

IMPLEMENTACIÓN Y PUESTA EN OPERACIÓN DEL SISTEMA DE MONITOREO DE LAS CONDICIONES TÉCNICAS Y AMBIENTALES DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE UNICAUCA ESTÉREO



**Diego Armando Barrera Araujo
Julián Andrés Alarcón Yanza**

Trabajo de grado de Maestría en Telecomunicaciones

Director:
MSc. Claudia Milena Hernández Bonilla

**Universidad del Cauca
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
Departamento de Telecomunicaciones
Grupo Nuevas Tecnologías en Telecomunicaciones GNTT
Maestría en Telecomunicaciones
Popayán, Cauca
2021**

JULIÁN ANDRÉS ALARCÓN YANZA
DIEGO ARMANDO BARRERA ARAUJO

**IMPLEMENTACIÓN Y PUESTA EN OPERACIÓN DEL
SISTEMA DE MONITOREO DE LAS CONDICIONES
TÉCNICAS Y AMBIENTALES DEL SISTEMA DE
TRANSMISIÓN DE UNICAUCA ESTÉREO**

Trabajo de grado presentado a la Facultad de Ingeniería
Electrónica y Telecomunicaciones de la
Universidad del Cauca para la obtención del
Título de

Magíster en:
Telecomunicaciones

Director:
MSc. Claudia Milena Hernández Bonilla

Popayán
2021

Aceptación

Mag. Manuel Sanín Benavides

Universidad del Cauca

Mag. Nancy Amparo Guaca

Universidad Nacional Abierta y a Distancia
UNAD

Dedicatoria

En Primer lugar, a Dios por brindarme la oportunidad de vivir cada día con su bendición A mis padres quienes me infundieron la ética y el rigor que guían mi transitar por la vida con todo su cariño, a mi esposa Janeth como el ser más especial y mi hijo Juan David que me alentaron cada día de lucha y motivación, a toda mi familia por acompañarme, a mi Abuela Hermelinda que en el cielo se encuentra. Por mostrarme todo lo que soy y todo lo que se, de demostrarle el esfuerzo y ser valiente.

Diego Armando Barrera Araujo.

A mi padre que desde el cielo me guía y estará orgulloso de mí, a mi madre y hermano por su incondicional apoyo, a mi hija Luciana quien me motiva a superarme cada día.

Julián Andrés Alarcón Yanza

Agradecimientos

Nuestro agradecimiento a la Universidad del Cauca, por permitirnos culminar con éxitos esta maestría y suministrarnos todas las herramientas y equipos necesarios para el desarrollo del presente trabajo de grado. El desarrollo de este trabajo no habría sido posible sin la disponibilidad de Unicauca Estéreo al permitirnos desarrollar el trabajo. Agradecer a la Ingeniera Claudia Milena Hernández Bonilla por su colaboración y guía en este proceso.

Resumen Estructurado

Antecedentes: En el transmisor de alta potencia de radio Unicauca Estéreo se presentan fallas debido a posibles cambios de magnitudes físicas de: temperatura, humedad, y corrientes, afectando la salida al aire de la emisora.

Unicauca Estéreo, no cuenta con un sistema que permita monitorear el comportamiento de estas variables, razón por la cual es importante implementar un sistema de monitoreo de las condiciones técnicas y ambientales del sistema de transmisión de Unicauca Estéreo¹ que permita determinar si las fallas son presentadas por cambios en las variables técnicas y ambientales.

Objetivos:

- Diseñar un sistema de monitoreo de condiciones técnicas y ambientales para el sistema de transmisión de Unicauca estéreo.
- Evaluar el comportamiento del sistema diseñado, en la implementación sobre el escenario real.

Métodos: De acuerdo con las necesidades de radio Unicauca Estéreo se caracteriza el problema y se identifican las variables a monitorear, posteriormente se realiza el reconocimiento del lugar de implementación y requerimientos del sistema para crear el diseño, selección de dispositivos para la implementación del

¹ Para la implementación del sistema de monitoreo no se cuenta con los elementos provistos por radio Unicauca Estero; se implementó con recursos propios.

sistema de monitoreo evaluando su comportamiento, permitiendo realizar una prueba obteniendo una gran cantidad de datos para su respectivo análisis.

Resultados

- Se diseñó e implemento el sistema de monitoreo de las condiciones técnicas y ambientales del sistema de transmisión de Unicauca Estero, el cual presentó un funcionamiento eficiente que permitió registrar datos de: temperatura, humedad y corrientes, los cuales se enviaron a una plataforma web, respaldando la información en una MicroSD.
- Durante el tiempo de monitoreo del sistema de las condiciones técnicas y ambientales del sistema de transmisión de Unicauca Estéreo, el comportamiento de la temperatura estuvo dentro del rango de operación.
- ThingSpeak permitió recoger y almacenar los datos de los sensores en la nube, generando un histórico para su posible descarga, además de brindar la posibilidad de tener una visualización remota del estado de las variables.

Conclusiones

- Se monitorearon las condiciones técnicas y ambientales del transmisor de alta potencia de Unicauca Estéreo; observando que los valores de temperatura, humedad y corrientes se encuentran dentro del rango de operación. Analizando los datos de la prueba de monitoreo, se determina que, en horas de la madrugada, la temperatura alcanza un valor de 19.1°C y durante las horas más soleadas alcanza un valor de 33.3°C. La humedad

relativa desciende hasta un 37% y asciende hasta un 70%, las corrientes oscilan entre 15A y 16A, los sensores no sufren cambios drásticos en sus mediciones que alteren el funcionamiento del sistema de transmisión.

- Las fallas presentadas en las fases del tablero de distribución, no se pueden atribuir a cambios en la temperatura, debido a que en ese momento la temperatura promedio es de 24.9°C, valor que se encuentra dentro del rango de operación del transmisor. Estas se pueden haber presentado por fallas instantáneas en el fluido eléctrico o caídas de tensión en la alimentación del equipo.
- El sistema de monitoreo registro el 72.4% de datos en la plataforma web con respecto al 100% de datos registrados en la MicroSD, generando un histórico con gran volumen de datos, teniendo en cuenta la inestabilidad de la conexión a la red móvil en el sitio de implementación.

Palabras claves: Condiciones ambientales, emisora, implementación, sistema de monitoreo.

Structured Summary

Background: In the Unicauca Estéreo high power radio transmitter, failures occur due to possible changes in physical magnitudes of: temperature, humidity, and currents, affecting the broadcasting of the station.

Unicauca Estéreo does not have a system that allows monitoring the behavior of these variables, which is why it is important to implement a monitoring system of the technical and environmental conditions of the Unicauca Estéreo transmission system that allows determining if the failures are presented by changes in technical and environmental variables.

Aims:

- Design a monitoring system for technical and environmental conditions for the Unicauca stereo transmission system.
- Evaluate the behavior of the designed system, in the implementation on the real scenario.

Methods: According to the needs of the Unicauca Estéreo radio, the problem is characterized and the variables to be monitored are identified, then the place of implementation and system requirements are recognized to create the design, selection of devices for the implementation of the system. monitoring by evaluating its behavior, allowing to carry out a monitoring test obtaining a large amount of data for its respective analysis.

Results

- The monitoring system of the technical and environmental conditions of the Unicauca Estero transmission system was designed and implemented, which presented an efficient operation that will record data on: temperature, humidity and currents, which were sent on a web platform, existing a backup of the data on a MicroSD.
- During the time the system was monitoring the technical and environmental conditions of the Unicauca Estéreo transmission system, the temperature behavior was within the operating range.
- ThingSpeak upload, collect and store the data from the sensors in the cloud, generating a history for its possible download, as well as providing the possibility of having a remote visualization of the state of the variables.

Conclusions

- The technical and environmental conditions of the Unicauca Estéreo high-power transmitter were monitored, observing that the temperature, humidity and current values are within the operating range. Analyzing the data from the monitoring test, it is determined that in the early morning hours, the temperature reaches a value of 19.1°C and during the sunniest hours it reaches a value of 33.3°C. Relative humidity drops to 37% and rises to 70%, currents range between 15A and 16A, the sensors do not undergo drastic changes in their measurements that alter the operation of the transmission system.

- The faults presented in the phases of the distribution board cannot be attributed to changes in temperature, because at that time the average temperature is 24.9 °C, a value that is within the operating range of the transmitter. They may have been presented by instantaneous failures in the electrical fluid or voltage drops in the power supply of the equipment.
- The monitoring system recorded 72.4% of data on the web platform with respect to 100% of data recorded on the MicroSD, generating a history with a large volume of data taking into account the instability of the connection to the mobile network on the site. of implementation.

Keywords: Environmental conditions, issuer, implementation, monitoring system.

CONTENIDO

Introducción	1
Capítulo 1	5
1. Generalidades	5
1.2 Introducción a las redes inalámbricas de sensores	5
1.3 Redes de Sensores Inalámbricos	6
1.4 Arquitectura	6
1.4.1 Nodo inalámbrico	7
1.4.2 Gateway	9
1.4.3 Estación Base	9
1.5 Topologías de redes de sensores	10
1.5.1 Topología en estrella	10
1.5.2 Topología en Malla	11
1.5.3 Topología Híbrida	12
1.6 Tecnologías para redes de sensores inalámbricos	13
1.7 Hardware para redes de sensores inalámbricos	15
1.8 Plataformas web para redes de sensores inalámbricos	17
Capítulo 2	19
2. Diseño del Sistema de Monitoreo	19

2.1	Descripción del entorno	20
2.2	Requerimientos del sistema de monitoreo	22
2.3	Diseño del Sistema de Monitoreo	23
2.4	Diseño para la implementación del sistema de monitoreo	33
Capítulo 3		35
3 Implementación y desarrollo Hardware y Software de Sistema de Monitoreo		35
3.1	Selección de Dispositivos	35
3.1.1	Sensores de Temperatura y Humedad.....	36
3.1.2	Sensores de corriente	38
3.1.3	Módulos de comunicación Inalámbrica.....	40
3.1.4	Módulos de transmisión con tecnología GSM/GPRS.....	43
3.1.5	Unidades de procesamiento	47
3.1.6	Plataformas Web.....	49
3.2	Componentes y esquema eléctrico nodo de Temperatura - Humedad	51
3.2.1	Sensor de temperatura y humedad DHT22.	55
3.2.2	Modulo NRF24L01	55
3.2.3	LCD 2X16	55
3.2.4	Modulo I2C.....	55
3.2.5	Fuente de poder.	55
3.2.6	Regulador de Voltaje, 5v, 3A.....	56
3.2.7	Regulador LM1117.....	56
3.2.8	Arduino Uno	56
3.3	Componentes y esquema eléctrico nodo de corrientes	56
3.3.1	Sensor de corriente SCT – 013-000	60
3.4	Componentes y esquema eléctrico nodo coordinador	60
3.4.1	Shield SIM900 GSM/GPRS.....	70
3.4.2	Modulo Micro SD.....	70

3.4.3 Reloj Tiempo Real RTC DS1302.....	70
3.4.4 Fuente de poder	70
3.5 Diagrama general de implementación del sistema de monitoreo	70
3.7 Plataforma Web ThingSpeak	72
Capítulo 4	75
4 Pruebas del Sistema de Monitoreo	75
4.1 Pruebas de Laboratorio	75
4.2 Verificación del sistema de monitoreo.....	84
4.3 Prueba de monitoreo	88
Conclusiones y Recomendaciones	107
Conclusiones	107
Recomendaciones	108
Trabajos futuros.....	109
Bibliografía	110
Anexos	115
Anexo A. Manual de usuario del sistema de monitoreo de las condiciones técnicas y ambientales del sistema de transmisión de Unicauca Estéreo.	115
Anexo B. Código de programación nodo sensor de temperatura – humedad	128
Anexo C. Código de programación nodo sensor de corriente.....	132
Anexo D. Cálculo de resistencia de carga del SCT-013-00	136
Anexo E. Código de programación nodo coordinador	144
Anexo F. Creación y configuración cuenta ThingSpeak.....	160
Anexo G. Datos de temperatura y humedad	167

Anexo H. Datos de corrientes	168
Anexo I. Datos de la integración del sistema de monitoreo	170

Lista de Figuras

Figura 1.1 Red de sensores inalámbricos	7
Figura 1.2 Componentes a nivel de hardware de un nodo inalámbrico	8
Figura 1.3 Topología en Estrella	11
Figura 1.4 Topología en Malla	12
Figura 1.5 Topología Híbrida	13
Figura 2.1 Ubicación finca la Rejoja	21
Figura 2.2 Plano General Cuarto de Equipos	22
Figura 2.3 Modelo general del sistema de monitoreo	24
Figura 2.4 Diagrama de bloques nodo de temperatura – humedad	25
Figura 2.5 Diagrama de bloques nodo de corrientes	26
Figura 2.6 Diagrama de bloques nodo coordinador	27
Figura 2.7 Diagrama de bloques transmisión de datos plataforma web.	28
Figura 2.8 Diagrama de bloques general del sistema de monitoreo	30
Figura 2.9 Proceso de monitoreo	32
Figura 2.10 Esquema de instalación sistema de monitoreo	33
Figura 3.1 Datos red celular	44
Figura 3.2 Esquema eléctrico nodo temperatura – humedad	52
Figura 3.3 Diagrama de flujo nodo temperatura – humedad	54
Figura 3.4 Esquema eléctrico nodo sensor de corriente	57
Figura 3.5 Diagrama de flujo nodo de corrientes	59
Figura 3.6 Nodo coordinador	61
Figura 3.7 Diagrama de flujo nodo coordinador	63
Figura 3.8 Función que obtiene los datos de temperatura y humedad	65

Figura 3.9 Función que obtiene los datos del de corrientes.....	67
Figura 3.10 Diagrama de flujo almacenamiento de datos.....	69
Figura 3.11 Diagrama de implementación del sistema de monitoreo de las condiciones técnicas y ambientales del sistema de transmisión de Unicauca Estéreo.	71
Figura 3.12 Envío de datos del sistema de monitoreo a ThingSpeak.	73
Figura 4.1 Diagrama de bloques prueba de laboratorio 1.....	76
Figura 4.2 Plano Prueba Nodo Sensor de Temperatura - Humedad	77
Figura 4.3 Diagrama de bloques prueba de laboratorio 2.....	78
Figura 4.4 Plano Prueba Nodo Sensor de Corriente	78
Figura 4.5 Diagrama de bloques prueba de laboratorio 3.....	79
Figura 4.6 Plano Prueba Sistema de Monitoreo	80
Figura 4.7 Datos de temperatura MicroSD	81
Figura 4.8 Datos de Temperatura plataforma web	81
Figura 4.9 Datos humedad MicroSD	82
Figura 4.10 Datos de Humedad plataforma web	82
Figura 4.11 Datos de corriente MicroSD	83
Figura 4.12 Datos de Corrientes plataforma web	83
Figura 4.13 Ubicación del sistema de monitoreo.....	85
Figura 4.14 Ubicación del sistema de monitoreo.....	86
Figura 4.15 Ubicación sistema de monitoreo.....	87
Figura 4.16 Ubicación sistema de monitoreo.....	89
Figura 4.17 Comportamiento Temperatura intervalo 1	93
Figura 4.18 Comportamiento Humedad intervalo 1	94
Figura 4.19 Comportamiento Corrientes intervalo 1	95
Figura 4.20 Comportamiento Temperatura intervalo 2	97
Figura 4.21 Comportamiento Humedad intervalo 2	98
Figura 4.22 Comportamiento corrientes intervalo 2.....	99
Figura 4.23 Comportamiento Temperatura Intervalo 3	101
Figura 4.24 Comportamiento Humedad Intervalo 3.	102

Figura 4.25 Comportamiento Corrientes Intervalo 3	103
Figura 4.26 Caída de corrientes	104
Figura 4.27 Visualización de datos en ThingSpeak	105
Figura A.1 Puesta en funcionamiento del Nodo Coordinador	116
Figura A.2 F Módulo GSM.....	116
Figura A.3 Antena GSM	117
Figura A.4 Conexión a fuente de poder.....	117
Figura A.5 Verificación de encendido	118
Figura A.6 Instalación de sensor	119
Figura A.7 Conexión a fuente de poder DC 5V 1A	119
Figura A.8 Verificación de encendido exitoso.....	120
Figura A.9 Instalación de sensores de corriente.....	121
Figura A.10 Conexión a fuente de poder DC 5V 1ª	121
Figura A.11 Verificación de encendido de la LCD	122
Figura A.12 Descarga de la aplicación	123
Figura A.13 Abrir la aplicación	123
Figura A.14 Selección de Add Channel.....	124
Figura A.15 Digitar el API KEY del canal.....	124
Figura A.16 Búsqueda del canal	125
Figura A.17 Selección de Done donde se visualiza el nombre del canal	126
Figura A.18 Visualización.....	127
Figura B.1 Declaración de librerías	128
Figura B.2 Declaración canal de escritura y lectura	129
Figura B.3 Configuración inicial.....	129
Figura B.4 Recepción y transmisión de datos	130
Figura B.5 Lectura y visualización de datos	131
Figura C.1Declaración de librerías	132
Figura C.2 Declaración de canal de escritura y lectura	133
Figura C.3Configuración inicial	133
Figura C.4Recepción y transmisión de datos	134

Figura C.5 Captura y visualización de datos	135
Figura D.1 Calibración sensor de corriente por software	141
Figura D.2 Calibración corriente L1	142
Figura D.3 Calibración corriente L2	143
Figura D.4 Calibración corriente L3	143
Figura E.1 Declaración de librerías	144
Figura E.2 Declaración de canal de escritura, lectura y variables	145
Figura E.3 Funciones de configuración de NRF24L01 y LCD	146
Figura E.4 Funciones de configuración de comunicación I2C y SIM900	147
Figura E.5 Llamado de funciones	147
Figura E.6 Solicitud de datos a los nodos	148
Figura E.7 Función de solicitud de datos al nodo de temperatura y humedad	149
Figura E.8 Validación de temperatura y humedad	150
Figura E.9 Función de solicitud de datos al nodo de corrientes	151
Figura E.10 Validación datos de corriente	152
Figura E.11 Comunicación I2C	152
Figura E.12 Comunicación SIM900 a la red móvil	153
Figura E.13 Organización de trama de datos	154
Figura E.14 Funciones de alertas de mensajes de texto	155
Figura E.15 Generación de alertas vía mensajes de texto	156
Figura E.16 Declaración de librerías	157
Figura E.17 Configuración archivo TXT, fecha y hora	158
Figura E.18 Escritura de datos en el archivo TXT	159
Figura F.1 Inicio de sesión ThingSpeak	160
Figura F.2 Creación del canal	161
Figura F.3 Canal del sistema de monitoreo creado	161
Figura F.4 Configuración parámetros del canal	162
Figura F.5 Configuración campos del canal	163
Figura F.6 Selección del canal	163
Figura F.7 Interfaz de visualización de datos	164

Figura F.8 Exportando datos165
Figura F.9 Datos exportados166

Lista de Tablas

Tabla 1.1 Comparación entre tecnologías inalámbricas	14
Tabla 1.2 Diferencias entre aplicaciones Hardware	16
Tabla 3.1 Comparación Sensores de Temperatura y Humedad.....	36
Tabla 3.2 Comparación Sensores de Corriente.....	38
Tabla 3.3 Comparación módulos inalámbricos.....	41
Tabla 3.4 Parámetros de la aplicación	45
Tabla 3.5 Comparación entre módulos Shield GSM/GPRS	46
Tabla 3.6 Comparación de Unidades de Procesamiento Arduino	48
Tabla 3.7 Comparación plataformas web	50
Tabla 4.1 Total datos MicroSD	90
Tabla 4.2 Total datos ThingSpeak.....	90
Tabla 4.3 Total datos MicroSD intervalo 1	91
Tabla 4.4 Total datos ThingSpeak intervalo 1	92
Tabla 4.5 Total Datos MicroSD intervalo 2	96
Tabla 4.6 Total datos ThingSpeak intervalo 2.	96
Tabla 4.7 Total Datos MicroSD Intervalo 3.....	99
Tabla 4.8 Total Datos ThingSpeak Intervalo 3.....	100
Tabla G.1 Datos de temperatura y humedad	167
Tabla H.1 Datos de corriente	169
Tabla I.1 Total datos sistema de monitoreo.....	172

Lista de Anexos

Anexo A	Manual de usuario del sistema de monitoreo de las condiciones técnicas y ambientales del sistema de transmisión de Unicauca Estéreo.....	115
Anexo B	Código de programación nodo sensor de temperatura – humedad.	129
Anexo C	Código de programación nodo sensor de corriente.....	133
Anexo D	cálculo de resistencia de carga del SCT-013-00.....	137
Anexo E	Código de programación nodo coordinador.....	145
Anexo F	Creación y configuración cuenta ThingSpeak	161
Anexo G	Datos de temperatura y humedad.....	168
Anexo H	Datos de corrientes	169
Anexo I	Datos de la integración del sistema.....	171

Listado de Acrónimos

WSN	<i>Wireless Network Sensor</i> – Red de Sensores Inalámbricos.
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i> – Protocolo de Control de Transmisión.
GPRS	<i>General Packet Radio Service</i> - Servicio General de Paquetes Vía Radio.
ISP	<i>Internet Service Provider</i> - Proveedor de Servicios de Internet.
LAN	<i>Local Area Network</i> – Red de Área Local.
GMS	<i>Global System for Mobile communications</i> - Sistema Global para las Comunicaciones Móviles.
RAM	<i>Random Access Memory</i> – Memoria de Acceso Aleatorio
USB	<i>Universal Serial Bus</i> – Puerto de Seriado Universal
RSSI	<i>Radio Signal Strength Indicator</i> – Intensidad de señal recibida
IoT	<i>Internet Of Things</i> – Internet de las cosas
SMS	<i>Short Message Service</i> – Servicios de Mensajes Cortos
M2M	<i>Machine to Machine</i> – Maquina a Maquina

Introducción

Los sistemas de monitoreo, son sistemas capaces de obtener información según el entorno donde se desplieguen, dependiendo de la aplicación del sistema se pueden recoger diferentes tipos de datos para su análisis y toma de decisiones. En la actualidad el uso de sistemas de monitoreo es importante ya que proporcionan al usuario una interfaz de visualización del funcionamiento del sistema y detectar posibles errores [1]. En la mayoría de los casos los sistemas de monitoreo emplean una red de sensores inalámbricos, de características auto configurable e integrada por un pequeño número de nodos, su arquitectura se compone de elementos tales como sensores, controladores, y otros dispositivos que permiten la comunicación entre sí por medio de señales de radio, con el fin de monitorear y controlar diversas condiciones en distintos entornos, como temperatura, humedad, sonido, vibración, presión, entre otros. [2]

Unicauca Estéreo es un medio de comunicación de carácter universitario con programación enfocada a nivel educativo y cultural, busca promover y difundir los valores humanos, la formación ciudadana y el debate público. La emisora cuenta con cincuenta y cuatro programas al aire para adultos, jóvenes, universitarios, población infantil y la comunidad en general. Los programas radiales de Unicauca Estéreo se generan en la Sala - Estudio en el campus de Tulcán y se envían hasta el sistema de transmisión de alta potencia ubicado en la zona rural de Popayán, en la finca "La Rejoya". En el transmisor se presentan constantes fallas, las cuales según información obtenida del trabajo de grado [3], se presentan debido a que el módulo encargado de suministrar la energética eléctrica en ocasiones suspende el

suministro eléctrico generando que la emisora quede por fuera del aire. Las fallas en el módulo de alimentación son consecuencia de las altas temperaturas presentadas en el cuarto de equipos. La solución planteada en [3] tuvo inconvenientes en el enlace punto a punto presentando problemas de obstrucción, además el sistema de monitoreo fue implementado durante el tiempo de elaboración del trabajo, siendo retirado luego de Unicauca Estéreo.

El presente trabajo propone la implementación y puesta en operación del sistema de monitoreo de las condiciones técnicas y ambientales del sistema de transmisión de Unicauca Estéreo. El sistema monitoreará la temperatura y humedad en el transmisor de alta potencia y las corrientes en las tres líneas del tablero de distribución. Cuenta con almacenamiento local y remota de datos; localmente en una MicroSD y remotamente en una plataforma web. La transmisión de datos se realiza mediante un dispositivo GSM/GPRS que permite la conexión utilizando la red de telefonía celular para la transmisión de datos hacia la plataforma web y generar alarmas vía mensajes de texto (SMS).

La solución planteada busca contribuir con un sistema de monitoreo económico y seguro de una red de sensores para radio Unicauca Estéreo, con un display amigable que permite mostrar los datos localmente, y la visualización remota a través de una plataforma web. El sistema de monitoreo se constituyó por dos nodos sensores y un nodo maestro o coordinador. Los nodos sensores o esclavos cumplieron la función de recolectar datos de corriente, temperatura y humedad y el nodo coordinador la funcionalidad de recibir los datos obtenidos de los nodos sensores, almacenándolos localmente en una MicroSD y posteriormente enviados a una plataforma web.

A continuación, se muestra la organización del documento.

El capítulo 1, presenta una conceptualización de las redes de sensores inalámbricos (WSN), arquitecturas, topologías, tecnologías, hardware y plataforma web.

El capítulo 2, presenta la metodología empleada, la identificación de variables a monitorear, la descripción del entorno de implementación y requerimientos para diseñar el sistema de monitoreo.

En el capítulo 3, se realiza un estudio y selección de los diferentes dispositivos que componen el diseño del sistema de monitoreo para su implementación final.

El capítulo 4, presenta el plan de pruebas, los resultados y el análisis de los resultados obtenidos durante el monitoreo.

Capítulo 1

1.Generalidades

Este capítulo presenta los fundamentos generales de las redes de sensores inalámbricos a tener en cuenta para diseñar e implementar este tipo de redes.

1.2 Introducción a las redes inalámbricas de sensores

Desde el punto de vista informático y telecomunicaciones, una red se puede definir como la interconexión de dos o más computadores que comparten recursos a nivel de hardware (discos duros e impresoras) y a nivel de software (archivos, directorio y programas), desde el punto de vista de las telecomunicaciones; una red se puede definir como un conjunto de dispositivos interconectados entre sí, que permiten la transmisión de información entre puntos fijos que están conectados por medios guiados (par trenzado, cable coaxial, fibra óptica) o medios no guiados (radiofrecuencia, microondas e infrarrojos) [4].

Una red puede estar conformada por dispositivos autónomos capaces de controlar diversas condiciones en distintos puntos; compuestos por un microcontrolador, una fuente de energía, un radio transceptor y un elemento sensor

[5]. La integración de una red y los dispositivos sensores, se denomina red de sensores inalámbricos (WSN, Wireless Sensor Network).

1.3 Redes de Sensores Inalámbricos

Un sistema de sensores inalámbricos, es una red compuesta de pequeños conjuntos de nodos sensores interconectados entre sí, compartiendo uno o varios canales de transmisión de datos, tecnologías y protocolos inalámbricos; con un objetivo específico definido por el usuario. Los nodos sensores se encargan de elaborar una tarea en común, cuentan con ciertas características de censado y emplean comunicación inalámbrica, la cual permite crear redes ad-hoc² sin ningún tipo de infraestructura física. Las redes de sensores inalámbricos se utilizan para la adquisición, almacenamiento y tratamiento de datos, en diferentes campos, tales como monitorización ambiental y control, industriales, domótica, entre otros [4] [6].

1.4 Arquitectura

De acuerdo a la figura 1.1, una red de sensores alámbricos, está integrada por pequeños dispositivos denominados nodos inalámbricos, Gateway y estación base, el tiempo de vida de la red depende del tiempo de vida de los nodos inalámbricos [6].

² Tipo de red inalámbrica descentralizada que no depende de una infraestructura pre – existente.

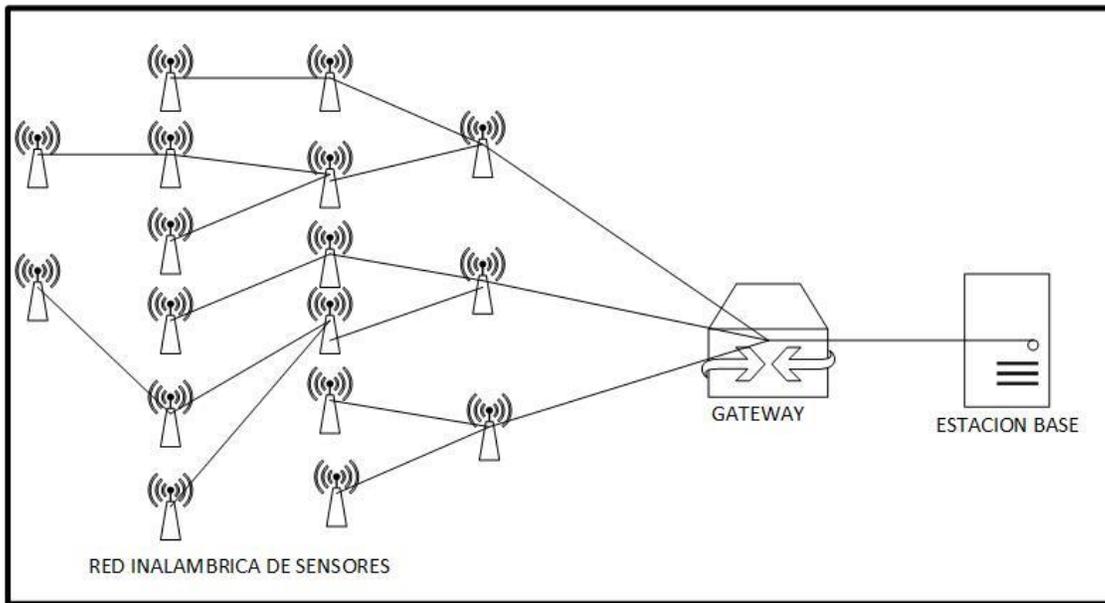


Figura 1.1 Red de sensores inalámbricos [4]

A continuación, se describen los componentes de la red de sensores inalámbricos:

1.4.1 Nodo inalámbrico

Los nodos inalámbricos también llamados **mote**³, por su ligereza y reducido tamaño, son dispositivos capaces de capturar información del lugar donde se encuentran localizados, la procesan y la transmiten de forma inalámbrica hacia otro nodo inalámbrico. Para el diseño de un nodo inalámbrico hay que tener en cuenta, que se busca un tamaño reducido, consumo bajo en potencia y costo. Las **motas** son diseñadas para formar parte de una red y son programadas con un objetivo en particular. De acuerdo a la figura 1.2, los nodos inalámbricos a nivel de hardware se componen de sensores, radio, procesador, memoria y fuente de energía [4] [6].

³ Traducción inglesa de la palabra "mota de polvo", con la finalidad de indicar en una sola palabra dos de los conceptos principales: su pequeño tamaño y la idea de que pueden estar situados en cualquier lugar.

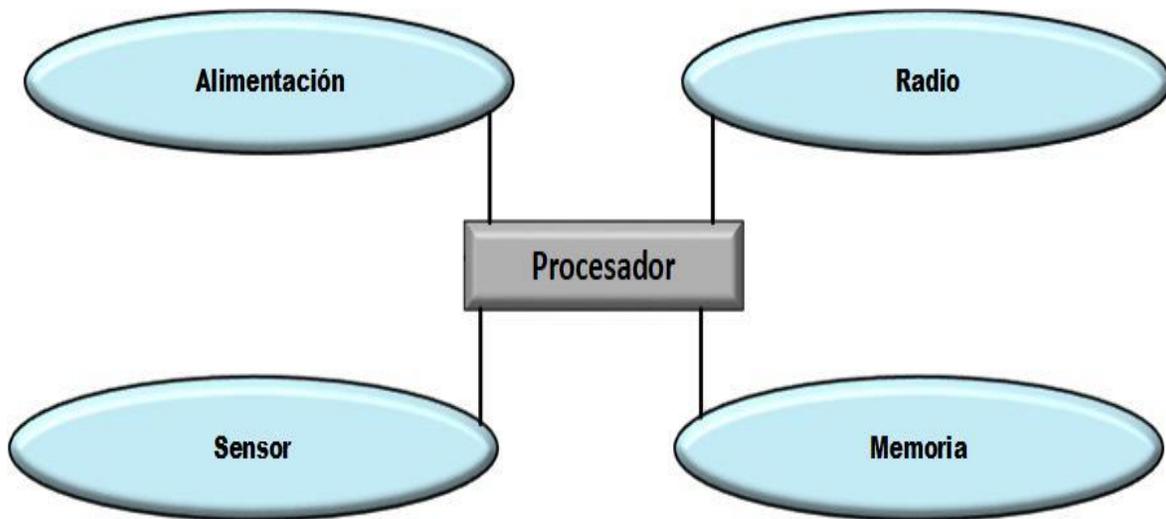


Figura 1.2 Componentes a nivel de hardware de un nodo inalámbrico [4]

- **Sensor:** es un dispositivo electrónico que permiten interactuar con el entorno, de tal forma que proporcionan información de diferentes variables (temperatura, humedad, presión, ruido, etc.) para procesarlas y generar ordenes o activar procesos.
- **Radio:** dispositivo electrónico encargado de establecer la comunicación entre los nodos y la Gateway, es aquel que accede a canales de transmisión para comunicarse con otros elementos de la red.
- **Procesador:** es el dispositivo que hace parte del nodo sensor, y se refiere al microcontrolador, encargado de la interconexión de los componentes y del procesamiento de los datos detectados por los sensores y la transmisión de estos hacia la Gateway, almacenamiento de los datos en la memoria, así como del control del consumo de potencia.
- **Memoria:** Es un elemento de los nodos sensores que permite guardar la información capturada por los sensores. Puede ser de tipo temporal, como la memoria RAM, que generalmente está formada por un chip pegado a una tarjeta principal del nodo sensor, o también puede ser memorias removibles como una MicroSD, memorias USB, disco duro, entre otros.

- **Fuente de potencia:** Encargada de suministrar la energía necesaria a los nodos sensores, las baterías pueden ser recargables o no recargables (níquel-cadmio, níquel-zinc, Litio-Ion) y actualmente sistemas de placas solares. La duración de la batería depende de la potencia consumida por el nodo durante el proceso de detección que realiza el sensor, del procesamiento de la información que efectúa el microcontrolador y del tipo de comunicación que realiza el dispositivo de radio.

Según la función que desempeñe el nodo en la red, los nodos inalámbricos se clasifican en [6]:

- **Nodo final:** Es aquel nodo compuesto por sensores y actuadores y es donde se capturan los datos.
- **Router:** Amplía la cobertura de la red, evita los obstáculos y brinda rutas de respaldo en caso de congestión de la red o falla de algún dispositivo.

1.4.2 Gateway

Elemento que permite la interconexión entre la red de sensores y una red TCP/IP, se puede encontrar dentro de la red inalámbrica de sensores, permitiendo recibir la información capturada de los nodos sensores, y enviar a un centro de datos o a otro dispositivo dentro de la red [4] [6].

1.4.3 Estación Base

Recolector de datos basado en un ordenador común o un sistema empujado. Es hacia donde se dirigen los datos, ya sea un servidor dentro de una base de datos o una plataforma web, donde los usuarios podrán analizar y estudiar los datos. En algunos casos la estación base puede estar conectada a la red inalámbrica de sensores, y en otros casos puede estar ubicada en un lugar distinto a la red [4] [6].

1.5 Topologías de redes de sensores

La topología se refiere a la configuración de red para transmitir los datos, hay varias topologías que se pueden usar al momento de implementar una red inalámbrica de sensores, tales como estrella, malla e híbrida. Cada topología presenta ventajas y desventajas [6].

1.5.1 Topología en estrella

Esta topología se caracteriza por tener varios nodos finales conectados directamente con la Gateway. Como se ilustra en la figura 1.3, los nodos finales comúnmente están separados de la Gateway con una distancia de 30m a 100m, no se comunican entre sí, lo realizan a través de la Gateway la cual es la encargada de capturar los datos de los nodos, también puede ser usada para transmitir datos al exterior y permitir el monitoreo de la red. Consume menos energía, pero está limitada a la distancia de transmisión entre los nodos finales y la Gateway, tampoco tiene un canal de comunicación alternativo en caso de falla de uno de los nodos, en consecuencia, se pierde información en dicho nodo [6] [7].

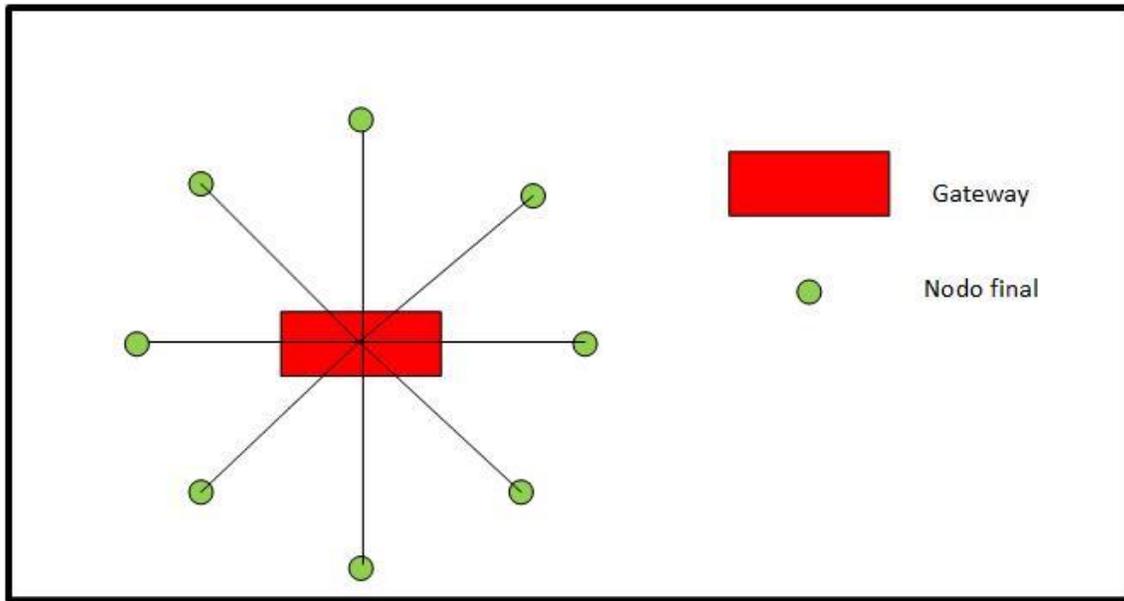


Figura 1.3 Topología en Estrella [6]

1.5.2 Topología en Malla

En una topología en malla todos los nodos son router y están conectados entre sí, creando diferentes rutas alternativas, permitiendo compartir la información entre ellos y la Gateway, como se muestra en la figura 1.4. Debido a las diferentes alternativas en las rutas de comunicación la red no es susceptible a fallos, en caso de que un nodo falle, la red se reconfigura alrededor del nodo fallido automáticamente [6] [7].

