireless SD shield. Para enviar la información los datos del Arduino son encapsulados y enviados mediante tramas de 64 bits.

Cada nodo sensor puede recibir, redireccionar y enviar información de cualquier nodo, hasta que los datos lleguen al nodo coordinador.

La fuente de energía de este nodo será una batería portátil Poweradd Pilot de 23000 miliamperios (mA), la cual proporcionará 76 horas de funcionamiento autónomo aproximadamente (Tabla 2.6), esta batería estará conectada en el puerto USB 2.0 a 5 voltios (V).

El hardware del nodo sensor estará dentro de una caja de registro plástico impermeable, y los sensores se colocarán en un tubo optiflex monoducto 40 milímetros (mm) por 3.5mm, usado comúnmente para trabajos de telecomunicaciones subterráneas.

En la figura 2.3 se observa un ejemplo de implementación del nodo sensor en el terreno.



Figura 2.3 Ejemplo de implementación del nodo sensor en el terreno.

En la figura 2.4 se observa el diseño del prototipo del nodo sensor.

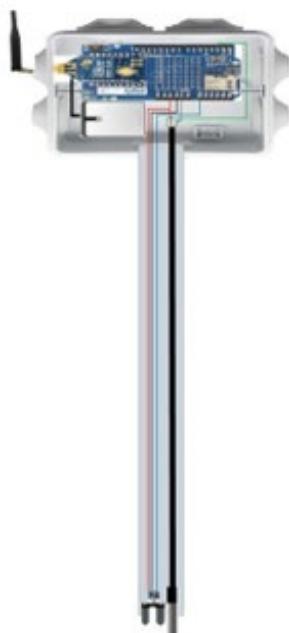


Figura 2.4 Prototipo de nodo sensor.

En la figura 2.5 se observa la conexión interna del sensor de temperatura, humedad, batería portátil, shield arduino, módulo xbee y antena dipolo con la placa arduino uno.

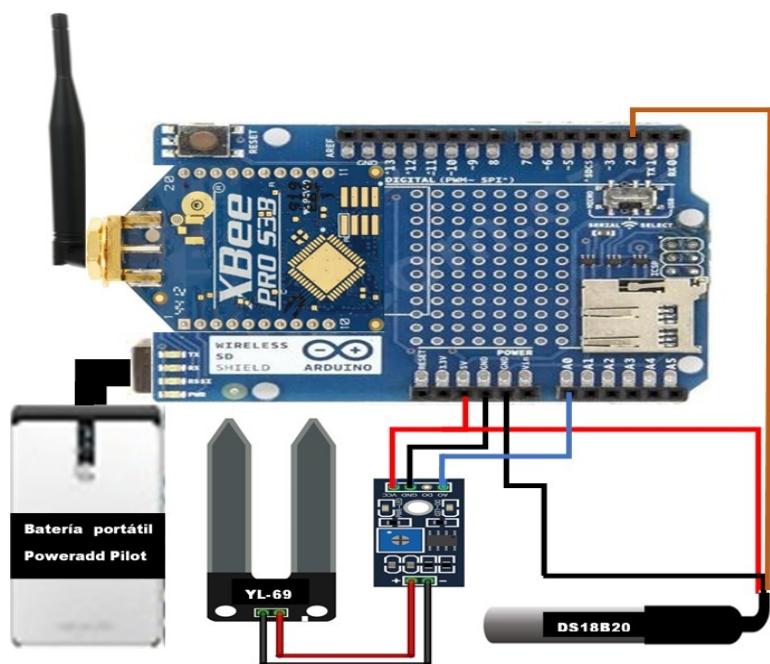


Figura 2.5 Conexión de componentes con la placa arduino uno.

A continuación, se detalla las conexiones de los sensores con el Arduino Uno.

- Conexiones de Sensor de humedad YL-69 con Arduino Uno

YL-69	Pin-Arduino Uno
A0	A0
GND	GND
VCC	5V

Tabla 2.4 Conexión entre el sensor YL-69 y Arduino Uno [4]

- Conexiones de Sensor de temperatura DS18B20 con Arduino Uno.

DS18B20	Pin-Arduino Uno
DQ	2
GND	GND
VCC	5V

Tabla 2.5 Conexión entre el sensor DS18B20 y Arduino Uno. [5]

2.4.2 Nodo coordinador.

El nodo coordinador está conformado por una placa Raspberry Pi 3 B+ que integra conectividad Wi-Fi (figura 2.6) conectada a un Arduino Uno. Este nodo coordinador recibe las tramas enviadas por los nodos de campo, mediante un módulo Xbee Pro S3B con una antena dipolo, conectado en el Arduino mediante un módulo Arduino Wireless SD shield. Al llegar las tramas al nodo, se interpretan los bits y se toman los datos de los parámetros de temperatura y de la humedad relativa para ser enviados a través de la señal Wi-Fi a un servidor de monitoreo para variables medio ambientales en la nube llamado Ubidots [6]. Para proporcionar energía al nodo coordinador se usará un adaptador de voltaje de 5v a 3000 mA.

En la figura 2.6 se observa el diseño del prototipo del nodo coordinador.

