



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA**  
**FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES**  
**CARRERA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Propuesta tecnológica, previo a la obtención del título de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**

**Implementación de un prototipo de “Smart Buoys” para monitorear variables meteorológicas  
y calidad de agua del mar en el cantón Salinas**

**AUTORES**

**CUMBICOS CALVA ANGEL YOEL  
QUIMÍS VILLOAO EBER EFRAÍN**

**PROFESOR TUTOR**

**ING. SENDEY AGUSTÍN VERA GONZÁLEZ, MGT.**

**LA LIBERTAD–ECUADOR**

**2024**

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente, doy gracias a Dios por haberme dado la vida y otorgado una familia maravillosa, quienes me han ayudado y creído en mí siempre, dándome ejemplo de humildad y sacrificio.

Agradezco a mis padres por apoyarme y querer siempre lo mejor de mí, por brindarme todo su cariño, amor y confianza, quienes me dan sus consejos para dando todo mi esfuerzo.

A mi novia, que desde el primer día estuvo siempre a mi lado y me dio su apoyo incondicional; agradezco tu confianza en mí para que no me rinda en los momentos más difíciles que la vida a puesto en mi camino, sobre todo agradezco las palabras de aliento que siempre hacían que me motivara más y más a ser un profesional, agradezco a Dios por haberte puesto en mi camino, y darme tu amor y comprensión.

A mi amigo y compañero de tesis, aunque no la hemos tenido fácil, agradezco tu confianza en mí para poder realizar este trabajo. Gracias por tu esfuerzo y paciencia. Agradezco tu amistad a lo largo de toda la carrera universitaria, esperando que continúe así mismo.

**Angel Yoel Cumbicos Calva**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por todo lo bueno que ha sido conmigo y que en su voluntad esté que podamos llegar hasta aquí.

A mi familia y amigos por el apoyo constante en el periodo de estudios.

Y a todas las personas que de una u otra forma colaboraron en este proyecto.

**Eber Efraín Quimis Villao**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo va dedicado primeramente a Dios, por ser quien me bendice y cuida cada momento de mi vida, y permitirme gozar de todo este proceso.

A mis padres Walter Cumbicos y María Calva por ser mi fuente de energía, mi inspiración y por el apoyo que recibo a diario, quienes hacen todo lo posible para que cumpla mis metas y no me falte nada, por ser unos padres ejemplares y maravillosos.

A mis hermanos Roxana y Kevin que, aunque aún están en su proceso de educación sirva como un ejemplo de que “si te lo propones se cumple”.

A mis abuelos Angel y Grimaneza que son como mis segundos padres, siempre me han apoyado con su granito de arena para que cumpla mis sueños.

Esta meta cumplida está dedicada a cada una de las personas que han sido base fundamental para que yo llegase a este momento.

**Angel Yoel Cumbicos Calva**

## **DEDICATORIA**

Con todo corazón a Dios por permitir llegar hasta aquí.  
Y a mi abuela Julia, por haberme acompañado desde muy pequeño y guiarme en todos mis  
pasos, quien fue la mejor madre y abuela.

**Eber Efraín Quimis Villao**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del trabajo de titulación denominado “Implementación de un prototipo de “Smart Buoys” para monitorear variables meteorológicas y calidad de agua del mar en el cantón Salinas”, elaborado por los egresados Cumbicos Calva Angel Yoel y Quimis Villao Eber Efraín, de la carrera de Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, los apruebo en todas sus partes y autorizo a los estudiantes para que inicie los trámites legales correspondientes.

La Libertad, noviembre del 2024.

---

Ing Sendey Agustín Vera González, Mgt.

## **TRIBUNAL DE GRADO**

---

Washington Torres Guin, Mgt.

**DECANO DE FACULTAD**

---

Ing. José Sánchez Aquino, Mgt.

**DIRECTOR DE CARRERA**

---

Manuel Montaña Blacio, Mgt.

**DOCENTE DEL ÁREA**

---

Ing Sendey Vera González, Mgt.

**DOCENTE TUTOR**

---

Ab. María Rivera González, Mgt.