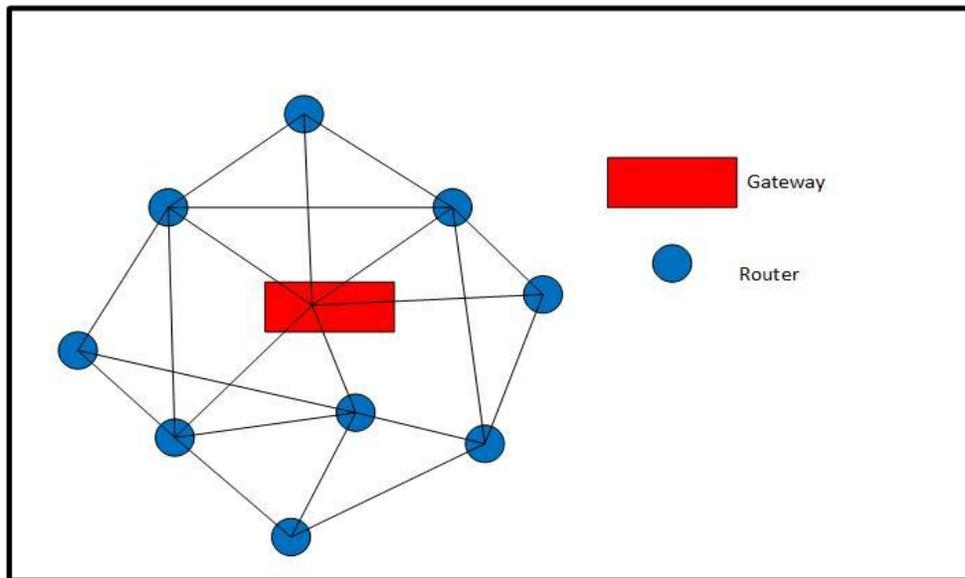


Figura 1.4 Topología en Malla [6]

1.5.3 Topología Híbrida

Este tipo de topología es la combinación de la topología en estrella y malla, evidencia el bajo consumo de una topología en estrella y la posibilidad de cubrir una gran extensión y la reorganización de la red ante fallos de la topología en malla. El router brinda la posibilidad de ampliar la red y corregir fallas en los nodos y los nodos finales se conectan al router más cercano, ahorrando energía, como se muestra en la figura 1.5 [6] [7].

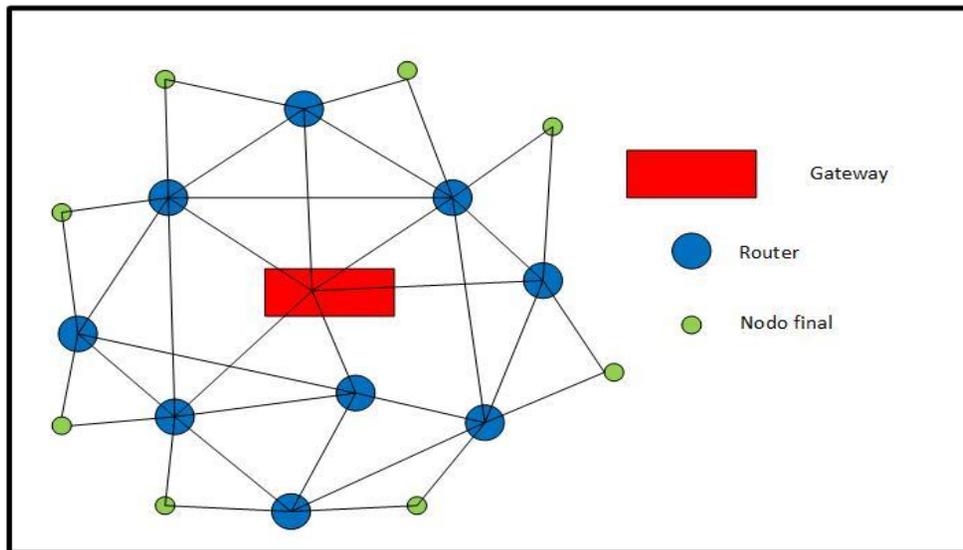


Figura 1.5 Topología Híbrida [6]

1.6 Tecnologías para redes de sensores inalámbricos

Las conexiones inalámbricas permiten la conexión de sensores y máquinas, para el funcionamiento de las redes de sensores inalámbricos. Hay una serie de tecnologías inalámbricas para implementar este tipo de redes, en la tabla 1.1 se presenta la comparación de las tecnologías desarrolladas y aplicadas en los últimos años [8].

Tecnologías	WI-FI a/b/g (802.11)	Bluetooth (802.15.1)	802.15.4
Frecuencias de trabajo	2.4Ghz (b y g) / 5.0 GHz(a)	2.4 GHz	2,4 GHz, 868 MHz y 915 MHz

Tasa de transferencia	54 Mbps	1Mbps	250 kbps (2,4 GHz) 40 Kbps (915 MHz) 20 Kbps (868 MHz)
Número de canales	11-14	79	16 (2,4 GHz) 10 (915 MHz) 1 (868 MHz)
Cobertura entre nodos internos	100 m	10m - 100m	10m - 100m
Numero de dispositivos	32	8	255 / 65535
Tiempo de conexión a la red	Hasta 3s	Hasta 10s	30ms
Arquitecturas	Estrella	Estrella	Estrella, Árbol, punto a punto y Malla
Aplicaciones	Conexión a internet, web, e-mail, video	Computadores, portátiles y teléfonos móviles	Control y monitorización de bajo costo y localización
Precio	Elevado	Medio	Bajo
Puntos fuertes	Velocidad, flexibilidad	Prestaciones, costo	Robustez, consumo, costo, flexibilidad, escalabilidad

Tabla 1.1 Comparación entre tecnologías inalámbricas [9]

Wi-Fi es una tecnología de uso masivo, pero no es la mejor opción para redes de sensores inalámbricos por la alta capacidad energética que requieren sus

dispositivos, sin embargo, su uso puede dar soporte en la configuración de los elementos que relacionan a la Gateway y la estación base [8].

La tecnología bluetooth integrada con una red de sensores inalámbricos permite la implementación de este tipo de redes, pero tiene muchas limitantes a la hora de su configuración, principalmente en relación con la cantidad de nodos y sincronización. En algunas aplicaciones específicas es una buena opción [8].

802.15.4 es un estándar de radio frecuencia, con diferentes características que lo hacen importante y referente al momento de diseñar una red de sensores inalámbricos, dependiendo la aplicación que se desee implementar esta tecnología maneja topologías en estrella, malla e híbrida [8].

De acuerdo a la tabla 1.1, para implementar una red de sensores inalámbricos se puede hacer uso de cualquiera de las tecnologías y protocolos descritos, la elección de una en particular depende del diseño de la red, caracterización del sitio de implementación, aplicación y costo de implementación.

1.7 Hardware para redes de sensores inalámbricos

Una red de sensores inalámbricos se puede implementar utilizando dispositivos programables, a través del uso de plataformas de hardware de código abierto como Arduino, Raspberry Pi o Microcontroladores PIC. A continuación, en la tabla 1.2 [10] se describen las principales características de estas plataformas de hardware.

Plataforma	Arduino	Raspberry Pi	Microcontrolador PIC
Sistema Operativo	Ninguno	Distribución de Linux	Ninguno
Entorno de desarrollo integrado (IDE)	Arduino	Scratch, IDLE, cualquiera con soporte Linux	MPLAB
Conexión USB	Sí	Sí	No
Procesador	ATmega328P	ARM Cortex-A53	Micronrolador PIC
Periféricos	UART, I2C, SPI, GPIO, PWM, ADC	UART, I2C, SPI, GPIO, PWM, USB, Ethernet, Wi-Fi, HDMI.	UART, I2C, PWN, TIMERS, RX y TX, ADCM, PWMS, memorias EPROM y Flash
Costos	Bajo	Alto	Medio

Tabla 1.2 Diferencias entre aplicaciones Hardware [10]

Arduino, es una plataforma electrónica de código abierto basada en hardware y software fácil de usar, es una placa que cuenta con todos los elementos necesarios para conectar periféricos a las entradas y salidas de un microcontrolador, los periféricos pueden ser cualquier tipo de sensor (temperatura, presión, humedad, entre otros), y con la programación adecuada permite procesar la información, también es posible integrar dispositivos de comunicaciones para la creación de redes de sensores inalámbricos, y permite el uso de herramientas para crear interfaces de usuario como LabVIEW, Python y processing [11].

Raspberry Pi, es un mini ordenador lo suficientemente potente como para facilitar el aprendizaje y tareas básicas, es de tamaño reducido permitiendo la conexión de varios tipos de accesorios siendo utilizado en varios tipos de tareas. Cuenta con conectividad Wi-Fi y Ethernet integrada, permitiendo la configuración

como Gateway en una red de sensores inalámbricos para la recopilación de datos [12].

Un PIC es un circuito integrado programable, el cual contiene todos los componentes necesarios para controlar una tarea, por lo que es denominado como un microcontrolador. A su vez cuenta con entradas y salidas para conectar gran cantidad de periféricos, permitiendo la interconexión de los componentes que permita la creación de una red de sensores inalámbricos [13].

Para cumplir con una tarea específica, el hardware mencionado, necesita la selección de dispositivos sensores, la configuración de protocolos, conversión analógica y digital de los sensores, procesamiento de los datos e interfaces de comunicaciones. La selección del hardware para la creación de redes de sensores inalámbricos depende del diseño de la red, uso, capacidad de conexión de periféricos, y costo.

1.8 Plataformas web para redes de sensores inalámbricos

Una plataforma web sirve para almacenar diferentes tipos de información, convirtiéndose en una herramienta de gestión de la información en la nube, obtenida a través de los sensores y visualización gráfica de los datos. En la actualidad hay plataformas de todo tipo, gratuitas y comerciales. Además de visualizar la información, algunas plataformas permiten tener un histórico de datos, manejando grandes cantidades de datos de información más conocido como Big Data, al mismo tiempo se almacena la información admitiendo aplicar varias técnicas de predicción, gestión y análisis de datos [14].

En la actualidad hay gran variedad de plataformas web gratuitas, de pago y de código abierto, que permiten gestionar y administrar los datos en la nube, algunas de ellas permiten generar un histórico de datos. Hay plataformas orientadas a startups, empresas pequeñas como Samsung Artik Cloud, Arest Framework, Thinger.io, ThingSpeak, entre otras, plataformas ofrecidas por grandes empresas y corporaciones como Google, Amazon, Microsoft ofreciendo un periodo de prueba y luego pagando por su uso, y las plataformas de código abierto como zetta, OpenHab, Kura, entre otras [14].

Capítulo 2

2. Diseño del Sistema de Monitoreo

El diseño del sistema de monitoreo se realiza siguiendo la metodología CDIO, esta metodología brinda las herramientas necesarias e innovadoras para enfrentar y dar solución a los problemas de la sociedad aplicando el contexto de concebir – diseñar – implementar – operar, involucrar estas fases es importante para llevar un proceso completo del producto. La etapa de *concebir* define las necesidades del cliente, teniendo en cuenta tecnologías, conceptos, regulaciones. En la etapa de *diseñar* se crea el diseño y se dan a conocer planos, dibujos, algoritmos de lo que se implementará. En la etapa de *implementar* se transforma el diseño en productos, sistemas y procesos, incluyendo fabricación pruebas y validación. En la etapa *operación* se maneja el producto, sistema o proceso implementado que entrega un valor deseado, incluyendo el mantenimiento, evolución y retiro del sistema [15] [16].

Aplicando la metodología, en la fase de concebir, se identifica el problema que existe en el sistema de transmisión, es necesario que Unicauca Estéreo cuente con un sistema que permita el monitoreo de temperatura en el transmisor de alta potencia, adicionalmente se decide monitorear la humedad, debido a que está puede ocasionar daños en los equipos afectando su funcionamiento y, por último, el monitoreo del sistema de alimentación eléctrica con la intención de registrar fallas

en el sistema. En los capítulos 1 y 2 se abarcan las dos primeras fases de la metodología CDIO.

En el capítulo 4 se plantea la fase de implementación, se realiza la selección de dispositivos adecuados que permitirán implementar el sistema de monitoreo, y por último en el capítulo 5 se propone la fase de operación, evaluando el comportamiento del sistema de monitoreo en el sitio de implementación, recogiendo gran cantidad de datos de temperatura, humedad y corrientes realizando un análisis que permita determinar si las fallas en el transmisor de alta potencia se ocasionan por cambios en la temperatura.

2.1 Descripción del entorno

El transmisor principal de la emisora Unicauca Estéreo, se encuentra en la finca de la Universidad del Cauca, ubicada en la zona rural de Popayán, vereda la Rejoya, con coordenadas de Latitud: 2.52556, Longitud: -76.5942, la vereda se encuentra aproximadamente a 18 Km del casco urbano de Popayán, la finca de la Universidad del Cauca se encuentra aproximadamente a 15 Km del casco urbano. En la Figura 2.1 se puede observar la ubicación de la finca de la Universidad del Cauca.

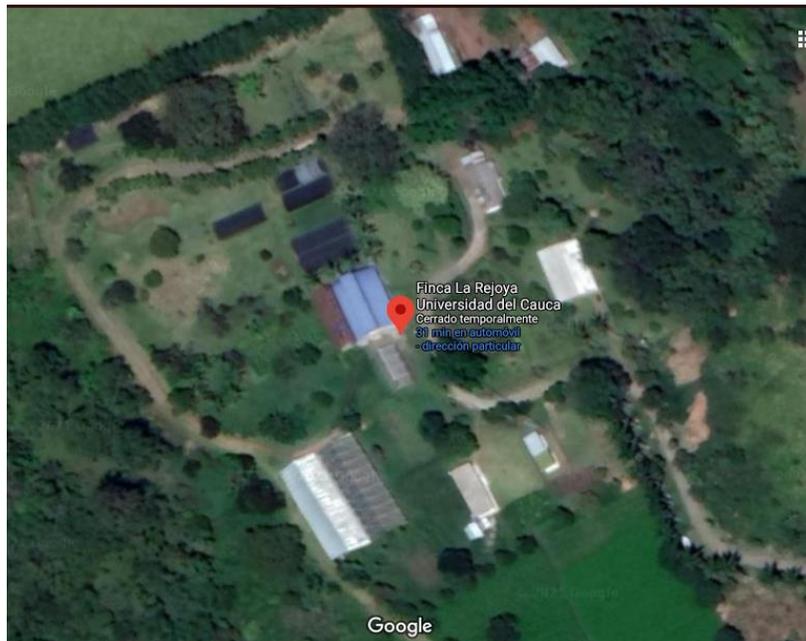


Figura 2.1 Ubicación finca la Rejoja

Fuente: Google Maps

En la figura 2.2, se presenta el plano general del cuarto de equipos del sistema de transmisión de Unicauca Estéreo, constituido por un transmisor marca Elenos que, según los requerimientos de instalación, para su correcto funcionamiento se debe garantizar una temperatura ambiente de -5°C - $+45^{\circ}\text{C}$ y por cada fase debe fluir una corriente menor de 19A a 220VAC [17]. Un regulador de voltaje trifásico marca Everest de 220V, y un sistema de aire acondicionado. La ubicación de los equipos cuenta con suficiente espacio para la ubicación adecuada de los sensores que permitan un buen funcionamiento del sistema de monitoreo.



Figura 2.2 Plano General Cuarto de Equipos

Fuente: Elaboración Propia

2.2 Requerimientos del sistema de monitoreo

Teniendo en cuenta las necesidades del trabajo a desarrollar se identifican los siguientes requerimientos:

- Implementar un sistema que permita monitorear temperatura y humedad en el transmisor de alta potencia y las corrientes de línea en el tablero de distribución eléctrica.
- Permitir la visualización local y remota de la información captada por los sensores a través de una plataforma web.

- Evitar las densidades de cableado y facilitar la movilidad del sistema.
- Utilizar dispositivos eficientes, de fácil instalación y bajo costo.

2.3 Diseño del Sistema de Monitoreo

El sistema debe permitir el monitoreo de temperatura, humedad y corrientes en el sistema de transmisión de Unicauca Estero. En la figura 2.3 se plantea el diseño general del sistema de monitoreo, se crea una red de sensores inalámbricos, conformada por un nodo de temperatura – humedad y un nodo de corrientes. Los datos capturados por cada uno de los nodos serán transmitidos inalámbricamente hacia el nodo coordinador, el nodo organiza la información para posteriormente transmitirla de forma inalámbrica hacia una estación base (plataforma web) para su visualización remota.

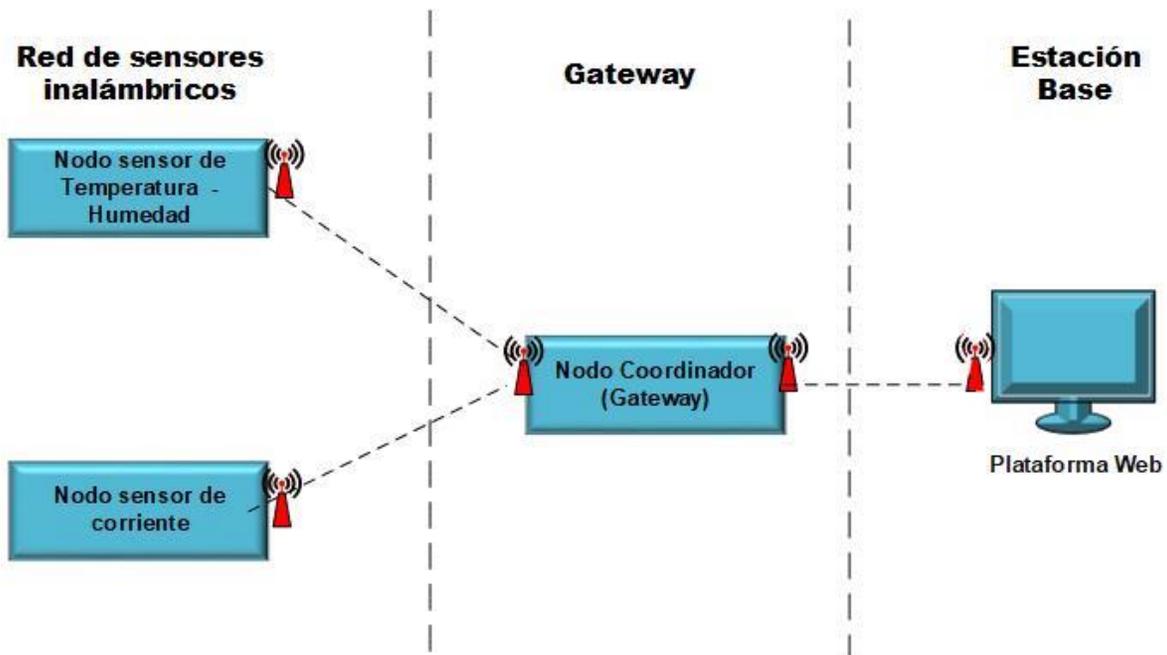


Figura 2.3 Modelo general del sistema de monitoreo

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se explican los diagramas de bloques a tener en cuenta para crear el diseño de cada uno de los nodos del sistema de monitoreo.

En la figura 2.4 se muestra el diagrama de bloques del nodo temperatura – humedad, debe contar con un elemento que permita la interconexión de los dispositivos que se encargan de leer, visualizar, y transmitir datos.

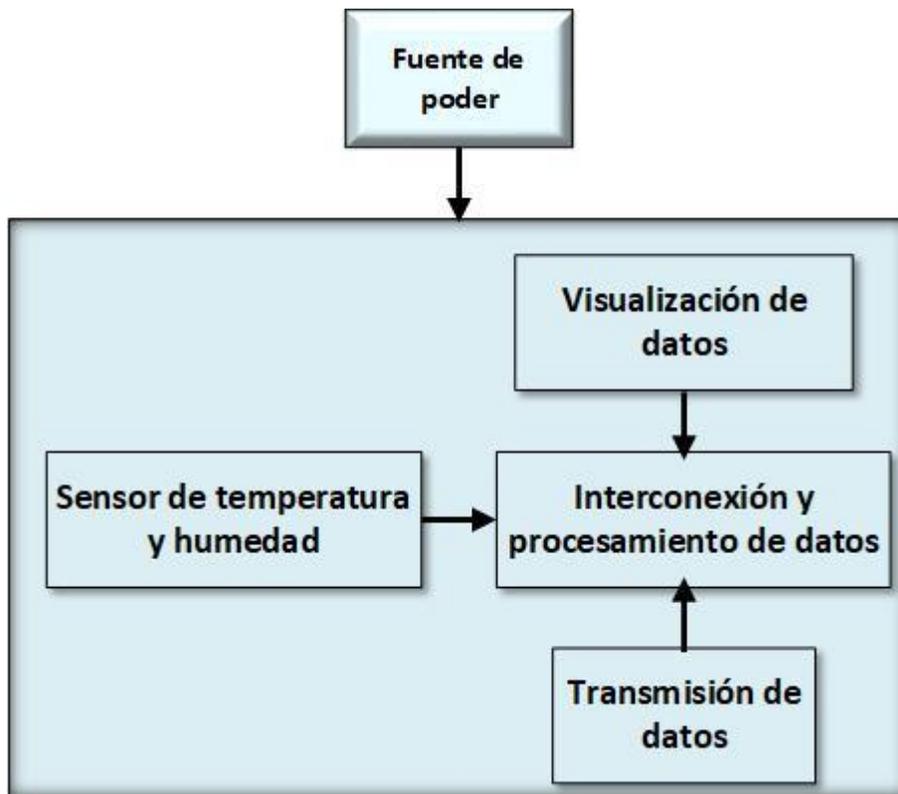


Figura 2.4 Diagrama de bloques nodo de temperatura – humedad
Fuente: Elaboración Propia

Teniendo como punto de partida la figura 2.4 se procede a explicar en detalle cada bloque del diagrama:

- Interconexión y procesamiento de datos: se encarga de interconectar los diferentes elementos realizando tareas que permitan medir, visualizar y enviar datos.
- Sensor de temperatura y humedad: dispositivo encargado de la medición simultánea de temperatura y humedad.
- Visualización de datos: encargado de mostrar los datos.
- Transmisión de datos: encargado de la transmisión de datos hacia el nodo coordinador.

- Fuente de poder: encargada de suministrar el voltaje necesario para el funcionamiento del nodo.

Ahora, en la figura 2.5 se da a conocer el diagrama de bloques del nodo de corrientes.

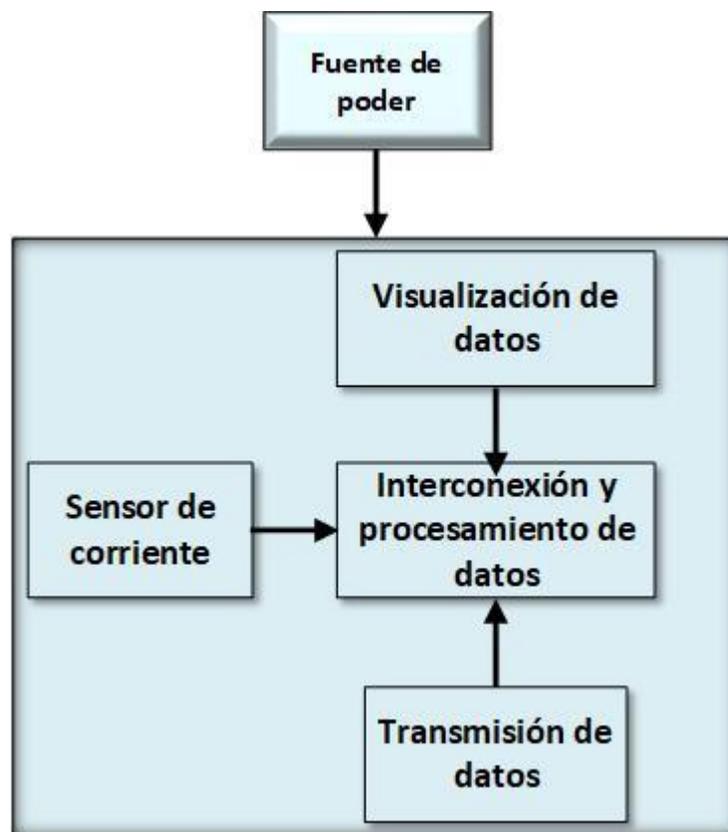


Figura 2.5 Diagrama de bloques nodo de corrientes

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a la figura 2.5 el diagrama de bloques se compone de:

- Interconexión y procesamiento de datos: se encarga de interconectar los diferentes elementos realizando las tareas adecuadas para medir, visualizar y transmitir los datos.
- Sensor de corriente: dispositivo encargado de la medición de las corrientes.
- Visualización de datos: encargado de desplegar constantemente los datos.
- Transmisión de datos: encargado de la transmisión de datos hacia el nodo coordinador.
- Fuente de poder: encargado de suministrar el voltaje adecuado para el funcionamiento del nodo.

En la figura 2.6, se presenta el diagrama de bloques del nodo coordinador.

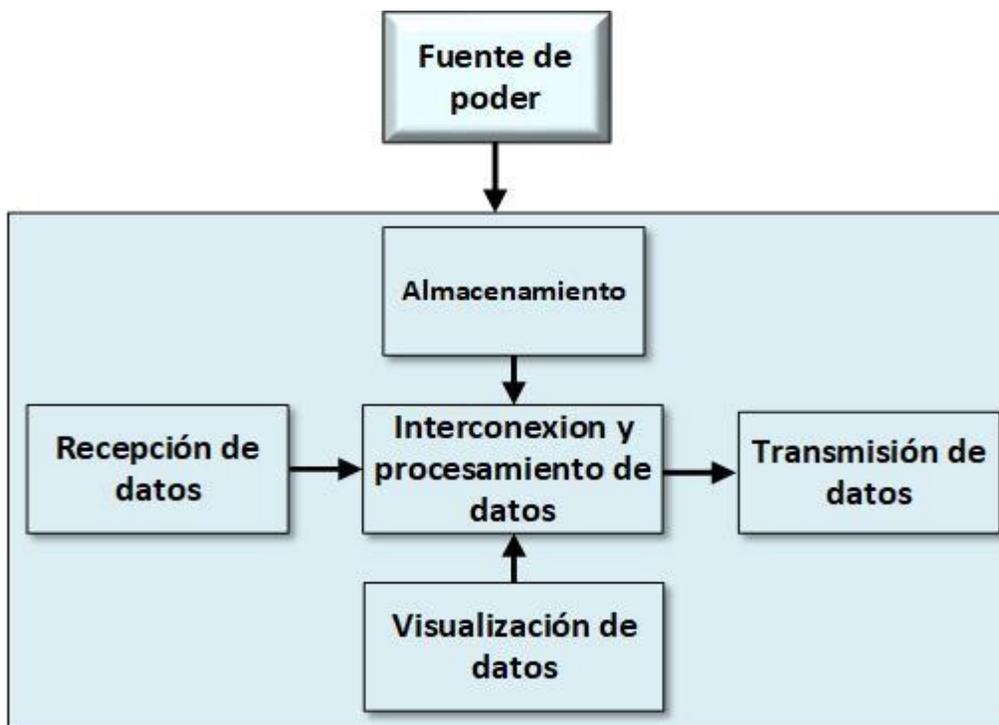


Figura 2.6 Diagrama de bloques nodo coordinador

Fuente: Elaboración Propia

El diagrama bloques se compone de:

- Interconexión y procesamiento de datos: se encarga de interconectar los diferentes elementos realizando procesos que permiten la recepción de los datos, organizándolos para su respectivo almacenamiento y visualización para finalmente ser transmitidos inalámbricamente a una plataforma web.
- Recepción de datos: encargado de recibir los datos de los nodos.
- Visualización de datos: encargado de mostrar constantemente los datos.
- Almacenamiento local: encargado de guardar los datos.
- Transmisión de datos: encargado de realizar el proceso necesario para establecer una comunicación inalámbrica con una plataforma web para visualizar y almacenar los datos.
- Fuente de poder: encargado de suministrar el voltaje necesario para el funcionamiento del nodo.

En la figura 2.7, se presenta el diagrama de bloques de transmisión de datos hacia la plataforma web.

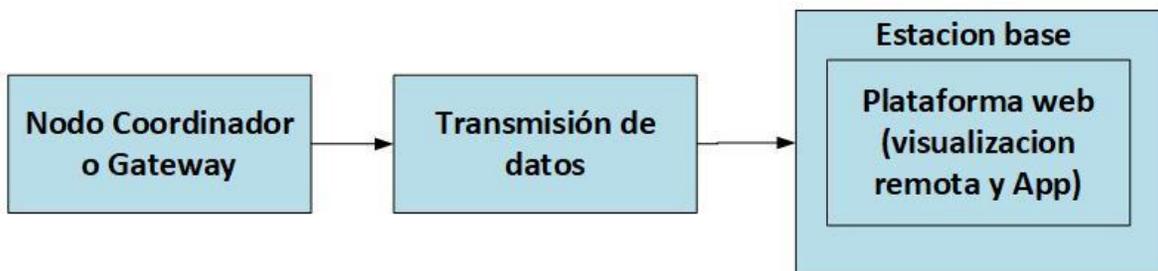


Figura 2.7 Diagrama de bloques transmisión de datos plataforma web.

Fuente: Elaboración Propia

El diagrama de bloques se compone de:

- Nodo coordinador o Gateway: encargado de recibir los datos de los nodos de temperatura – humedad y corrientes.
- Transmisión de datos: Dispositivo conectado al nodo coordinador, encargado de establecer la comunicación a internet para la transmisión de datos hacia la plataforma web.
- Plataforma web: encargada de visualizar el estado de las variables de temperatura, humedad y corrientes de forma remota.

Finalmente, e integrando los diagramas de bloques en la figura 2.8 se presenta el diagrama de bloques general del sistema de monitoreo.

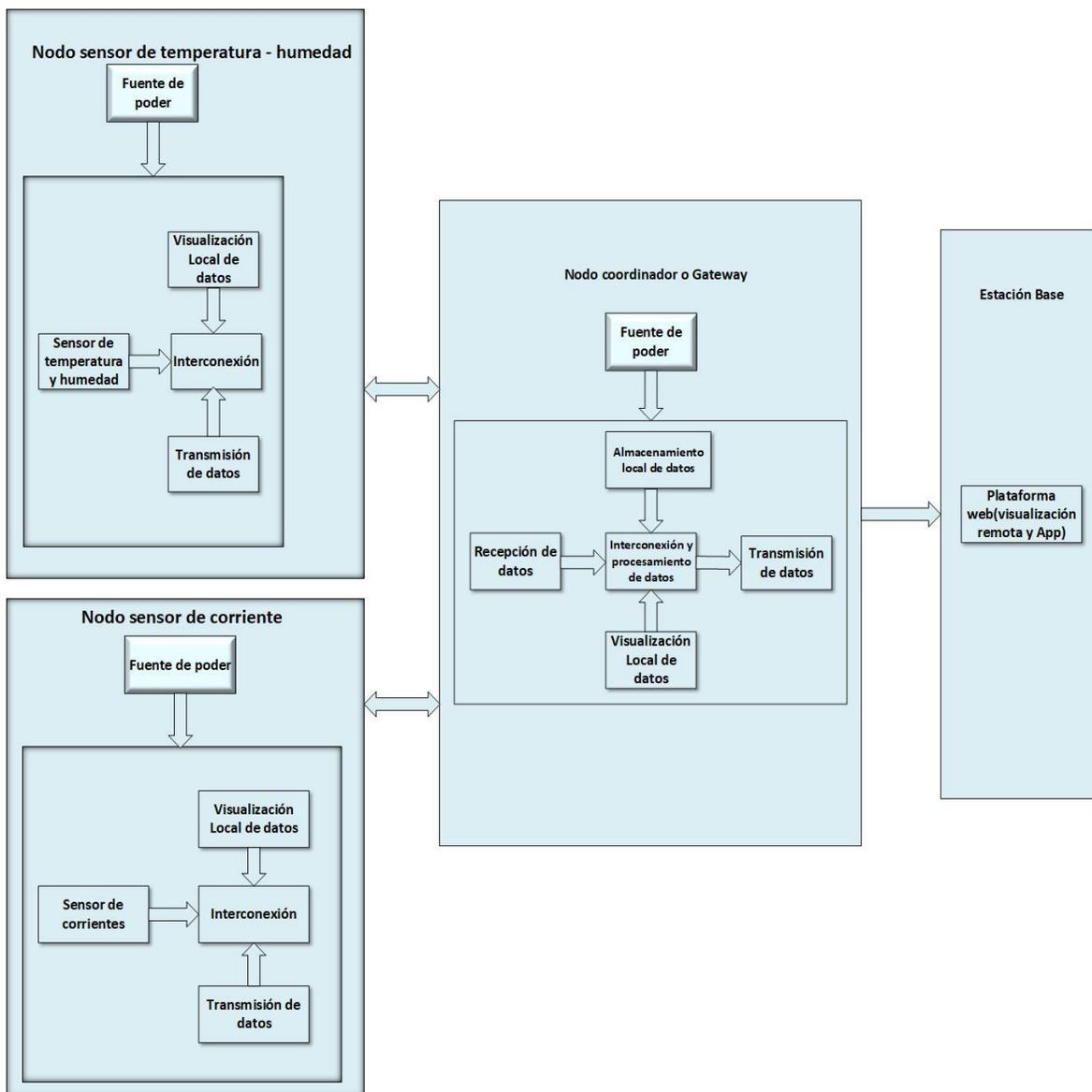


Figura 2.8 Diagrama de bloques general del sistema de monitoreo

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a la figura 2.8, el sistema de monitoreo se compone:

- Nodo sensor de temperatura – humedad: encargado de la lectura de temperatura y humedad en el transmisor de alta potencia, con su respectiva visualización de datos.

- Nodo sensor de corriente: encargado de la lectura de las corrientes en las fases del tablero de distribución con su respectiva visualización de datos.
- Nodo coordinador: encargado de recibir los datos de los nodos de temperatura – humedad y corrientes, visualizarlos, almacenarlos y transmitirlos inalámbricamente hacia una plataforma web.
- Plataforma web: encargada de visualizar los datos remotamente.

En la figura 2.9, se presenta el diagrama de flujo del proceso de monitoreo, el nodo de temperatura – humedad captura los valores de temperatura y humedad permitiendo la visualización de los datos para posteriormente ser transmitidos de forma inalámbrica hacia el nodo coordinador, repitiéndose el proceso anterior para el nodo de corrientes. El nodo coordinador recibe los datos, los organiza, los almacena y visualiza, seguidamente los transmite inalámbricamente hacia una plataforma web permitiendo visualizar remotamente el estado de los datos, generando un histórico para su descarga.

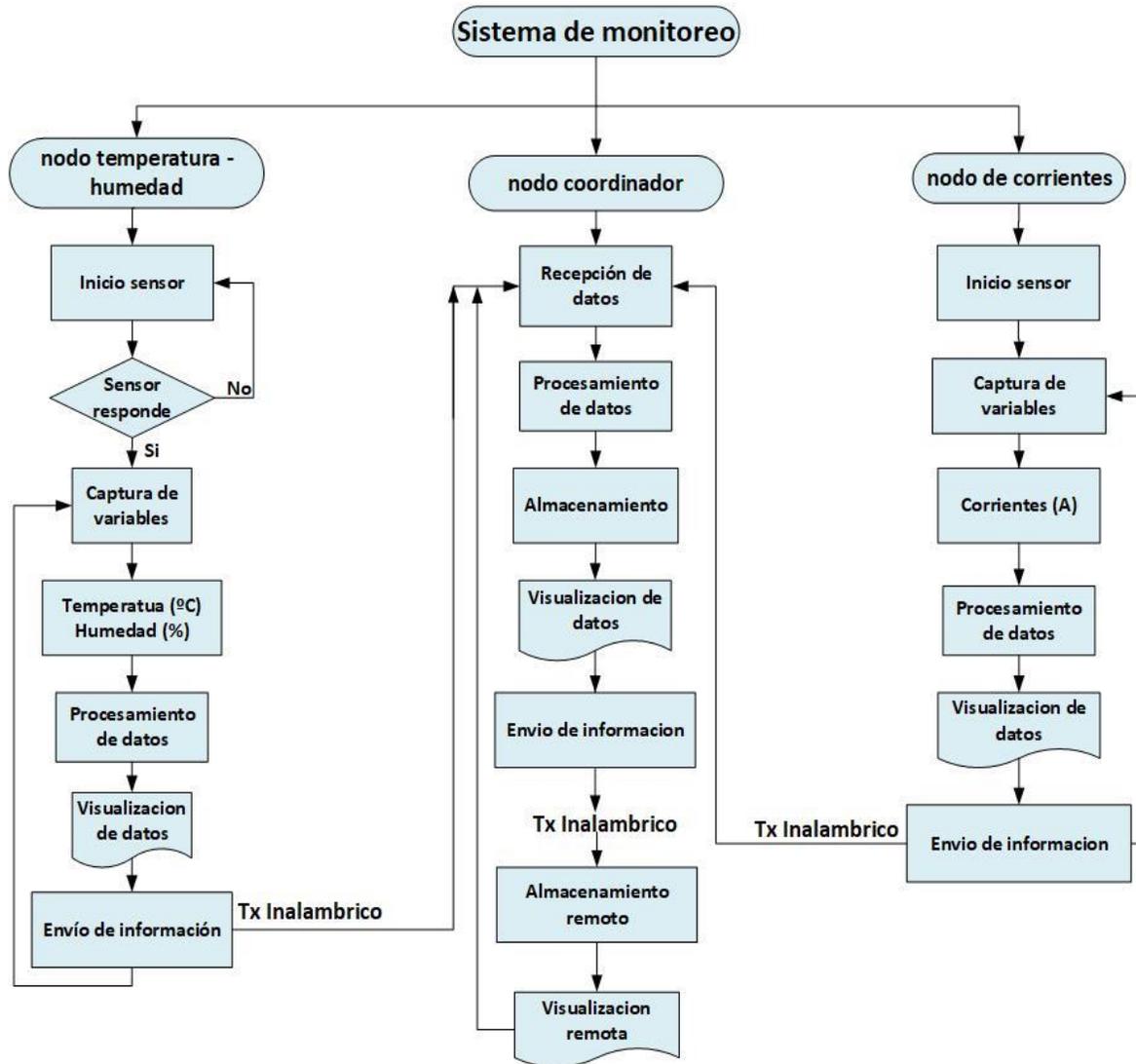


Figura 2.9 Proceso de monitoreo

Fuente: Elaboración Propia

2.4 Diseño para la implementación del sistema de monitoreo

La figura 2.10, muestra la ubicación física del sistema de monitoreo. Se aprecia la distancia entre cada uno de los nodos respecto al nodo coordinador. El nodo de temperatura – humedad se instala cerca al transmisor de alta potencia con una distancia de separación del nodo coordinador de 2.70m y el nodo de corrientes se instala en el tablero de distribución a una distancia de 1.70m del nodo coordinador. Los nodos se encuentran en línea de vista con respecto al nodo coordinador mejorando la transmisión de datos, no hay obstáculos que puedan interferir en la comunicación, además la distancia de separación entre los nodos y el coordinador es relativamente corta, por lo que difícilmente habrá problemas de alcance entre ellos. Por último, la instalación de la antena GSM se realiza a 2m del nodo coordinador y se ubica por fuera de la caseta de equipos.

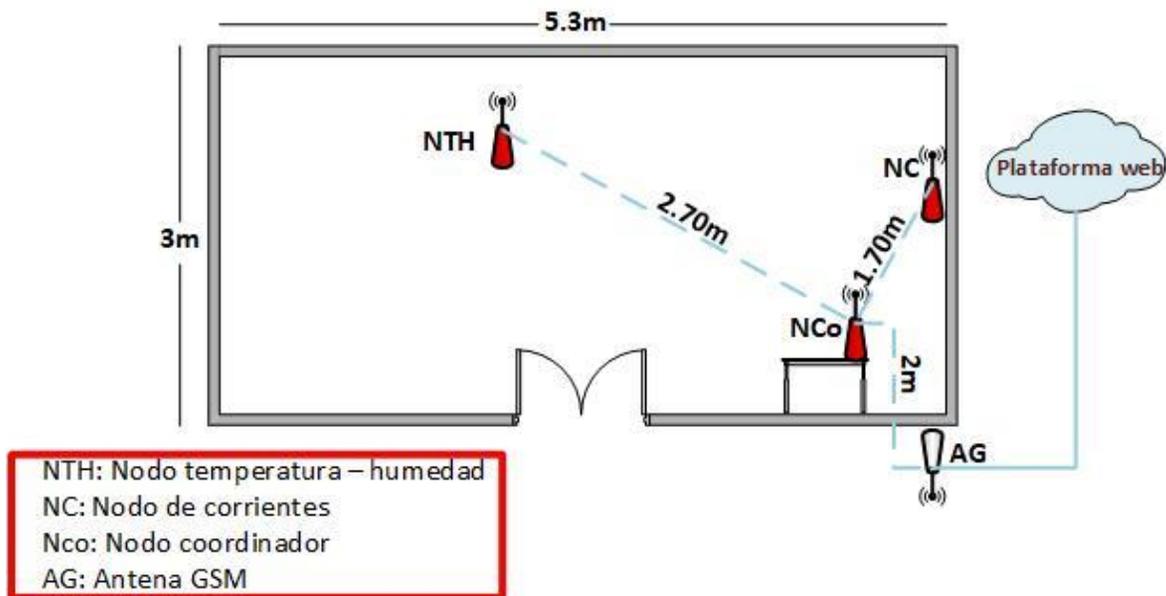


Figura 2.10 Esquema de instalación sistema de monitoreo
 Fuente: Elaboración propia

Capítulo 3

3 Implementación y desarrollo Hardware y Software de Sistema de Monitoreo

En este capítulo se realiza un estudio y selección de los dispositivos adecuados que permiten la implementación del sistema de monitoreo de las condiciones técnicas y ambientales en el transmisor de alta potencia de Unicauca Estéreo.