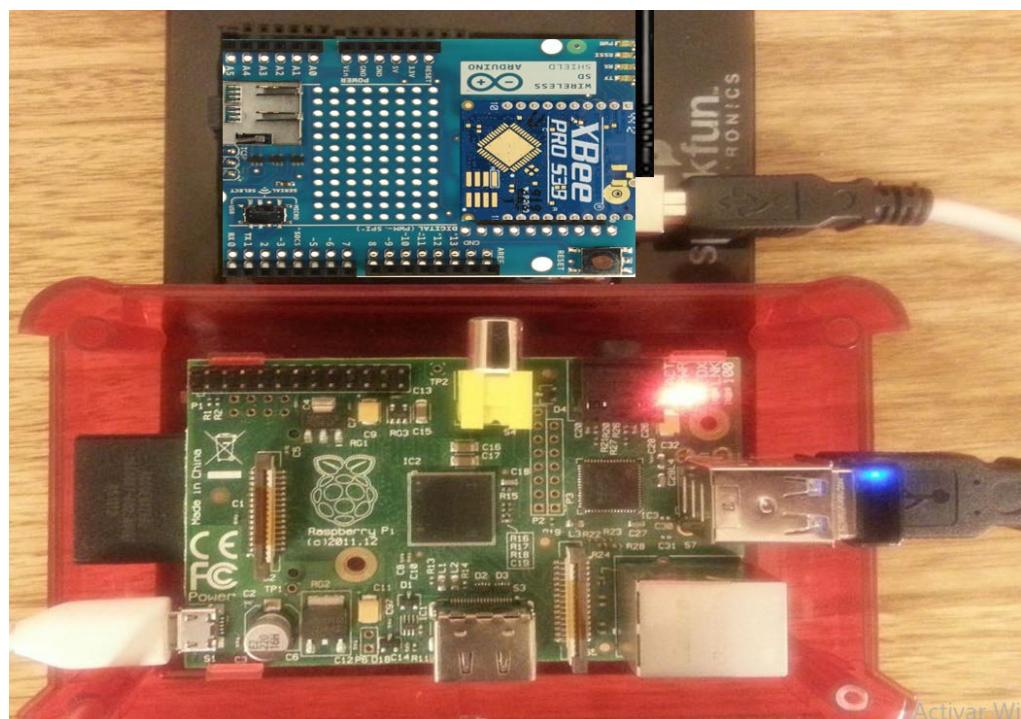


Figura 2.6 Prototipo del nodo coordinador.

2.4.3 Servidor de monitoreo para variables medio ambientales y Aplicación Móvil.

Para monitorear y almacenar los datos enviados por el nodo coordinador hemos escogido la plataforma IoT llamada Ubidots, que almacenará y mostrará la información en tiempo real. Esta plataforma permite registrar de manera gratuita hasta 30.000 datos por mes, si se necesita registrar más datos se puede obtener un plan corporativo o empresarial según sea necesario.

La alerta es generada por la plataforma IoT, cuando la humedad relativa sea menor o igual al 30%, la alerta será enviada a la aplicación Android instalada previamente en los smartphones de los trabajadores, encargados de las plantaciones y de la dueña de la hacienda.

En la plataforma IoT el único usuario registrado será la dueña de la hacienda, la cual tendrá acceso al portal web donde podrá verificar los valores de los parámetros de temperatura y humedad relativa.

Se observa en la figura 2.7 la pantalla principal de la plataforma IoT Ubidots.



Figura 2.7 Pantalla de inicio de aplicación web – Menú. [7]

Se muestra en la figura 2.8 la presentación de la información del monitoreo de temperatura y humedad relativa.

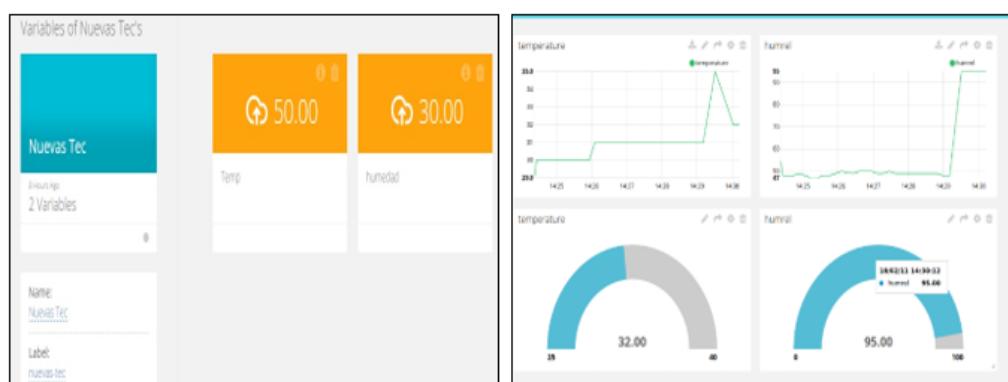


Figura 2.8 Pantalla de software para el monitoreo de temperatura y humedad. [8]

En la figura 2.9 se observa el diseño de la aplicación Android mostrando valores de temperatura, humedad y alertas cuando el porcentaje de humedad relativa es menor o igual al 30%.



Figura 2.9 Diseño de mensajes de alertas de la aplicación para la temperatura, humedad en dispositivos inteligentes.

2.4.4 Tipo de topología.

En nuestro diseño hemos utilizado la topología DigiMesh de la empresa Digi International en donde los nodos son llamados Nodos Digi Mesh. En esta topología todos los nodos son visibles entre sí, es decir, funcionan como repetidores, sin la necesidad de un nodo central o un nodo coordinador. Esto nos permite acceder a los datos de los nodos más lejanos que estén fuera del alcance de transmisión.

En la figura 2.10 se muestra un esquema de funcionamiento de una red DigiMesh.