**SECRETARIA GENERAL**

**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

**FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES**

**CARRERA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**“Implementación de un prototipo de “Smart Buoys” para monitorear variables meteorológicas y calidad de agua del mar en el cantón Salinas”**

**Autores:** Angel Yoel Cumbicos Calva

Eber Efraín Quimis Villao

**Tutor:** Ing Sendey Agustín Vera González, Mgt.

### **RESUMEN**

Actualmente, la necesidad de medir las variables meteorológicas y la calidad del agua en el campo de la oceanografía es un reto importante. Esto se debe en parte a la progresiva demanda de medidas espaciales y transitorias de alta frecuencia. Sin embargo, hasta ahora, los elevados costes han impedido un seguimiento adecuado de importantes zonas biogeográficas marinas. En este sentido, este trabajo propone un prototipo de "boya inteligente" que pueda monitorizar estas variables en tiempo real en el mar mediante el diseño de una boya de superficie con medidas de temperatura y humedad del aire, precipitaciones, pH del agua, conductividad del agua y temperatura del agua. Además, se incluirá un sensor giroscópico para monitorear el oleaje en diferentes niveles de la columna de agua y transmitir los datos a través de la tecnología LoRa en el cantón Salinas (provincia de Santa Elena, Ecuador). Los resultados obtenidos muestran mediciones de la temperatura y humedad del aire, las precipitaciones, y también se utilizarán para medir el pH del agua, su conductividad y la temperatura del agua, incluyendo el movimiento de toda la masa del mar. Cabe destacar que las mediciones in situ permiten verificar la eficacia y la solidez del prototipo en condiciones de mar abierto. Todos los datos son recopilados en tiempo real en el mar de la playa de San Lorenzo, Salinas, provincia de Santa Elena y enviados a una base de datos para que la comunidad científica interesada en la meteorología pueda estudiar y analizar el comportamiento del clima de este sector de

nuestra comunidad. La comunicación entre las boyas y el nodo central se realiza mediante un protocolo de bajo consumo de comunicación de redes de área amplia [LPWAN] que nos ofrece los dispositivos LoRa WAN y que nos permite configurar y operar la red.

## **ABSTRACT**

Currently, the need to measure meteorological variables and water quality in the field of oceanography is a major challenge. This is partly due to the increasing demand for high-frequency spatial and transient measurements. However, high costs have so far prevented adequate monitoring of important marine biogeographic areas. In this sense, this work proposes a prototype "smart buoy" that can monitor these variables in real time at sea by designing a surface buoy with measurements of air temperature and humidity, precipitation, water pH, water conductivity and water temperature. In addition, a gyrosopic sensor will be included to monitor waves at different levels of the water column and transmit the data via LoRa technology in the Salinas canton (Santa Elena province, Ecuador). The results obtained show measurements of air temperature and humidity, rainfall, and will also be used to measure the pH of the water, its conductivity and water temperature, including the movement of the entire water mass. Importantly, the in-situ measurements allow verification of the efficiency and robustness of the prototype in open ocean conditions. All the data are collected in real time in the sea off the beach of San Lorenzo, Salinas, Santa Elena province and sent to a database so that the scientific community interested in meteorology can study and analyse the behaviour of the climate in this sector of our community. The communication between the buoys and the central node is done through a low-power protocol of wide area network communication [LPWAN] offered by the LoRa WAN devices, which allows us to configure and operate the network.

## DECLARACIÓN

El contenido del presente Trabajo de Titulación es de nuestra responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena.