3.1 Selección de Dispositivos

Esta etapa tiene como finalidad seleccionar los componentes adecuados que permitirán al sistema de monitoreo cumplir con las funciones de acuerdo a los requerimientos del sistema.

3.1.1 Sensores de Temperatura y Humedad

En la actualidad existen en el mercado gran variedad de sensores de temperatura y humedad. Hay sensores que solo permiten medir temperatura, lo mismo sucede con la humedad relativa, sin embargo, hay sensores que incorporan estas dos magnitudes en un solo dispositivo. En la tabla 3.1 se muestran las características de los sensores que incorporan estas dos magnitudes.

Sensor	AMT1001	DHT11	DHT22	SHT31
Rango de temperatura	0°C a 50°C	0°C a 50°C	-40°C a 80°C	-40°C a 80°C
Precisión de medición de temperatura	± 1°C	± 2°C	±0.5°C	±0.2°C
Rango de medición de humedad	20-90%	20-90%	0-100% RH	0-100% RH
Precisión de medición de humedad	± 5%	± 5%	2%	2% RH
Costo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio

Tabla 3.1 Comparación Sensores de Temperatura y Humedad

Fuente: Elaboración Propia

El AMT1001, es un sensor analógico basado en métodos de calibración muy precisos y de última generación, garantizando una excelente estabilidad a largo plazo. Suele ser usado en aires acondicionados, humidificadores, monitoreo atmosférico, instrumentos de medición, entre otros [18].

El DHT11 es un sensor de temperatura y humedad digital. Utiliza un sensor capacitivo de humedad y un termistor para medir el aire circundante, y muestra los datos mediante una señal digital. Es bastante simple de usar, pero requiere sincronización cuidadosa para tomar datos [19].

EL DHT22 es un sensor digital de temperatura y humedad. Utiliza un sensor capacitivo de humedad y un termistor para medir el aire circundante, y muestra los datos mediante una señal digital y es bastante simple de usar [20].

El sensor digital de temperatura y humedad relativa SHT31 permite realizar mediciones muy precisas. Es utilizado en aplicaciones de control automático de temperatura, aire acondicionado, monitoreo ambiental en agricultura y más. Su integración es sencilla tanto a nivel de software como hardware. En cuanto al hardware es necesarios 4 cables, dos de alimentación y dos de datos I2C [21].

De acuerdo a la tabla 3.1, el sensor DHT22 es más preciso y tiene un rango de medición más amplio de temperatura y humedad que el DHT11, lo mismo sucede con el ATM1001. Caso contrario con el SHT31, este posee mejores características en cuanto a precisión y medición de temperatura y humedad, pero se descarta por su elevado costo y difícil de adquirir en el mercado de la ciudad de implementación del sistema de monitoreo.

El DTH22 es el más apropiado para el sistema de monitoreo, debido a que cuenta con un rango de medición de -40°C a 80°C , valores que abarcan los rangos de operación del transmisor de alta potencia, tiene una precisión de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$, es económico, fácil de adquirir y se ajusta adecuadamente a los requerimientos del sistema de monitoreo.

3.1.2 Sensores de corriente

Los sensores de corriente se utilizan para medir el flujo de corriente en un circuito eléctrico, a su vez se conocen como transductores de corriente o transformadores de corriente.

Los transformadores de corriente son sensores utilizados para medir corriente alterna (CA). Hay gran cantidad de sensores para medir corriente CA, en la tabla 3.2 se da a conocer las características de algunos de estos sensores.

Sensor	WCS1800	SCT013	ACS712
Medición de corriente	AC -DC	AC	AC - DC
Rangos de medición	0A a 35A DC 0A a 25A AC	0A a 10A, 0A a 20A ,0A a 30A, 0A a 50A,0A a 80A, 0A a100A.	0A a 5A, 0A a 20A, 0A a 30A,
Temperatura de trabajo	-20°C hasta 125°C	-25°C hasta 70°C.	-40°C hasta 85°C
Diámetro interior	9.0 mm	1.3 cm	No tiene
Rango de linealidad	$\leq 1\%$	$\pm 3\%$	1.5%
Aplicaciones	Industriales, comerciales y sistemas de comunicación	Monitoreo de cargas, proporcionar señales de entrada para sistemas de control, indicadores de desfase, mediciones de magnitudes eléctricas	Industriales, comércielas y sistemas de comunicación.
Costo	Alto	Medio	Bajo

Tabla 3.2 Comparación Sensores de Corriente

Fuente: Elaboración Propia

El WCS1800 consiste en una sala lineal derivada de baja temperatura con compensación de la misma y un diámetro de 9.0 mm a través del orificio. El cable eléctrico del sistema se pasa a través de este agujero para medir la corriente de paso. El sensor permite monitorear cualquier ruta de corriente sin tener que suspender el circuito original, cualquier corriente que fluya a través de este agujero generará un campo magnético que es detectado por el efecto Hall del IC [22].

El sensor de corriente ACS712, internamente trabaja con un sensor de efecto Hall que detecta el campo magnético que se produce por inducción de la corriente que circula por la línea que se está midiendo. Entrega una salida de voltaje proporcional a la corriente, dependiendo del rango de mediciones puede usarse diferentes referencias de este sensor. El ACS712 es invasivo teniendo que interrumpir el circuito para su funcionamiento [23].

El sensor SCT- 013 es un sensor de corriente no invasivo que permite medir la intensidad que atraviesa un conductor sin necesidad de cortar o modificar el circuito. Es un transformador de corriente y un dispositivo de instrumentación que proporcionan una medición proporcional a la intensidad que atraviesa un circuito. Dependiendo del rango de medición se puede utilizar diferentes referencias de este sensor [24].

El sensor ACS712 se descarta debido a su pequeño rango de medición y también porque es de tipo invasivo. A su vez también se descarta el sensor WCS1800 debido a su elevado costo y pequeño rango de medición. De acuerdo a la tabla 4.2, se escoge el SCT013, por ser un sensor que cuenta con un amplio rango de medición, es de tipo no invasivo facilitando la lectura de la corriente en el sistema.

Se selecciona el SCT – 013 porque cuenta con rangos altos de medición que se ajustan al consumo de corriente de las tres líneas del sistema de transmisión, la cual no debe ser mayor de 19A, además de ser un sensor de tipo no invasivo, facilitando su instalación sin necesidad de interrumpir el funcionamiento del circuito. El SCT-013-000 tiene un rango de medición de 0A a 100A, es el único de la familia SCT-013 que nos proporciona una corriente y no tiene en su interior una resistencia de carga, la resistencia de carga permite convertir la corriente en un voltaje limitado a medir mejorando la precisión en la medición del consumo de cualquier aparato electrónico. Las características del sensor SCT-013-000 se ajusta a los requerimientos del sistema de monitoreo

3.1.3 Módulos de comunicación Inalámbrica

Los módulos inalámbricos permiten a los nodos transmitir la información y ser recibida por el nodo coordinador. En la Tabla 3.3 se da a conocer una comparación entre diferentes módulos inalámbricos que trabajan en la banda de 2.4GHz.

Modulo inalámbrico	FS1000 A	RF de 433Mhz	NRF24L01	XY-MK-5V	NRF905	HC-12
Frecuencia de operación	433,92/315/330 MHz	433/315, MHz	2.4 GHz	433,92/315/330 MHz	433/868/915MHz	433.4/473.MHz.
Alcance de transmisión	Bajo	Bajo	Medio	bajo	Medio	Alto
Velocidad de transmisión de datos	10 kbps	4 kbps	250 kbps, 1, Mbps, 2 Mbps	10 kbps	1.2Kbps a 115.2Kbps 9.9.6Kbps	1.2Kbps a 115.2Kbps 9.9.6Kbps
Voltaje de funcionamiento	3V a 12V	5V	5V a 3.3V	5V	2.7V~3.3V	3.2V a 5.5
Costo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Alto
Aplicaciones	Seguridad para el hogar, automatización	Seguridad para el hogar, automatización	Domótica, control de alarmas, monitoreo	Seguridad para el hogar, automatización	Telemetría, sistemas de control, sistemas de comunicación	Telemetría, sistemas de control, sistemas de comunicación

Tabla 3.3 Comparación módulos inalámbricos

Fuente: Elaboración Propia

El módulo NRF905 con antena integrada opera en tres bandas, y cuenta con una gran capacidad anti interferencias, es bidireccional y cuenta con 170 canales, se utiliza en ambientes industriales, ciencia y tecnología, tiene un alcance de 1000 metros y funciona con muy bajo voltaje, Las características de este módulo se ajustan al sistema de monitoreo, pero se descarta por su elevado costo y difícil adquisición [25].

Los módulos RF de 433Mhz son transmisores/receptores de bajo costo y fácil uso, su comunicación es de tipo simplex, es decir en un solo canal y unidireccional, son de baja velocidad de transmisión, pero para aplicaciones básicas son muy útiles. Se descarta por su tipo de comunicación ya que no se ajusta al sistema de monitoreo [26].

El módulo FS1000A, funciona como transmisión RF y el XY-MK-5V como receptor RF, tienen una comunicación unidireccional, es utilizado para proyectos de distancias cortas, su operatividad requiere de una antena adicional, operan en tres frecuencias que se puede utilizar en diferentes campos. Estos módulos se descartan debido a que su funcionamiento está basado en una comunicación de tipo simplex, la cual no es conveniente utilizarla para el sistema [27].

El módulo HC-12 cuenta con un chip RF SI4463 que incorpora un microcontrolador MCU el cual permite programarlo y configurarlo mediante comandos AT. Tiene una banda de frecuencia de 433Mhz con un alcance de 1000m, es multicanal, se puede configurar como receptor y transmisor dependiendo del proyecto a implementar, es descartado por su elevado costo [28].

El módulo NRF24L01 es un transceptor, trabaja en la banda de operación 2.4 GHz, maneja velocidades de 250 kbps hasta 2 Mbps, es de bajo consumo de corriente, espacio abierto tiene un alcance de 100 m, cuenta con 125 canales en trabajos independientes. Cada canal contiene 6 direcciones que se pueden comunicar al mismo tiempo, cuenta con una antena integrada, su configuración y programación utiliza 8 pines para tener una interfaz externa y funciona con el estándar de comunicación SPI [29].

Se selecciona el módulo NRF2401 porque sus características se adaptan a los requerimientos del sistema de monitoreo, es un módulo que permite establecer

comunicaciones inalámbricas entre dos o más puntos diferentes, uso e instalación sencilla además de ser económico y fácil de adquirir

3.1.4 Módulos de transmisión con tecnología GSM/GPRS

Para la transmisión de datos hacia la plataforma web, se puede implementar un enlace punto a punto o adquirir un servicio de internet. Lo anterior se descarta debido a que Unicauca Estéreo no cuenta con los recursos económicos para implementar un sistema de transmisión de datos o adquirir el servicio de internet. Debido a este inconveniente económico se plantea el uso de un dispositivo que permita el envío de datos a la plataforma web utilizando la red móvil. Se escogen dos tecnologías, GSM, por la capacidad de enviar y recibir mensajes de texto y GPRS por ser una tecnología orientada a la transmisión de datos, basando su funcionamiento en conmutación de paquetes lo que eleva la velocidad de los datos, cubre extensas áreas de cobertura, además estas tecnologías son implementadas por los operadores de telefónico celular [30].

Antes de seleccionar el dispositivo se realiza una prueba con el software G Net Track Lite que es una aplicación de campo, la cual permite monitorear y registrar los parámetros de la red móvil sin utilizar equipos especializados. La figura 3.1 muestra los parámetros de la red móvil de la zona del sitio de implementación. La aplicación muestra el proveedor de servicios que para este caso es Claro, también muestra la velocidad de subida y bajada de 6 Kbps, La CELLID indica el servicio actual, y el tipo de tecnología UMTS que es una tecnología de 3G, sucesora de GSM. La herramienta muestra que la zona cuenta con tecnología UMTS la cual permitirá la transmisión de datos vía GPRS.

TIME	EVENT	AC	CELLID	CI	ARFCN	LEVEL	QUAL	TYPE	SERV
15:57:33		933	400-54..			-200	-	3G	26
15:58:03	HD3G3G	933	1550-4..			-200	-	3G	11
15:58:16	HD3G3G	360	400-54..			-200	-	3G	27
15:58:47	HD3G3G	933	400-24..			-200	-	3G	28
15:59:20	HD3G3G	360	1550-4..			-200	-	3G	18
15:59:41	HD3G3G	360	400-24..			-200	-	3G	83
16:01:20	HD3G3G	933	1550-4..			-200	-	3G	

Figura 3.1 Datos red celular

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla 3.4, se dan a conocer la descripción de los parámetros que se utilizan en la aplicación.

Características de la aplicación en la Celda G NetTrack lite	
Ítems	Función
Operador	El nombre del proveedor inalámbrico en nuestro caso Tigo y Claro
MCC	Código del país móvil, es un código de dos o tres dígitos para cada operador de cada país
MNC	Código de red móvil, es un código de dos o tres dígitos y específico para cada operador en el país
LAC	Código de área de ubicación, la red se divide por áreas de ubicación, en las cuales el suscripto se localiza en todas las celdas simultáneamente.
AC	Código de área actual
CID	La ID de la celda del servicio actual

PCI / PSC / BSIC	En 4G PCI, PSC en 3g y BSIC en 2G para la celda de servicio.
F	Numero de canal de frecuencia
B	Banda de frecuencia (Uxx para 3G, Lxx para LTE)
TA	Avance de tiempo para 2G y 4G
Type	Modo de tecnología de red (como GPRS, EDGE en 2G, o UMTS, HSPA, etc. en 3G)
Nivel	Intensidad de la señal actual en DB. Para diferentes tecnologías el título es diferente: RXLEV para 2G, RSCP para 3G y RSRP para 4G. Algunos dispositivos móviles no muestran esta información
QUAL	Calidad de señal de la red, RXQUAL para 2G, ECNO para 3G y RSRQ para 4G. La mayoría de los teléfonos no informan sobre este valor.
SNR	Relación señal Ruido, se mide solamente en LTE
UL	Velocidad actual de transferencia de datos del enlace ascendente en Kbps.
DL	Velocidad actual de transferencia de datos del enlace descendente en Kbps

Tabla 3.4 Parámetros de la aplicación [31]

En el mercado actual existen una gran variedad de módulos Shield GSM/GPRS compatibles con tarjetas de desarrollo Arduino, en la Tabla 3.4 se muestra un cuadro comparativo de diversos dispositivos con el fin de seleccionar el más adecuado, tomando en cuenta que se requiere enviar datos hacia una plataforma web.

Modelo	Tarjeta de desarrollo SIM 808	Shield GSM/GPRS M95 para Arduino™ antena embebida	Shield M2M	MÓDULO GSM/GPRS SIM900 SHIELD
Rango de voltaje	5V ~ 18V	5 VDC	5V	9V – 20V
Frecuencia	GSM 850, EGSM900, DCS 1800, PCS 1900	850, 900, 1800 y 1900 MHz	850, 900, 1800 y 1900 MHz	850, 900, 1800 y 1900 MHz
Funciones	SMS, voz y datos	SMS, voz, fax y datos	SMS, voz y datos	SMS, voz y datos
Velocidad uplink/downlink	85.6 Kbps	42.8/85.6 Kbps	85.6 Kbps	42.8/85.6 Kbps
Puerto de micrófono y altavoz	SI	SI	NO	SI
Costo	Alto	Alto	Medio	Medio

Tabla 3.5 Comparación entre módulos Shield GSM/GPRS [30]

Los módulos GSM/GPRS, ofrecen funcionalidades de envío y recepción de datos, GPS de navegación por satélite y utilizando una tarjeta SIM se puede enviar y recibir llamadas y SMS, conexión a Internet y conocer las coordenadas y el horario UTC (Tiempo Universal Coordinado). Cualquiera de estos módulos se adapta al sistema, sin embargo, la tarjeta de desarrollo SIM808, Shield M2M y el M95 son descartados por su elevado costo. Se escoge el SIM900 debido a que es el más económico de los cuatro módulos descritos y es más fácil de adquirir en el mercado.

El módulo SIM900 permite realizar y recibir llamadas, envío y recepción de SMS y conexión a internet, además es compatible con Arduino y fácil de integrar con esta tarjeta de desarrollo, el rango de alimentación permite alimentarlo directamente desde una fuente de 12v. Este módulo opera en las cuatro bandas (850, 900, 1800 y 1900 MHz), permitiendo utilizar el módulo tanto en Europa como América, cuenta con puertos de voz y audio y es ideal en usos de aplicaciones tales como M2M (Máquina a Máquina), control remoto, estaciones meteorológicas remotas, sistemas de monitoreo.

3.1.5 Unidades de procesamiento

Las unidades de procesamiento se ubican en cada uno de los nodos, permitiendo la integración de los componentes seleccionados que ayudaran a cumplir las funciones en cada uno de los nodos. En la tabla 3.5 se presenta una comparación entre diferentes placas de desarrollo Arduino.

Características de unidades de Procesamiento Arduino						
Tipo de Arduino	Arduino Pro	Arduino Mega	Arduino uno	Arduino Micro	Arduino Leonardo	Arduino Due
Procesador	ATmega328P	ATmega2560	ATmega328	ATmega32u4	ATmega32u4	SAM3X8E ARM
Voltaje de operación	5v	5v	5v	5v	5v	3.3v
Voltaje de entrada Máximo	12v	12v	12v	12v	12v	12v
Voltaje de entrada mínimo	7v	7v	7v	7v	7v	7v
Velocidad	8MHz	16MHz	16MHz	16MHz	16MHz	84
Pines E/S	22	54	14	20	20	54
Interfaz	UART TTL (5v)	USB & UART TTL (5V) - 4 UARTS	USB & UART TTL (5v)	UART TTL (5v)	USB & UART TTL (5v)	USB & UART TTL (5V) - 3 UARTS
Opciones de alimentación	USB – EXT	USB – EXT	USB – EXT	USB – EXT	USB – EXT	USB – EXT
Memoria flash (KB)	32	256	32	32	32	512
Compatibilidad con shields	NO	SI	SI	NO	SI	NO
Soporte de comunicación inalámbrica	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Recomendaciones	Recomendada para prototipos pequeños	Es la más avanzada, buena flexibilidad y potencia combinada con alta compatibilidad	Recomendada para prototipos que no demandan un procesamiento alto en sus tareas	Recomendada para prototipos pequeños	Una mejora de Arduino uno con nuevo	La placa más potente, pero con muy limitada compatibilidad
Costo	Bajo	Alto	Medio	Medio	Alto	Alto

Tabla 3.6 Comparación de Unidades de Procesamiento Arduino [3]

De las tarjetas de desarrollo Arduino descritas en la tabla 3.5 cualquiera de ellas se puede ajustar a los requerimientos del sistema, Arduino Leonardo y Arduino Due se descartan por su elevado costo, también se descarta Arduino micro porque debido a su reducido tamaño no es compatible con ningún tipo de shield perjudicando algún tipo de expansión en la tarjeta y a su vez no cuenta con interfaz USB dificultando la conexión y programación.

Arduino pro se descarta por la velocidad de reloj y también por su incompatibilidad con los shield.

De acuerdo a sus características y costo, Arduino uno se ajusta a los requerimientos del sistema, cuenta con una gran cantidad de pines que permiten la interconexión de los dispositivos seleccionados, cumpliendo la función de procesar los datos registrados por los sensores, es compatible con shield que permite ampliar las capacidades de la tarjeta si es requerido, compatible con el IDE (entorno de desarrollo integrado) de Arduino y cuenta con conexión USB facilitando su programación y brindando la posibilidad de ser alimentado por este medio o una fuente externa.

3.1.6 Plataformas Web

En la actualidad hay gran variedad de plataformas web que permiten monitorear los datos captados por sensores teniendo un histórico de datos. En la tabla 3.7 se presentan algunas características de las plataformas web más utilizadas con Arduino.

Plataformas Web	Código abierto	Gratis	Gestión de dispositivos	Visualización de la información	Soporte Arduino	Aplicaciones
ThingSpeak	SI	SI	No	Portal web y APP	SI	Cuidado de la salud, domótica, monitorización, agricultura, etc.
Ubidots	NO	NO	SI	SI, portal web	SI	Agricultura, automatización de casa, edificios, cuidados para la salud, ciudades inteligentes, etc.
Xively	NO	NO	NO	SI, consola de administración	SI	Cuidados para la salud, monitorización
Thingr	SI	SI		Portal web	SI	Monitorización, agricultura, cuidados para la salud, etc.

Tabla 3.7 Comparación plataformas web [32]

De acuerdo a la tabla 3.7 se selecciona la plataforma web ThingSpeak debido a que es gratuita, permite al usuario crear aplicaciones de registro de datos de sensores, entorno gráfico amigable y muy utilizada en proyectos de monitoreo con Arduino.

ThingSpeak es una plataforma IoT reconocida en el mundo y desarrollada por los creadores de Matlab, permite recoger y almacenar los datos de los sensores en la nube, visualización gráfica y descarga de los datos en formato csv, también ofrece aplicaciones que permiten analizar y visualizar los datos en Matlab y actuar sobre ellos, además cuenta con una App para visualización grafica de los datos desde un dispositivo móvil.

Los usuarios comerciales de Thinkspeak pueden registrarse una vez para una evaluación gratuita por tiempo limitado. Todos los demás usos comerciales requieren una licencia comercial estándar. Los usuarios no comerciales pueden utilizar ThingSpeak de forma gratuita, sujeto a las limitaciones de la opción de licencia gratuita. Los usuarios de la opción gratuita o estudiantes se limitarán a enviar no más de 3 millones de mensajes cada año al servicio ThingSpeak, límite del intervalo de actualización cada 15 segundos, 8 campos para almacenar datos de cualquier tipo, 3 datos para almacenar la ubicación, latitud, longitud y elevación.

3.2 Componentes y esquema eléctrico nodo de Temperatura - Humedad

En la figura 3.2 se da a conocer la conexión de los componentes del nodo de temperatura – humedad, permitiendo su funcionamiento y consiguiendo capturar los datos de temperatura y humedad en el transmisor de alta potencia, visualizarlos

localmente en un display para posteriormente transmitirlos de forma inalámbrica hacia el nodo coordinador.

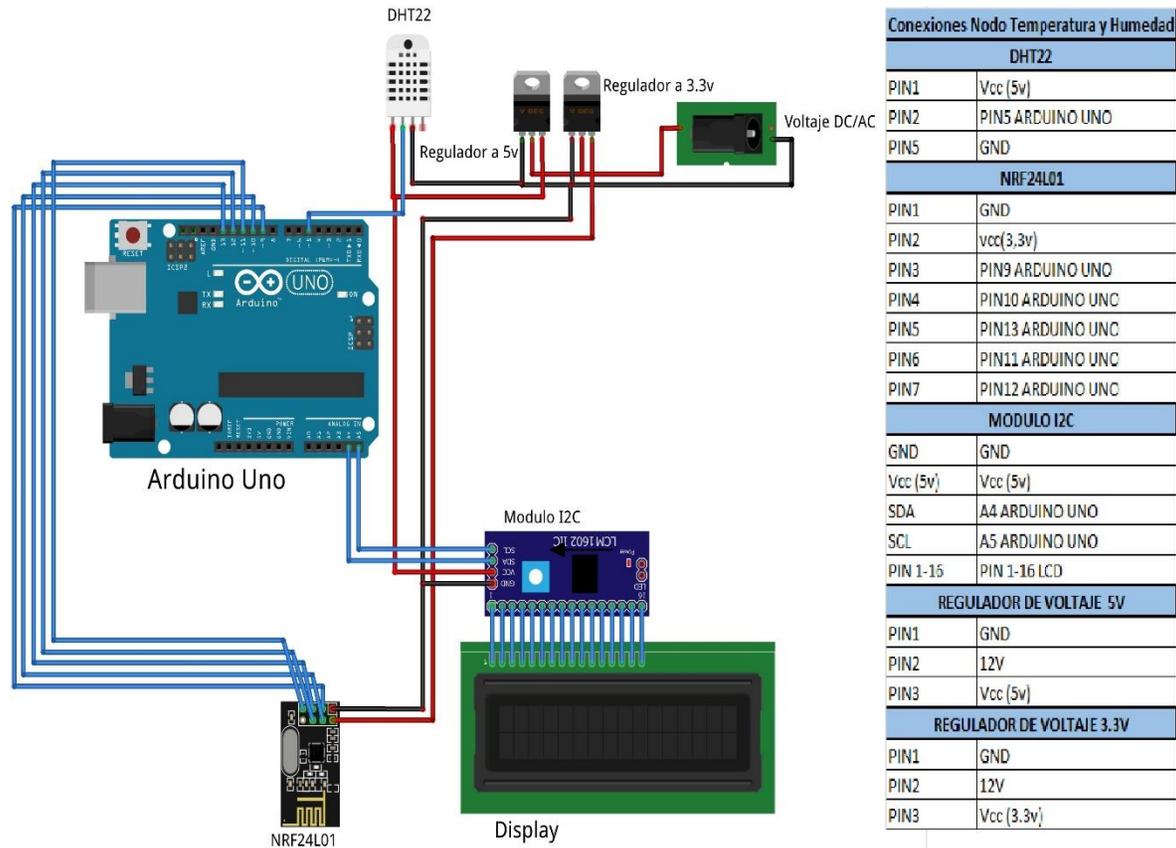


Figura 3.2 Esquema eléctrico nodo temperatura – humedad

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a la figura 4.2 el nodo se compone de:

- 1 Arduino Uno
- 1 sensor DHT22
- 1 modulo NRF24L01
- 1 regulador de voltaje LM1117
- 1 regulador de voltaje de 5A 3A
- 1 modulo I2C

- 1 LDC 2x16
- 1 fuente de poder 12V a 1A

El DHT22 obtiene los datos de temperatura y humedad, el pin que recibe la señal es conectado al PIN5, el módulo NRF24L01 se conecta al Arduino y es controlado a través del bus SPI, este se encarga de enviar y recibir los datos, es alimentado con 3.3v tomados directamente del regulador de voltaje LM1117, la LCD 2x16 se conecta mediante el módulo I2C a los pines A4 y A5 y se alimenta directamente del regulador de 5v a 3A, el nodo se alimenta con una fuente de 12v a 1A.

En la figura 3.3, se presenta el diagrama de flujo del nodo de temperatura y humedad. Se inicia con la configuración de librerías necesarias para el funcionamiento de cada uno de los componentes que conforman el nodo. Se declaran variables globales y el pin digital de la señal del sensor DHT22 mediante las siguientes líneas **const int DHTPin = 5, DHT dht(DHTPin, DHTTYPE)**. Seguidamente se inicia el sensor DHT22, La LCD, y el módulo NRF24L01 en modo receptor mediante el comando **radio.startListening()**. Cuando el programa entra a la función loop, se realiza una condición, preguntado si el radio está disponible. Si el radio se encuentra disponible espera que llegue un dato vía rf con el comando **radio.read(&op, sizeof(op))**. Cuando el módulo recibe el dato cambia de estado a modo transmisor con el comando **radio.stopListening()**. El módulo recibe un carácter “V”, si recibe este carácter llama a la función **obtenerDatos()**, la cual permite capturar los datos del sensor y visualizarlos en la LCD, los datos se envían hacia el nodo coordinador con el comando **radio.write(&datos, sizeof(datos))**. Después de enviar los datos hacia el nodo coordinador, el módulo NRF24L01 vuelve al estado de modo receptor. En caso de que el radio no se encuentre disponible y que el carácter no sea “V”, se inicia el programa desde la función loop.

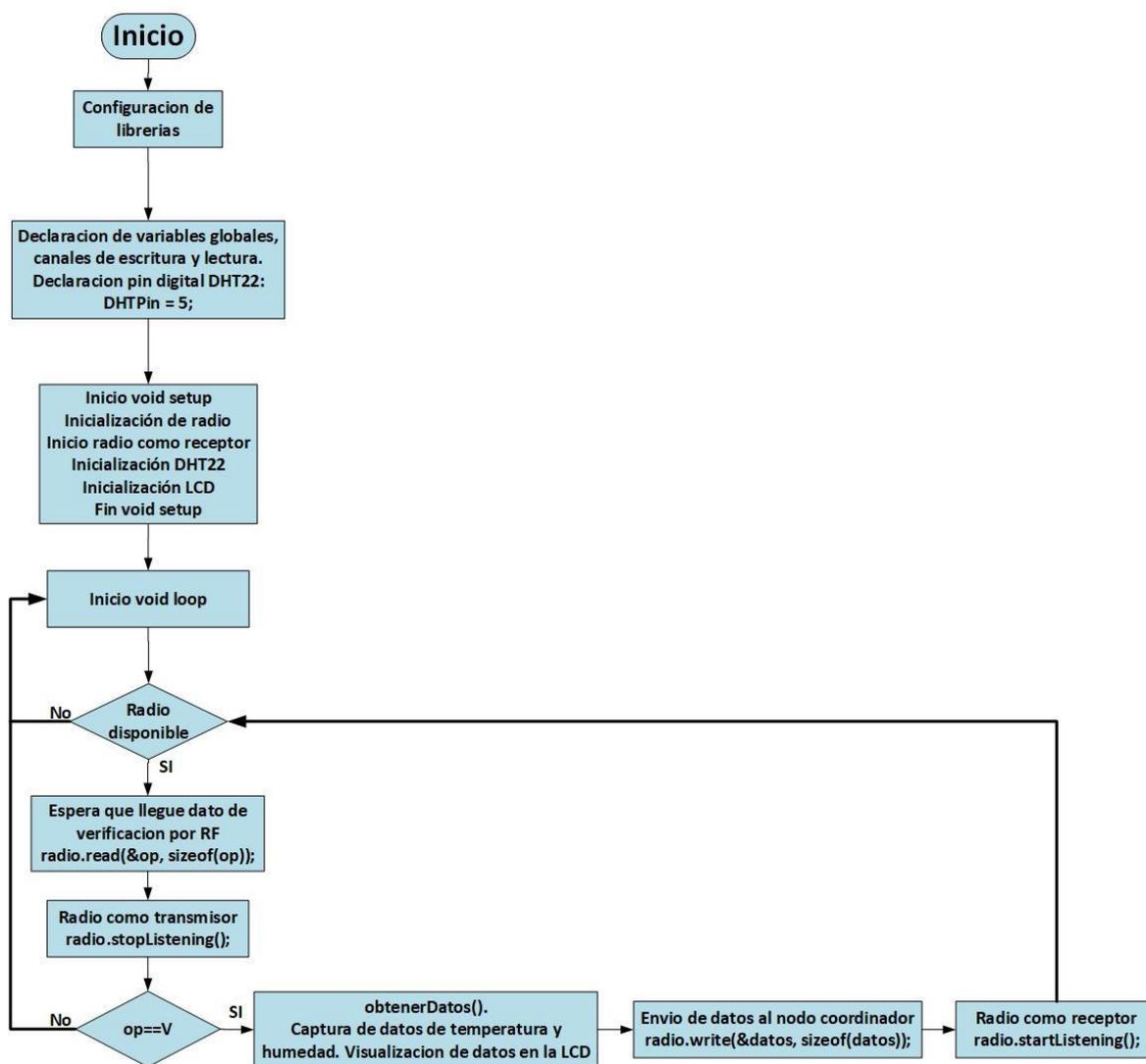


Figura 3.3 Diagrama de flujo nodo temperatura – humedad

Fuente: Elaboración propia

Para conocimiento del código de programación y enlace de descarga, véase Anexo B.

3.2.1 Sensor de temperatura y humedad DHT22.

Dispositivo encargado de medir la temperatura y humedad, su voltaje de operación es de 3V – 6V DC, permitiendo alimentarse directamente desde la tarjeta Arduino facilitando la integración tanto a nivel de software y hardware.

3.2.2 Modulo NRF24L01

Se encarga de establecer la comunicación inalámbrica y transmitir los datos obtenidos por el sensor DHT22.

3.2.3 LCD 2X16

Dispositivo que permite la visualización de los datos de temperatura y humedad en el nodo.

3.2.4 Modulo I2C

Este módulo permite administrar de una manera óptima la distribución de puertos, de modo que se usan solo dos pines para el control de la pantalla, lo anterior permite la no utilización de diferentes puertos del Arduino, permaneciendo estos libres y así ser utilizados para futuras adaptaciones.

3.2.5 Fuente de poder.

Se encarga de alimentar el nodo sensor de temperatura, tiene un voltaje de salida de 12v y una corriente máxima de salida de 1A, datos de entrada suficientes para la alimentación del nodo.

3.2.6 Regulador de Voltaje, 5v, 3A.

Como su nombre lo indica, es el encargado de regular el voltaje de 12v de la fuente de poder a 5V, con el propósito de alimentar los dispositivos electrónicos que su rango de operación es de 5v.

3.2.7 Regulador LM1117

Dispositivo electrónico que permite regular el voltaje a 3.3v para alimentar correctamente el módulo NRF24L01.

3.2.8 Arduino Uno

La placa de desarrollo Arduino cuenta con suficientes periféricos que permiten la conexión de los elementos antes mencionado, permitiendo realizar la programación adecuada para la captura de datos de temperatura y humedad, envió de datos inalámbricamente y visualización.

3.3 Componentes y esquema eléctrico nodo de corrientes

A continuación, en la figura 3.4 se presentan las conexiones de los componentes que hacen parte del nodo de corriente, permitiendo la captura de las corrientes en las tres fases del tablero de distribución, visualizando los datos en un display y posteriormente transmitirlos inalámbricamente hacia el nodo coordinador.

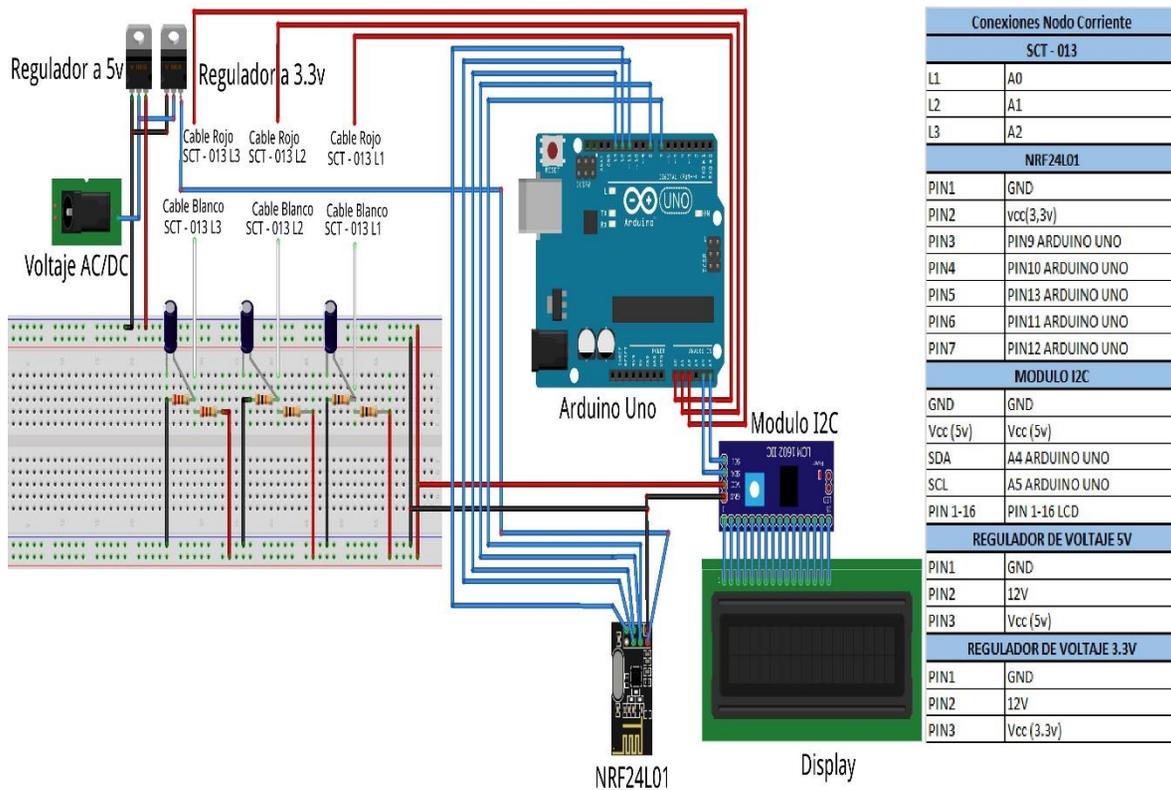


Figura 3.4 Esquema eléctrico nodo sensor de corriente

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a la figura 3.4 el nodo se compone de:

- 1 Arduino Uno
- 3 sensores de corriente SCT-013-000
- 1 modulo NRF24L01
- 1 regulador de voltaje LM1117
- 1 regulador de voltaje de 5V a 3A
- 1 modulo I2C
- 1 Display 4x20
- 1 fuente de poder de 12V a 1A.

Los sensores de corrientes se conectan a tres jack que están conectados a los pines analógicos A0, A1 y A2, seguidamente el módulo NRF24L01 es controlado a través del bus SPI y se encarga de enviar y recibir los datos alimentándolo con 3.3V tomados directamente del regulador LM1117. La LCD 20x4 se conecta mediante el módulo I2C a los pines A4 y A5 y se alimenta con 5v desde el regulador, el nodo es alimentado con una fuente de 12v a 1A.

En la figura 3.5, se da a conocer el diagrama de flujo del nodo de corrientes. Se inicia con la configuración de librerías necesarias para el funcionamiento de cada uno de los componentes que conforman el nodo. Se declaran variables globales y se crean tres instancias para la conexión de los sensores mediante el comando **EnergyMonitor energyMonitor0, energyMonitor1, energyMonitor2**, donde 0, 1 y 2 son los pines analógicos de conexión de la señal de los sensores de corriente. Seguidamente se inicia La LCD, el módulo NRF24L01 en modo receptor mediante el comando **radio.startListening()**. En la función loop, se realiza una condición, la cual pregunta si el radio está disponible, si el radio se encuentra disponible espera que llegue un dato vía rf con el comando **radio.read(&op, sizeof(op))**. El módulo recibe el dato y seguidamente se coloca en modo transmisor con el comando **radio.stopListening()**. El módulo recibe un carácter “L”, si recibe este carácter llama a la función **obtenerDatos()**, la cual permite capturar los datos de los sensores de corriente y visualizarlos en la LCD, los datos se envían hacia el nodo coordinador con el comando **radio.write(&datos, sizeof(datos))**. Después de enviar los datos hacia el nodo coordinador, el módulo NRF24L01 vuelve al modo receptor. En caso de que el radio no se encuentre disponible y que el carácter no sea “L”, el programa inicia en la función loop.