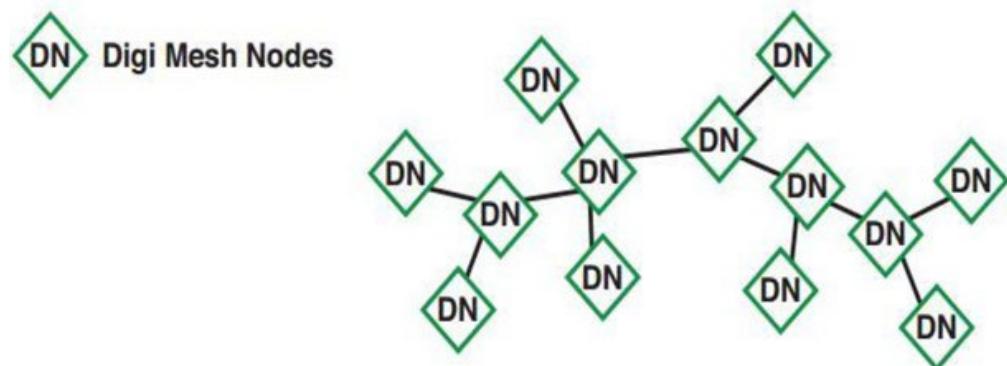


Figura 2.10 Esquema de operación DigiMesh. [9]

En la figura 2.11 se muestra el diseño de implementación de la topología DigiMesh, donde los nodos sensores pueden transmitir su información a través de diferentes nodos, hasta llegar al nodo coordinador.

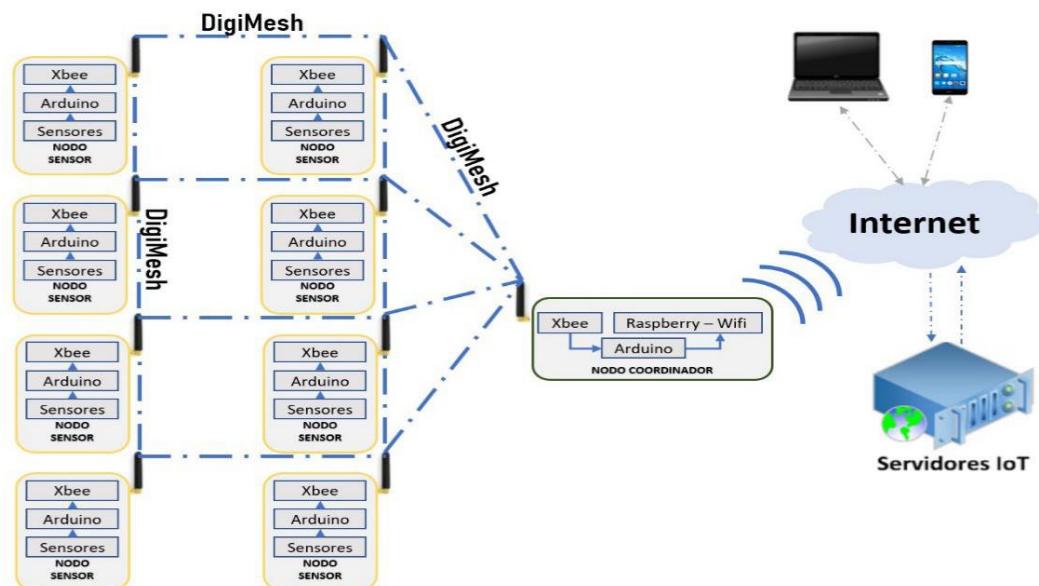


Figura 2.11 Diseño de topología DigiMesh en red de monitoreo.

2.4.5 Lista de materiales a usar y sus características.

En el proyecto se utilizarán los siguientes elementos en hardware de bajo costo y software para llevar a cabo la idea de diseño.

2.4.5.1 Raspberry Pi 3 B+

Se ha decidido utilizar la placa Raspberry P1 3 B+ (Figura 2.12), por el sencillo uso de su sistema operativo donde estará alojado el Arduino Entorno de desarrollo integrado (IDE), que receptará las tramas enviadas por otros dispositivos, las desencapsulará y enviará los datos al servidor en la nube.

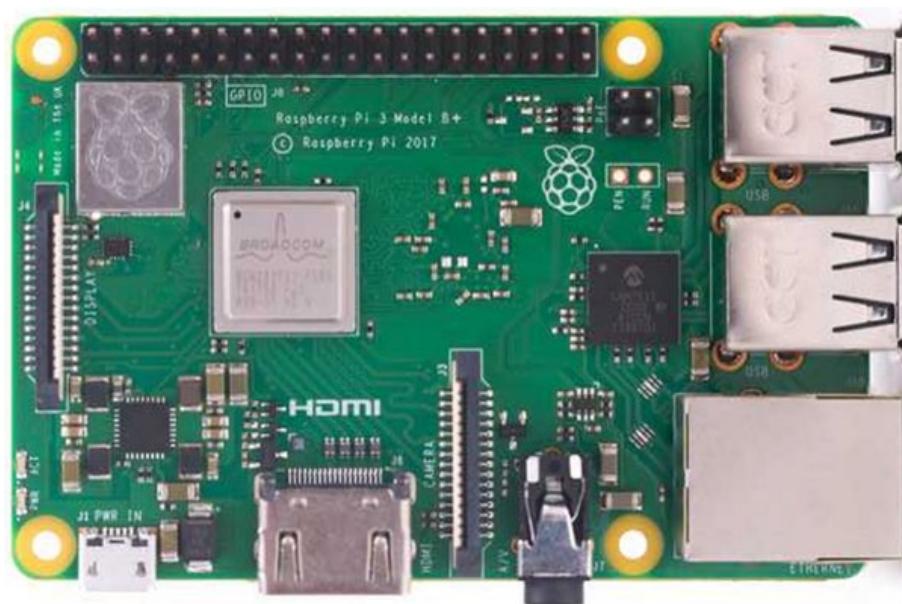


Figura 2.12 Raspberry Pi 3 B+ [10]

A continuación, se detalla las características del Raspberry Pi 3 B+:

- Procesador Broadcom BCM2837B0, CorteC-A53 (ARMv8) SoC de 64 bits a 1,4 Gigahercio (GHz).
- Memoria de acceso aleatorio dinámico síncrono de doble velocidad de datos (DDR SDRAM) LPDDR2 de 1 gigabyte (GB).
- Red de área local inalámbrica (WLAN), Instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos (IEEE) 802.11.b / g / n / ac de 2.4GHz y 5GHz, Bluetooth 4.2, BLE.