---

Cumbicos Calva Angel Yoel



---

Quimis Villao Eber Efraín

## DECLARACIÓN

### ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO.....	i
DEDICATORIA .....	iii
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	v
TRIBUNAL DE GRADO .....	vi
RESUMEN .....	7
ABSTRACT.....	1
DECLARACIÓN .....	2
INTRODUCCIÓN .....	7
CAPÍTULO I.....	8
<b>1.1 ANTECEDENTES .....</b>	<b>8</b>
<b>1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....</b>	<b>9</b>
<b>1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO .....</b>	<b>10</b>
<b>1.3.1 Objetivo General.....</b>	<b>10</b>
<b>1.3.2 Objetivos Específicos .....</b>	<b>10</b>
<b>1.4 JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>10</b>
<b>1.5 ALCANCE DEL PROYECTO .....</b>	<b>11</b>
<b>1.6 METODOLOGÍA.....</b>	<b>12</b>
<b>1.7 RESULTADOS ESPERADOS.....</b>	<b>14</b>
CAPITULO II.....	15
<b>2.1 MARCO CONTEXTUAL.....</b>	<b>15</b>
<b>2.1.1 Playa de San Lorenzo, Salinas, Santa Elena.....</b>	<b>15</b>
<b>2.1.2 Ubicación.....</b>	<b>16</b>
<b>2.2 MARCO CONCEPTUAL .....</b>	<b>17</b>
<b>2.2.1 Microcontroladores .....</b>	<b>17</b>
<b>2.2.2 Comunicación inalámbrica .....</b>	<b>17</b>
<b>2.2.3 Tecnología LoRa.....</b>	<b>17</b>
<b>2.2.4 Datos meteorológicos y oceanográficos .....</b>	<b>18</b>
<b>2.3 MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>18</b>
CAPÍTULO III.....	19
<b>3.1 COMPONENTES DE LA PROPUESTA.....</b>	<b>19</b>
<b>3.1.1 Componentes Físicos .....</b>	<b>19</b>
<b>3.1.2 Componentes Lógicos.....</b>	<b>34</b>
<b>3.2 DISEÑO DE LA PROPUESTA.....</b>	<b>37</b>
<b>3.2.1 Esquema del prototipo .....</b>	<b>37</b>
<b>3.2.3 Diseño electrónico del sistema de monitoreo .....</b>	<b>44</b>
COSTOS .....	53
<b>Costos de materiales de la estructura.....</b>	<b>53</b>

<b>Costos de mano de obra</b> .....	53
<b>Costos de elementos electrónicos</b> .....	53
<b>Costos por traslado de campo</b> .....	54
<b>Costo Final</b> .....	54
<b>CAPITULO IV</b> .....	55
<b>RESULTADOS</b> .....	55
<b>CONCLUSIONES</b> .....	59
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	60
<b>ANEXOS</b> .....	64
<b>Anexo 1</b> Construcción y pruebas prototipo .....	65
<b>Anexo 2</b> Código monitoreo Nodo 1 .....	69
<b>Anexo 3</b> Código monitoreo Nodo 2 .....	73
<b>Anexo 4</b> Código recepción, almacenamiento y envío Gateway .....	78
<b>Anexo 5</b> Enlace video .....	83
<b>Anexo 6</b> Reporte antiplagio .....	84

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Prototipo IoT para monitorización de parámetros meteorológicos y de calidad de agua [Elaboración Propia].....	12
Figura 2. Fases Metodológicas .....	14
Figura 3. San Lorenzo, Salinas [17] .....	16
Figura 4. Playa San Lorenzo, ubicación MAPCARTA [18].....	17
Figura 5. Sensor de Temperatura y Humedad Relativa DHT21 (AM2301) [26] .....	20
Figura 6. Módulo GY-521 Giroscopio MPU-6050 [27] .....	21
Figura 7. Sensor de agua OKY-3446 [28] .....	21
Figura 8. Sensor de temperatura tipo sonda para líquidos [33].....	24
Figura 9. Sensor de conductividad para líquidos [34].....	25
Figura 10. Sensor de pH tipo sonda E201 [35].....	25
Figura 11. NodeMCU-32 [39].....	26
Figura 12. Módulo Lora XL1278 433MHz [40].....	27
Figura 13. Módulo Lector Micro SD [41] .....	28
Figura 14. Módulo GPS Neo-6M [42].....	28
Figura 15. Panel Solar 12v 100mAh [43].....	29
Figura 16. Cargador BMS 18650 2S 10A [44] .....	30
Figura 17. Convertidor de voltaje DC-DC (Step Down LM2596 3 AMP) [45].....	30
Figura 18. Batería Litio 18650 3.7V 8amp Morada [46] .....	31
Figura 19. Figura 18 Porta Pilas X2-18650 [47].....	31
Figura 20. Regulador de 3,3v Ams1117 [48] .....	32
Figura 21. Regulador de 5v 7805 [49].....	32
Figura 22. Tubos PVC de 6 pulgadas .....	33
Figura 23. Tapa Hembra PVC de 4 pulgadas .....	33
Figura 24. Prensa estopa.....	33
Figura 25. Caja Hermética 20cm x15cm x 8cm .....	34
Figura 26. Software Arduino IDE .....	34
Figura 27. Software Eclipse IDE.....	35
Figura 28. Software MySQL Workbench.....	36
Figura 29. Software Eagle PCB.....	36
Figura 30. Software Fritzing.....	37
Figura 31. Esquema del prototipo Nodo 1 y 2 .....	37
Figura 32. Esquema del prototipo Gateway.....	38
Figura 33. Prototipo Final del Gateway.....	39
Figura 34. Tubos y soportes para encapsulado de los nodos.....	40
Figura 35. Soportes para cada nodo secundario.....	40
Figura 36. Parte superior de los nodos.....	41
Figura 37. Parte inferior de los nodos.....	41
Figura 38. Tabla de polietileno.....	42
Figura 39. Anclaje de los nodos .....	42
Figura 40. Prueba de hermeticidad de los nodos .....	43
Figura 41. Diseño final de los nodos secundarios.....	43
Figura 42. Colocación del panel solar en cada nodo.....	44
Figura 43. Segunda prueba de hermeticidad.....	44
Figura 44. Conexión de sensor de temperatura y humedad AM2301 .....	45
Figura 45. Conexión de sensor de oleaje MPU6050.....	45
Figura 46. Conexión de sensor de lluvia OKY3446 .....	46
Figura 47. Conexión de sensor de temperatura de líquidos DS18B20.....	46
Figura 48. Conexión de sensor de conductividad .....	47
Figura 49. Conexión de sensor de pH.....	47
Figura 50. Conexión de módulo Lora.....	48