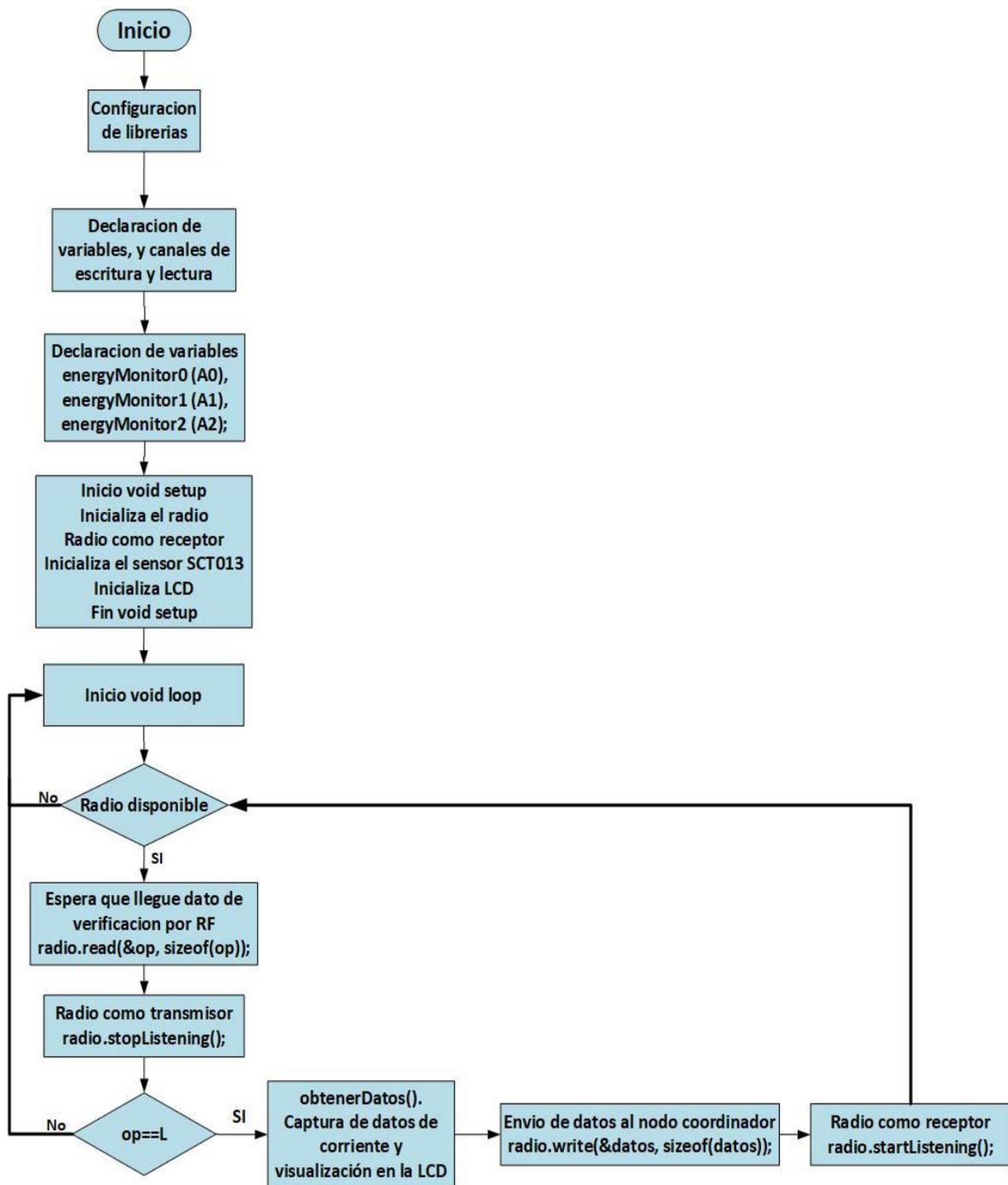


Figura 3.5 Diagrama de flujo nodo de corrientes

Fuente: Elaboración propia

Para conocimiento del código de programación y enlace de descarga, véase Anexo C

3.3.1 Sensor de corriente SCT – 013-000

Dispositivo que permite la medición de las corrientes en el tablero de distribución eléctrico, el SCT-013-000 es el único que proporciona una corriente y no tiene resistencia de carga. Puede medir una corriente de entre 50 mA y 100 A.

Para conocimiento de cómo calcular la resistencia de carga véase Anexo D.

3.4 Componentes y esquema eléctrico nodo coordinador

Por último, en la figura 3.6 se presenta la conexión de los componentes que hacen parte del nodo coordinador, permitiendo la recepción de los datos de los nodos de temperatura – humedad y corrientes, seguidamente los organiza, los guarda en una MicroSD y son visualizados en un display, para posteriormente transmitidos por el SIM900 hacia ThingSpeak para su respectiva visualización remota generado un histórico de datos para su posterior descarga.

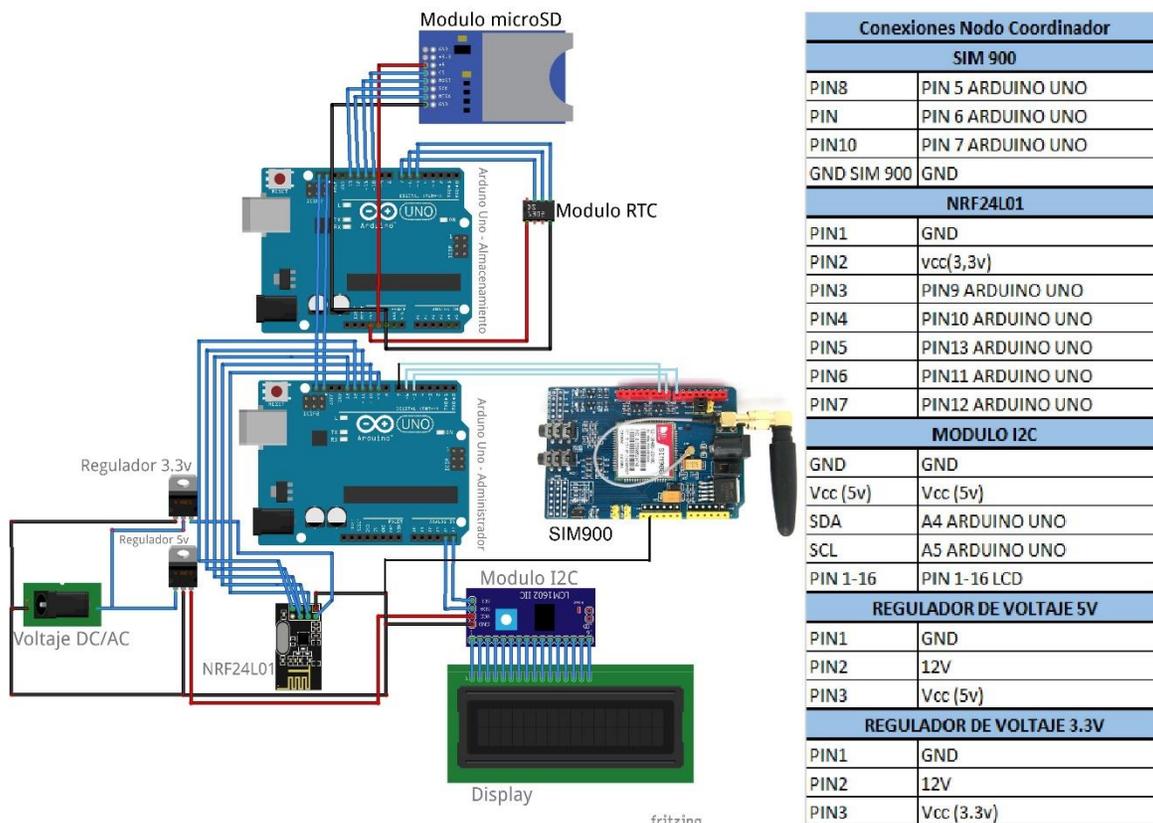


Figura 3.6 Nodo coordinador

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo la figura 3.6 el nodo se compone de:

- 2 Arduino Uno
- 1 modulo MicroSD
- 1 reloj RTC DS3231
- 1 regulador de voltaje LM1117
- 1 regulador de voltaje de 5A a 3A
- 1 NRF24L01
- 1 modulo I2C
- 1 LCD 4X20
- 1 modulo GSM SIM900
- 1 fuente de poder de 12V a 5A

El módulo NRF24L01 es responsable de la recepción de los datos de los nodos, la transmisión de datos entre el módulo GSM y el Arduino se realiza a través de los pines 5 y 6, el pin 7 se utiliza para encender el módulo GSM por software. La pantalla LCD se conecta mediante el módulo I2C a los pines A4 y A5. Es muy importante respaldar los datos localmente, para ello se utiliza un módulo MicroSD, este es controlado a través del mismo bus que el módulo NRF24L01, por eso se hace necesario conectar otro Arduino mediante la comunicación I2C para conectar el módulo MicroSD y el módulo RTC, este Arduino recibirá los datos del nodo coordinador mediante la comunicación I2C. El nodo coordinador tiene una configuración maestro – esclavo con los nodos, cuando inicia su proceso de configuración realiza la comunicación I2C con el otro Arduino para confirmar si la MicroSD se encuentra instalada, si se encuentra instalada, el nodo coordinador solicita los datos a los nodos y estos responden enviando los datos, son recibidos, almacenados en la microSD, visualizados en la LCD y seguidamente son enviados a la plataforma web ThingSpeak mediante el módulo SIM900 el cual es configurado y controlado vía UART usando comandos AT, en caso de que la MicroSD no esté instalada el nodo coordinador no inicia su proceso de configuración.

De acuerdo a la figura 3.7, se presenta el diagrama de flujo del nodo coordinador. Se inicia con la configuración de librerías necesarias para el funcionamiento de cada uno de los componentes que conforman el nodo. Se declaran variables globales y un vector el cual contiene dos caracteres “V” y “L”, estos caracteres ayudan a identificar el nodo al cual se le solicita el dato por parte del nodo coordinador. Seguidamente se inicia La LCD, el módulo SIM900, la comunicación I2C y el módulo NRF24L01. En la función loop, se selecciona el canal para el nodo de temperatura - humedad mediante el comando **radio.setChannel(69)**, se obtienen los datos de temperatura y humedad y son visualizados en la LCD. Se selecciona el canal para el nodo de corrientes **radio.setChannel(118)**, se obtiene los datos y son visualizados en la LCD. Después

de obtener los datos de los nodos, son transmitidos hacia la plataforma web mediante la función envioDatos().

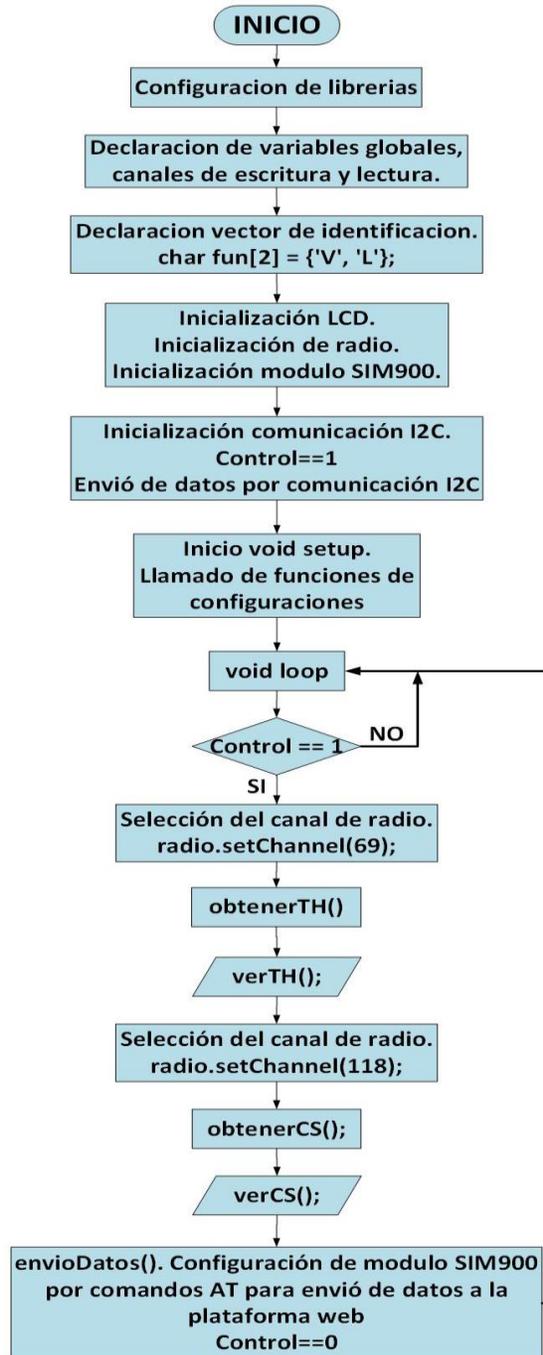


Figura 3.7 Diagrama de flujo nodo coordinador

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la figura 3.8, se presenta el diagrama de flujo obteneTH(); en esta función se solicitan los datos al nodo de temperatura - humedad y son recibidos por el nodo coordinador. Se selecciona el canal mediante el comando **radio.setChannel(69)** y se coloca el módulo NRF24L01 en modo transmisor con el comando **radio.stopListening()**; se envía el vector de identificación con el comando **radio.write(&fun[0], sizeof(fun[0]))**; después se coloca el módulo en modo receptor con el comando **radio.startListening()**. El módulo en modo receptor espera los datos por RF, recibe los datos de temperatura y humedad y realiza una validación, si la temperatura es mayor que 40°C envía una alerta mediante un mensaje de texto, lo mismo ocurre con la humedad, pero cuando es mayor a 80%

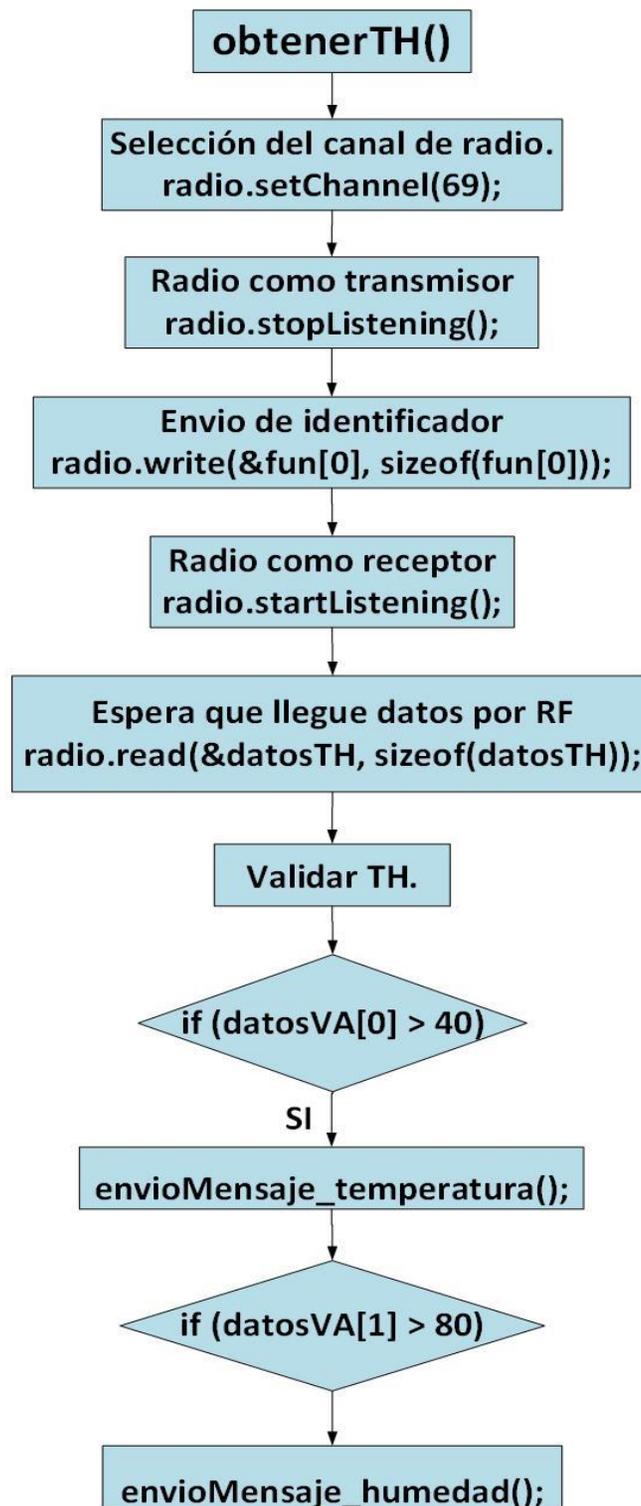


Figura 3.8 Función que obtiene los datos de temperatura y humedad

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la figura 3.9, se presenta el diagrama de flujo de `obteneCS()`; función que solicita los datos al nodo de corrientes y son recibidos por el nodo coordinador. Se selecciona el canal mediante el comando **`radio.setChannel(118)`**, el módulo NRF24L01 se coloca en modo transmisor con el comando **`radio.stopListening()`**; se envía el vector de identificación con el comando **`radio.write(&fun[1], sizeof(fun[1]))`**; después se coloca el módulo en modo receptor con el comando **`radio.startListening()`**. El módulo en modo receptor espera los datos por RF, recibe los datos de corrientes y realiza una validación de las corrientes, si son menores que 1A se genera una alerta mediante un mensaje de texto.

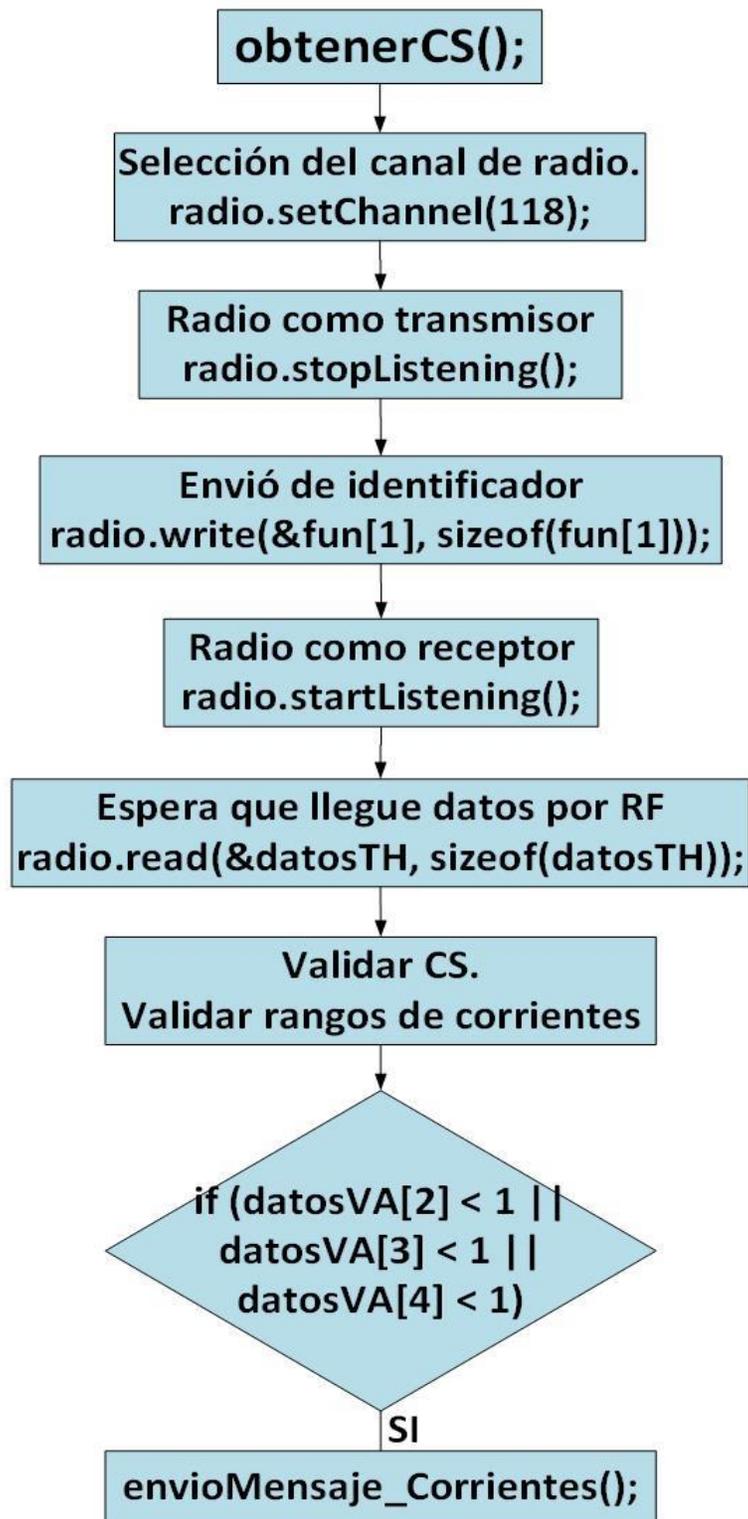


Figura 3.9 Función que obtiene los datos del de corrientes

Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.10, se presenta el diagrama de flujo del almacenamiento de datos, Se inicia con la configuración de librerías necesarias para el funcionamiento del módulo RTC y microSD. En la función setup, se valida que la microSD se encuentre instalada en el módulo mediante el comando **if (!SD.begin(SSpin))**. Se abre el archivo datos con el comando **archivo = SD.open("Datos.txt", FILE_WRITE)**, para escribir en el archivo los campos de fecha, hora, temperatura, humedad, corriente1, corriente2 y corriente3. Por último se configura la fecha y hora actual con el comando **RtcDateTime compiled = RtcDateTime(__DATE__, __TIME__)**. En la función loop se obtiene la hora y fecha con el comando **RtcDateTime now = Rtc.GetDateTime()** y es guardada en un vector. Con el comando **Wire.requestFrom()**; se pide la información al nodo coordinador y es almacenada en un vector, después se abre el archivo datos para escribir la fecha y la hora y los valores de temperatura, humedad y corrientes.

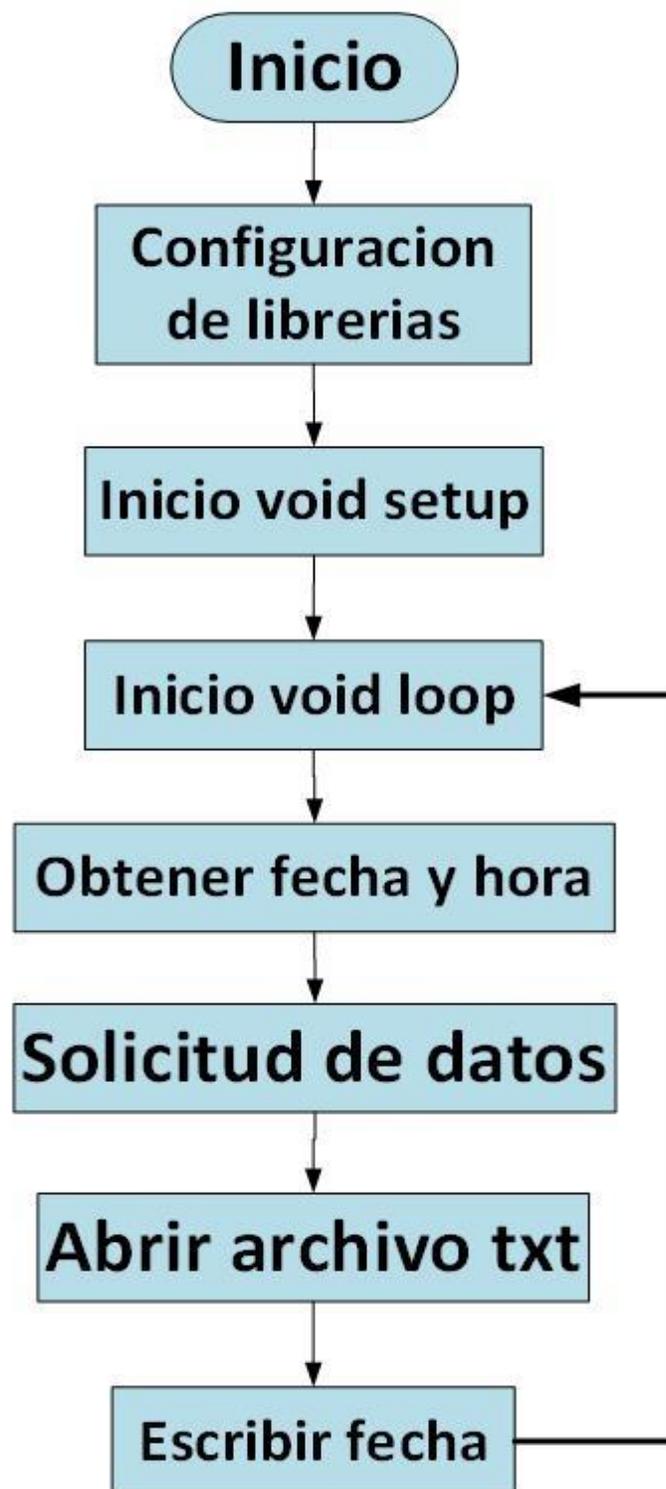


Figura 3.10 Diagrama de flujo almacenamiento de datos

Fuente: Elaboración Propia

Para conocimiento del código de programación y enlace de descarga, véase Anexo E.

3.4.1 Shield SIM900 GSM/GPRS

Este módulo se encarga de transmitir la información hacia la plataforma web.

3.4.2 Modulo Micro SD

La integración de este módulo se realiza para garantizar el almacenamiento de los datos localmente.

3.4.3 Reloj Tiempo Real RTC DS3231

El reloj en tiempo real permite guardar la fecha y hora en la memoria SDCARD y conservarla en caso de desconexión del sistema.

3.4.4 Fuente de poder

Se encarga de alimentar el nodo coordinador, tiene un voltaje de salida de 12v y una corriente máxima de salida de 5A, voltaje y corriente suficientes para el correcto funcionamiento del nodo.

3.5 Diagrama general de implementación del sistema de monitoreo

De acuerdo a los componentes seleccionados, en la figura 3.11 se presenta el diagrama de implementación del sistema de monitoreo.

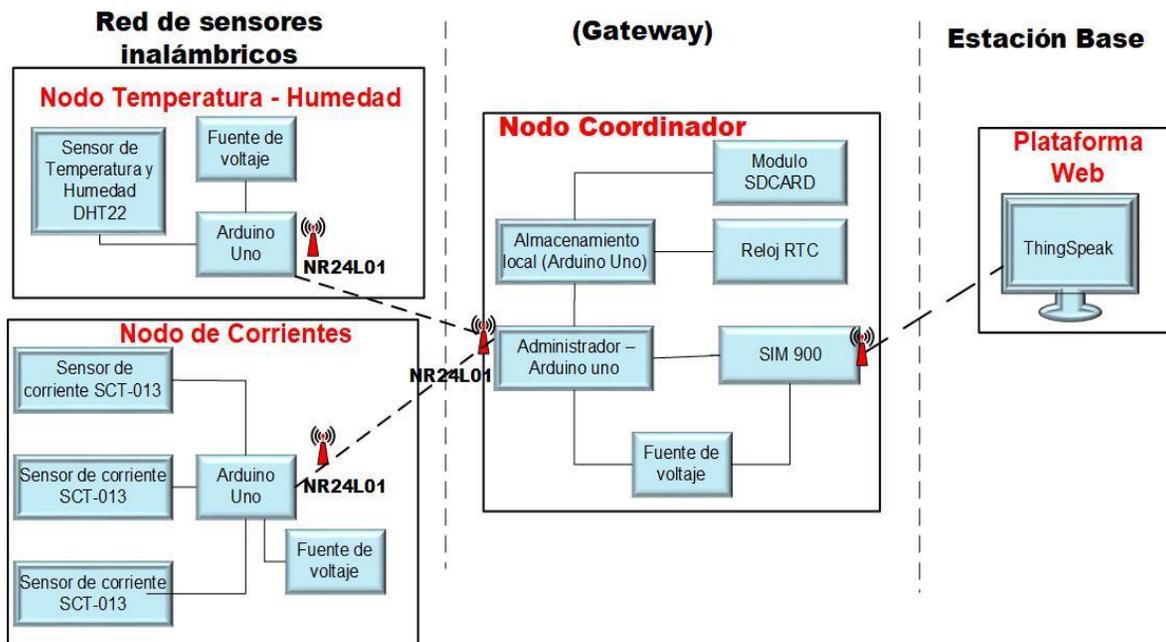


Figura 3.11 Diagrama de implementación del sistema de monitoreo de las condiciones técnicas y ambientales del sistema de transmisión de Unicauca Estéreo.

Fuente: Elaboración Propia

El sistema de monitoreo de Unicauca Estéreo se diseñó usando una topología en estrella, los nodos de temperatura - humedad y corriente (nodos finales) se comunican con el nodo coordinador (Gateway) en una configuración maestro-esclavo. La red de sensores inalámbricos está formada por dos nodos finales; un nodo sensor de temperatura - humedad, compuesto por un sensor DHT22, un módulo inalámbrico NRF24L01 y un Arduino Uno el cual permite la interconexión de los diferentes dispositivos y el procesamiento de los datos obtenidos por el sensor DHT22, este nodo tiene como función capturar los datos de temperatura y humedad en el transmisor de alta potencia.

El nodo sensor de corriente, formado por tres sensores de corriente SCT-013-000, un módulo NRF24L01, y un Arduino Uno permitiendo la interconexión de

los diferentes dispositivos y el procesamiento de los datos obtenidos de los sensores, este nodo cumple la tarea de capturar los datos de las corrientes de línea en el tablero de distribución eléctrica.

Los datos recogidos por cada uno de los nodos se transmiten inalámbricamente hacia el nodo coordinador. Este se compone de dos Arduino Uno conectados mediante la comunicación I2C, un Arduino encargado de almacenar la información localmente, y otro Arduino donde se conectan los diferentes dispositivos que permiten recibir la información de los nodos inalámbricos, administrarla y transmitirla hacia la plataforma web permitiendo su visualización remotamente.

3.7 Plataforma Web ThingSpeak

Es una plataforma de internet de las cosas que permite recoger los datos de los sensores y almacenar la información en la nube. De acuerdo a la figura 3.7, el nodo coordinador recibe los datos obtenidos por los nodos sensores, y por medio del módulo SIM900 son enviados a ThingSpeak, proporcionando la visualización instantánea de los datos, como también la descarga de los mismos. En la figura se aprecia la interfaz gráfica del estado de las variables de corrientes 1 y 3.

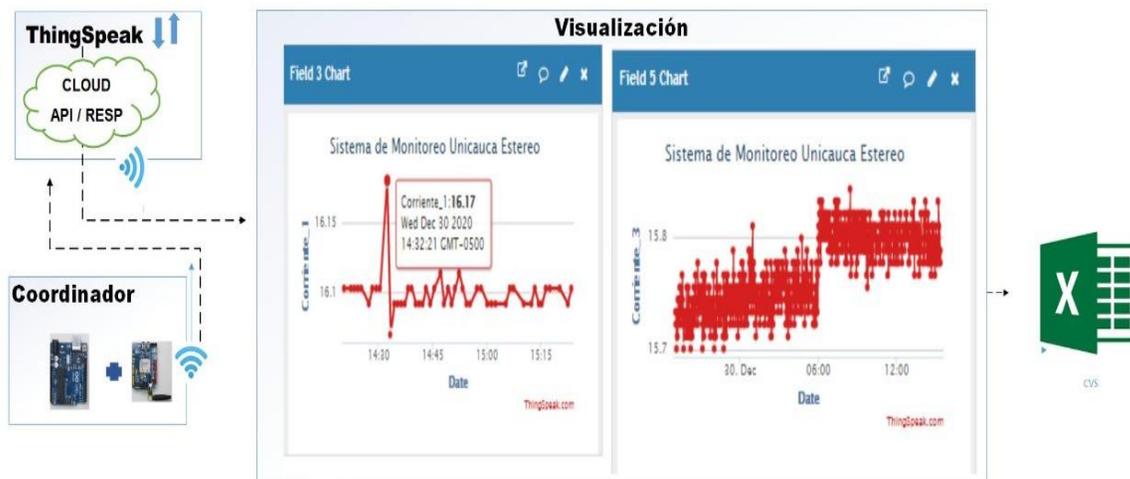


Figura 3.12 Envío de datos del sistema de monitoreo a ThingSpeak.

Fuente: Elaboración Propia

Para configurar una cuenta de ThingSpeak véase Anexo F.

Capítulo 4

4 Pruebas del Sistema de Monitoreo

Este capítulo describe las diferentes pruebas que se llevaron a cabo permitiendo la puesta en operación del sistema de monitoreo de las condiciones técnicas y ambientales del sistema de transmisión de Unicauca Estéreo en el sitio de implementación.

4.1 Pruebas de Laboratorio

Se establece un ambiente de pruebas ideales en un laboratorio, realizando la transmisión de datos desde cada uno de los nodos hacia el nodo coordinador, comprobando la comunicación entre un nodo y el coordinador, almacenamiento de datos y envío hacia la plataforma web, por último, se integran los nodos permitiendo verificar el funcionamiento de la red de sensores inalámbricos, almacenando y transmitiendo los datos de temperatura, humedad, y corrientes realizando una comparación de datos entre la microSD y la plataforma web. De acuerdo a lo anterior se procede a realizar la prueba de transmisión de datos de temperatura y humedad hacia el nodo coordinador.

Prueba de laboratorio 1: De acuerdo a la figura 4.1, el nodo sensor de temperatura – humedad, captura los datos, los visualiza en un display y posteriormente por medio del NRF24L01 transmite los datos hacia el nodo coordinador, el cual recibe los datos, los organiza, los visualiza y almacena localmente, para finalmente por medio del sim900 transmitirlos hacia la plataforma web teniendo una visualización remota y a su vez descargar el histórico de datos.

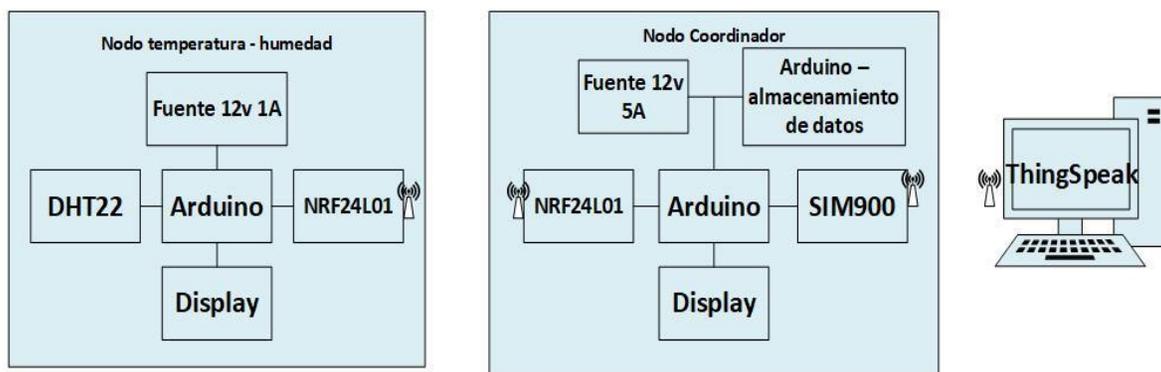


Figura 4.1 Diagrama de bloques prueba de laboratorio 1

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a la figura 4.2 los nodos están separados a una distancia aproximada de 30 cm realizando el monitoreo de temperatura y humedad en un cuarto de laboratorio durante una hora. Durante este tiempo no se registró un dato en el histórico de datos de la plataforma web debido a que el módulo SIM900 presentó problemas de conexión a la red móvil, pero se respaldó en el almacenamiento local. Los dos nodos tuvieron un comportamiento eficiente, hubo almacenamiento local y la transmisión entre los nodos no presentó problemas.

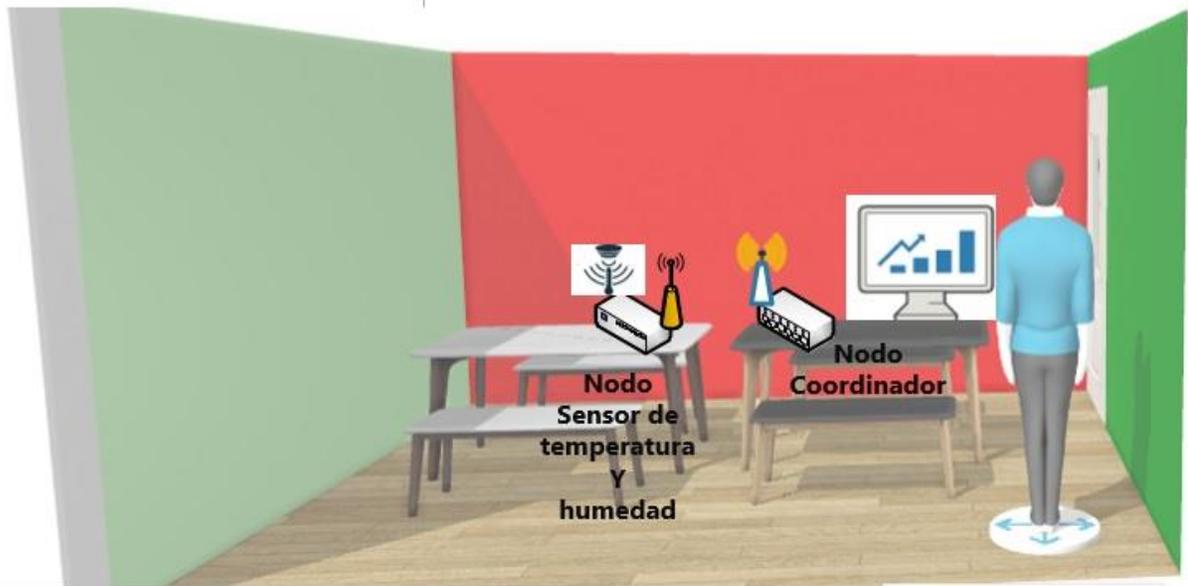


Figura 4.2 Plano Prueba Nodo Sensor de Temperatura - Humedad
Fuente: Elaboración Propia

Para conocer los datos de temperatura y humedad véase Anexo G.

- **Prueba de laboratorio 2:** De acuerdo a la figura 4.3 el nodo de corriente, por medio del sensor SCT-013-000 captura el valor de las corrientes en tres bombillos de 40w, 30w y 20w, los datos son visualizados en un display y a su vez son transmitidos por medio del módulo NRF24L01 hacia el nodo coordinador, el cual los recibe, los organiza, visualiza y almacena para finalmente transmitirlos hacia la plataforma web.

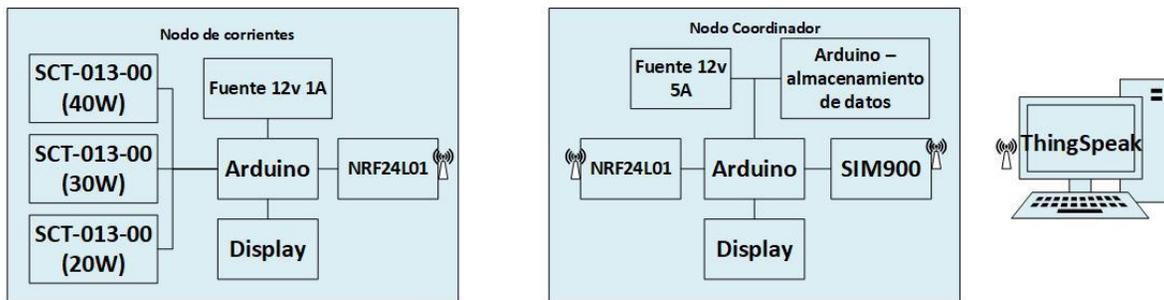


Figura 4.3 Diagrama de bloques prueba de laboratorio 2

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a la figura 4.4 el nodo coordinador se ubica a una distancia de aproximadamente 50 cm del nodo de corriente, monitoreando las corrientes por una hora. Durante este tiempo la comunicación entre los dos nodos no presentó fallas, no hubo problemas en la transmisión hacia la plataforma web. Esta prueba permitió concluir que el comportamiento del sensor de corriente es correcto, midiendo el amperaje acorde a la potencia de los bombillos.