2.4.5.2 MicroSD

Se eligió trabajar con una memoria microSD Adata de 32Gb de clase 10 [11] que trabaja con velocidades de lectura y escritura máximas de hasta 80/10 megabytes por segundo (MBps). Esta tarjeta se usará para almacenar el sistema operativo Raspbian, las librerías y el Interfaz de programación de aplicaciones (API) de Arduino.

2.4.5.3 Arduino

Para este proyecto se utilizará la placa Arduino Uno con las siguientes características (figura 2.13):

- Microcontrolador: ATmega328.
- Voltage: 5V.
- Flash Memory: 32KB (ATmega328) de los cuales 0.5KB son utilizados para el arranque.
- Clock Speed: 16MHz.



Figura 2.13 Arduino uno. [12]

2.4.5.4 Módulo Arduino Wireless SD shield.

Este módulo Wireless nos permite adaptar directamente cualquier módulo Xbee serie 1, 2 y Pro a la placa Arduino Uno para poder transmitir de manera inalámbrica. (figura 2.14)



Figura 2.14 Módulo Arduino Wireless SD Shield [13]

2.4.5.5 Sensor de humedad YL69.

Se eligió trabajar con este sensor por las condiciones climatológicas adversas que puede soportar; este sensor es diseñado para poder medir la humedad de la tierra, aplicando una pequeña descarga de electricidad entre los terminales del módulo YL-69.

Pasando corriente que depende de la resistencia que posea la tierra (Anexo H), de esta forma cuando la humedad disminuye la resistencia aumenta y de forma inversa, cuando la humedad aumenta la resistencia de la tierra disminuye. (Figura 2.15)

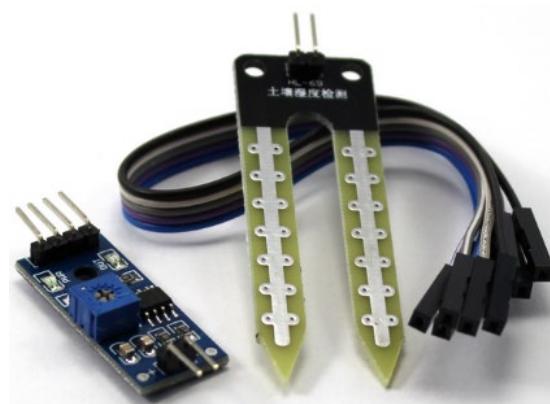


Figura 2.15 Módulo sensor de humedad YL-69. [14]

Especificaciones:

- Voltaje de alimentación: 3.3V a 5V.
- Voltaje de salida: 0V a 4.2V.
- Posee 2 electrodos.

Aplicaciones:

- Monitoreo de la humedad en suelos
- Jardinería
- Alarma de inundación
- Detección de nivel máximo en un tanque

2.4.5.6 Sensor de temperatura sumergible DS18B20.

Para la detección de temperatura se decidió usar este sensor por las temperaturas extremas que maneja, desde los -55°C hasta los 125°C con una variación de (+/- 0.5°C).

El dispositivo funciona obteniendo su alimentación desde el mismo pin de datos, eliminando la insuficiencia de alimentación de energía.

Se usa la versión sumergible del sensor ya que se encontrará enterrado en la tierra, posee un recubrimiento de acero inoxidable y es a prueba de líquidos no corrosivos. (Figura 2.16)



Figura 2.16 Módulo sensor de temperatura sumergible DS18B20. [5]

Especificaciones:

- Interfaz de comunicación 1-Wire, con capacidad multidrop.
- No requiere componentes externos para acondicionamiento de señal.
- Salida digital, no requiere microcontrolador con ADC.
- Rango de alimentación 3V a 5.5V.

2.4.5.7 Módulo XBee-Pro 900HP S3B

Se procedió a utilizar los módulos XBee-Pro 900HP (figura 2.17), porque facilitan la conectividad inalámbrica a otros dispositivos de la misma clase.

Utilizan para su funcionamiento el protocolo de red DigiMesh, que brinda soporte para dispositivos inactivos, teniendo una configuración patentada de punto a multipunto.

Los rangos con los que trabaja este módulo son en línea de visión directa de Radio Frecuencia (RF), de hasta 45.06Km de cobertura usando antenas de alta ganancia, llegando a tasas de transferencias de hasta los 200 kilobits por segundo (Kbps).



Figura 2.17 Módulo XBee-Pro 900HP S3B. [15]

El módulo XBee-PRO 900HP no necesita programación y su configuración es de forma sencilla con el software XCTU, gratuito de la empresa Digi [16] o también se puede configurar con un conjunto de comandos AT simplificados.

2.4.5.8 Antena Dipolo 900 MHz con conector RPSMA

Para la banda de 902MHz 928MHz se seleccionó una antena dipolo con 2,5 decibelios (dB) de ganancia de la antena isotrópica (dBi), con un conector de enchufe macho de polaridad RP-SMA. (figura 2.18)



Figura 2.18 Antena dipolo 900MHz. [17]

2.4.5.9 Batería portátil Poweradd Pilot Pro

De acuerdo con los cálculos de consumo energético (tabla 2.6) se decidió utilizar una batería portátil de 23000 miliamperios [18] para energizar el Arduino y sus módulos.

Cálculo de consumo Energético.