Figura 51. Conexión de módulo GPS .....	48
Figura 52. Conexión de módulo microSD .....	49
Figura 53. Esquema eléctrico general del Gateway .....	50
Figura 54. Conexión de la PCB del Gateway .....	50
Figura 55. Esquema eléctrico general de los Nodos 1 y 2 .....	51
Figura 56. Conexión de la PCB de los Nodos 1 y 2.....	51
Figura 57. Dispositivos en Topología Estrella.....	56
Figura 58. Implementación de los nodos y gateway .....	65
Figura 59. Pruebas de funcionamiento en protoboard .....	65
Figura 60. Construcción de las bases para los nodos .....	65
Figura 61. Implementación de la parte electrónica en los nodos y gateway .....	66
Figura 62. Pruebas de funcionamiento en el mar.....	66
Figura 63. Pruebas de funcionamiento de “Smart Buoys” en la playa de San Lorenzo .....	67
Figura 64. Plataforma Web para visualización de los datos.....	67
Figura 65. Ubicación de los dispositivos en Google Maps .....	68
Figura 66. Datos almacenados del Nodo 1 en MySQL.....	68
Figura 67. Datos almacenados del Nodo 2 en MySQL.....	68

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Especificaciones Técnicas Sensor de Temperatura y Humedad [26] .....	20
Tabla 2. Especificaciones Técnicas Módulo GY-521 Giroscopio MPU-6050 [27] .....	21
Tabla 3. Características Técnicas Sensor de agua OKY-3446 [28] .....	22
Tabla 4. Características Técnicas Sensor de temperatura tipo sonda para líquidos [34] .....	24
Tabla 5. Características Técnicas Sensor de conductividad para líquidos [34] .....	25
Tabla 6. Características técnicas del sensor de pH tipo sonda [35].....	26
Tabla 7. Características Técnicas NodeMCU-32 [39] .....	27
Tabla 8. Características Técnicas Módulo Lora XL1278 433MHz .....	28
Tabla 9. Características Técnicas Módulo Lector Micro SD [41].....	28
Tabla 10. Características Técnicas Módulo GPS Neo-6M [42].....	29
Tabla 11. Características Técnicas Panel Solar 12v 100mAh [43] .....	29
Tabla 12. Características Técnicas Cargador BMS 18650 2S 10A [44] .....	30
Tabla 13. Características Técnicas Convertidor de voltaje DC-DC (Step Down LM2596 3 AMP) [45] .....	30
Tabla 14. Características Técnicas Bateria Litio 18650 3.7V 8amp Morada [46] .....	31
Tabla 15. Características Técnicas Porta Pilas X2-18650 [47] .....	31
Tabla 16. Características Técnicas Regulador de 3,3v Ams1117 [48].....	32
Tabla 17. Características Técnicas Regulador de 5v 7805 [49] .....	32
Tabla 19. Consumo total en los nodos.....	52
Tabla 20. Consumo total del gateway.....	53
Tabla 21. Costo de materiales de la estructura .....	53
Tabla 22. Costo de mano de obra .....	53
Tabla 23. Costo de elementos electrónicos.....	54
Tabla 24. Costo por traslado de campo .....	54
Tabla 25. Costo Final .....	54