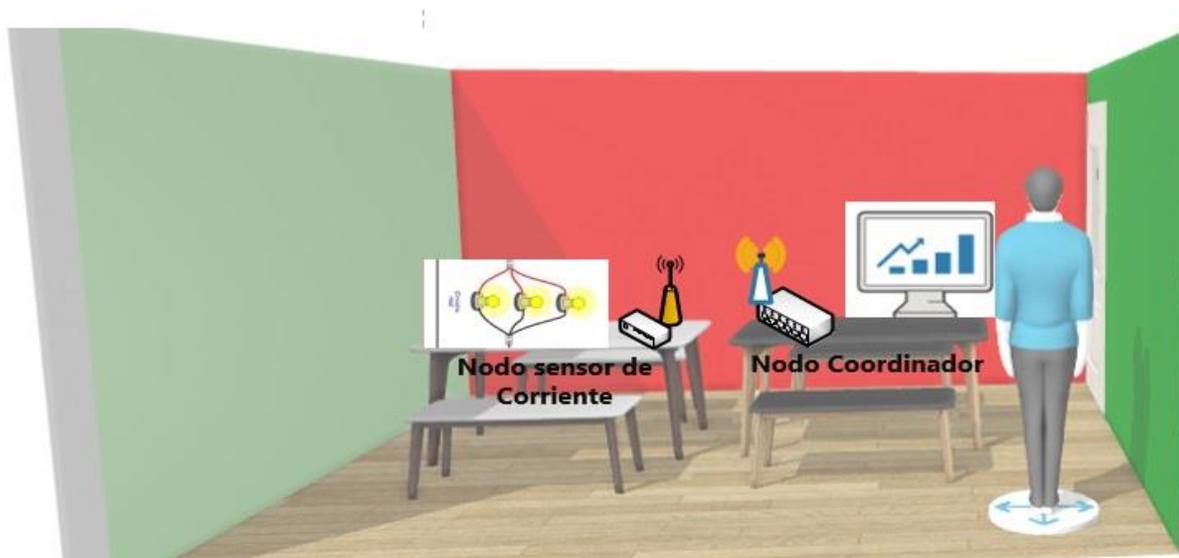


Figura 4.4 Plano Prueba Nodo Sensor de Corriente

Fuente: Elaboración Propia.

Para conocer los datos de corrientes véase Anexo H.

- Prueba de laboratorio 3:** De acuerdo a la figura 4.5, se realizó la integración de la prueba de laboratorio 1 y 2, creando una red de sensores inalámbricos con topología en estrella, cada nodo tiene una dirección única de identificación la cual permite establecer la comunicación con el nodo coordinador por un mismo canal, formando una configuración maestro – esclavo. El nodo coordinador solicita los datos al nodo de temperatura – humedad, el nodo captura los datos, los visualiza y posteriormente son transmitidos hacia el nodo coordinador por medio del módulo NRF24L01, repitiéndose el mismo procedimiento para el nodo sensor de corriente. El nodo coordinador recibe los datos, los organiza, los visualiza y almacena localmente, y seguidamente son transmitidos hacia la plataforma web.

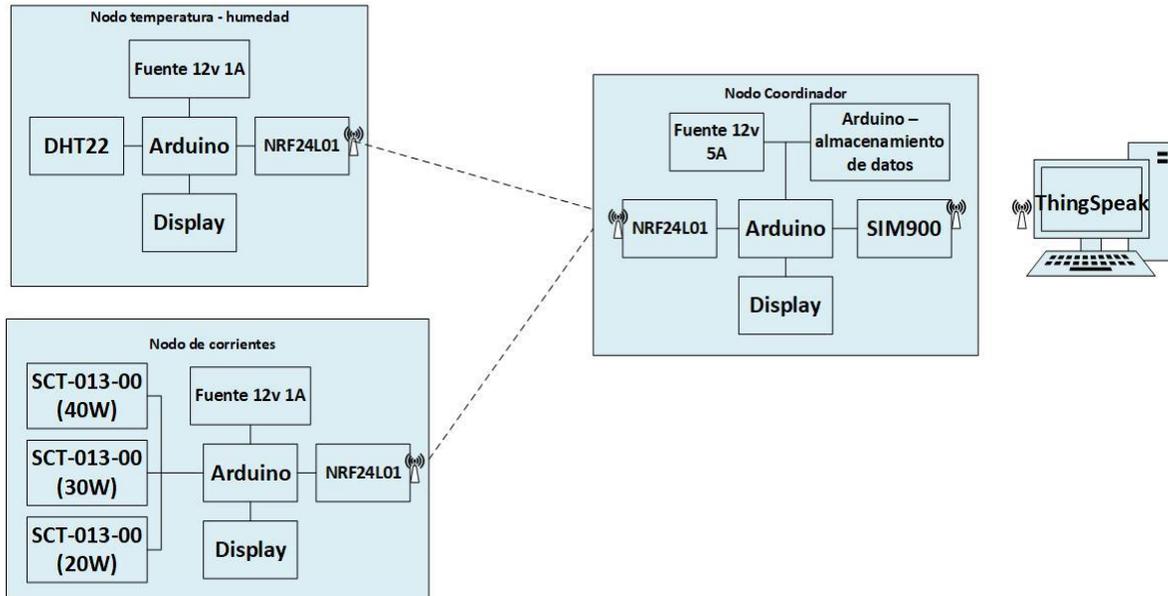


Figura 4.5 Diagrama de bloques prueba de laboratorio 3

Fuente: Elaboración Propia

Los nodos son ubicados de acuerdo a la figura 4.6, realizando el monitoreo durante una hora, simulando incrementos en la temperatura y caídas de corrientes con el fin de observar el comportamiento de los sensores ante estas eventualidades.

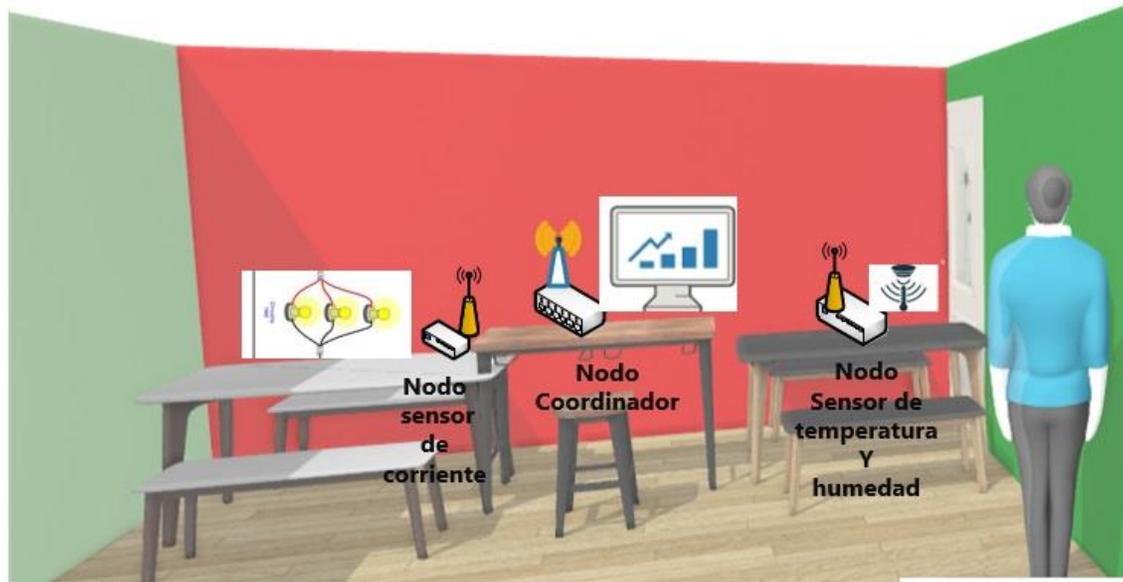


Figura 4.6 Plano Prueba Sistema de Monitoreo

Fuente: Elaboración Propia

La figura 4.7, representa los datos de temperatura guardados en la microSD. La temperatura inicia con valor de 25°C y se mantiene de acuerdo a la temperatura ambiente del laboratorio, después de las 12:35 p.m., se simulan cambios en la temperatura introduciendo calor y frío en el sensor, normalizándose a las 13:11 p.m.

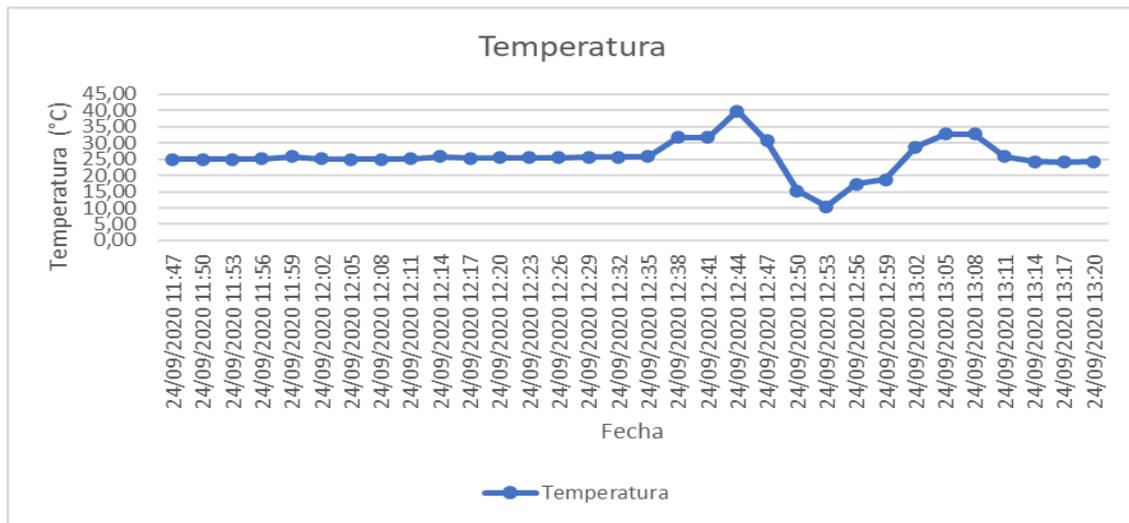


Figura 4.7 Datos de temperatura MicroSD

Fuente: Elaboración Propia

La figura 4.8 corresponde a los datos almacenados en la plataforma web, coincidiendo con los registros de la MicroSD.

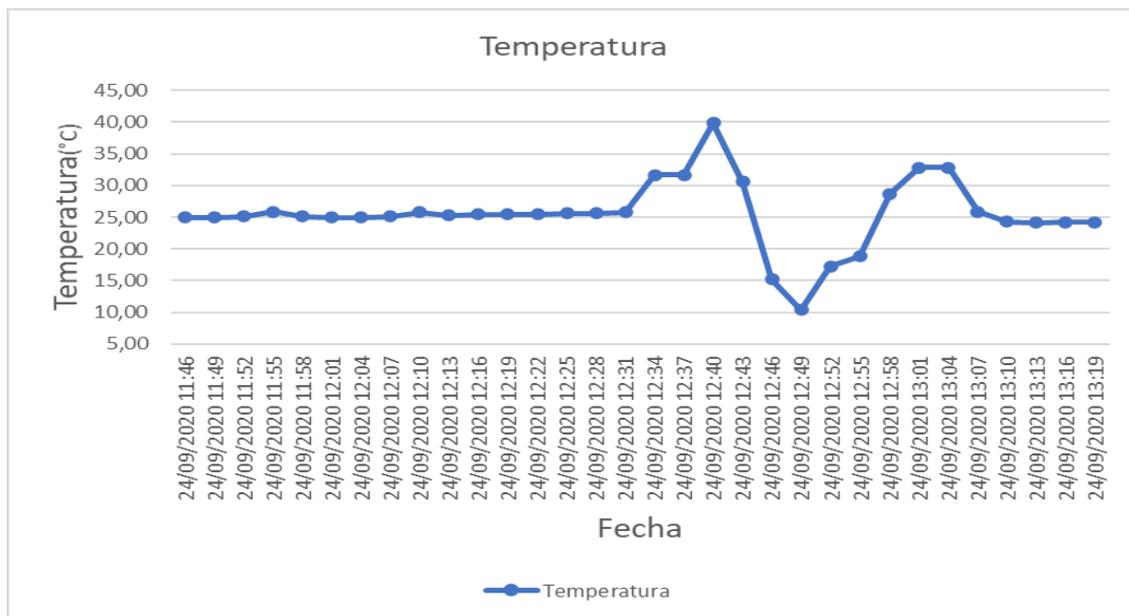


Figura 4.8 Datos de Temperatura plataforma web

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a la figura 4.9, la humedad inicia con valores ideales acorde al cuarto de laboratorio, se presentan alteraciones en la humedad debido a los cambios producidos en la temperatura anteriormente mencionados.

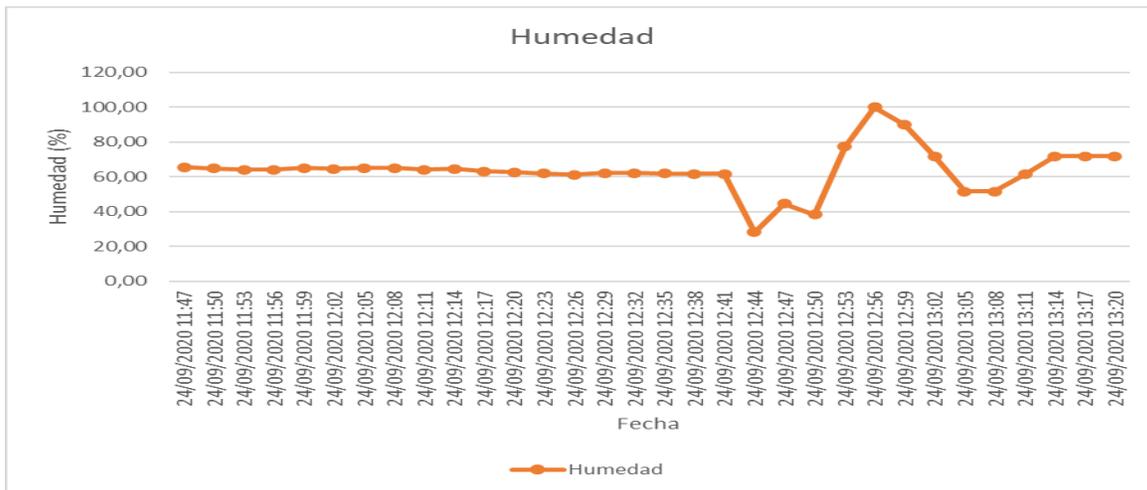


Figura 4.9 Datos humedad MicroSD

Fuente: Elaboración Propia

La figura 4.10 corresponde a los datos almacenados en la plataforma web, coincidiendo con los datos guardados en la MicroSD.

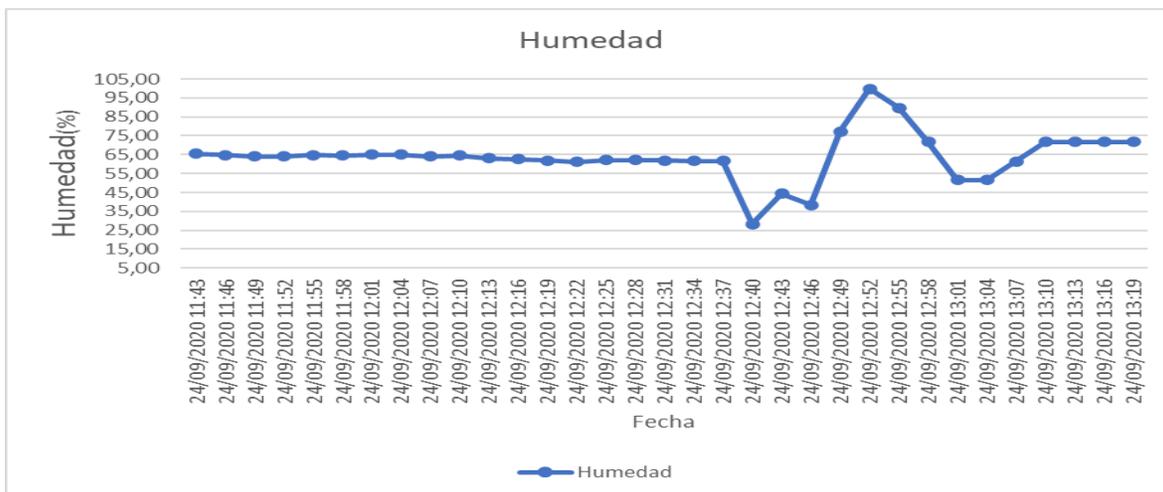


Figura 4.10 Datos de Humedad plataforma web

Fuente: Elaboración Propia

La figura 4.11, representa los datos de las corrientes de los bombillos almacenados en la MicroSD, se suspende el fluido eléctrico de los bombillos presentándose diferentes caídas de corrientes tomando valores promedio de 0A, después se restablece el fluido eléctrico, actualizando los datos de corrientes.

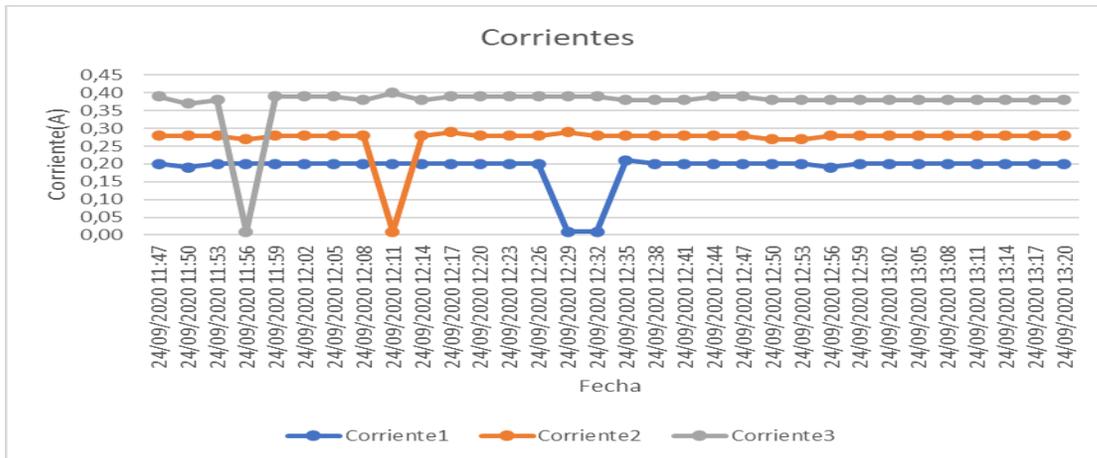


Figura 4.11 Datos de corriente MicroSD

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 4.12, se evidencia que los registros almacenados en la plataforma web coinciden con los datos de la MicroSD.

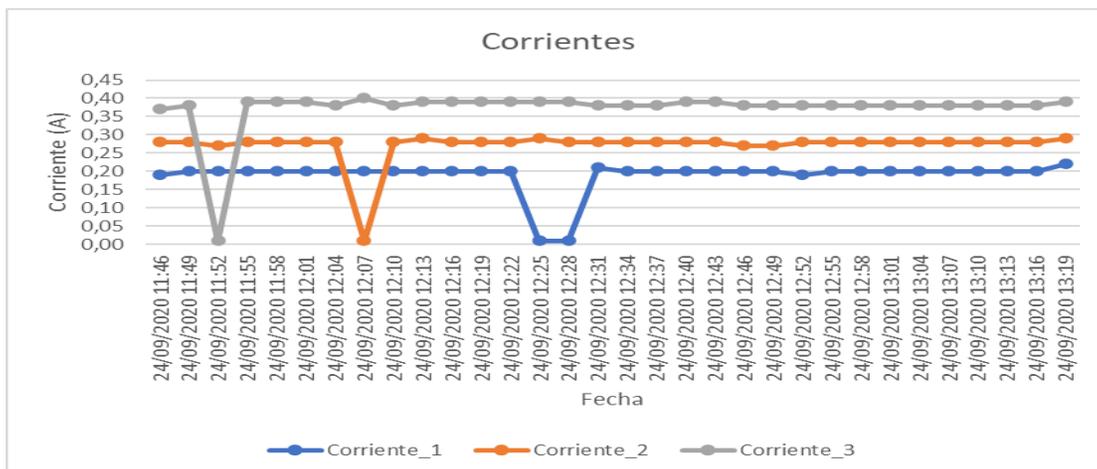


Figura 4.12 Datos de Corrientes plataforma web

Fuente: Elaboración Propia

Durante una hora de funcionamiento se concluye que los dos nodos no presentaron errores en la transmisión de datos hacia el nodo coordinador, el nodo coordinador cumplió satisfactoriamente la tarea de almacenar las cinco variables medidas, a su vez, la transmisión de datos hacia la plataforma web no presentó errores permitiendo la visualización remota y descarga de los datos, comparando gráficamente los datos almacenados en la MicroSD.

De acuerdo a los resultados de las pruebas de laboratorio, se procede a verificar el funcionamiento del sistema de monitoreo en el sitio de implementación.

Para conocer los registros almacenados (véase Anexo D).

4.2 Verificación del sistema de monitoreo

Se realizan diferentes pruebas para evaluar el desempeño del sistema de monitoreo de las condiciones técnicas y ambientales del sistema de transmisión de Unicauca Estéreo en el sitio de implementación durante ocho⁴ días.

De acuerdo a la figura 4.13, el nodo sensor de temperatura - humedad se ubica a 60cm aproximadamente del transmisor Elenos, el nodo sensor de corriente se ubica en el tablero de distribución del regulador, conectando los sensores a cada línea, por último, el nodo coordinador se ubica al lado izquierdo de la puerta principal del cuarto de equipos.

⁴ Periodo de tiempo comprendido entre el 25 de septiembre y al 02 de octubre de 2020

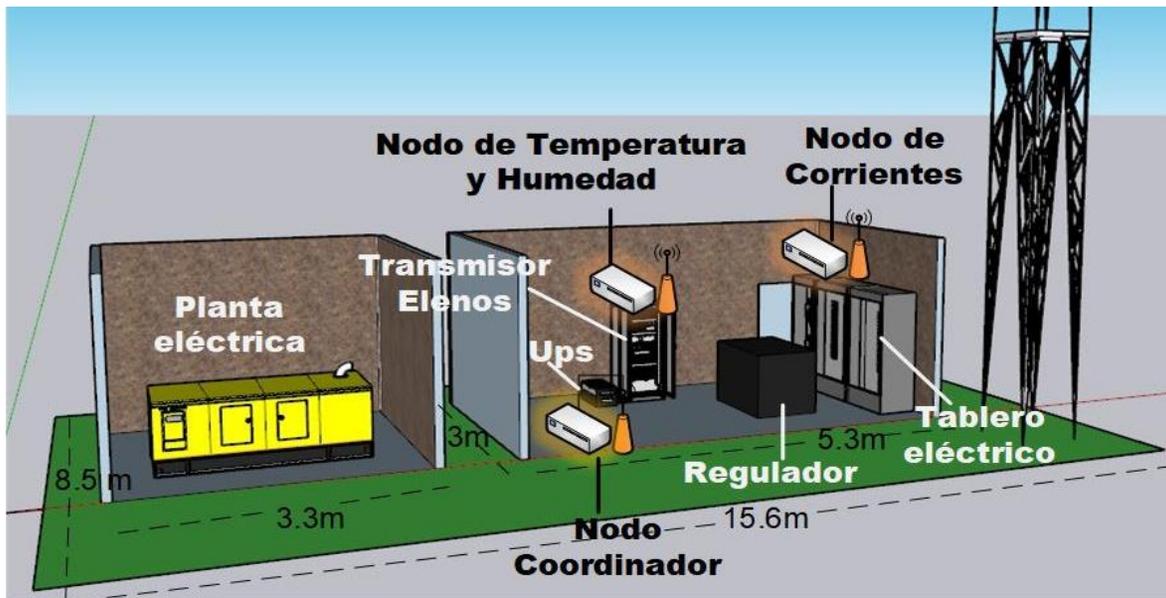


Figura 4.13 Ubicación del sistema de monitoreo

Fuente: Elaboración Propia

Durante la prueba, se ocasionan fallas en la red de sensores inalámbricos específicamente en la recepción, generando entrelazamiento de datos, también se presentaron problemas de conexión a la red móvil por parte del módulo SIM900 debido a que en La Rejoja la conexión a la red es inestable y dentro del cuarto de equipos es nula, ocasionando pérdidas en la transmisión de datos hacia la plataforma web.

Debido al problema de conectividad dentro del cuarto de equipos, con un dispositivo móvil se realizan pruebas de navegación en diferentes puntos de la estación evidenciando conexión de datos con tecnología 2G.

Por otro lado, el transmisor Elenos, el regulador de voltaje y el sistema de aire acondicionado generan ruidos que pueden ocasionar errores en la recepción de los datos por parte del nodo coordinador. Por lo anterior y de acuerdo a la figura 4.14, el nodo coordinador se ubicó en la caseta de la planta eléctrica, adaptándole una antena GSM de mayor ganancia e instalándola a 2m de altura del coordinador.

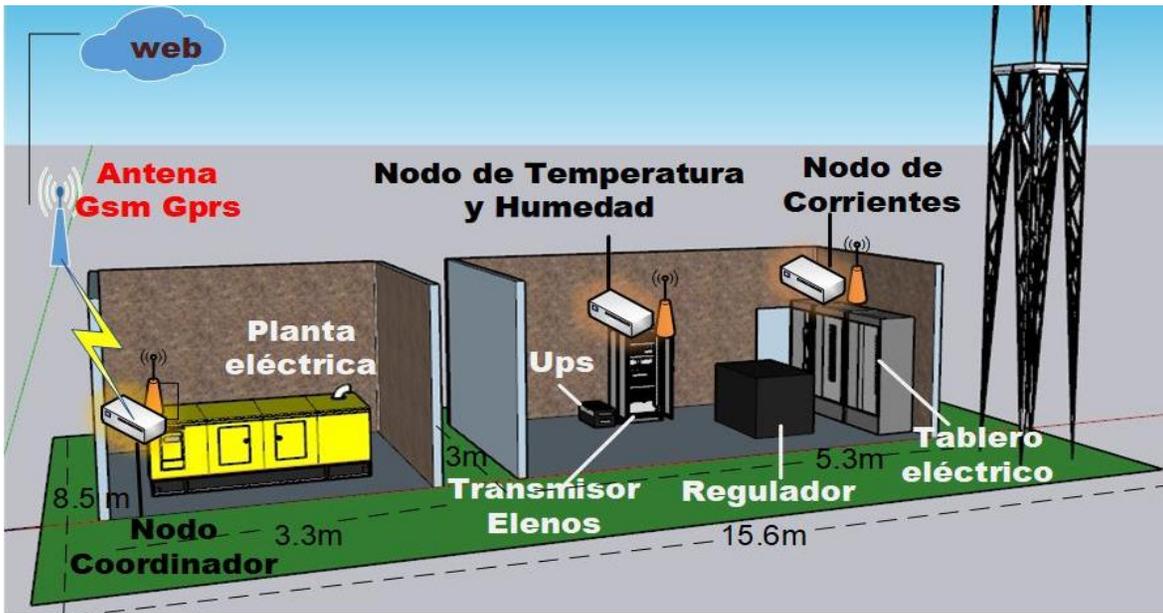


Figura 4.14 Ubicación del sistema de monitoreo

Fuente: Elaboración Propia

Con la adaptación de la antena GSM, el módulo SIM900 logra una conexión más estable a la red móvil, permitiendo enviar datos hacia la plataforma web sin interrupciones en largos periodos de tiempo, en cuanto, a la recepción de datos por parte del nodo coordinador aún continúa presentado el mismo problema, por eso se realizan algunas modificaciones al sistema ubicando los nodos de acuerdo a la figura 4.15.

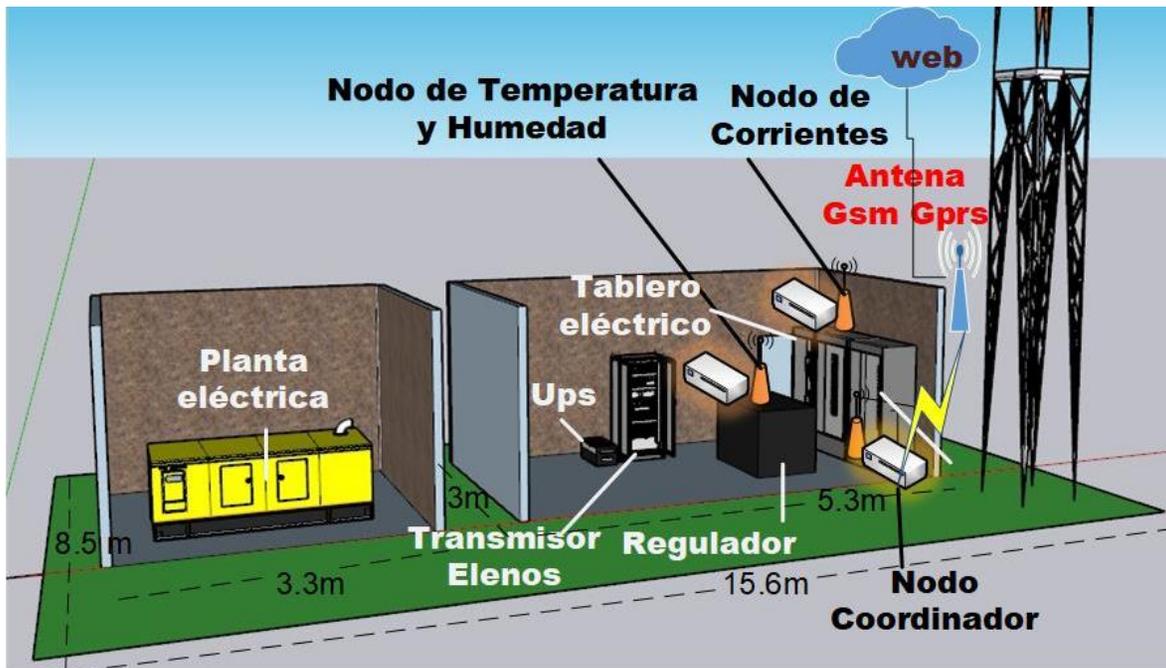


Figura 4.15 Ubicación sistema de monitoreo

Fuente: Elaboración Propia

Se ubica la antena GSM por fuera del cuarto de equipos a una altura de 2m aproximadamente, mejorando considerablemente la conexión a internet, pero aún persiste el problema de entrelazamiento de datos, esto permitió concluir que el problema es lógico y no físico, por lo tanto, se realizan cambios en la lógica de programación, configurando que cada nodo se comunique con el coordinador por canales diferentes y no por el mismo canal.

Después de realizar los ajustes de programación, el sistema no presentó fallas en la recepción de datos por un periodo de tres días de monitoreo, permitiendo verificar el correcto funcionamiento del sistema. Con base a lo anterior se procedió a realizar la prueba de monitoreo del sistema.

4.3 Prueba de monitoreo

El monitoreo se realizó durante quince⁵ días, tiempo suficiente para recolectar la mayor información posible que ayude a determinar, si las posibles fallas en el transmisor de alta potencia son ocasionadas por cambios en la temperatura, humedad y corrientes. De acuerdo a la figura 4.16 el nodo temperatura – humedad se instaló a 10cm del transmisor de alta potencia, el nodo corriente se instaló en el tablero de distribución eléctrica y el nodo coordinador se instaló a la derecha de la puerta principal, ubicando la antena GSM fuera del cuarto de equipos a una altura de 2m.

Con los datos recopilados, se realizó un análisis de datos, comparando el porcentaje de datos guardados entre la microSD y la plataforma web, y el comportamiento de la temperatura, humedad y corrientes durante este intervalo de tiempo.

⁵ Ejecución de la prueba en un intervalo de tiempo comprendido entre el 13 de diciembre y el 27 de diciembre de 2020.

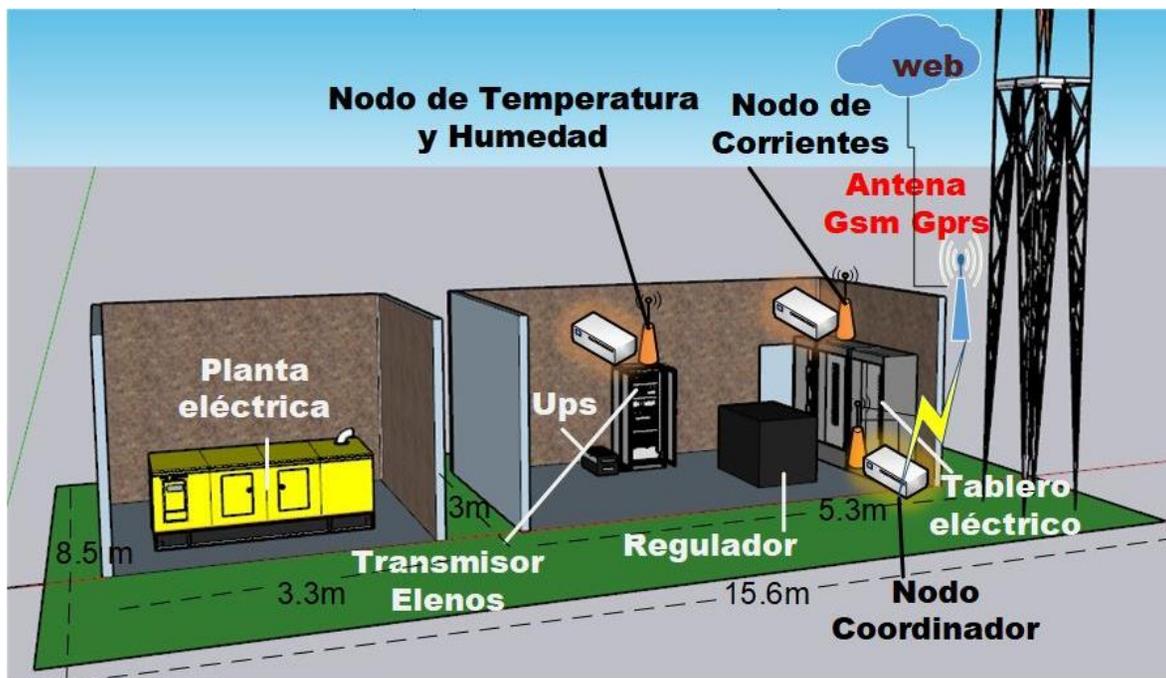


Figura 4.16 Ubicación sistema de monitoreo

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 4.1 indica la cantidad de datos guardados por día en la microSD, guardando por cada variable 20132 datos para un total de 100.660 datos, esta cantidad se asume como el 100% de datos almacenados localmente. La tabla 4.2 indica la cantidad de datos almacenados en la plataforma web con un total de 72.910.

Etiquetas de fila	Cuenta de Temperatura	Cuenta de Humedad	Cuenta de Corriente1	Cuenta de Corriente2	Cuenta de Corriente3
13/12/2020	1016	1016	1016	1016	1016
14/12/2020	1439	1439	1439	1439	1439
15/12/2020	1439	1439	1439	1439	1439
16/12/2020	1439	1439	1439	1439	1439
17/12/2020	1439	1439	1439	1439	1439
18/12/2020	1439	1439	1439	1439	1439
19/12/2020	1439	1439	1439	1439	1439
20/12/2020	1439	1439	1439	1439	1439
21/12/2020	1439	1439	1439	1439	1439

22/12/2020	1439	1439	1439	1439	1439
23/12/2020	1439	1439	1439	1439	1439
24/12/2020	1439	1439	1439	1439	1439
25/12/2020	1439	1439	1439	1439	1439
26/12/2020	1439	1439	1439	1439	1439
27/12/2020	409	409	409	409	409
Total, gral	20132	20132	20132	20132	20132

Tabla 4.1 Total datos MicroSD

Fuente: Elaboración Propia

Etiquetas de fila	Cuenta de Temperatura	Cuenta de Humedad	Cuenta de Corriente_1	Cuenta de Corriente_2	Cuenta de Corriente_3
13-dic	475	475	475	475	475
14-dic	1041	1041	1041	1041	1041
15-dic	1028	1028	1028	1028	1028
16-dic	1050	1050	1050	1050	1050
17-dic	1083	1083	1083	1083	1083
18-dic	1155	1155	1155	1155	1155
19-dic	1091	1091	1091	1091	1091
20-dic	1118	1118	1118	1118	1118
21-dic	1165	1165	1165	1165	1165
22-dic	1051	1051	1051	1051	1051
23-dic	923	923	923	923	923
24-dic	804	804	804	804	804
25-dic	1105	1105	1105	1105	1105
26-dic	1144	1144	1144	1144	1144
27-dic	349	349	349	349	349
Total Gral.	14582	14582	14582	14582	14582

Tabla 4.2 Total datos ThingSpeak

Fuente: Elaboración Propia

El objetivo de la MicroSD es el almacenamiento local de datos, para respaldar los datos que no son transmitidos hacia la plataforma web, esta transmisión es inestable por las condiciones geográficas, climáticas y falta de despliegue de torres

de telecomunicaciones en el sitio, generando fallas continuas en la recepción de datos.

De las tablas anteriores se infiere que los datos almacenados en la plataforma web son del 72.4 % con respecto al 100% de los datos en la MicroSD, el 27.6% corresponde a datos no enviados a la plataforma web, sin embargo, estos datos se almacenan en la MicroSD.

Por la cantidad de datos recolectados, es difícil la interpretación y análisis de los mismos, debido a lo anterior se realiza el análisis en tres intervalos de cinco días.

En la tabla 4.3 se muestra la cantidad de datos por día, almacenando 33860 datos localmente en el intervalo 1⁶, y en la tabla 4.4 se muestra la información de la plataforma web almacenando 23.385 datos.

Etiquetas de fila	Cuenta de Temperatura	Cuenta de Humedad	Cuenta de Corriente1	Cuenta de Corriente2	Cuenta de Corriente3
13/12/2020	1014	1014	1014	1014	1014
14/12/2020	1439	1439	1439	1439	1439
15/12/2020	1439	1439	1439	1439	1439
16/12/2020	1439	1439	1439	1439	1439
17/12/2020	1439	1439	1439	1439	1439
Total, general	6772	6772	6772	6772	6772

Tabla 4.3 Total datos MicroSD intervalo 1

Fuente: Elaboración Propia

Etiquetas de fila	Cuenta de Temperatura	Cuenta de Humedad	Cuenta de Corriente_1	Cuenta de Corriente_2	Cuenta de Corriente_3
13-dic	475	475	475	475	475
14-dic	1041	1041	1041	1041	1041
15-dic	1028	1028	1028	1028	1028

⁶ Intervalo de tiempo comprendido entre el 13 de diciembre y el 17 de diciembre de 2020

16-dic	1050	1050	1050	1050	1050
17-dic	1083	1083	1083	1083	1083
Total, general	4677	4677	4677	4677	4677

Tabla 4.4 Total datos ThingSpeak intervalo 1

Fuente: Elaboración Propia

De las tablas anteriores se afirma que el total de datos guardados en la plataforma web es de 69.06%, y 30.94% no transmitidos. El trece de diciembre a las 07:01:13 a.m. se almacena el primer dato en la MicroSD, el tiempo de sincronización del módulo GSM con la red móvil es de un minuto, pero en la plataforma web se evidencia que el primer dato registrado fue a las 12:08:27 p.m.; cinco horas aproximadamente sin recibir datos, tiempo en el cual se pierden 1.525 datos, los cuales se guardaron localmente. Se concluye que porcentaje de datos guardados en la plataforma web se considera bueno teniendo en cuenta los problemas de conectividad del sitio de implementación. A continuación, se extraen los datos de la microSD para analizar la información de este intervalo.