Dispositivo	Consumo energético
Placa Arduino uno	50 mAh
Sensor de temperatura YL-69	35 mAh
Sensor de humedad DS18B20	15mAh
Modulo Xbee pro S3B	200 mAh
Total	300 mAh

Tabla 2.6 Consumo energético de los dispositivos

Cálculo de consumo = $\frac{23000 \text{ mA}}{300 \text{ mA/H}} = 76,66 \text{ H}$ (con esta batería tendremos 76 horas de funcionamiento autónomo aproximadamente).

2.4.5.10 Tubería Plastigama Optiflex monoducto de 40mm por 3.5mm.

Este tipo de tubería es utilizado para trabajos de telecomunicaciones subterráneas para la conducción de cables de fibra óptica.

Usaremos este tipo tubería para la protección de los cables conectados a los sensores.

Sus dimensiones son de 40mm por 3.5mm.

2.4.5.11 Caja de registro plástico impermeable.

Para proteger la integridad de la circuitería, se procedió a realizar su armado dentro de una caja cuadrada de plástico impermeable de 5.5 pulgadas (in) por lado con 9.8mm de grosor.

CAPÍTULO 3

3. PLAN DE IMPLEMENTACIÓN Y PRESUPUESTO

Para la implementación de la red de sensores para variables medio ambientales, se ha desarrollado un plan de implementación y tablas de presupuesto.

3.1 Plan de implementación.

Se creo una planificación de tareas para la realización total del proyecto, con fecha de inicio el lunes 16 de septiembre del 2019, finalizando el viernes 3 de enero del 2020.

En la figura 3.1 vemos el cuadro de planificación de tareas.

	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
1	« Red de sensores de temperatura y humedad para controlar el estado de los terrenos en la hacienda	75 días	lun 16/9/19	vie 3/1/20
2	Firma de acta de inicialización de proyecto.	1 día	lun 16/9/19	lun 16/9/19
3	Deposito para anticipo del proyecto (40%).	1 día	mar 17/9/19	mar 17/9/19
4	« Compras y recepción de equipos	7 días	mié 18/9/19	jue 26/9/19
5	Solicitud de compra.	1 día	mié 18/9/19	mié 18/9/19
6	Firma de contrato de compra-venta.	0 días	mié 18/9/19	mié 18/9/19
7	Deposito por anticipo de compra (50%).	0 días	mié 18/9/19	mié 18/9/19
8	Tiempo de espera de producto.	5 días	jue 19/9/19	mié 25/9/19
9	Despacho de mercadería	1 día	jue 26/9/19	jue 26/9/19
10	Pago de saldo (50%) por compra de mercadería	0 días	jue 26/9/19	jue 26/9/19
11	« Inventario de productos.	4 días	vie 27/9/19	mié 2/10/19
12	Inventario cajas de registro platico y tuberia	2 días	vie 27/9/19	lun 30/9/19
13	Inventario de Arduinos.	2 días	vie 27/9/19	lun 30/9/19
14	Inventario de módulos Xbee.	2 días	mar 1/10/19	mié 2/10/19
15	Inventario de sensor de temperatura.	1 día	mar 1/10/19	mar 1/10/19
16	Inventario de sensor de humedad	1 día	mié 2/10/19	mié 2/10/19
17	« Programación de equipos	5 días	jue 3/10/19	jue 10/10/19
18	Programacion de Arduinos.	2 días	jue 3/10/19	vie 4/10/19
19	Programacion de módulos Xbee.	2 días	lun 7/10/19	mar 8/10/19
20	Instalacion de Raspbian.	1 día	jue 10/10/19	jue 10/10/19
21	« Ensamblaje de nodos sensor	29 días	vie 11/10/19	jue 21/11/19
22	« Conexión de sensores	14 días	vie 11/10/19	mié 30/10/19
23	Soldado de sensores de temperatura a placas arduino.	7 días	vie 11/10/19	lun 21/10/19
24	Soldado de sensores de humedad a placas arduino.	7 días	mar 22/10/19	mié 30/10/19

25	▪ Conexión de modulos Xbee	9 días	jue 31/10/19	mié 13/11/19
26	Conexión de modulos Xbee con antenas dipolo.	3 días	jue 31/10/19	mar 5/11/19
27	Montaje de modulos Xbee en arduinos wireless shield.	3 días	mié 6/11/19	vie 8/11/19
28	Montaje de arduinos wireless shield en placas arduino.	3 días	lun 11/11/19	mié 13/11/19
29	▪ Ensamblaje de cajas de registro y tuberías	5 días	jue 14/11/19	mié 20/11/19
30	Ensamblaje de placas arduino completas dentro de cajas de registro.	2 días	jue 14/11/19	vie 15/11/19
31	Corte de tuberías para nodo sensor.	1 día	lun 18/11/19	lun 18/11/19
32	Ensamblaje de tubería con cajas de registro.	2 días	mar 19/11/19	mié 20/11/19
33	▪ Ensamblaje de nodo coordinador	1 día	jue 21/11/19	jue 21/11/19
34	Conexión de Arduino completo con Raspberry Pi.	1 día	jue 21/11/19	jue 21/11/19
35	▪ Implementación de red de monitoreo	24 días	vie 22/11/19	jue 26/12/19
36	Colocacion de nodos sensor en las plantaciones de cacao y nodo sensor en oficina de la hacienda.	17 días	vie 22/11/19	lun 16/12/19
37	Pruebas de conectividad.	2 días	mar 17/12/19	mié 18/12/19
38	Pruebas de monitoreo de temperatura y humedad relativa	3 días	jue 19/12/19	lun 23/12/19
39	Pruebas de conectividad con el servidor IoT y aplicación móvil.	2 días	mar 24/12/19	jue 26/12/19
40	▪ Fase final de proyecto.	4 días	vie 27/12/19	vie 3/1/20
41	Redaccion y entrega de memoria técnica	1 día	vie 27/12/19	vie 27/12/19
42	Fiscalizacion de proyecto.	2 días	lun 30/12/19	jue 2/1/20
43	Acta de entrega de recepcion de proyecto.	1 día	vie 3/1/20	vie 3/1/20
44	Deposito de saldo (60%) del valor del proyecto.	0 días	vie 3/1/20	vie 3/1/20

Figura 3.1 Planificación de tareas.