## INTRODUCCIÓN

El Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH) adscrito al Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, es una institución pública encargada de gestionar y coordinar las actividades hidrometeorológicas del país y un ente oficial para la difusión de información hidrológica y meteorológica de manera confiable y oportuna, con el fin de contribuir a la protección de la vida y los bienes y al desarrollo socioeconómico del país mediante el talento profesional y la tecnología de punta. El INAMEH ofrece productos como pronósticos meteorológicos especiales, hidrometeorológicos productos de previsión numérica, interpretación de imágenes obtenidas de satélites y radares meteorológicos, asesoramiento especializado, agrometeorología – climatología. A pesar de su ubicación relativamente cercana a la costa ecuatoriana, las boyas de corriente tienen la capacidad de medir los parámetros generales del oleaje y las variables fisicoquímicas superficiales del océano. Sin embargo, pocas de estas boyas vigilan toda la capa de agua en la que se encuentran. [3].

La medición de los parámetros fisicoquímicos en la capa de agua es fundamental y necesaria en los estudios hidrodinámicos y de calidad del agua, así como en el control de blanqueo de corales [4].

Normalmente, la medición de estos parámetros suele realizarse mediante dispositivos como de conductividad, la temperatura, la presión, entre otros. El desarrollo de boyas a la deriva ha permitido controlar variables como las corrientes superficiales, la temperatura, la presión y muchas variables que existen en el océano.

Se propuso el diseño de dos boyas de superficie para medir la temperatura tanto dentro y fuera del agua, la humedad del aire, la velocidad el viento, precipitaciones, la conductividad del agua, también nos permitirá saber si existe oleaje, incluirá un Sistema de Posicionamiento Global (GPS) para saber la ubicación en tiempo real de las boyas. Los datos de los dispositivos serán enviados mediante tecnología inalámbrica (LoRa) a un Gateway que será el encargado de transmitir esta información a una plataforma web y así poder reflejar los datos obtenidos por los dispositivos electrónicos de las boyas.

En este trabajo se ha desarrollado un prototipo con sus respectivas anclas, la cual solo permitirá la estabilización en aguas poco profundas. El equipo ha sido diseñado y construido de forma rentable y modular para poder instalar en el futuro otros sensores y módulos de forma sencilla.

## CAPÍTULO I

### 1.1 ANTECEDENTES

El estudio de las variables meteorológicas y parámetros del agua han ocupado un papel fundamental para los avances de la tecnología, no obstante, estos parámetros han estado presentes desde los inicios del ser humano sin estar conscientes de su uso, al principio se prestaba atención a los diversos fenómenos hídricos y atmosféricos para medirlos, posteriormente se los registraba de forma básica, pues dado que en estos tiempos no se contaba con los instrumentos inteligentes que proporcionarían valores con un margen de error mínimo de los parámetros que se registraban.

Los avances tecnológicos han hecho que se fabriquen instrumentos capaces de medir diferentes variables meteorológicas y sobre todo para saber la calidad del líquido vital que hay en nuestro planeta, inclusive existen dispositivos capaces de realizar mediciones, almacenar y visualizar los diferentes parámetros.

Existen varios trabajos relacionados a nuestro prototipo tecnológico, los autores del trabajo propuesto en [5], diseñan un prototipo de boya para la medición y monitoreo de parámetros meteorológicos para prevenir impactos ambientales utilizando sistemas embebidos. Por otro lado, en [6] se implementa una boya de bajo costo, mediante la utilización de hardware y software libre, con la ayuda de sensores se mide temperatura, conductividad y salinidad, una vez obtenidos estos parámetros, son mostrados en una plataforma web de fácil acceso a los usuarios.

Una implementación de una boya de bajo costo para el monitoreo de variables físicas del mar fue propuesta en el trabajo [7]. En este sistema se realiza pruebas en condiciones adversas del mar, transmitiendo la información a través de General Packet Radio Service (GPRS). Así mismo, el proyecto [8] comprende en la ubicación de dos boyas en el mar peruano para el estudio del fenómeno “El Niño”. Los datos obtenidos con estos dispositivos toman un papel muy importante en la toma de decisiones ante los accidentes que se pueden presentar cuando el fenómeno natural se acerque a las ciudades de este país.