En la Figura 4.17 se observa el comportamiento de temperatura, en horas comprendidas entre las 7:00 a.m. y las 4:00 p.m. la temperatura tiende a aumentar, desde las 4:00 p.m. hasta las 4:00 a.m. la temperatura tiende a disminuir, y desde las 4:00 a.m. hasta las 7:00 a.m. la temperatura tiende a su valor más mínimo. El valor máximo de temperatura durante el intervalo 1 fue de 31.2°C entre la 01:13 p.m. y 01.39 p.m., y el valor mínimo fue de 19.1 °C entre las 5:29 a.m. y 5:27 a.m., el promedio de temperatura fue de 23.9°C. No se visualizaron temperaturas altas que afectarán el funcionamiento del transmisor, que según el fabricante debe estar entre el rango de -5°C - +45°C.

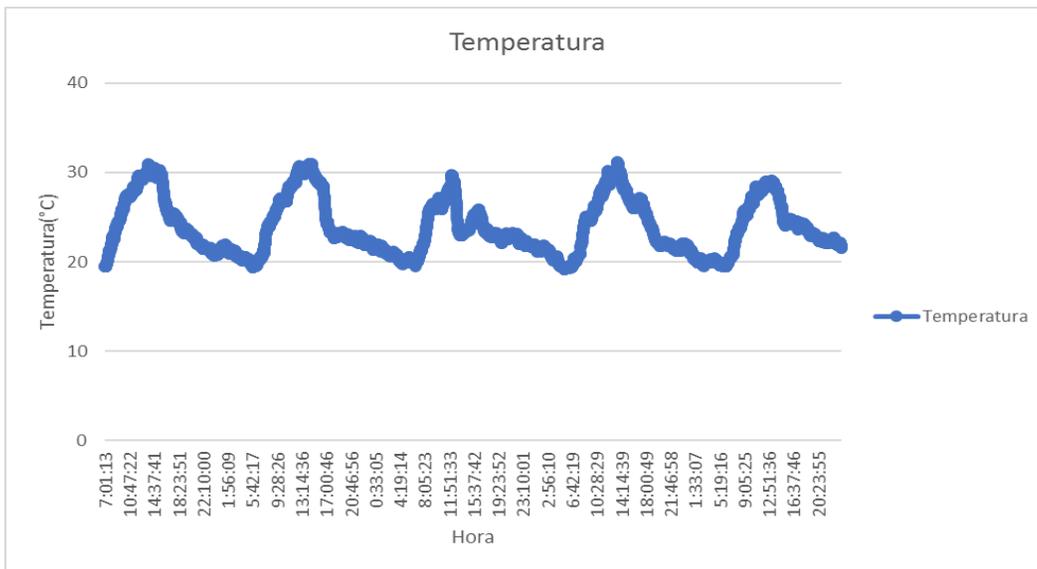


Figura 4.17 Comportamiento Temperatura intervalo 1

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 4.18 se observa el comportamiento de la humedad, en horas comprendidas entre las 7:00 a.m. y 4:00 p.m. tiende a disminuir, después de las 4:00 p.m. hasta las 7:00 a.m. del día siguiente tiende a aumentar. El valor mínimo es de 40.7% y fue alcanzado entre 2:00 p.m. y 3:00 p.m., y el valor máximo es de 69% y fue alcanzado entre las 10:00 p.m. y 11:00 p.m. El promedio de humedad es de 60.3%. La humedad no presentó valores que ocasionarán posibles fallas, al contrario, muestra datos entre los rangos de operación.

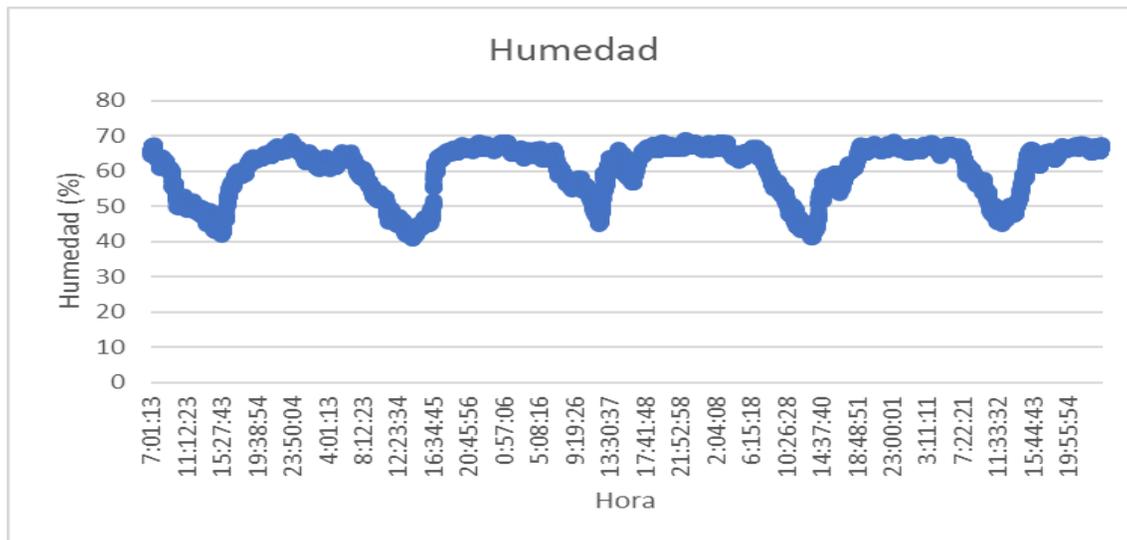


Figura 4.18 Comportamiento Humedad intervalo 1

Fuente: Elaboración Propia

La figura 4.19, presenta el comportamiento de las corrientes, la corriente1 alcanza valores máximos de 16.2A y mínimos de 16A con un promedio de 16.1A, la corriente2 alcanza valores máximos de 16A y mínimos de 15.8A con un promedio de 15.8A y la corriente3 alcanza valores máximos de 15.8A y mínimos de 15.7A con un promedio 15.7A. El valor de las corrientes es menor a 19A como lo sugiere el fabricante.

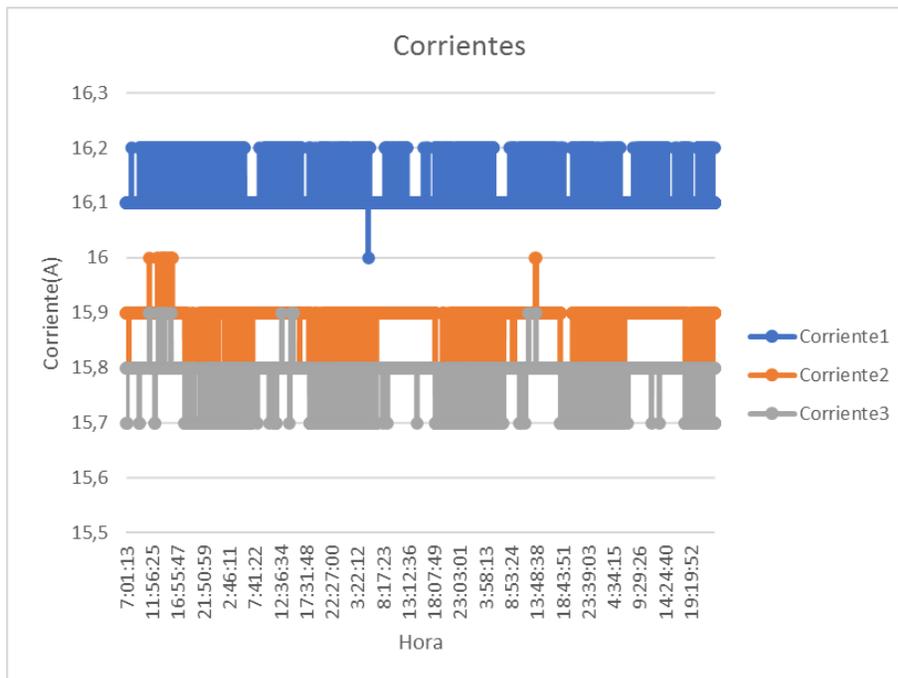


Figura 4.19 Comportamiento Corrientes intervalo 1

Fuente: Elaboración Propia

En tabla 4.5 se analizan los datos correspondientes al intervalo 2⁷, registrando 7.195 datos por cada variable para un total de 35.975 datos almacenados localmente. De acuerdo a la tabla 4.6 en la plataforma web se almacenaron 27.900 datos.

⁷ Intervalo de tiempo comprendido entre el 18 de diciembre y el 22 de diciembre de 2020

Etiquetas de fila	Cuenta de Temperatura	Cuenta de Humedad	Cuenta de Corriente1	Cuenta de Corriente2	Cuenta de Corriente3
18/12/2020	1439	1439	1439	1439	1439
19/12/2020	1439	1439	1439	1439	1439
20/12/2020	1439	1439	1439	1439	1439
21/12/2020	1439	1439	1439	1439	1439
22/12/2020	1439	1439	1439	1439	1439
Total, general	7195	7195	7195	7195	7195

Tabla 4.5 Total Datos MicroSD intervalo 2

Fuente: Elaboración Propia

Etiquetas de fila	Cuenta de Temperatura	Cuenta de Humedad	Cuenta de Corriente_1	Cuenta de Corriente_2	Cuenta de Corriente_3
18-dic	1155	1155	1155	1155	1155
19-dic	1091	1091	1091	1091	1091
20-dic	1118	1118	1118	1118	1118
21-dic	1165	1165	1165	1165	1165
22-dic	1051	1051	1051	1051	1051
Total, general	5580	5580	5580	5580	5580

Tabla 4.6 Total datos ThingSpeak intervalo 2.

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a la información anterior, en la plataforma web son almacenados el 77.5 % de los datos. La conexión a la red móvil se desempeñó mejor con respecto al intervalo1, obteniendo mayor volumen de datos en la plataforma web.

En la Figura 4.20 se observa el comportamiento de la temperatura, teniendo una similitud a la del intervalo 1, tendiendo a aumentar en horas de la mañana hasta mitad de tarde alcanzado un valor máximo de 31.7°C, después tendiendo a

disminuir hasta el amanecer del otro día, alcanzando una temperatura mínima de 19.3°C. El promedio de temperatura es de 24°C. En este intervalo la temperatura presenta valores dentro del rango de operación.

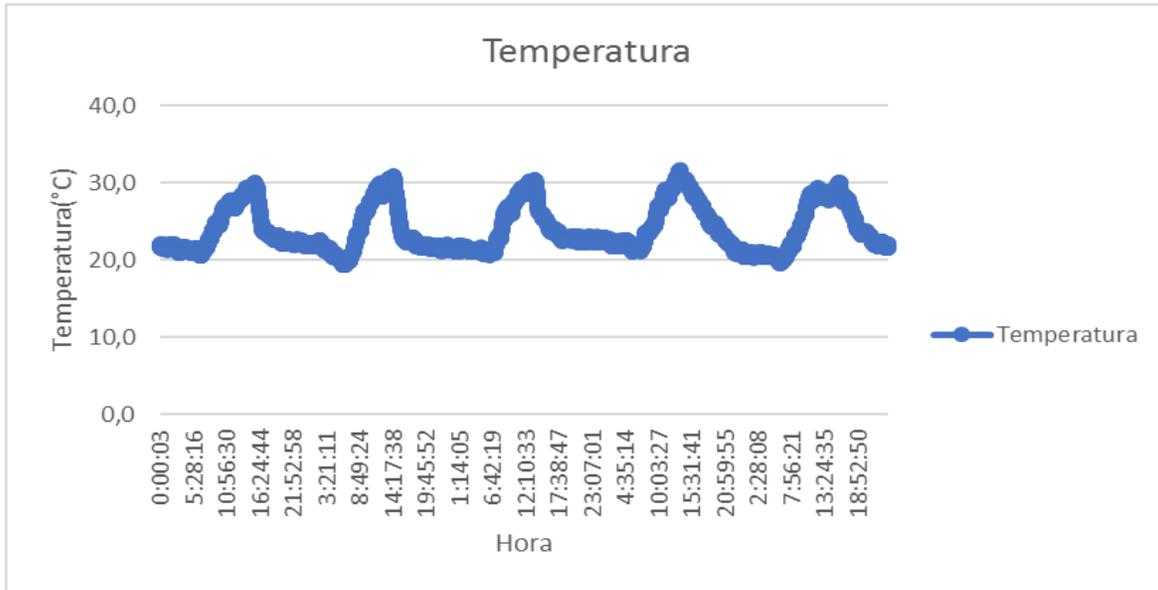


Figura 4.20 Comportamiento Temperatura intervalo 2

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 4.21 se observa el comportamiento de la humedad, tiende a comportarse similar al intervalo1, en horas de la mañana y hasta mitad de tarde tiende a disminuir alcanzando un valor mínimo de 40.6%, después y hasta el amanecer del siguiente día, tiende a aumentar alcanzando un máximo de 69%, el promedio de humedad es de 60.4%. No se presentaron cambios en la humedad que pudieran afectar el funcionamiento del transmisor de alta potencia.

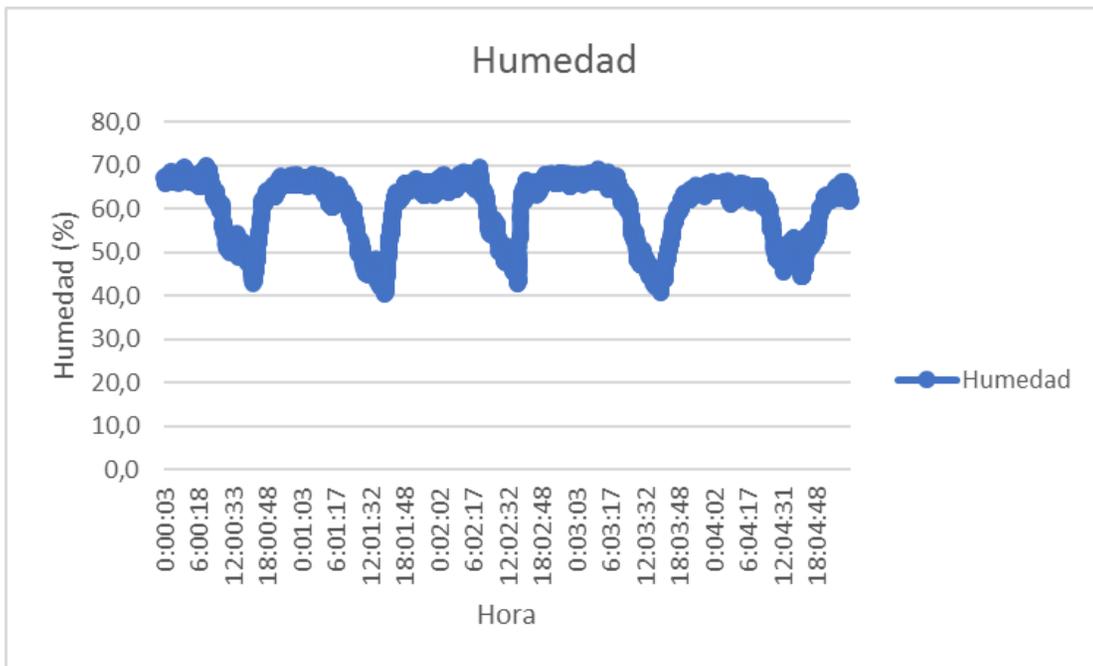


Figura 4.21 Comportamiento Humedad intervalo 2

Fuente: Elaboración Propia

La figura 4.22, presenta el comportamiento de las corrientes, tendiendo a comportarse similar al intervalo1, la corriente1 alcanza valores máximos de 16.3A y mínimo de 16A con un promedio de 16.1A, la corriente 2 alcanza valores máximos de 16A y mínimo de 15.8A con un promedio de 15.9A y la corriente 3 alcanza valores máximos de 15.9A y mínimos de 15.6A con un promedio de 15.8A. Las corrientes se encuentran dentro del rango de operación sin afectar el funcionamiento del transmisor de alta potencia.

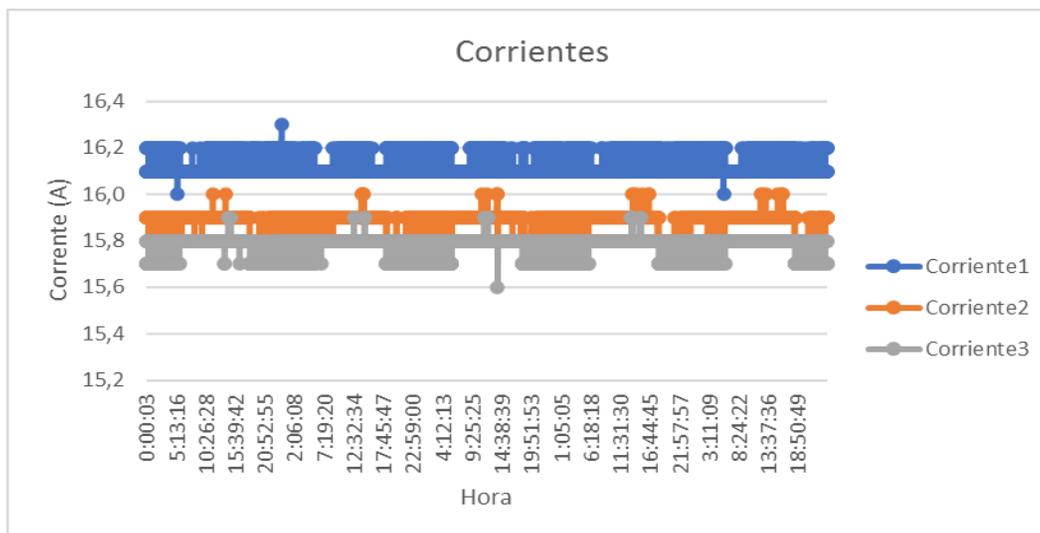


Figura 4.22 Comportamiento corrientes intervalo 2

Fuente: Elaboración Propia

Por último, se analizan los datos del intervalo 3⁸, se almacenaron 30.825 datos localmente y 21.625 datos en la plataforma web.

Etiquetas de fila	Cuenta de Temperatura	Cuenta de Humedad	Cuenta de Corriente1	Cuenta de Corriente2	Cuenta de Corriente3
23/12/2020	1439	1439	1439	1439	1439
24/12/2020	1439	1439	1439	1439	1439
25/12/2020	1439	1439	1439	1439	1439
26/12/2020	1439	1439	1439	1439	1439
27/12/2020	409	409	409	409	409
Total, general	6165	6165	6165	6165	6165

Tabla 4.7 Total Datos MicroSD Intervalo 3

Fuente: Elaboración Propia

⁸ Intervalo de tiempo comprendido entre el 18 de diciembre y el 22 de diciembre de 2020

Etiquetas de fila	Cuenta de Temperatura	Cuenta de Humedad	Cuenta de Corriente_1	Cuenta de Corriente_2	Cuenta de Corriente_3
23-dic	923	923	923	923	923
24-dic	804	804	804	804	804
25-dic	1105	1105	1105	1105	1105
26-dic	1144	1144	1144	1144	1144
27-dic	349	349	349	349	349
Total, general	4325	4325	4325	4325	4325

Tabla 4.8 Total Datos ThingSpeak Intervalo 3

Fuente: Elaboración Propia

Analizando la información de la tabla 4.7 y 4.8, se concluyó que los datos almacenados en la plataforma web equivalen al 70.1%, y el 29.9% corresponde a datos no transmitidos, los cuales se almacenaron en la MicroSD. El porcentaje de datos almacenados en la plataforma web con respecto al intervalo2 se afectó debido que el día 24 de diciembre entre las horas 03:13 p.m. y 07:05 p.m., se presentó falla en la conexión a la red móvil dejando de transmitir 1.160 datos.

En la Figura 4.23 se observa el comportamiento de la temperatura, la cual tiende a comportarse similar al intervalo 1 y 2, aumentando la temperatura en horas de la mañana hasta mitad de la tarde alcanzado un valor máximo de 33.3°C, después disminuye hasta el amanecer del otro día, alcanzando una temperatura mínima de 19.9°C, el promedio de temperatura fue 23.2°C. En este intervalo la temperatura está dentro del rango de operación del transmisor.

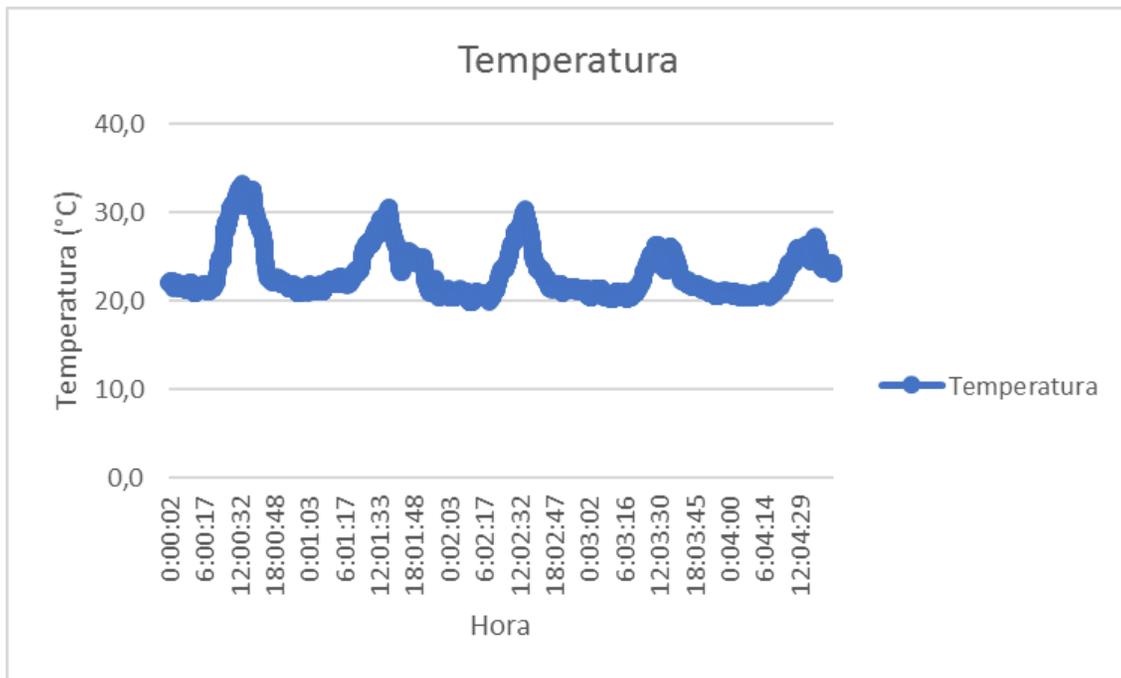


Figura 4.23 Comportamiento Temperatura Intervalo 3

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 4.24, se observa el comportamiento de la humedad, es similar al intervalo 1 y 2, en horas de la mañana hasta mitad de la tarde tiende a disminuir alcanzando un valor mínimo de 37.8%, después hasta el amanecer del siguiente día aumenta alcanzando un máximo de 70.5%, su promedio fue de 62.5%. Al igual que el intervalo 1 y 2 la humedad no presenta cambios que puedan afectar el funcionamiento del transmisor.

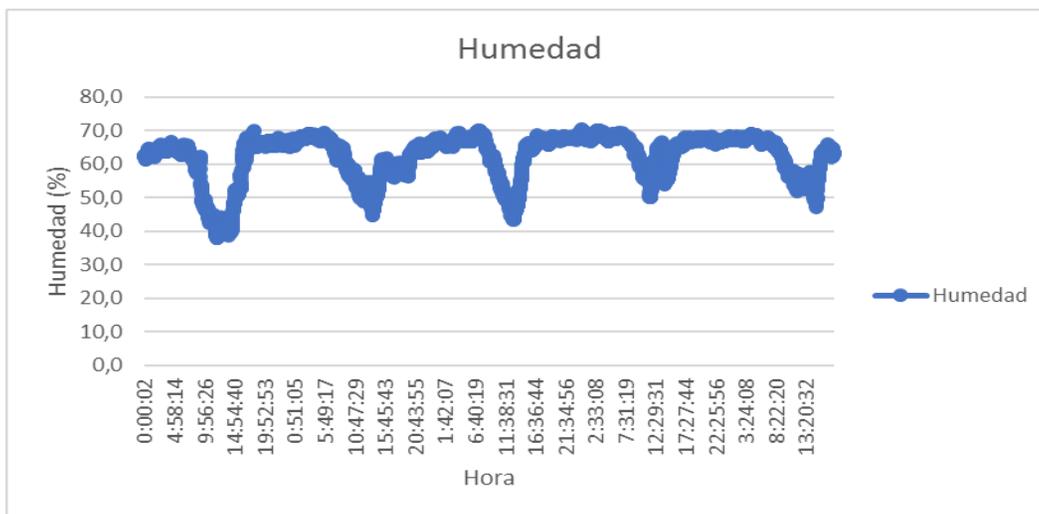


Figura 4.24 Comportamiento Humedad Intervalo 3.

Fuente: Elaboración Propia

La figura 4.25, indica el comportamiento de las corrientes evidenciando algunas caídas, la corriente1 alcanza valores máximos de 16.3A y mínimos de 0A con un promedio de 16A, la corriente2 alcanza valores máximos de 16A y mínimo de 0A con un promedio de 15.8A y la corriente3 alcanza valores máximos de 15.9A y mínimos de 0A con un promedio de 15.7A.

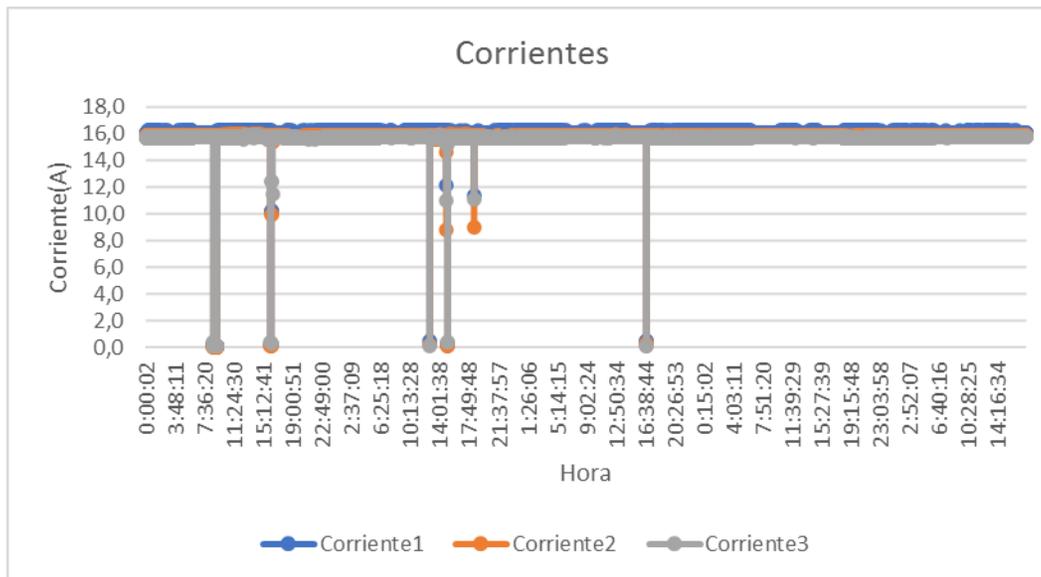


Figura 4.25 Comportamiento Corrientes Intervalo 3

Fuente: Elaboración Propia

La Figura 4.26 resalta las caídas de corrientes, el día 23 de diciembre de 2020 entre las 8:43 a.m. y 9:12 a.m., se presentó la primera caída, tomando valores promedio de hasta 0A, durante un tiempo de treinta y un minutos, la segunda caída se presentó el mismo día a las 04:06 p.m. y 04:11 p.m. estas dos últimas durante un minuto. El día 24 de diciembre a las 12:45 p.m., se evidencia otra caída durante un minuto y a las 02:53 p.m. se registraron corrientes de 12.1A, 8.8A y 11A, después a las 03:04 pm se presenta una nueva caída durante dos minutos registrando corrientes promedio de 0A, y a las 6:28 p.m. una última caída con corrientes de 11.4A, 9A y 11.1A durante un minuto. Los valores de 0A en las corrientes se ocasionaron por corte del fluido eléctrico en la zona, lo anterior confirmado por personal encargado de la emisora. Las caídas presentadas a las 02:53 p.m. y 6:28 p.m. pudieron ser ocasionadas a que no se esté utilizando los conductores adecuados para el transmisor, o también, el calibre utilizado no es el correcto para la distancia que existe entre el transmisor y el tablero de distribución generando caídas de tensión afectando la corriente.

El sistema de monitoreo durante las caídas de corriente siguió su funcionamiento normal, debido a que se cuenta con una UPS de respaldo la cual puede funcionar hasta dos horas con el sistema de monitoreo conectado.

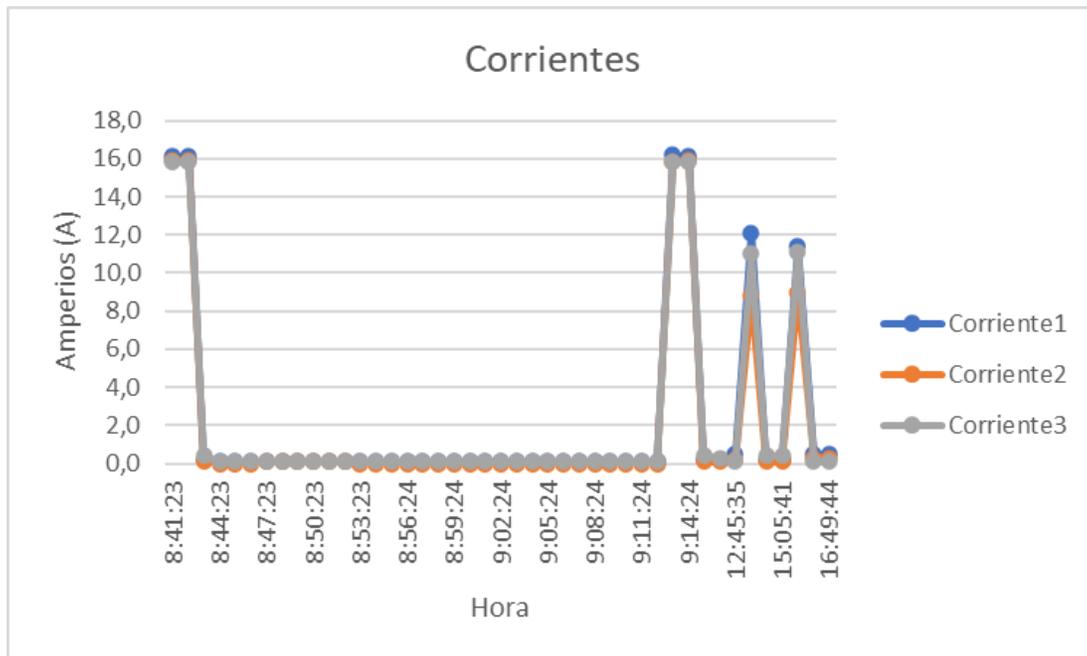


Figura 4.26 Caída de corrientes

Fuente: Elaboración Propia

Por último, en la figura 4.27, se presenta la interfaz gráfica de la plataforma web ThingSpeak, donde se muestra el nombre del canal "Sistema de monitoreo de Unicauca Estero", la visualización de las variables de temperatura, humedad, corriente1, corriente2, corriente3, permitiendo interpretar su comportamiento y descarga del histórico de datos. El ingreso se establece por cuenta electrónica y contraseña, permitiendo el acceso desde cualquier lugar.

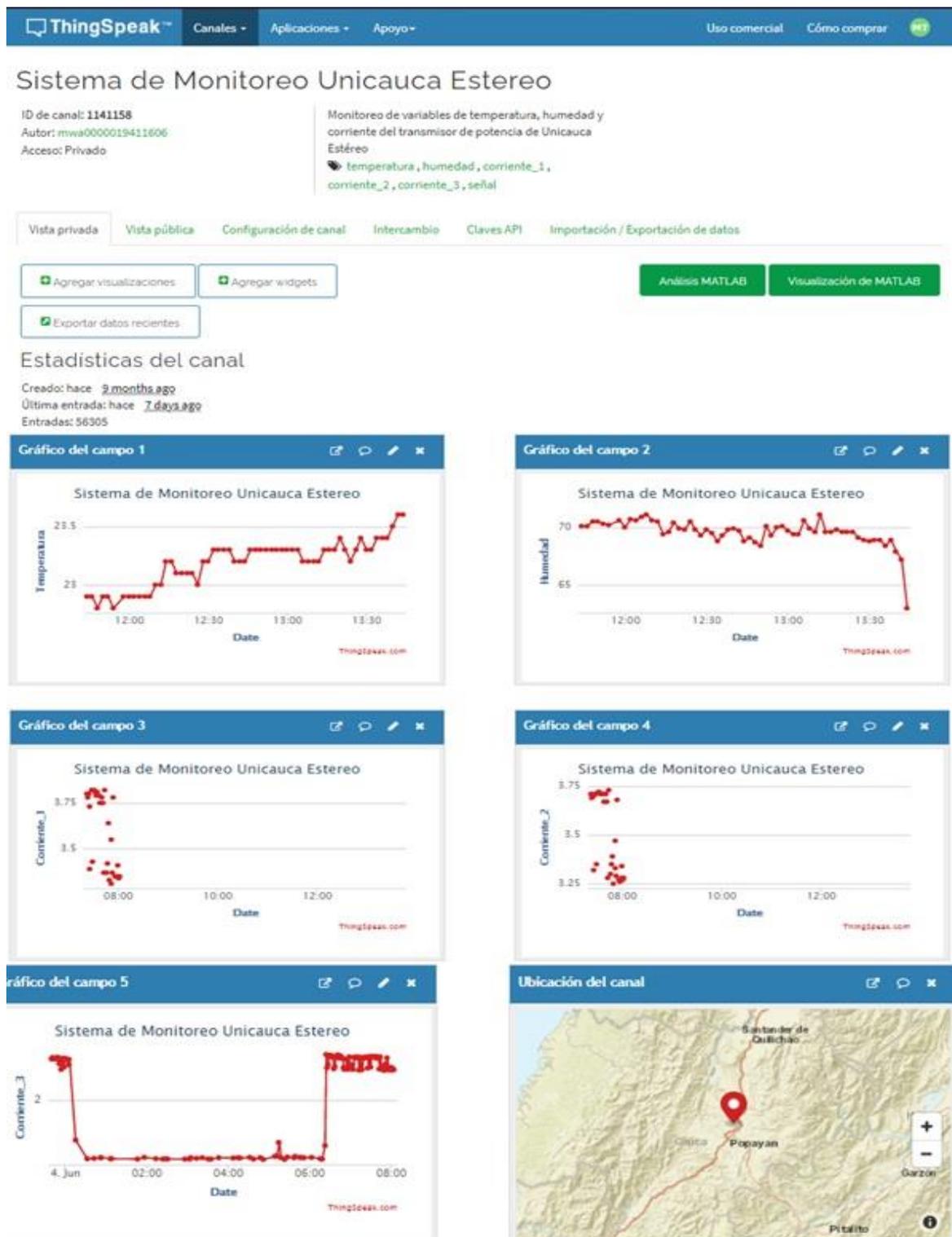


Figura 4.27 Visualización de datos en ThingSpeak

Fuente: Elaboración Propia

El funcionamiento del sistema durante los días de monitoreo es eficiente debido a que el sistema no presentó errores en la transmisión y recepción de datos por parte de los nodos, almacenando los datos local y remota, sin embargo, el envío de datos a la plataforma no es constante debido a que en La Rejota la conexión a la red móvil es inestable.

Durante el monitoreo se tiene visualización remota y se recolecta gran cantidad de datos que permiten realizar un análisis y observar el comportamiento de las variables técnicas y ambientales del sistema de transmisión. Analizando los datos se identifican que los valores de temperatura, humedad y corrientes están dentro del rango de operación, sin embargo, se presentaron algunas afectaciones en las corrientes, las cuales no se atribuyen a cambios en la temperatura o humedad ya que en el instante de la falla se encontraban dentro del rango de operación.

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- Unicauca Estéreo ahora tiene la posibilidad de monitorear las condiciones técnicas y ambientales en el sistema de transmisión. El sistema de monitoreo cuenta con dos interfaces de visualización de datos, la primera una pantalla LCD ubicada en cada uno de los nodos y la segunda una plataforma web que permite conocer el estado de las variables de forma remota, además tiene la capacidad de almacenar los datos cuando no se tiene conexión a la red móvil,
- Se realizó un proceso de reconocimiento al sitio de implementación que permitió crear el diseño del sistema de monitoreo logrando su fabricación, para finalmente ser instalado en el escenario real.
- Se implementó el sistema de monitoreo en las instalaciones de la finca la rejoya de la Universidad del Cauca, dando la posibilidad a Unicauca Estéreo de monitorear la temperatura y humedad en el transmisor de alta potencia y las corrientes en el tablero de distribución, visualizando los datos de forma local y remota.

Recomendaciones

- La instalación del nodo coordinador y la antena GSM se debe realizar en el lugar indicado en la prueba final, debido a que en este sitio la conexión a la red móvil se comporta mejor. También verificar que la MicroSD se encuentre instalada para que el sistema inicie el monitoreo.
- Se recomienda utilizar el operador móvil Claro, debido a que la conexión a la red se comporta mejor con este operador, además verificar el saldo de datos de la Simcard “3146590714” para el respectivo envío de datos a la plataforma web.
- En caso de fallas en el sistema de monitoreo, se recomienda realizar un diagnóstico físico y lógico. Si es físico verificar que los componentes estén en buen estado y si es lógico verificar y descargar los códigos de programación y configurarlos.
- En caso de daño físico del módulo GSM y se adquiriera uno nuevo, verificar que se encuentre registrado ante la CRC.
- Se recomienda la instalación de puntos eléctricos en la caseta de equipos para evitar conectar los nodos con extensiones.
- Para acceder y configurar ThingSpeak, ingresar con los siguientes datos: maestriatelecomunicaciones02@gmail.com con password: Admin_12345

- Se recomienda alimentar el módulo NRF24L01 con un regulador fijo de 3.3v de 800ma, con el fin de garantizar voltajes y corrientes adecuados para su correcto funcionamiento, previendo posibles fallas de alimentación.
- Se recomienda soldar un condensador de 10uf entre Vcc y GND del módulo NRF24L01, con el fin de eliminar picos de corriente y mejorar la calidad de transmisión

Trabajos futuros

- Las tarjetas de desarrollo de los nodos, cuentan con puertos disponibles brindando la posibilidad de anexar más sensores como: sensores de humo, alarma de luz, control de acceso, entre otros. Mejorando la funcionalidad del sistema de monitoreo.
- Desarrollar un software que utilice técnicas de minería de datos que permita explicar el comportamiento de los datos capturados por los nodos.
- Desarrollar una interfaz hombre – máquina que muestre los datos en tiempo real, permitiendo el control del sistema de monitoreo con una interfaz gráfica de usuario.
- Implementación de paneles solares para favorecer un desarrollo más ecológico

Bibliografía

- [1] H. Anzures Martínez, Á. B. Sánchez Rubio, J. Castañeda Camacho, G. Mino Aguilar, J. F. Guerrero Castellanos y L. Cortez, «Sistema de monitoreo remoto de sensores de temperatura y corriente usando una red híbrida bus CAN - Zigbee,» *Research in Computing Science*, nº 107, pp. 111-120, 2015.
- [2] D. M. Archila Cordoba y F. A. Santamaria Buitrago, «Estado del arte de las redes de sensores inalámbricos,» *Revista Digital TIA*, vol. 2, nº 1, pp. 4-14, 2013.
- [3] J. Durán Alvear y D. F. Lizalda Rosero, *Sistema de monitoreo de condiciones técnicas y ambientales del sistema de transmisión de Unicauca Estereo*, Popayán, 2015.
- [4] S. E. Campaña Bastidas, H. E. Cabrera Meza, A. J. Cervelion Bastidas y A. Aguirre Cabrera, *Redes de Sensores Inalámbricas (WSN) Caso de Aplicación*, Bogotá: UNAD, 2018.
- [5] N. Aakvaag y J.-E. Frey, «Redes de sensores inalámbricos,» *Revista ABB*, pp. 39-42, 2006.
- [6] J. O. Fernandez Martinez, J. Ordieres Mere, F. J. Martinez de Pison Ascacibar, A. Gonzale Marcos, F. Alba Elias, R. Lostado Lorza y A. V. Pernia Espinnoza, «Redes inalámbricas de sensores: teoría y aplicación práctica,» La Rioja, 2009.
- [7] B. Chiquito, N. Anres, S. Salazar y D. Fernando, *Diseño de un sistema de monitoreo para contenedores de basura mediante la arquitectura de redes de sensores inalámbricos (WSN) para optimizar recursos, haciendo uso de la tecnología Open Source*, Guayaquil, 2019.