3.2 Presupuesto

Se elaboró el presupuesto para la implementación de la red de sensores, en las 52ha destinadas a los cultivos de cacao en la hacienda "La Aurora".

En la tabla 3.1 se observa el presupuesto general a invertir en la solución de red de sensores.

Presupuesto Total	Valor
Costos directos	\$ 126.834,00
Costos indirectos	\$ 2.805,00
TOTAL	\$ 129.639,00

Tabla 3.1 Presupuesto total.

3.2.1 Costos directos.

Son los que tienen relación directa con la producción o la realización de este servicio. En la tabla 3.2 podemos observar el presupuesto requerido para la compra de los equipos y materiales, necesarios para la implementación en las 52ha.

Equipos y materiales	Cantidad	Valor unitario	Valor Total
Raspberry Pi3 B+	1 unidad	\$ 60,00	\$ 60,00
Arduino uno	1.041 unidades	\$ 7,00	\$ 7.287,00
Arduino Wireless sd shield	1.041 unidades	\$ 5,00	\$ 5.205,00
Modulo Xbee pro S3B	1.041 unidades	\$ 40,00	\$ 41.640,00
Antena Dipolo 900 MHz con RP-SMA	1.041 unidades	\$ 10,00	\$ 10.410,00
Batería Portátil Poweradd Pilot Pro	1.040 unidades	\$ 50,00	\$ 52.000,00
Sensor de humedad YL-69	1.040 unidades	\$ 1,00	\$ 1.040,00
Sensor de temperatura DS18B20	1.040 unidades	\$ 0,75	\$ 780,00
Caja de registro plástico	1.040 unidades	\$ 1,00	\$ 1.040,00
Tubería Optiflex Plastigama	1.872 metros	\$ 1,00/m	\$ 1.872,00
Costo por implementación	Valor unico	\$ 5.500,00	\$ 5.500,00
TOTAL			\$ 126.834,00

Tabla 3.2 Presupuesto equipos y materiales.

Adicionalmente en la tabla 3.3 se muestra el presupuesto por la compra de equipos necesarios y la implementación por 1ha.

Equipos y materiales	Cantidad	Precio unitario	Precio
Arduino uno	21 unidades	\$ 7,00	\$ 147,00
Arduino Wireless sd shield	21 unidades	\$ 7,00	\$ 147,00
Modulo Xbee pro S3B	21 unidades	\$ 60,00	\$ 1.260,00
Antena Dipolo 900 MHz con RP-SMA	21 unidades	\$ 10,00	\$ 210,00
Batería Portátil Poweradd Pilot Pro	20 unidades	\$ 75,00	\$ 1.500,00
Sensor de humedad YL-69	20 unidades	\$ 1,25	\$ 25,00
Sensor de temperatura DS18B20	20 unidades	\$ 1,00	\$ 20,00
Caja de registro plástico	20 unidades	\$ 1,25	\$ 25,00
Tubería Optiflex Plastigama	36 metros	\$ 1,25/m	\$ 45,00
Costo por implementación en cada ha	Valor unico	\$ 105,77	\$ 105,77
TOTAL			\$ 3.484,77

Tabla 3.3 Presupuesto de equipo y materiales para 1 ha.

En la tabla 3.4 podemos observar el presupuesto destinado para los trabajadores encargados de la implementación.

Trabajadores	Salario por implementación
Ronal Isaac Colcha Arévalo	\$ 2,500,00
Renzo Alejandro Núñez Lucín	\$ 2,500,00
Ayudante Técnico	\$ 500,00
TOTAL	\$ 5,500,00

Tabla 3.4 Presupuesto para trabajadores.

3.2.2 Costos Indirectos.

Son aquellos que no son directamente aplicable a la producción del servicio de redes de sensores, entre estos se reflejan gastos de transporte, viáticos, equipamiento, entre otros (Tabla 3.5).

Costos indirectos	Valor
Transporte	\$ 400,00
Viáticos	\$ 950,00
Equipamiento	\$ 250,00
Agua	\$ 175,00
Alimentación	\$ 1.030,00
TOTAL	\$ 2.805,00

Tabla 3.5 Costos Indirectos.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

Se resalta que, con el desarrollo del proyecto, se cumplen los objetivos específicos antes detallados, añadiendo valor a la hacienda “La Aurora”, reduciendo costos operativos para el correcto funcionamiento de las actividades laborales diarias.

Se enfatiza la mejora experimentada sobre la producción de las plantaciones, disminuyendo la dificultad en absorción de nutrientes, causando un aumento de la calidad y el tamaño de las mazorcas de cacao, facilitando su exportación.

La tecnología que se utiliza permite la escalabilidad de los nodos sensores de ser necesario, para la cobertura de áreas con mayor extensión que las expuestas en el presente proyecto.

4.2 Recomendaciones

Se recomienda que se realice un estudio estadístico de las variaciones de temperatura registradas por los sensores, con el fin de poder estimar cuales sectores y cuantas veces al día necesitan atención los terrenos de siembra.

Para futuras implementaciones, se plantea como una mejora que la fuente de poder se conecte a un panel solar 5.5V con un adaptador de 3A, con el fin de que el dispositivo nodo sensor se vuelva totalmente autónomo reduciendo así la intervención del usuario.