Una interfaz móvil que monitoriza los parámetros climáticos utilizando una boya inteligente fue implementada en este sistema que permite acceder desde varios lugares sin tener que estar cerca del equipo, es decir, va a trabajar de forma remota [9].

Los trabajos antes mencionados evidencian la importancia del uso de hardware/software de bajo coste para el diseño e implementación de boyas inteligentes para la medición de variables meteorológicas y calidad del agua, y el uso de plataformas para la visualización y gestión de la información generada por los dispositivos. Estos sistemas son de gran ayuda para el estudio del clima en las zonas costeras, y para el monitoreo de los índices de calidad de estanques piscícolas, camaroneras, criaderos de tilapia, etc.

## **1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

El sistema propuesto consiste en un prototipo de “Smart Buoys” que permite monitorear variables meteorológicas y de calidad de agua utilizando tecnología inalámbrica de largo alcance, así como lo realizan las boyas oceanográficas que están a lo largo de las costas del Ecuador. Los datos obtenidos pueden ser usados por estudiosos de la información hidrometeorológica como lo es el Instituto Nacional de Hidrología y Meteorología (INAMHI) o inclusive el Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada (INOCAR), que al utilizar dichos datos pueden ayudar a anticiparse a desastres naturales que existe en el mar, o predicciones de clima, este proyecto utilizará la tecnología inalámbrica LoRa para la comunicación entre Gateway y el nodo.

El proyecto que se está desarrollando tiene varias etapas que serán descritas a continuación:

- ✓ Recopilación de información referente a los equipos a implementar en las boyas.

En la primera etapa se buscará, cotizará y analizará los diferentes elementos necesarios a utilizarse para la implementación de las boyas que trabajará como nodos, y un Gateway; teniendo en cuenta alimentación de los equipos, sensores y sus características, módulos de comunicación, softwares para el diseño de la base de datos, y la plataforma virtual.

- ✓ Diseño del proyecto

En esta etapa se realizará el diseño de nuestro prototipo IoT que se conformará de un Gateway y dos nodos, los cuales están basados en tarjetas ESP32. Por otro lado, se tendrá en cuenta un espacio considerable dentro de las boyas para la ubicación de los elementos, impermeabilidad, estabilidad y anclaje de las boyas, y así obtener un diseño muy seguro y estable.

- ✓ Pruebas de funcionamiento del prototipo IoT

En esta etapa final se pretende lograr evaluar y evidenciar que los objetivos que serán planteados para el desarrollo del prototipo IoT sean cumplidos de acuerdo a lo esperado.

## **1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO**

### **1.3.1 Objetivo General**

Implementar un prototipo de “Smart Buoys” utilizando tecnología LoRa y tarjeta ESP32 para monitorear variables meteorológicas y calidad de agua del mar en el cantón Salinas.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Programar un Gateway IoT utilizando la tarjeta ESP32 y módulo LoRa que permita la comunicación unidireccional desde el servidor hacia los nodos finales.
- Programar dos nodos finales (Smart Buoy) utilizando la tarjeta ESP32 para la recopilación de datos de las variables meteorológicas y calidad de agua provenientes de los sensores.
- Configurar y programar una topología de red inalámbrica para la comunicación de los dispositivos de la solución IoT.
- Ensamblar el Gateway y los nodos finales que permitan llevar la información de los sensores hacia la plataforma web.
- Diseñar una plataforma web que permita visualizar los datos de los nodos finales en tiempo real.
- Crear una base de datos con SQL para recopilar los datos obtenidos por los nodos finales.
- Realizar pruebas de campo en mar abierto para validar el funcionamiento e impermeabilidad de los equipos que componen el prototipo.

## **1.4 JUSTIFICACIÓN**

En la región costera del Ecuador se puede evidenciar los diferentes cambios climatológicos que causan desastres naturales, como fuertes lluvias que ocasionan inundaciones o incluso amenazas de tsunamis. En la actualidad, existen desplegadas varias boyas oceanográficas en las costas ecuatorianas, estas son las encargadas de hacer mediciones el cual monitorea INOCAR (Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada). Sin embargo, muchas de las veces se dificulta la

captura de datos.

A pesar que actualmente se puede comprar boyas oceanográficas o estaciones meteorológicas en el mercado, estas tienen un costo muy elevado ya que son importadas; por lo que se propone desarrollar un prototipo, manteniendo la calidad y apegándose a los estándares de las telecomunicaciones, con un costo menor al que se puede conseguir por medio de proveedores regionales.