- [8] O. A. Valencia Vahos, «Estado del Arte: sistema de red de sensores inalámbricos (WSN) portátil aplicado al monitoreo ambiental en una ciudad, como complementos a las estaciones fijas,» Medellín, 2019.
- [9] E. Holgado de Frutos, Diseño y construcción de un microrobot con capacidad para comunicación inalámbrica, Ciudad Real: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, 2009.
- [10] L. Diéguez, «Kolwidi,» 17 Febrero 2020. [En línea]. Available: <https://kolwidi.com/blogs/blog-kolwidi/arduino-vs-raspberry-pi>.
- [11] Arduino, «Pagina Oficial Arduino,» [En línea]. Available: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>. [Último acceso: 17 02 2020].
- [12] R. Pi, «Sitio oficial raspberry Pi,» [En línea]. Available: <https://www.raspberrypi.org/>. [Último acceso: 17 02 2020].
- [13] Microchip, «Sitio oficial microchip,» [En línea]. Available: <https://www.microchip.com/>. [Último acceso: 17 02 2020].
- [14] R. Loureiro Garrido, «Estudio plataformas IoT,» 2015.
- [15] G. Restrepo y M. Lopera, «CDIO: una estrategia de formacion en Ingenieria,» Universidad de Antioquia, Medellín, 2015.
- [16] CDIO, Bienvenido a CDIO, [En línea]. Available: <http://www.cdio.org/>.
- [17] Elenos, *ET5000, 5000W Icefet solid state fm transmitters*.
- [18] AOSONG, «Temperature and humidity module - ATM1001,» 2014.
- [19] AOSONG, «Digital relative humidity & temperatura sensor DHT11,» 2015.
- [20] L. Aosong Electronics Co., «Digital-output relative humidity & temperature sensor/module,» 2015.
- [21] S. - . t. s. company, «Humidity and Temperature Sensor,» 2019.
- [22] W. s. corp., «Sensor de corriente lineal de efecto hall, WCS1800,» 2015.
- [23] A. MicroSystem, «Sensor de corriente lineal, ACS712,» 2016.

- [24] L. Beijing Yaohuadechang Electronic Co., «Transformador de corriente,» 2015.
- [25] N. semiconductor, «nRF905 single chip 433/868/915MHz transceiver,» 2008.
- [26] Radiotronix, «Transmitter and receivers».
- [27] «<https://www.componentsinfo.com/>,» [En línea]. Available: <https://www.componentsinfo.com/fs1000a-433mhz-rf-transmitter-xy-mk-5v-receiver-module-explanation-pinout/>. [Último acceso: 15 08 2020].
- [28] «HC - Wireless serial port communication module,» 2010.
- [29] N. semiconductor, «Transceptor NRF24L01,» 2006.
- [30] L. G. Pastrano Badillo, *Diseño e implementación de un sistema electrónico para conducción segura, basado en monitorización de señales biométricas, utilizando tecnologías GSM, GPRS*, Riobamba: Escuela Politécnica Superior de Chimborazo, 2017.
- [31] R. Damian, «Registro de parámetros de una red celular,» Panama, 2015.
- [32] A. M. Castillo Martínez, *Evaluación de las plataformas masivas del internet de las cosas y test de una aplicación práctica en una plataforma seleccionada*, Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2019.
- [33] C. Peña, *Arduino IDE, Domina la programación y controla la placa*, Buenos Aires: Six Ediciones, 2020, pp. 2-12.
- [34] F. Moya Fernández, «GitBook,» 17 Enero 2017. [En línea]. Available: <https://franciscomoya.gitbooks.io/taller-de-raspberry-pi/content/es/c/>. [Último acceso: 15 Julio 2020].
- [35] J. Belando García, *Desarrollo de un prototipo para interconectar una red de sensores vía el Sistema GSM*, Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena, 2008.
- [36] C. d. R. d. Comunicaciones, *Redes Móviles en Colombia*, Bogotá, 2019.
- [37] M. Quiñones Cuenca, V. González Jaramillo, R. Torres y M. Jumbo, «Sistema de monitoreo de variables medioambientales usando una red de sensores inalámbricos y plataforma de internet de las cosas,» *Enfoque UTE*, vol. 7, n° 1, pp. 329-343, 2017.

- [38] L. Del Valle Hernandez, «Programar Facil,» Marzo 2016. [En línea]. Available: <https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/sct-013-consumo-electrico-arduino/?fbclid=IwAR0XM1M-uxDy9Kr6BZD10SWrnuESTRLK3vQm7d3ckFzxhpMmMMmGbtFsHp4>. [Último acceso: Enero 2020].
- [39] H. S. Mosquera Collo y J. E. Montenegro Medina, *Sistema de gestion y control para el transmisor de unicauca estereo*, Popayan, 2015.
- [40] A. S. Cevallos del castillo, «Estudio y diseño de una red inalambrica en la banda de 900 Mhz para largas distancias en la region de la sierra,» Quito, 2015.

Anexos

Anexo A. Manual de usuario del sistema de monitoreo de las condiciones técnicas y ambientales del sistema de transmisión de Unicauca Estéreo.

El sistema de monitoreo consta de 3 elementos:

- 1 nodo Coordinador
- 1 nodo de Temperatura y Humedad
- 1 nodo de Corriente

Nodo Coordinador

El nodo coordinador está integrado por:

- 2 Arduinos
- 1 modulo MicroSD
- 1 modulo GSM
- 1 modulo NRF24L01
- 1 antena GSM
- 1 modulo RTC DS3231
- 1 fuente de poder

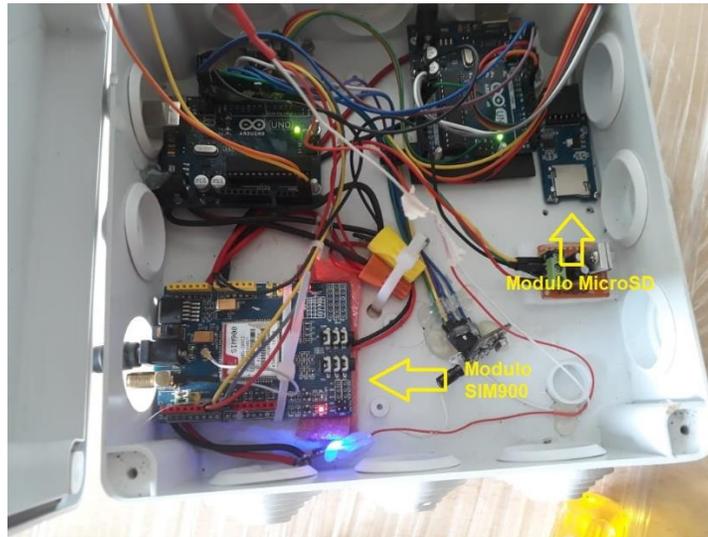


Figura A.1 Puesta en funcionamiento del Nodo Coordinador
Fuente: Elaboración Propia

Puesta en funcionamiento Nodo Coordinador.

Instalación MicroSD en el módulo SIM900.

Instalar Simcard en el módulo GSM (Ver figura A.2).

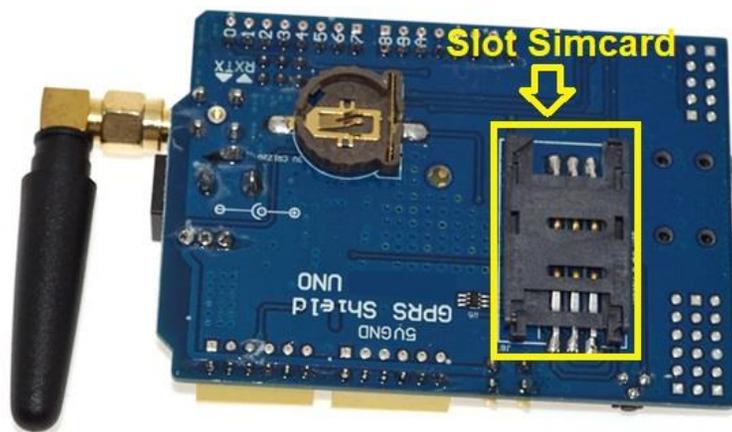


Figura A.2 F Módulo GSM
Fuente: Elaboración Propia

Conectar la antena GSM (Ver Figura A.3).



Figura A.3 Antena GSM
Fuente: Elaboración Propia

Conectar fuente de poder

Conectar la fuente de 12v 5A del coordinador a un toma de 120V (Ver Figura A.4).



Figura A.4 Conexión a fuente de poder
Fuente: Elaboración Propia

Verificar que enciende la LCD, indica que el nodo coordinador ha sido encendido exitosamente. (Ver Figura A.5).



Figura A.5 Verificación de encendido

Fuente: Elaboración Propia

Nodo Temperatura y Humedad.

El nodo Temperatura y Humedad está integrado por:

- 1 Arduino
- 1 modulo NRF24L01
- 1 sensor DHT 22
- 1 fuente de poder

Puesta en funcionamiento nodo sensor de temperatura y humedad

Instalación sensor DHT 22. (Ver Figura A.6).

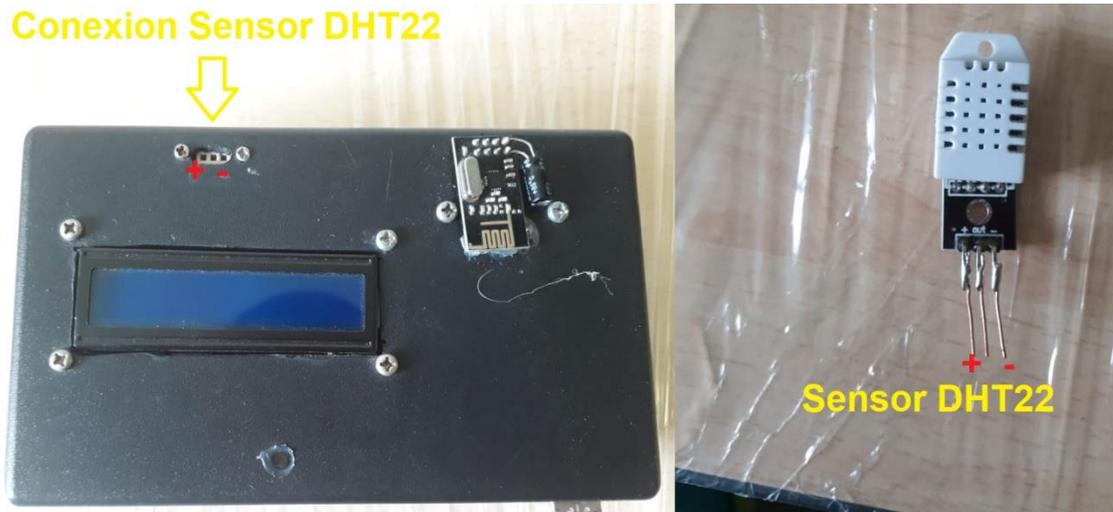


Figura A.6 Instalación de sensor
Fuente: Elaboración Propia

Conectar fuente de poder DC 5V 1.5A, a un tomacorriente de 120v (Ver figura A.7)



Figura A.7 Conexión a fuente de poder DC 5V 1A
Fuente: Elaboración Propia

Verificar que enciende la LCD, indica que el nodo temperatura y humedad ha sido encendido exitosamente. (Ver Figura A.8).



Figura A.8 Verificación de encendido exitoso

Fuente: Elaboración Propia

Nodo de Corriente.

El nodo de Corriente está integrado por:

- 1 Arduino
- 1 modulo NRF24L01
- 3 sensores de corriente SCT-013-00
- 1 fuente de poder

Instalación de los sensores de corriente. (Ver Figura A.9).



Figura A.9 Instalación de sensores de corriente

Fuente: Elaboración Propia

Conectar fuente de poder DC 5V 1.5A, a un tomacorriente de 120v. (Ver figura A.10)



Figura A.10 Conexión a fuente de poder DC 5V 1A

Fuente: Elaboración Propia

Verificar que enciende la LCD, indica que el nodo de corriente ha sido encendido exitosamente. (Ver Figura A.11).



Figura A.11 Verificación de encendido de la LCD

Fuente: Elaboración Propia

Configuración App

ThingView permite visualizar sus canales ThingSpeak de una manera fácil, solo ingrese el ID del canal y estará listo para comenzar. Para los canales públicos, la aplicación respetará la configuración de Windows: color, escala de tiempo, tipo de gráfico y número de resultados. La versión actual admite gráficos de líneas y columnas. Para los canales privados, los datos se mostrarán usando la configuración predeterminada. Dirigirse a la tienda de Android para descargar la aplicación

Para configurar la aplicación y poder visualizar los datos desde un dispositivo móvil, seguir los siguientes pasos:

En la tienda de Android play store descarga la aplicación (Ver Figura A.12)



Figura A.12 Descarga de la aplicación
Fuente: Elaboración Propia

Abrimos la aplicación. Ver figura A.13.

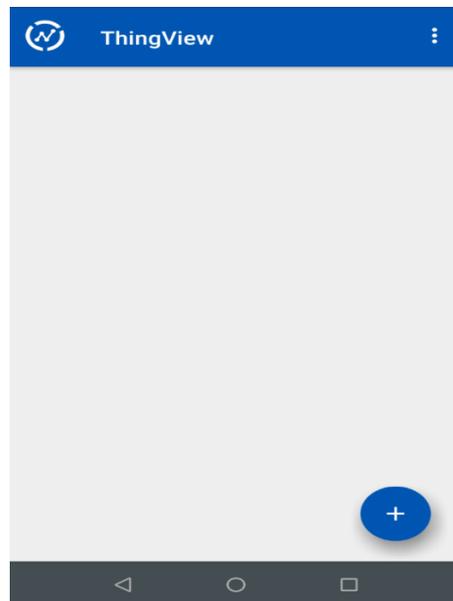
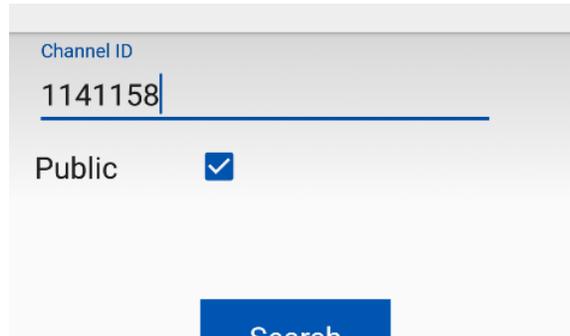


Figura A.13 Abrir la aplicación
Fuente: Elaboración Propia

Seleccionamos en el (+) y escogemos Add Channel, y escribimos el Channel ID, 1141158. (Ver figura A.14)

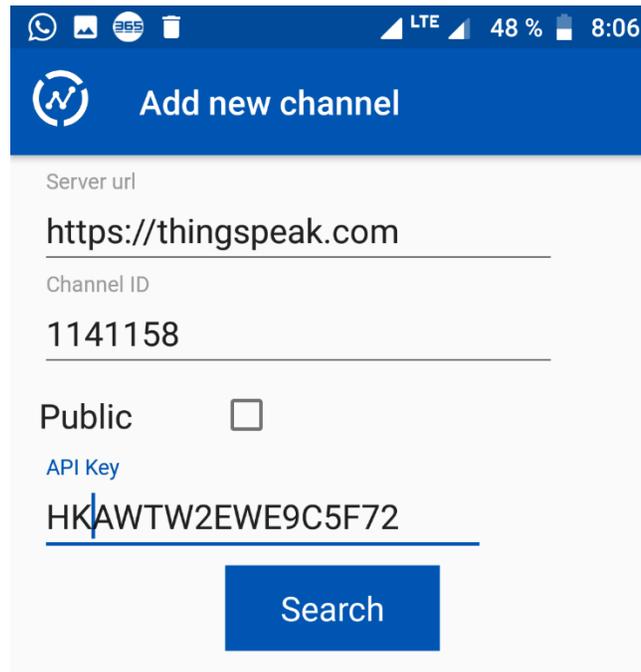


A screenshot of a mobile application interface for adding a channel. It features a text input field labeled 'Channel ID' containing the number '1141158'. Below this is a checkbox labeled 'Public' which is checked. At the bottom, there is a blue button with the text 'Search'.

Figura A.14 Selección de Add Channel

Fuente: Elaboración Propia

Digite el API KEY del canal, HKAWTW2EWE9C5F72. (Ver Figura A.15)



A screenshot of a mobile application interface for adding a new channel. The title bar is blue with a white 'W' icon and the text 'Add new channel'. The form contains several fields: 'Server url' with 'https://thingspeak.com', 'Channel ID' with '1141158', and 'API Key' with 'HKAWTW2EWE9C5F72'. There is an unchecked 'Public' checkbox. At the bottom, there is a blue button with the text 'Search'. The top status bar shows LTE, 48% battery, and 8:06.

Figura A.15 Digitar el API KEY del canal

Fuente: Elaboración Propia

Buscamos el canal, se muestra la información del canal. (Ver Figura A.16)

**Confirm channel**

Channel

Sistema de Monitoreo Unicauca Estereo

Description

Monitoreo de variables de temperatura, humedad y corriente del transmisor de potencia de Unicauca Estéreo

Fields

Temperatura
Humedad
Corriente_1
Corriente_2

Done

Figura A.16 Búsqueda del canal

Fuente: Elaboración Propia

Seleccionamos Done, se visualiza el nombre del canal.

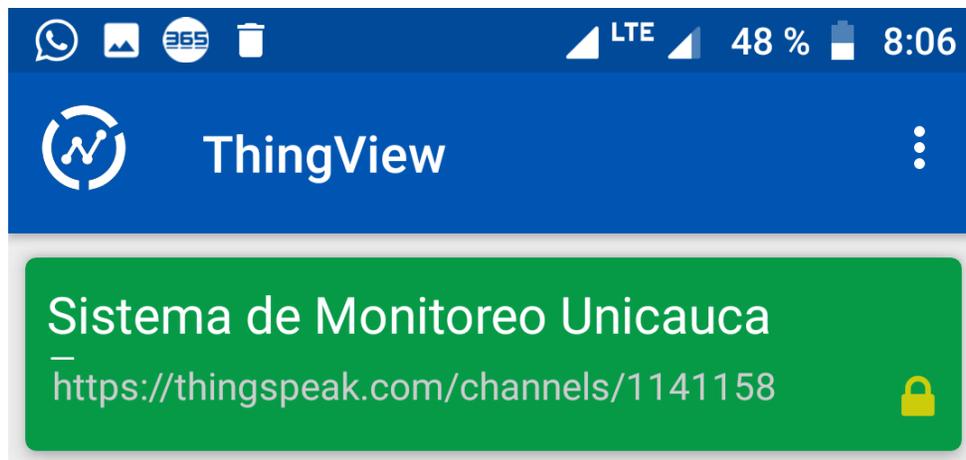


Figura A.17 Selección de Done donde se visualiza el nombre del canal

Fuente: Elaboración Propia

Ingresamos al canal, encontramos la visualización de las gráficas de temperatura, humedad, corriente1, corriente2 y corriente3. (Ver Figura A.18)

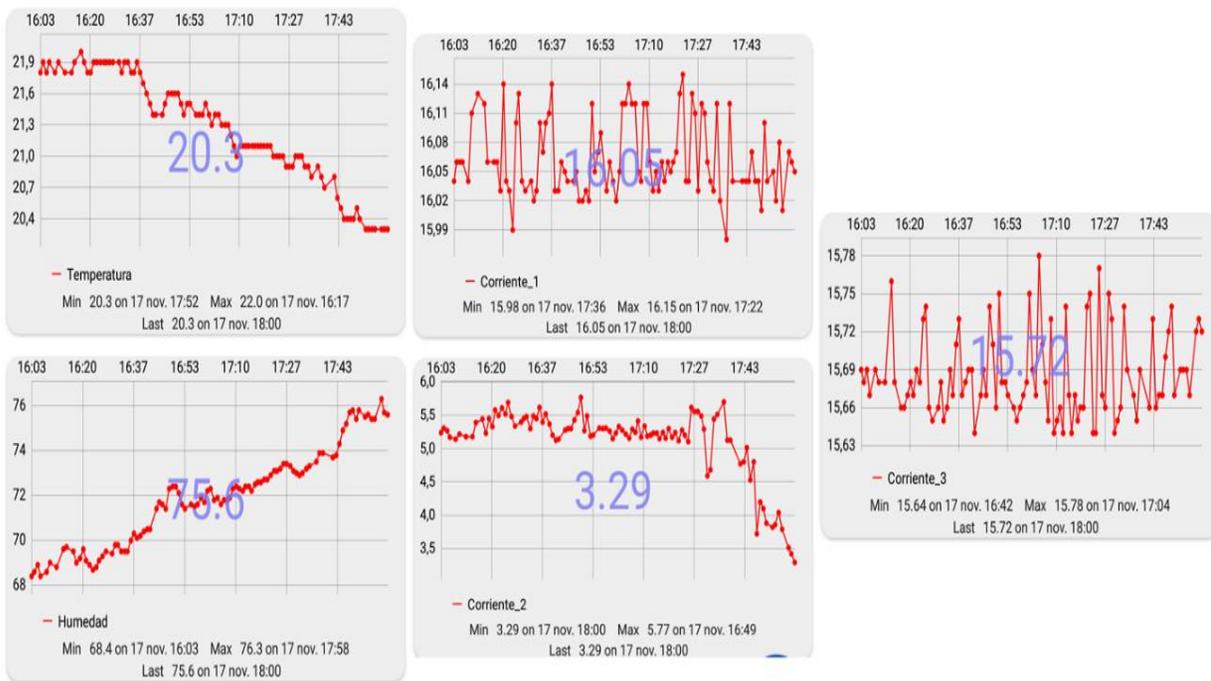


Figura A.18 Visualización
Fuente: Elaboración Propia

Anexo B. Código de programación nodo sensor de temperatura – humedad

A continuación, se da a conocer la programación que permite la captura de datos por parte del sensor DHT22.

En la figura B.1 se declaran las librerías para el funcionamiento del módulo NRF24L01, la LCD y sensor DHT22.

```
//Nodo esclavo 1: sensor de temperatura y humedad
#include <SPI.h>
#include "nRF24L01.h"
#include "RF24.h"
#include<DHT.h>
#include<LiquidCrystal_I2C.h>
#define DHTTYPE DHT22
```

Figura B.1 Declaración de librerías

Fuente: Elaboración Propia

En la figura B.2, se declaran canales de escritura y lectura, pin del sensor DHT22 y variables globales.

```

RF24 radio(9, 10);

byte canal_LTH[6] = {'l', 'i', 'n', 'e', 'a', '1'};
byte canal_ETH[6] = {'l', 'i', 'n', 'e', 'a', '2'};

const int DHTPin = 5;
DHT dht(DHTPin, DHTTYPE);
float datos[2] = {0,0};

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

```

Figura B.2 Declaración canal de escritura y lectura

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a la figura B.3, se inicializa el módulo NRF24L01, abrimos canal de escritura y lectura, se selecciona el canal (69) para la comunicación bidireccional entre el nodo de temperatura - humedad y el coordinador. Posteriormente se inicializa la LCD para poder escribir y también se inicia el sensor DHT22.

```

void setup() {
  Serial.begin(19200);
  pinMode(10, OUTPUT);
  radio.begin();
  radio.setChannel(69);
  radio.setRetries(15, 15);
  radio.openWritingPipe(canal_ETH);
  radio.openReadingPipe(0, canal_LTH);
  radio.startListening();
  delay(1000);
  dht.begin();
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  lcd.setCursor(2, 0);
  lcd.print("Conectando...");
  delay(2500);
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Temp: ");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("Hum: ");
}

```

Figura B.3 Configuración inicial

Fuente: Elaboración Propia

En la figura B.4, en la función loop, se pregunta si el radio se encuentra disponible, si está disponible recibe el carácter “V”, si recibe “V”, se llama a **obtenerDatos()**, función que obtiene los datos del sensor DHT22, posteriormente son desplegados en la LCD y después son transmitidos hacia el nodo coordinador.

```
void loop() {
  if (radio.available()) {
    char op;
    bool done = false;
    while (!done) {
      radio.read(&op, sizeof(op));
      if (op > 0) done = true;
      delay(20);
    }
    radio.stopListening();
    if (op == 'V') {
      obtenerDatos();
      radio.write(&datos, sizeof(datos));
    }
    radio.startListening();
  }
}
```

Figura B.4 Recepción y transmisión de datos

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a la figura B.5, en la función **obtenerDatos**, se valida la lectura del sensor DHT22, en caso de que falle el sensor se imprime valores de -99.9 en la LCD, tanto para la temperatura y humedad. Si no hay falla en el sensor, captura los datos y los muestra en la LCD.

```
void obtenerDatos() {  
  if (isnan(dht.readTemperature()) || isnan(dht.readHumidity())) {  
    Serial.println("Error en sensor");  
  
    datos[0] = -99.9;  
    datos[1] = -99.9;  
  
    lcd.setCursor(6, 0);  
    lcd.print("-99.9");  
    lcd.setCursor(6, 1);  
    lcd.print("-99.9");  
  } else {  
    datos[0] = dht.readTemperature();  
    datos[1] = dht.readHumidity();  
  
    lcd.setCursor(6, 0);  
    lcd.print(datos[0]);  
    lcd.setCursor(6, 1);  
    lcd.print(datos[1]);  
  }  
  Serial.println("Temp: " + String(datos[0]));  
  Serial.println("Hum: " + String(datos[1]));  
}
```

Figura B.5 Lectura y visualización de datos

Fuente: Elaboración Propia

Descargue el código del nodo temperatura – humedad en la siguiente url:
<https://drive.google.com/drive/folders/1kqK4ZibQuihiQ1IXxcUxdbHvJ9UbpKvJ?usp=sharing>

Anexo C. Código de programación nodo sensor de corriente

Se da a conocer la programación que permite la captura de datos por parte del sensor de corriente SCT-013-00.

En la figura C.1 se declaran las librerías para el funcionamiento del módulo NR24L01, la LCD, sensor SCT-013-00 y comunicación I2C.

```
//Nodo esclavo 2: sensor de corriente
#include <SPI.h>
#include "nRF24L01.h"
#include "RF24.h"
#include "EmonLib.h"
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
RF24 radio(9, 10);
```

Figura C.1Declaración de librerías

Fuente: Elaboración Propia

En la figura C.2, se declaran canales de escritura y de lectura, variables de corrientes.

```

EnergyMonitor energyMonitor0, energyMonitor1, energyMonitor2;

byte canal_LC[6] = {'l', 'i', 'n', 'e', 'a', '3'};
byte canal_EC[6] = {'l', 'i', 'n', 'e', 'a', '4'};

```

Figura C.2 Declaración de canal de escritura y lectura

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a la figura C.3, en la función void setup(), se inicializa el módulo NRF24L01, abrimos canal de escritura y lectura, se selecciona el canal (118) para la comunicación entre los nodos de corriente y coordinador y por último se inicializa la LCD para poder escribir en ella. Adicionalmente se asigna el factor de calibración a los sensores de corriente. por medio de software.

```

void setup() {

  Serial.begin(19200);
  pinMode(10, OUTPUT);
  radio.begin();
  radio.setRetries(15, 15);
  radio.setChannel(118);
  radio.openWritingPipe(canal_EC);
  radio.openReadingPipe(1, canal_LC);
  radio.startListening();
  delay(1000);

  energyMonitor0.current(0, 6.3);
  energyMonitor1.current(1, 6.2);
  energyMonitor2.current(2, 6.15);

  lcd.init();
  lcd.backlight();
  lcd.setCursor(0, 3);
  lcd.print("---- Conectando ----");
  delay(5000);
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("L1: ");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("L2: ");
  lcd.setCursor(0, 2);
  lcd.print("L3: ");
}

```

Figura C.3 Configuración inicial

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a la figura C.4, en la función `loop()`, se valida si el radio se encuentra disponible, si está disponible recibe el carácter "L", si recibe "L" llama a **`obtenerDatos()`**, función que obtiene los datos de los sensores de corriente, posteriormente los muestra en la LCD y son transmitidos hacia el nodo coordinador.

```
void loop() {  
  
  if (radio.available()) {  
    char op;  
    bool done = false;  
    while (!done) {  
      radio.read(&op, sizeof(op));  
      if (op > 0) done = true;  
      delay(20);  
    }  
    radio.stopListening();  
    if (op == 'L') {  
      obtenerDatos();  
      radio.write(&datos, sizeof(datos));  
    }  
    radio.startListening();  
  }  
}
```

Figura C.4Recepción y transmisión de datos

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a la figura C.5, en la función **`obtenerDatos()`**, se captura los datos por parte del sensor de corriente y posteriormente son visualizan en la LCD.

```
void obtenerDatos() {  
  
    double Irms1 = energyMonitor0.calcIrms(1484);  
    double Irms2 = energyMonitor1.calcIrms(1484);  
    double Irms3 = energyMonitor2.calcIrms(1484);  
  
    //cont = cont + 1;  
    datos[0] = Irms1;  
    datos[1] = Irms2;  
    datos[2] = Irms3;  
  
    lcd.setCursor(4, 0);  
    lcd.print(datos[0]);  
    lcd.setCursor(4, 1);  
    lcd.print(datos[1]);  
    lcd.setCursor(4, 2);  
    lcd.print(datos[2]);  
  
    Serial.print("L1: " + String(Irms1));  
    Serial.print(" L2: " + String(Irms2));  
    Serial.println(" L3: " + String(Irms3));  
}
```

Figura C.5 Captura y visualización de datos

Fuente: Elaboración Propia

Descargue el código del nodo corriente en la siguiente url:
<https://drive.google.com/drive/folders/1tbNCnOmG0oI9tvQ-CCjkRsAxYxUYRgAM?usp=sharing>

Anexo D. Cálculo de resistencia de carga del SCT-013-00

El cálculo de la resistencia de carga, solo es aplicable al tipo de sensor SCT-013 000 donde no viene incluida la resistencia de carga, con Arduino y otras placas solo se puede medir voltajes, y si ese voltaje varía entre un mínimo y un máximo, solo se puede hacer a través de una entrada analógica.

En estos cálculos se debe conocer el consumo aproximado del aparato que se va a medir permitiendo ajustar la precisión.

Calculo resistencia de carga del SCT-013

El objetivo de es obtener una resistencia que permita leer el voltaje de la corriente que pasa por el sensor SCT-013. Se debe conseguir la máxima resolución posible y para ello se debe conocer la potencia aproximada del aparato o electrodoméstico a medir.

El consumo aproximado en vatios se debe sacar de las características técnicas del electrodoméstico o aparato a medir.

#1 Calculo de la corriente a medir

El siguiente ejemplo, consiste en medir la corriente de un bombillo. Se realiza los cálculos para un bombillo de 75W y un voltaje típico de 120V. Con la fórmula de potencia, se calcula la corriente.

$$P = V * I_{RMS} \quad (B.1)$$

$$I_{rms} = \frac{P}{V} \quad (B.2)$$

$$I_{rms} = \frac{75}{120} = 0.625A$$

#2 Convertir la corriente máxima eficaz en corriente de pico

La corriente que se ha obtenido en el paso anterior es corriente eficaz. Ahora hay que convertirla en corriente pico con la siguiente fórmula.

$$I_{RMS} = \frac{I_{pico}}{\sqrt{2}} \quad (B.3)$$

$$I_{pico} = I_{rms} * \sqrt{2} = 0.625 * \sqrt{2} = 0.883A$$

#3 Calcular la corriente de pico en el devanado secundario

Con la fórmula de relación de transformación, se puede calcular la corriente pico en el devanado secundario.

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p} \quad (B.4)$$

$$I_s = \frac{N_p * I_p}{N_s} = \frac{1 * 0.883}{2000} = 0.0004415$$

#4 Maximizar la resolución con el máximo valor de la entrada analógica

En este punto entra en juego la placa que se utilice, depende de cada placa la referencia interna de la entrada analógica. Esta referencia se llama AREF e informa el voltaje máximo que se puede medir en una entrada analógica. Arduino UNO utiliza 5V. Se aplica la ley de Ohm, pero utilizando la mitad del voltaje. Lo que se ha hecho en los pasos anteriores es calcular la corriente pico lo que significa que todavía se tiene una onda sinusoidal que varía de positivo a negativo.

El objetivo es ajustar la resistencia para que se cumpla la Ley de Ohm y se tenga un voltaje entre 2,5V y -2,5V ya que la corriente se tiene fija. Por eso, en la siguiente formula, se divide AREF entre dos.

$$R_{carga} = \frac{\frac{A_{ref}}{2}}{I_s} \quad (B.5)$$

$$R_{carga} = \frac{\frac{5}{2}}{0.0004415} = 5.6 \Omega$$

#5 Obtener el valor coherente para la resistencia de carga

El valor de la resistencia de carga es de 5.6Ω, cuando la resistencia arroja un valor no comercial, se debe utilizar varias resistencias comunes en serie o paralelo para encontrar un valor aproximado, siempre se debe tomar por debajo del valor calculado, esto evitará que se salga del límite de voltaje establecido por AREF ya que se puede llegar a dañar la placa de desarrollo con el sensor SCT-013.

En la resistencia de carga se obtiene un voltaje que varía de 2,5V a -2,5V, siendo una señal sinusoidal. El problema es que Arduino no puede leer voltajes negativos. Así que se tiene que modificar la señal para que pase a estar en el rango de 0V a

5V. Esto se hace añadiendo un offset en DC a nuestra señal. Se realiza a través de un circuito conocido como circuito offset en DC. Básicamente consiste en poner un divisor de tensión y un condensador. El condensador tiene que ser de $10\mu\text{F}$ y unos pocos cientos de voltios. Esto hace que la reactancia sea baja y la corriente alterna evite la resistencia. El valor de las resistencias del divisor de tensión puede ser $10\text{k}\Omega$ siempre y cuando se alimente a través de la red eléctrica. Si su dispositivo va a funcionar con pilas se utiliza una resistencia de $470\text{k}\Omega$ para que el consumo sea mínimo.

Calculó de la resistencia de carga para el transmisor de alta potencia Unicauca Estéreo

$$P = 7.5\text{KW}$$

$$V = 120$$

Cálculo de la corriente.

$$P = V * I_{RMS}$$

$$I_{rms} = \frac{P}{V}$$

$$I_{rms} = \frac{75000}{120} = 625\text{A}$$

#2 Convertir la corriente máxima eficaz en corriente de pico

$$I_{RMS} = \frac{I_{pico}}{\sqrt{2}}$$

$$I_{pico} = I_{rms} * \sqrt{2} = 625 * \sqrt{2} = 883.88\text{A}$$

#3 Calcular la corriente de pico en el devanado secundario

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

$$I_s = \frac{N_p * I_p}{N_s} = \frac{1 * 883.88}{2000} = 0.4419$$

#4 Maximizar la resolución con el máximo valor de la entrada analógica

$$R_{carga} = \frac{\frac{A_{ref}}{2}}{I_s} = \frac{\frac{5}{2}}{0.04419} = 5.6 \Omega$$

Calibración del sensor de corriente alterna SCT-013

Se debe calibrar el sensor para mejorar la precisión. Hay una relación directamente proporcional entre precisión y precio, entre más preciso el sensor este es más costoso, hay tres factores importantes para tener en cuenta y que influyen en la precisión:

La relación de transferencia del transformador.

El valor de la resistencia de carga y su tolerancia.

La precisión del ADC a la hora de medir el voltaje en la resistencia de carga.

Esta parte es muy importante para tener datos satisfactorios de consumo, con el sensor SCT-013 se puede llegar a reducir el error en aproximadamente diez veces. Hay dos formas de hacerlo: una opción teórica y otra práctica. La idea es empezar con la teórica y luego corregir ese valor con la fase experimental.

Proceso de calibración teórico del SCT-013 es sencillo. Solo es aplicar la siguiente fórmula.

$$F_{calibracion} = \frac{\frac{I_{2RMS}}{I_{1RMS}}}{R_{carga}}$$

Se calcula el factor de calibración dividiendo el factor de transformación (corriente máxima eficaz dividida entre la corriente mínima eficaz) entre la resistencia de carga. El factor de calibración es un valor que se tiene que calcular para corregir errores de diferentes tipos como la tolerancia de la resistencia de carga o del propio sensor.

El resultado será el valor que se debe poner en el sketch del SCT-013. Si se sustituye el valor para la resistencia de carga que se ha calculado quedara de la siguiente manera:

$$F_{calibracion} = \frac{\frac{I_{2RMS}}{I_{1RMS}}}{R_{carga}} = \frac{100}{\frac{0.05}{5.6}} = 357.1$$

Ya se tiene algo por dónde empezar, para asegurarse de que realmente este factor de calibración es el adecuado se toma el valor de la corriente de cada fase del tablero de distribución con una pinza amperimétrica, y de acuerdo a estos valores se ajusta el factor de calibración.

```
energyMonitor0.current(0, 357.1);
energyMonitor1.current(1, 357.1);
energyMonitor2.current(2, 357.1);
```

Figura D.1 Calibración sensor de corriente por software

Fuente: Elaboración Propia

Corriente Línea 1: Se ubica la pinza amperimétrica en la línea 1 midiendo una corriente de 16.1A. La línea de programación `energyMonitor0.current(0, 6.3)` es la que se utiliza para la calibración del sensor, donde 0 corresponde al pin analógico del Arduino donde se conecta el sensor, y el valor de 6.3 corresponde al factor de calibración con el cual el sensor mide una corriente de 16.13A, coincidiendo con la muestra de la pinza amperimétrica.



Figura D.2 Calibración corriente L1

Fuente: Elaboración Propia

Corriente Línea 2: La corriente medida en la línea 2 de acuerdo a la pinza amperimétrica es de 15.8A, el sensor se conecta al pin analógico 1 del Arduino Uno y el factor de calibración es de 6.2.



Figura D.3 Calibración corriente L2

Fuente: Elaboración Propia

Corriente Línea 3: La corriente medida en la línea 3 es de 15.8A, el sensor se conecta en el pin analógico 2 y el factor de calibración es de 6.15.



Figura D.4 Calibración corriente L3

Fuente: Elaboración Propia

Anexo E. Código de programación nodo coordinador

Este anexo da a conocer la programación del nodo coordinador y su respectiva explicación.