Además del uso de nuevas tecnologías de sensores y módulos con microcontroladores, para la medición de variables medio ambientales, se recomienda el uso de un solo sensor para la medición de varios parámetros y la utilización de nuevas soluciones como por ejemplo el módulo JuVox, en sus soluciones son muy versátiles para el uso de diferentes áreas de mercado.

Para preservar la confiabilidad de los datos, se sugiere la implementación de niveles de seguridad para la red inalámbrica en la que trabajan estos dispositivos y su forma en la que los datos son enviados, basándose en la sensibilidad de la información que manejan para reducir así su vulnerabilidad.

Para evitar posibles interferencias en la conectividad del nodo coordinador, se recomienda que su conexión sea por cable ethernet, de esta manera se puede garantizar de mejor manera que los registros obtenidos van a ser subidos a la nube de manera ininterrumpida.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Universidad de Linköping, «CASADOMO,» 09 05 2019. [En línea]. Available: <https://www.casadomo.com/2019/05/09/sensor-fabricado-aerogel-capaz-monitorizar-temperatura-presion-humedad-individualmente>. [Último acceso: Junio 2019].
- [2] Libelium Comunicaciones Distribuidas S.L., «Libelium,» Febrero 2017. [En línea]. Available: http://www.libelium.com/downloads/documentation/gases_sensor_board_3.0.pdf. [Último acceso: Junio 2019].
- [3] Irrometer Company, «Irrometer Company,» Irrometer Company, [En línea]. Available: <https://www.irrometer.com/sensorssp.html>. [Último acceso: Junio 2019].
- [4] Madness Electronics ©, «Madness Electronics,» Madness Electronics ©, Mayo 2016. [En línea]. Available: <http://www.madnesselectronics.com/tutorial-sensor-de-humedad-de-suelo/>. [Último acceso: Julio 2019].
- [5] PROGRAMARFACIL.COM, «PROGRAMARFACIL.COM,» PROGRAMARFACIL.COM, 2019. [En línea]. Available: <https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/ds18b20-sensor-temperatura-arduino/>. [Último acceso: Julio 2019].
- [6] Ubidots, «Ubidots,» Ubidots, 2019. [En línea]. Available: <https://ubidots.com/platform/>. [Último acceso: Julio 2019].
- [7] Ubidots, «Ubidots,» Ubidots, 2019. [En línea]. Available: <https://ubidots.com/>. [Último acceso: Julio 2019].
- [8] PDAControl, «PDAControl,» PDAControl, 2019. [En línea]. Available: <http://pdacontroles.com/tutorial-plataforma-iot-ubidots-esp8266-sensor-dht11/>. [Último acceso: Julio 2019].
- [9] © ResearchGate, «ResearchGate,» ResearchGate, 2019. [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Arquitectura-basica-sensor-inteligente-13-Digimesh-Digimesh-es-un-protocolo_fig1_273134928. [Último acceso: Julio 2019].

- [10] RapsberryPi, «RaspberryPi.org,» Febrero 2016. [En línea]. Available: <https://static.raspberrypi.org/files/product-briefs/Raspberry-Pi-Model-Bplus-Product-Brief.pdf>. [Último acceso: Julio 2019].
- [11] ADATA Technology Co, «ADATA,» 2019. [En línea]. Available: https://www.adata.com/upload/downloadfile/Datasheet-Premier%20microSDXC_SDHC%20UHS-I%20Class%2010_R80_20190510.pdf. [Último acceso: Julio 2019].
- [12] Arduino, «Arduino,» Arduino, 2019. [En línea]. Available: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>. [Último acceso: Julio 2019].
- [13] Arduino, «Arduino,» Arduino, 2019. [En línea]. Available: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-wirelss-sd-shield>. [Último acceso: Julio 2019].
- [14] Talos Electronics SA, «Talos Electronics,» Talos Electronics SA, 2019. [En línea]. Available: <https://www.taloselectronics.com/products/sensor-de-humedad-del-suelo-yI38-yI69>. [Último acceso: Julio 2019].
- [15] Digi International Inc., «Digi,» Digi International Inc., 2019. [En línea]. Available: <https://www.digi.com/products/embedded-systems/rf-modules/sub-1-ghz-modules/xbee-pro-900hp>. [Último acceso: Julio 2019].
- [16] Digi International Inc. , «Digi,» Digi International Inc. , 2019. [En línea]. Available: <https://www.digi.com/products/embedded-systems/digi-xbee-tools/xctu>. [Último acceso: Julio 2019].
- [17] NetDepot Ltda, «NetDepot,» NetDepot Ltda, 2019. [En línea]. Available: <http://www.netdepot.cl/producto/antenas/698-960-mhz/antena-dipolo-900-mhz-900-928-mhz-rubber-duck-2-5-dbi-con-conector-rp-sma-omnidireccional/60>. [Último acceso: Julio 2019].
- [18] Poweradd, «Poweradd,» Poweradd, 2018. [En línea]. Available: https://www.ipoweradd.com/prod_view.aspx?TypId=10&Id=451&Fid=t3:10:3. [Último acceso: Julio 2019].

ANEXOS

Anexo A

Ubicación en Google Maps de la hacienda “La Aurora”.



Anexo A.1 Captura de Google Maps.



Anexo A.2 Captura de visión tipo satélite de Google Maps.

Anexo B

Fotos de los terrenos de la hacienda “La Aurora”.



Anexo B.1 Terrenos destinados a vivienda para los trabajadores.



Anexo B.2 Jardín delantero de la vivienda perteneciente a la Sra. Dila Merchán.



Anexo B.3 Arboles de cacao en crecimiento.



Anexo B.4 Plantaciones de cacao.