En la figura E.1 se declaran librerías de funcionamiento para el módulo NR24L01, la LCD, y el módulo SIM900.

```
#include <SPI.h>
#include "nRF24L01.h"
#include "RF24.h"
#include <SoftwareSerial.h>
#include <String.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
```

Figura E.1 Declaración de librerías

Fuente: Elaboración Propia

En la figura E.2, se da a conocer la declaración de canales de escritura y lectura. Se declara el vector **fun** y se asigna los caracteres de identificación “**V**” y “**L**” con los cuales el coordinador solicita los datos a los dos nodos, también se declaran los vectores donde se almacenan los datos recibidos.

```

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);
RF24 radio(9, 10);
SoftwareSerial Sim900Serial(5, 6);

char incoming_char = 0;
char cadenasenal[2];

byte canal_ETH[6] = {'l', 'i', 'n', 'e', 'a', '1'};
byte canal_LTH[6] = {'l', 'i', 'n', 'e', 'a', '2'};

byte canal_EC[6] = {'l', 'i', 'n', 'e', 'a', '3'};
byte canal_LC[6] = {'l', 'i', 'n', 'e', 'a', '4'};

char fun[2] = {'V', 'L'};
float datosTH[2] = {0.0, 0.0};
float datosCI[3] = {0.0, 0.0, 0.0};
float datosVA[5] = {0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0};
char temp[5], hum[5], cil[5], ci2[5], ci3[5];
int control = 0;
int valTH = 0;
int valCS = 0;

```

Figura E.2 Declaración de canal de escritura, lectura y variables

Fuente: Elaboración Propia

En la figura E.3, la función **inicioLCD**, inicializa los parámetros necesarios para escribir en la LCD, y la función **inicioRadio** inicia los parámetros de configuración del módulo NRF24L01.

```
void inicioLCD() {  
  lcd.init();  
  lcd.backlight();  
  lcd.setCursor(0, 0);  
  lcd.print("-----");  
  lcd.setCursor(2, 1);  
  lcd.print("NRF24L01 - SCT ");  
  lcd.setCursor(2, 2);  
  lcd.print("DHT22 - SIM900 ");  
  lcd.setCursor(0, 3);  
  lcd.print("-----");  
  delay(3000);  
  lcd.clear();  
  delay(1000);  
}  
  
void inicioRadio() {  
  radio.begin();  
  radio.setChannel(69);  
  radio.setChannel(80);  
  radio.setRetries(15, 15);  
  radio.openWritingPipe(canal_ETH);  
  radio.openReadingPipe(0, canal_LTH);  
  radio.openWritingPipe(canal_EC);  
  radio.openReadingPipe(1, canal_LC);  
}
```

Figura E.3 Funciones de configuración de NRF24L01 y LCD

Fuente: Elaboración Propia

En la figura E.4, se declaran funciones para configurar la comunicación I2C, encendido por software del módulo SIM900 y comunicación de parámetro de funcionamiento.

```

void inicioI2C () {
  Wire.begin(1);
  Wire.onRequest(pasoDatos);
}

void encenderSIM900 ()
{
  pinMode(7, OUTPUT);
  digitalWrite(7, LOW);
  delay(1000);
  digitalWrite(7, HIGH);
  delay(2000);
}

void inicioSIM900 () {
  Sim900Serial.begin(19200);
  delay(20000);
}

```

Figura E.4 Funciones de configuración de comunicación I2C y SIM900

Fuente: Elaboración Propia

En la figura E.5, se llaman cada una de las funciones de configuración de cada uno de los dispositivos.

```

void setup () {
  Serial.begin(19200);
  pinMode(9, OUTPUT);
  pinMode(10, OUTPUT);
  inicioRadio ();
  inicioLCD ();
  inicioI2C ();
  encenderSIM900 ();
  inicioSIM900 ();
}

```

Figura E.5 Llamado de funciones

Fuente: Elaboración Propia

En la figura E.6, en la función loop, se abre el canal de comunicación del nodo temperatura, el coordinador solicita el dato, lo recibe y lo muestra en la LCD, en caso de que haya pérdida de conexión entre este nodo y el nodo coordinador, se genera una alerta por medio de mensajes de texto: "Nodo TH fuera de servicio". Seguidamente se abre el canal de comunicación del nodo corriente y el coordinador solicita el dato, lo recibe y lo muestra en la LCD, en caso de pérdida de conexión entre estos dos nodos, se envía una alerta por mensaje de texto: "Nodo CS fuera de servicio". Después de la recepción de los datos, se realiza la transmisión hacia la plataforma web.

```

void loop() {
  if (control == 1) {
    radio.setChannel(69);
    int CTH = 0;
    while (CTH <= 2){
      obtenerTH();
      if(datosVA[0] == 0){
        CTH = CTH +1;
      }else {
        CTH = 3;
      }
    }
    verTH();
    delay(4000); //4000
    int CCS = 0;
    radio.setChannel(118);
    while (CCS <= 2){
      obtenerCS();
      if(datosVA[2] == 0){
        CCS = CCS +1;
      }else {
        CCS = 3;
      }
    }
    verCS();
    delay(20); //1000
    Serial.print("valor valTH ");
    Serial.println(valTH);
    Serial.print("valor valCS ");
    Serial.println(valCS);
    envioDatos();
    delay(10000);
  }
}

```

Figura E.6 Solicitud de datos a los nodos

Fuente: Elaboración Propia

En la figura E.7, con la función **obtenerTH**, el coordinador obtiene los datos de temperatura y humedad, la función **verTH** es quien permite la escritura de los datos en la LCD. En caso que el coordinador no reciba alguna respuesta se llama a la función **envioMensaje_temperatura_off**, la cual genera una alerta por mensaje de texto.

```

void obtenerTH() {
  Serial.print("Solicito Dato N1: ");
  radio.setChannel(69);
  radio.stopListening();
  delay(1000); //800
  bool nl = radio.write(&fun[0], sizeof(fun[0]));
  if (nl)
    Serial.println("ok");
  else
    Serial.println("failed ");

  radio.startListening();
  //delay(500); //800
  unsigned long latencia = millis();
  bool timeoutTH = false;
  while (!radio.available() && !timeoutTH)
    if (millis() - latencia > 20000)
      timeoutTH = true;
  if (timeoutTH) {
    Serial.println("Sin conexion N1");
    datosVA[0] = 0 ;
    datosVA[1] = 0 ;
    valTH = 1;
    envioMensaje_temperatura_off();
  } else {
    radio.read(&datosTH, sizeof(datosTH));
    datosVA[0] = datosTH[0];
    datosVA[1] = datosTH[1];
    valTH = 0;
  }
}

void verTH() {
  lcd.setCursor(0, 0); lcd.print("Temp:");
  lcd.setCursor(4, 0); lcd.print(datosVA[0]);

  lcd.setCursor(11, 0); lcd.print("Hum:");
  lcd.setCursor(15, 0); lcd.print(datosVA[1]);
}

```

Figura E.7 Función de solicitud de datos al nodo de temperatura y humedad

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a la figura E.8, se llama a la función **validarTH**, la cual, valida el rango de temperatura y humedad, si la temperatura es mayor que 40°C genera una alerta por medio de un mensaje de texto, lo mismo ocurre con la humedad, pero si es mayor que 80 %.

```
    validarTH();  
}  
  
void validarTH() {  
    if (valTH == 0) {  
        if (datosVA[0] > 40) {  
            envioMensaje_temperatura();  
        }  
        if (datosVA[1] > 80) {  
            envioMensaje_humedad();  
        }  
    }  
}
```

Figura E.8 Validación de temperatura y humedad

Fuente: Elaboración propia

En la figura E.9, la función **obtenerCS**, obtiene los datos de corriente, la función **verCS** se encarga de escribir los datos en la LCD, si no hay respuesta por parte del nodo se llama a la función **envioMensaje_Corrientes_off**, la cual permite generar una alerta por mensaje de texto.

```

void obtenerCS() {
  Serial.print("Solicito Dato N2: ");
  radio.setChannel(118);
  radio.stopListening();
  delay(500); //900
  bool n2 = radio.write(&fun[1], sizeof(fun[1]));
  if (n2)
    Serial.println("ok");
  else
    Serial.println("failed ");

  radio.startListening();
  // delay(1000); //900
  unsigned long latencia = millis();
  bool timeoutCS = false;
  while (!radio.available() && !timeoutCS)
    if (millis() - latencia > 9000)
      timeoutCS = true;
  if (timeoutCS) {
    Serial.println("Sin conexion N2");
    datosVA[2] = 0;
    datosVA[3] = 0;
    datosVA[4] = 0;
    valCS = 1;
    envioMensaje_Corrientes_off();
  } else {
    radio.read(&datosCI, sizeof(datosCI));
    datosVA[2] = datosCI[0];
    datosVA[3] = datosCI[1];
    datosVA[4] = datosCI[2];
    valCS = 0;
  }
}

void verCS() {
  lcd.setCursor(0, 1);   lcd.print("Current1 = ");
  lcd.setCursor(11, 1);  lcd.print(datosVA[2]);

  lcd.setCursor(0, 2);   lcd.print("Current2 = ");
  lcd.setCursor(11, 2);  lcd.print(datosVA[3]);

  lcd.setCursor(0, 3);   lcd.print("Current3 = ");
  lcd.setCursor(11, 3);  lcd.print(datosVA[4]);
}

```

Figura E.9 Función de solicitud de datos al nodo de corrientes

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a la figura E.10, se llama a la función validarCS(), la cual, valida el valor de las corrientes, si las corrientes son menores a 1A, se genera una alerta por medio de un mensaje de texto.

```

    validarCS();
}

void validarCS() {
    if (valCS == 0) {
        if (datosVA[2] < 1 || datosVA[3] < 1 || datosVA[4] < 1)
        {
            envioMensaje_Corrientes();
        }
    }
}
}
}

```

Figura E.10 Validación datos de corriente

Fuente: Elaboración propia

En la figura E.11, la función convierte los datos almacenados de cada una de las variables en tipo cadena para ser enviados por medio de la comunicación I2C.

```

}void pasoDatos() {
    control = 1;

    dtostrf(datosVA[0], 5, 1, temp);
    Wire.write(temp);
    Wire.write(";");

    dtostrf(datosVA[1], 5, 1, hum);
    Wire.write(hum);
    Wire.write(";");

    dtostrf(datosVA[2], 5, 1, cil);
    Wire.write(cil);
    Wire.write(";");

    dtostrf(datosVA[3], 5, 1, ci2);
    Wire.write(ci2);
    Wire.write(";");

    dtostrf(datosVA[4], 5, 1, ci3);
    Wire.write(ci3);
}
}

```

Figura E.11 Comunicación I2C

Fuente: Elaboración Propia

En la figura E.12, la función **envioDatos**, realiza la conexión del módulo SIM900 a la red móvil por medio de comandos AT.

```
void envioDatos() {
  Sim900Serial.println("AT+CIPSTATUS");
  delay(2000);
  mostrarDatosSeriales();
  Sim900Serial.println("AT+CIPMUX=0");
  delay(3000);
  mostrarDatosSeriales();
  Sim900Serial.println("AT+CSQ");
  delay(1000);
  verSenal();
  //Sim900Serial.println("AT+CSTT=\"web.colombiamovil.com.co\"");
  Sim900Serial.println("AT+CSTT=\"internet.comcel.com.co\"");
  delay(2000);
  mostrarDatosSeriales();
  Sim900Serial.println("AT+CIICR");
  delay(3000);
  mostrarDatosSeriales();
  Sim900Serial.println("AT+CIFSR");
  delay(2000);
  mostrarDatosSeriales();
  Sim900Serial.println("AT+CIPSPRT=0");
  delay(3000);
  mostrarDatosSeriales();
  Sim900Serial.println("AT+CIPSTART=\"TCP\", \"api.thingspeak.com\", \"80\"");
  delay(5000);
  mostrarDatosSeriales();
  Sim900Serial.println("AT+CIPSEND");
  delay(4000);
  mostrarDatosSeriales();
  Sim900Serial.println(trama());
  delay(4000);
  mostrarDatosSeriales();
  Sim900Serial.println((char)26);
  delay(5000);
  mostrarDatosSeriales();
  Sim900Serial.println("AT+CIPSHUT");
  delay(5000);
  mostrarDatosSeriales();
  control = 0;
}
```

Figura E.12 Comunicación SIM900 a la red móvil

Fuente: Elaboración Propia

En la figura E.13, la función organiza la trama de datos para su posterior envío a la plataforma web.

```
String trama() {
    String datos = "";
} if (valTH == 1 && valCS == 1) {
    // datos = "GET https://api.thingspeak.com/update?api_key=HKAWTW2EWE9C5F72&field1=null&field2=null&field3=null&field4=null&field5=null&field6=" + String(cadenasenal[0]) + String(c
    datos = "GET https://api.thingspeak.com/update?api_key=HKAWTW2EWE9C5F72&field1=" + String(datosVA[0]) + "&field2=" + String(datosVA[1]) + "&field3=" + String(datosVA[2])
    + "&field4=" + String(datosVA[3]) + "&field5=" + String(datosVA[4]) + "&field6=" + String(cadenasenal[0]) + String(cadenasenal[1]);
    } else if (valTH == 0 && valCS == 1) {
    datos = "GET https://api.thingspeak.com/update?api_key=HKAWTW2EWE9C5F72&field1=" + String(datosVA[0]) + "&field2=" + String(datosVA[1])
    + "&field3=null&field4=null&field5=null&field6=" + String(cadenasenal[0]) + String(cadenasenal[1]);
    } else if (valTH == 1 && valCS == 0) {
    datos = "GET https://api.thingspeak.com/update?api_key=HKAWTW2EWE9C5F72&field1=null&field2=null&field3=" + String(datosVA[2]) + "&field4=" + String(datosVA[3])
    + "&field5=" + String(datosVA[4]) + "&field6=" + String(cadenasenal[0]) + String(cadenasenal[1]);
    } else {
    datos = "GET https://api.thingspeak.com/update?api_key=HKAWTW2EWE9C5F72&field1=" + String(datosVA[0]) + "&field2=" + String(datosVA[1]) +
    "&field3=" + String(datosVA[2]) + "&field4=" + String(datosVA[3]) + "&field5=" + String(datosVA[4]) + "&field6=" + String(cadenasenal[0]) + String(cadenasenal[1]);
    }
} return datos;
}
```

Figura E.13 Organización de trama de datos

Fuente: Elaboración Propia

En la figura E.14, se presentan las funciones donde el módulo GSM envía las alertas presentadas por los nodos de temperatura - humedad, y corriente cuando están fuera de servicio.

```

void envioMensaje_temperatura_off() {
  Sim900Serial.print("AT+CMGF=1\r");
  delay(1000);
  Sim900Serial.println("AT + CMGS = \"573104774111\");
  delay(1000);
  Sim900Serial.println("Nodo TH fuera de servicio");

  Sim900Serial.println((char)26);
  delay(1000);
  Sim900Serial.println();
  delay(5000);
  Serial.println("SMS enviado");
}
void envioMensaje_Corrientes_off() {
  Sim900Serial.print("AT+CMGF=1\r");
  delay(1000);
  Sim900Serial.println("AT + CMGS = \"573104774111\");
  delay(1000);
  Sim900Serial.println("Nodo CS fuera de servicio");
  delay(1000);
  Sim900Serial.println((char)26);
  delay(1000);
  Sim900Serial.println();
  delay(5000);
  Serial.println("SMS enviado");
}

```

Figura E.14 Funciones de alertas de mensajes de texto

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a la figura E.15, se dan a conocer las funciones que se encargan de generar las alertas cuando la temperatura, humedad y corrientes no se encuentran dentro del rango de operación

```

void envioMensaje_temperatura() {
    Sim900Serial.print("AT+CMGF=1\r");
    delay(1000);
    Sim900Serial.println("AT + CMGS = \"573113246798\");
    delay(1000);
    Sim900Serial.println("Temperatura:");
    Sim900Serial.println((datosVA[0]));
    Sim900Serial.println((char)26);
    delay(1000);
    Sim900Serial.println();
    delay(5000);
    Serial.println("SMS enviado");
}

void envioMensaje_humedad() {
    Sim900Serial.print("AT+CMGF=1\r");
    delay(1000);
    Sim900Serial.println("AT + CMGS = \"573113246798\");
    Sim900Serial.println("Humedad: ");
    delay(1000);
    Sim900Serial.println((datosVA[1]));
    delay(1000);
    Sim900Serial.println((char)26);
    delay(1000);
    Sim900Serial.println();
    delay(5000);
    Serial.println("SMS enviado");
}

void envioMensaje_Corrientes() {
    Sim900Serial.print("AT+CMGF=1\r");
    delay(1000);
    Sim900Serial.println("AT + CMGS = \"573113246798\");
    delay(1000);
    Sim900Serial.println("Corrientes:");
    Sim900Serial.println((datosVA[2]));
    Sim900Serial.println((datosVA[3]));
    Sim900Serial.println((datosVA[4]));
    delay(1000);
    Sim900Serial.println((char)26);
    delay(1000);
    Sim900Serial.println();
    delay(5000);
    Serial.println("SMS enviado");
}

```

Figura E.15 Generación de alertas vía mensajes de texto

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la figura E16, se declaran librerías para el funcionamiento del módulo MicroSD y RTC.

```
#include <SPI.h>
#include <SD.h>
#include <Wire.h>
#include <ThreeWire.h>
#include <RtcDS1302.h>
#define SSpin 10
#define countof(a) (sizeof(a) / sizeof(a[0]))

ThreeWire myWire(4, 5, 2);
RtcDS1302<ThreeWire> Rtc(myWire);
```

Figura E.16 Declaración de librerías

Fuente: Elaboración Propia

En la figura E.17, se realiza la configuración del módulo MicroSD y RTC. Se crea el archivo Datos.txt en el cual se escriben los datos obtenidos de los sensores de temperatura, humedad y corrientes, se configura hora y fecha actual y comprobación de MicroSD instalada.

```

File archivo;

void setup() {
  Serial.begin(19200);
  if (!SD.begin(SSpin)) {
    Serial.println("No se pudo iniciar SD");
    return;
  }
  Serial.println("SD Inicida");
  archivo = SD.open("Datos.txt", FILE_WRITE);

  if (archivo) {
    archivo.print("Fecha y Hora");
    archivo.print(";");
    archivo.print("Temperatura");
    archivo.print(";");
    archivo.print("Humedad");
    archivo.print(";");
    archivo.print("Corriente1");
    archivo.print(";");
    archivo.print("Corriente2");
    archivo.print(";");
    archivo.print("Corriente3");
    archivo.print(";");
    archivo.println("senal");
    archivo.close();
  } else {
    Serial.println("Error al abrir el archivo");
  }

  Rtc.Begin();
  RtcDateTime compiled = RtcDateTime(__DATE__, __TIME__);
  Wire.begin();
}

```

Figura E.17 Configuración archivo TXT, fecha y hora

Fuente: Elaboración Propia

En la figura E.18, se muestra cómo se obtiene fecha y hora, posteriormente se abre el archivo Datos.txt, y se escriben los datos de los sensores.

```

void loop() {
  RtcDateTime now = Rtc.GetDateTime();
  if (!now.IsValid())
  {
    Serial.println("RTC Perdida de integridad en el dato");
  } else {
    char datestring[20];
    snprintf_P(datestring, countof(datestring), PSTR("%02u/%02u/%04u;%02u:%02u:%02u"),
               now.Day(), now.Month(), now.Year(), now.Hour(), now.Minute(), now.Second());

    Wire.requestFrom(1, 31);
    String cadena,senal;

    archivo = SD.open("Datos.txt", FILE_WRITE);

    if (archivo) {
      archivo.print(datestring);
      archivo.print(";");
      archivo.print(cadena);
      archivo.print(";");
      archivo.println(senal);
      archivo.close();
      Serial.println(String(datestring) + ";" + cadena + ";" );
    } else {
      Serial.println("Error al abrir el archivo");
    }
  }
  delay(60000);
}

```

Figura E.18 Escritura de datos en el archivo TXT

Fuente: Elaboración Propia

Descargue el código del coordinador en la siguiente url:
<https://drive.google.com/drive/folders/1KshyraPBOL5CVXAwFYWqdd043HgPLjAr>

Anexo F. Creación y configuración cuenta ThingSpeak

En el presente Anexo se expone los pasos a seguir para crear y configurar una cuenta en la plataforma web ThingSpeak. Lo primero es crear una cuenta de correo, para nuestro caso maestriatelecomunicaciones02@gmail.com con password: Admin_12345*.

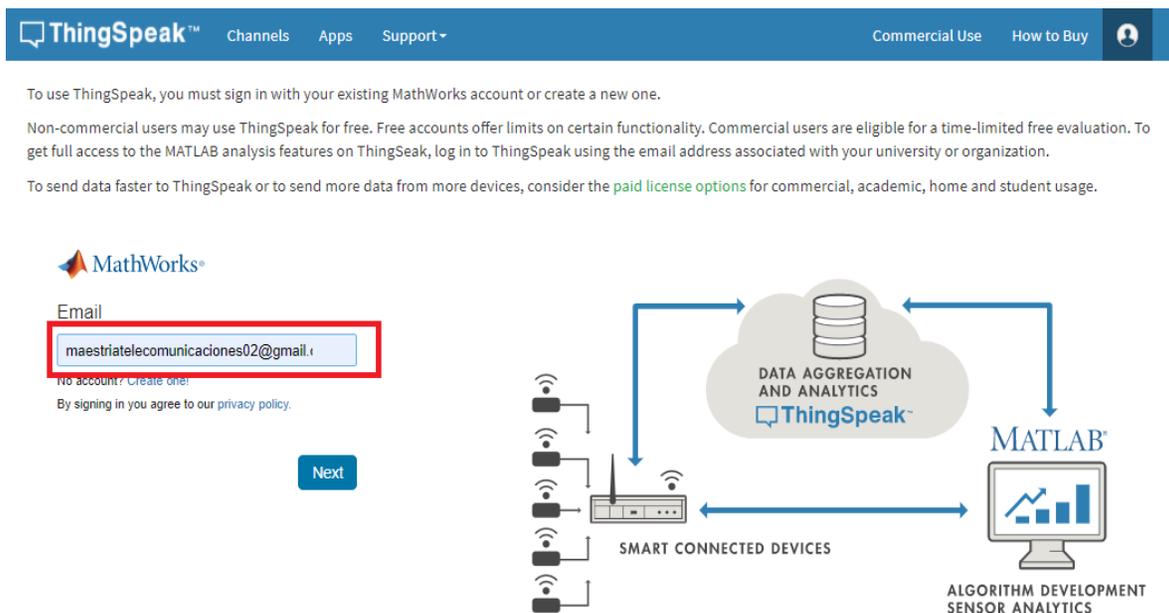


Figura F.1 Inicio de sesión ThingSpeak

Fuente: Elaboración Propia

Cuando se realiza la autenticación en la plataforma, se encuentra una interfaz como la de la figura F.2, en la pestaña channels se selecciona My Channels.

Figura F.2 Creación del canal
Fuente: Elaboración Propia

Después de seleccionar My Channels, se abre una interfaz como la de la figura F.3

Figura F.3 Canal del sistema de monitoreo creado
Fuente: Elaboración Propia

Seleccionar nuevo canal y configurar los diferentes parámetros del canal:

Name: Nombre del canal “Sistema de monitoreo de Unicauca Estéreo”.

Descripción: Una breve descripción del funcionamiento del canal.

The screenshot shows the ThingSpeak interface for a channel named "Sistema de Monitoreo Unicauca Estereo". The channel ID is 1141158, the author is mwa0000019411606, and the access is Private. The channel description is "Monitoreo de variables de temperatura, humedad y corriente del transmisor de potencia de Unicauca Estéreo". The channel is currently in Private View. The settings page shows the channel name and description fields, both containing the same text as the channel page. The "Percentage complete" is 70%. The "Help" section on the right explains that channels store all data in eight fields that can hold status data. The "Channel Settings" section on the right lists the "Percentage complete" field as a required field.

ThingSpeak™ Channels Apps Support

Sistema de Monitoreo Unicauca Estereo

Channel ID: **1141158**
 Author: [mwa0000019411606](#)
 Access: Private

Monitoreo de variables de temperatura, humedad y corriente del transmisor de potencia de Unicauca Estéreo
 temperatura, humedad, corriente_1, corriente_2, corriente_3, señal

Private View Public View Channel Settings Sharing API Keys Data Import / Export

Channel Settings

Percentage complete 70%

Channel ID 1141158

Name Sistema de Monitoreo Unicauca Estereo

Description Monitoreo de variables de temperatura, humedad y corriente del transmisor de potencia de

Help

Channels store all the data in eight fields that can hold status data. Once you collect data, you can visualize it.

Channel Settings

- Percentage complete: Required field. Enter the percentage complete for the channel.

Figura F.4 Configuración parámetros del canal

Fuente: Elaboración Propia

Seguidamente se configura los campos de los datos: temperatura, humedad, corriente_1, corriente_2, corriente_3, por último, se guardan los cambios.

Field	Value	Status
Field 1	Temperatura	<input checked="" type="checkbox"/>
Field 2	Humedad	<input checked="" type="checkbox"/>
Field 3	Corriente_1	<input checked="" type="checkbox"/>
Field 4	Corriente_2	<input checked="" type="checkbox"/>
Field 5	Corriente_3	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura F.5 Configuración campos del canal
Fuente: Elaboración Propia

Selecciona my channel y el nombre del canal.

My Channels

New Channel

Search by tag

Name	Created	Updated
<input checked="" type="checkbox"/> Sistema de Monitoreo Unicauca Estereo temperatura, humedad, corriente_1, corriente_2, corriente_3, señal	2020-09-10	2020-10-14 21:30

Private Public Settings Sharing API Keys Data Import / Export

Figura F.6 Selección del canal.
Fuente: Elaboración Propia

Después de seleccionar el canal, se muestra una interfaz como la de la figura F.7 donde se observa el nombre del canal, la descripción del canal y las gráficas de los datos a obtener.



Figura F.7 Interfaz de visualización de datos

Fuente: Elaboración Propia

Para exportar los datos desde la plataforma web selecciona la pestaña data Import/Export.

ThingSpeak™ Channels Apps Support

Sistema de Monitoreo Unicauca Estereo

Channel ID: **1141158**
Author: [mwa0000019411606](#)
Access: Private

Monitoreo de variables de temperatura, humedad y corriente del transmisor de potencia de Unicauca Estéreo

🔗 [temperatura, humedad, corriente_1, corriente_2, corriente_3, señal](#)

Private View Public View Channel Settings Sharing API Keys **Data Import / Export**

+ Add Visualizations + Add Widgets Export recent data

Channel Stats

Created: [2 months ago](#)
Last entry: [about 2 hours ago](#)
Entries: 34504

Figura F.8 Exportando datos

Fuente: Elaboración Propia

Después de seleccionar la pestaña export, se escoge la zona horaria, clic en descargar. Se descarga un archivo .CSV con el historial de los datos.

Channel ID: 1141158
 Author: mwa0000019411606
 Access: Private

Monitoreo de variables de temperatura, humedad y corriente del transmisor de potencia de Unicauca Estéreo
 temperatura, humedad, corriente_1, corriente_2, corriente_3, señal

Private View Public View Channel Settings Sharing API Keys Data Import / Export

Import
 Upload a CSV file to import data into this channel.

File
 Time Zone

(GMT-07:00) Mazatlan
 (GMT-07:00) Mountain Time (US & Canada)
 (GMT-06:00) Central America
 (GMT-06:00) Central Time (US & Canada)
 (GMT-06:00) Guadalajara
 (GMT-06:00) Mexico City
 (GMT-06:00) Monterrey
 (GMT-06:00) Saskatchewan
 (GMT-05:00) Bogota
 (GMT-05:00) Eastern Time (US & Canada)
 (GMT-05:00) Indiana (East)
 (GMT-05:00) Lima
 (GMT-05:00) Quito
 (GMT-04:00) Atlantic Time (Canada)
 (GMT-04:00) Caracas
 (GMT-04:00) Georgetown
 (GMT-04:00) La Paz
 (GMT-04:00) Puerto Rico
 (GMT-04:00) Santiago
 (GMT-03:30) Newfoundland
 (GMT+00:00) UTC

Export
 Download all of this channel's data.

Time Zone

Download

Help
Import
 The correct format for data import is provided in this [CSV Import Template File](#). Use the field names *field1*, *field2*, and so on, instead of custom field names.

CSV Import Format

```
datetime,field1,field3,field4,field8,elevation
2019-01-01T10:11:12-05:00,11,33,44,88,10
```

Other Import and Export Options
 You can also use MATLAB, the REST API, or the MQTT API to import and export channel data.
[Read Data](#)
[Write Data](#)

Figura F.9 Datos exportados

Fuente: Elaboración Propia

Anexo G. Datos de temperatura y humedad

En este anexo se da a conocer la tabla comparativa de los datos de temperatura y humedad almacenados en la microSD y plataforma web.

Fecha y Hora	Temperatura	Humedad	Fecha y Hora	Temperatura	Humedad
16/09/2020 13:16	26,3	59,5	09/16/2020 1:17:36 p. m.	26,2	60,8
16/09/2020 13:19	26,2	60,6	09/16/2020 1:20:36 p. m.	26,3	59,5
16/09/2020 13:22	26,2	59,7	09/16/2020 1:23:36 p. m.	26,2	60,6
16/09/2020 13:25	25,0	58,3	09/16/2020 1:26:36 p. m.	26,2	59,7
16/09/2020 13:28	25,0	57,9	09/16/2020 1:29:36 p. m.	25,0	58,3
16/09/2020 13:31	24,9	57,6	09/16/2020 1:32:36 p. m.	25,0	57,9
16/09/2020 13:34	25,0	58,2	09/16/2020 1:35:36 p. m.	24,9	57,6
16/09/2020 13:37	25,0	58,4	09/16/2020 1:38:36 p. m.	25,0	58,2
16/09/2020 13:40	25,1	59,1	09/16/2020 1:41:36 p. m.	25,0	58,4
16/09/2020 13:43	25,0	59,0	09/16/2020 1:44:36 p. m.	25,1	59,1
16/09/2020 13:46	25,0	59,4	09/16/2020 1:47:36 p. m.	25,0	59
16/09/2020 13:49	25,0	58,2	09/16/2020 1:50:36 p. m.	25,0	59,4
16/09/2020 13:52	25,1	58,5	09/16/2020 1:53:36 p. m.	25,0	58,2
16/09/2020 13:55	31,0	55,5	09/16/2020 1:56:36 p. m.	25,1	58,5
16/09/2020 14:01	27,1	55,8	09/16/2020 1:59:59 p. m.	31,0	55,5
16/09/2020 14:04	26,8	58,7	09/16/2020 2:02:36 p. m.	31,5	47,1
16/09/2020 14:07	26,5	59,2	09/16/2020 2:05:36 p. m.	27,1	55,8
16/09/2020 14:10	26,5	61,2	09/16/2020 2:08:36 p. m.	26,8	58,7
16/09/2020 14:13	26,5	60,5	09/16/2020 2:11:36 p. m.	26,5	59,2
16/09/2020 14:16	25,2	61,4	09/16/2020 2:14:36 p. m.	26,5	61,2
			09/16/2020 2:17:36 p. m.	26,5	60,5
Total, datos	20,0	20,0	Total, datos	21,0	21,0

A) Datos ThingSpeak

B) Datos MicroSD

Tabla G.1 Datos de temperatura y humedad

Fuente: Elaboración Propia

Anexo H. Datos de corrientes

En este anexo se da a conocer la tabla comparativa de los datos de los corrientes almacenados en la microSD y plataforma web.

Fecha y Hora	Corriente e_1	Corriente e_2	Corriente e_3	Fecha y Hora	Corriente e_1	Corriente e_2	Corriente e_3
17/09/2020 19:44	0,38	0,26	0,21	09/17/2020 7:43:14 p. m.	0,38	0,26	0,2
17/09/2020 19:47	0,38	0,26	0,2	09/17/2020 7:46:14 p. m.	0,38	0,26	0,21
17/09/2020 19:50	0,37	0,25	0,2	09/17/2020 7:49:14 p. m.	0,38	0,26	0,21
17/09/2020 19:53	0,38	0,26	0,21	09/17/2020 7:52:14 p. m.	0,38	0,26	0,2
17/09/2020 19:56	0,37	0,26	0,21	09/17/2020 7:55:14 p. m.	0,37	0,25	0,2
17/09/2020 19:59	0,37	0,26	0,2	09/17/2020 7:58:14 p. m.	0,38	0,26	0,21
17/09/2020 20:03	0,37	0,26	0,01	09/17/2020 8:01:14 p. m.	0,37	0,26	0,21
17/09/2020 20:06	0,37	0,26	0,01	09/17/2020 8:04:14 p. m.	0,37	0,26	0,2
17/09/2020 20:08	0,37	0,26	0,22	09/17/2020 8:07:14 p. m.	0,37	0,26	0,01
17/09/2020 20:11	0,38	0,26	0,22	09/17/2020 8:10:14 p. m.	0,37	0,26	0,01
17/09/2020 20:14	0,37	0,26	0,21	09/17/2020 8:13:14 p. m.	0,37	0,26	0,22

17/09/2020				09/17/2020			
20:17	0,38	0,26	0,21	8:16:14 p. m.	0,38	0,26	0,22
17/09/2020				09/17/2020			
20:20	0,38	0,26	0,21	8:19:14 p. m.	0,37	0,26	0,21
17/09/2020				09/17/2020			
20:23	0,37	0,26	0,21	8:22:15 p. m.	0,38	0,26	0,21
17/09/2020				09/17/2020			
20:26	0,37	0,25	0,21	8:25:15 p. m.	0,38	0,26	0,21
17/09/2020				09/17/2020			
20:29	0,37	0,25	0,21	8:28:15 p. m.	0,37	0,26	0,21
17/09/2020				09/17/2020			
20:32	0,37	0,25	0,21	8:31:15 p. m.	0,37	0,25	0,21
17/09/2020				09/17/2020			
20:35	0,36	0,25	0,2	8:34:15 p. m.	0,37	0,25	0,21
17/09/2020				09/17/2020			
20:38	0,36	0,25	0,2	8:37:15 p. m.	0,37	0,25	0,21
17/09/2020				09/17/2020			
20:41	0,37	0,25	0,2	8:40:15 p. m.	0,36	0,25	0,2
17/09/2020				09/17/2020			
20:44	0,37	0,25	0,2	8:43:15 p. m.	0,36	0,25	0,2
Total, datos	21	21	21	Total, datos	21	21	21

A) Datos Plataforma Web

B) Datos MicroSD

Tabla H.1 Datos de corriente

Fuente: Elaboración Propia

Anexo I. Datos de la integración del sistema de monitoreo

En este anexo se da a conocer la tabla comparativa de los datos de temperatura, humedad y corrientes almacenados en la microSD y plataforma web.

Fecha y Hora	Temperatura	Humedad	Corriente_1	Corriente_2	Corriente_3	Fecha y Hora	Temperatura	Humedad	Corriente_1	Corriente_2	Corriente_3
24/09/2020 11:46	25,0	64,7	0,2	0,3	0,4	24/09/2020 11:47	25,0	65,4	0,2	0,3	0,4
24/09/2020 11:49	25,0	64,0	0,2	0,3	0,4	24/09/2020 11:50	25,0	64,7	0,2	0,3	0,4
24/09/2020 11:52	25,1	64,0	0,2	0,3	0,0	24/09/2020 11:53	25,0	64,0	0,2	0,3	0,4
24/09/2020 11:55	25,9	64,9	0,2	0,3	0,4	24/09/2020 11:56	25,1	64,0	0,2	0,3	0,0
24/09/2020 11:58	25,1	64,5	0,2	0,3	0,4	24/09/2020 11:59	25,9	64,9	0,2	0,3	0,4
24/09/2020 12:01	25,0	65,0	0,2	0,3	0,4	24/09/2020 12:02	25,1	64,5	0,2	0,3	0,4
24/09/2020 12:04	25,0	65,0	0,2	0,3	0,4	24/09/2020 12:05	25,0	65,0	0,2	0,3	0,4
24/09/2020 12:07	25,1	64,1	0,2	0,0	0,4	24/09/2020 12:08	25,0	65,0	0,2	0,3	0,4
24/09/2020 12:10	25,8	64,6	0,2	0,3	0,4	24/09/2020 12:11	25,1	64,1	0,2	0,0	0,4

24/09/202						24/09/202					
0 12:13	25,3	63,2	0,2	0,3	0,4	0 12:14	25,8	64,6	0,2	0,3	0,4
24/09/202						24/09/202					
0 12:16	25,5	62,7	0,2	0,3	0,4	0 12:17	25,3	63,2	0,2	0,3	0,4
24/09/202						24/09/202					
0 12:19	25,5	61,9	0,2	0,3	0,4	0 12:20	25,5	62,7	0,2	0,3	0,4
24/09/202						24/09/202					
0 12:22	25,5	61,2	0,2	0,3	0,4	0 12:23	25,5	61,9	0,2	0,3	0,4
24/09/202						24/09/202					
0 12:25	25,6	62,1	0,0	0,3	0,4	0 12:26	25,5	61,2	0,2	0,3	0,4
24/09/202						24/09/202					
0 12:28	25,6	62,1	0,0	0,3	0,4	0 12:29	25,6	62,1	0,0	0,3	0,4
24/09/202						24/09/202					
0 12:31	25,8	61,9	0,2	0,3	0,4	0 12:32	25,6	62,1	0,0	0,3	0,4
24/09/202						24/09/202					
0 12:34	31,7	61,7	0,2	0,3	0,4	0 12:35	25,8	61,9	0,2	0,3	0,4
24/09/202						24/09/202					
0 12:37	31,7	61,7	0,2	0,3	0,4	0 12:38	31,7	61,7	0,2	0,3	0,4
24/09/202						24/09/202					
0 12:40	39,9	28,2	0,2	0,3	0,4	0 12:41	31,7	61,7	0,2	0,3	0,4
24/09/202						24/09/202					
0 12:43	30,6	44,5	0,2	0,3	0,4	0 12:44	39,9	28,2	0,2	0,3	0,4
24/09/202						24/09/202					
0 12:46	15,2	38,3	0,2	0,3	0,4	0 12:47	30,6	44,5	0,2	0,3	0,4
24/09/202						24/09/202					
0 12:49	10,4	77,3	0,2	0,3	0,4	0 12:50	15,2	38,3	0,2	0,3	0,4
24/09/202						24/09/202					
0 12:52	17,3	99,9	0,2	0,3	0,4	0 12:53	10,4	77,3	0,2	0,3	0,4
24/09/202						24/09/202					
0 12:55	18,8	89,8	0,2	0,3	0,4	0 12:56	17,3	99,9	0,2	0,3	0,4
24/09/202						24/09/202					
0 12:58	28,7	71,7	0,2	0,3	0,4	0 12:59	18,8	89,8	0,2	0,3	0,4
24/09/202						24/09/202					
0 13:01	32,8	51,6	0,2	0,3	0,4	0 13:02	28,7	71,7	0,2	0,3	0,4

24/09/2020 13:04	32,8	51,6	0,2	0,3	0,4	24/09/2020 13:05	32,8	51,6	0,2	0,3	0,4
24/09/2020 13:07	25,9	61,5	0,2	0,3	0,4	24/09/2020 13:08	32,8	51,6	0,2	0,3	0,4
24/09/2020 13:10	24,3	71,7	0,2	0,3	0,4	24/09/2020 13:11	25,9	61,5	0,2	0,3	0,4
24/09/2020 13:13	24,1	71,8	0,2	0,3	0,4	24/09/2020 13:14	24,3	71,7	0,2	0,3	0,4
24/09/2020 13:16	24,2	71,8	0,2	0,3	0,4	24/09/2020 13:17	24,1	71,8	0,2	0,3	0,4
24/09/2020 13:19	24,2	71,8	0,2	0,3	0,4	24/09/2020 13:20	24,2	71,8	0,2	0,3	0,4
Total, datos	32	32	32	32	32	Total, datos	32	32	32	32	32
A) Datos ThinSpeak						B) Datos MicroSD					

Tabla I.1 Total datos sistema de monitoreo

Fuente: Elaboración Propia