Anexo B.5 Trabajador en los terrenos de árboles de cacao.



Anexo B.6 Área destinada para la ganadería.



Anexo B.7 Parte ganadera de “La Aurora”

Anexo C

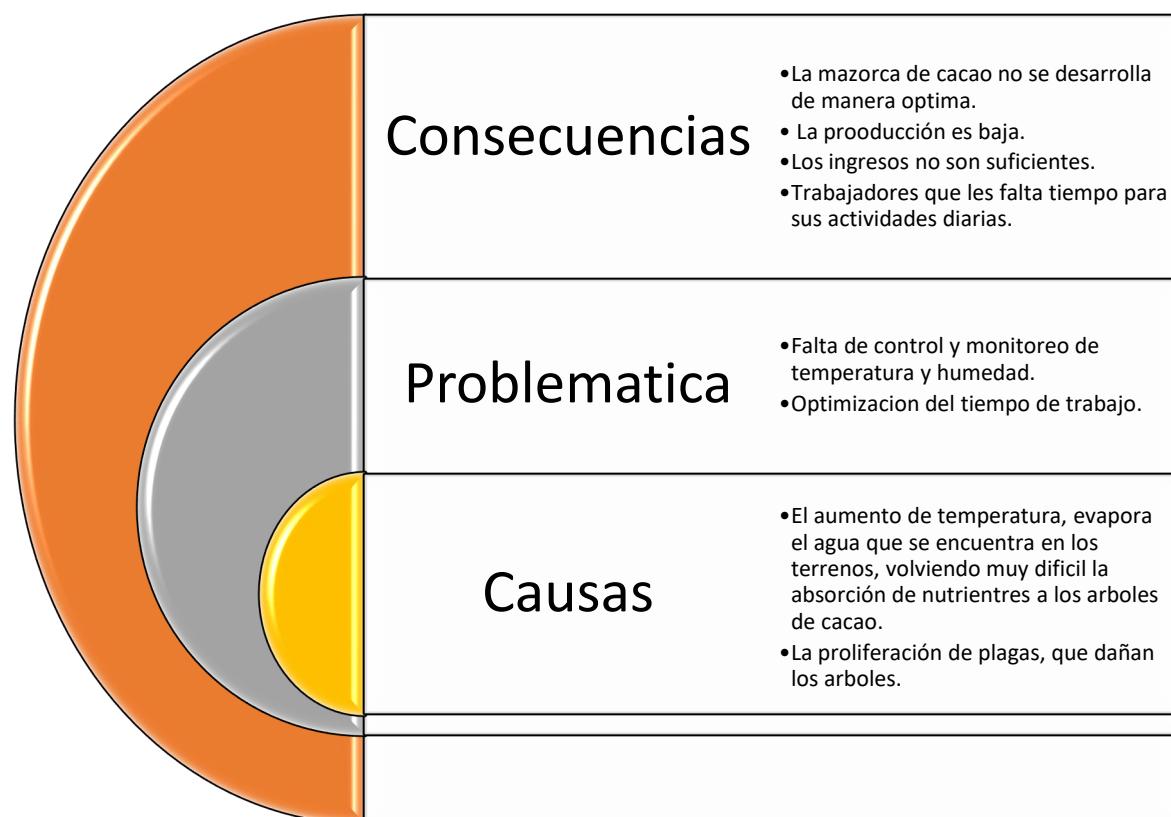
Encuestas realizadas a la dueña Sra. Dila Merchán.

1. ¿Cómo se llama la hacienda?
2. ¿Qué tipo de productos ofrece la hacienda?
3. ¿Cuántos trabajadores dispone en la hacienda?
4. ¿Cómo están organizados y que tipo de trabajos realizan?
5. ¿Cuáles son los horarios de trabajos que manejan?
6. ¿Cuál es el tamaño de la hacienda?
7. ¿Cuántas hectáreas son destinadas al uso de agricultura y ganadería?
8. ¿Cuántas cabezas de ganado usted tiene?
9. ¿Cuáles son los problemas más comunes que tienen a diario?
10. ¿Qué acciones toman para solucionar o minimizar el problema?
11. ¿Cuáles son los requerimientos que tienen sus trabajadores?
12. Describa las acciones que realiza de forma diaria.
13. ¿Cómo detectan los problemas con el robo de aves de corral?
14. Detalle cuales son los principales problemas que tienen los terrenos de cacao.
15. ¿Cómo detectan cuando un árbol de cacao esta con plagas?
16. ¿Cómo reconocen que el árbol de cacao no está recibiendo los nutrientes suficientes?
17. ¿Qué hacen para mitigar esta situación?
18. ¿Cómo accionan el sistema de riego en la hacienda?
19. ¿Qué edad tienen los árboles de cacao?
20. Según la edad del árbol ¿Cuánto pueden llegar a crecer sus raíces?
21. ¿Qué tipo de terreno es el que se destina para la siembra del cacao?
22. ¿Cuál es la temperatura ideal que debe tener la tierra para el óptimo crecimiento de las mazorcas de cacao?
23. ¿Cuánto tiempo se tardan los trabajadores en recorrer las hectáreas destinadas a los árboles?
24. ¿Cómo se realiza el proceso de cosechar el producto?
25. ¿Dónde almacenan las mazorcas de cacao?
26. ¿Cuál es el tamaño que deben de tener para poder ser exportada la mazorca?

27. ¿Cuánto es lo que usted estima que está perdiendo económicoamente en su hacienda?
28. ¿Qué tan efectivas han sido las herramientas usadas para mitigar la temperatura del terreno?
29. ¿Desde cuándo tiene el problema de temperatura?

Anexo D

Árbol de Problema.



Anexo D.1 Detalle del árbol del problema.