La configuración de sensores para capturar datos, conectarse vía web a una plataforma y visualizar información del estado de los equipos, y el diseño de boyas inteligentes son parte de las características del prototipo IoT propuesto. Actualmente, la tecnología IoT es lo más utilizado en diversas áreas, siendo de gran ayuda para crear cualquier tipo de proyectos de bajo costo y fácil acceso.

Entre los sensores que se utilizarán en el sistema tenemos el de lluvia, temperatura/humedad del aire, velocidad de viento del lugar donde se encuentre la boya, también servirá para medir el pH del agua, su conductividad y temperatura del agua. Adicionalmente, se le incluirá un sensor giroscopio que permitirá monitorear el oleaje. Por otro lado, este prototipo consta de dos boyas a pequeña escala.

## **1.5 ALCANCE DEL PROYECTO**

La presente propuesta tecnológica tiene como finalidad diseñar e implementar un prototipo IoT basada en tecnología LoRa junto con la Tarjeta ESP32, que permita monitorear los datos de forma remota a través de una plataforma Web y almacenarlos en una base de datos para que usuarios puedan utilizar esta información en análisis de variables tanto meteorológicas como de calidad del agua de acuerdo a la ubicación de las boyas.

El funcionamiento de los bloques principales que la conforman, tanto a nivel hardware como software (véase en la Figura 1) son los siguientes:

- ✓ Los nodos incluyen sensores de humedad y temperatura del ambiente, viento, lluvia, oleaje, pH, temperatura y conductividad, además cuenta con una comunicación inalámbrica de largo alcance gracias a la tecnología LoRa y sistema GPS. La función es la tomar las medidas de los sensores, obtener la latitud y longitud del GPS y por consiguiente enviarlos a la estación central para que los usuarios puedan visualizarlos vía internet.
- ✓ El Gateway funciona de enlace y permite la comunicación unidireccional entre la

plataforma web y los nodos. Además, el Gateway contará con un módulo GPS, el cual permitirá definir la ubicación en tiempo real.

- ✓ El servidor con el que trabajará el ESP32 será capaz de gestionar la base de datos donde se va a almacenar la información de los nodos.
- ✓ La plataforma web va a permitir la interacción remota por parte del usuario a nivel de red local de Red. Esta permite que el usuario pueda observar las lecturas que reciben los sensores de los nodos. Además, la ubicación de los nodos y del Gateway serán mostrados en un mapa.

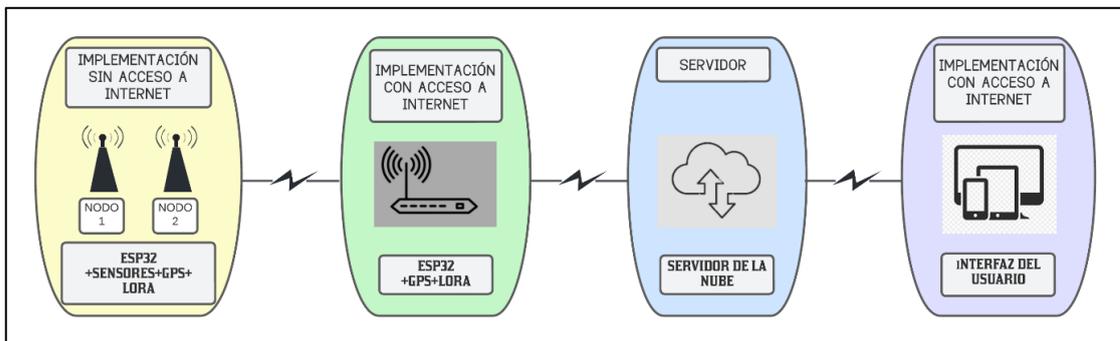


Figura 1. Prototipo IoT para monitorización de parámetros meteorológicos y de calidad de agua [Elaboración Propia]

Este proyecto se centra principalmente en la comunicación entre elementos y el desarrollo de la plataforma web. Por lo tanto, se omiten aspectos relacionados con la creación de una aplicación celular, seguridad y privacidad de la información, incluso como el procesamiento de datos el ámbito estadístico, la validación y el análisis de datos.

Tampoco se cubre los aspectos mecánicos relacionados con la robustez, además del lugar de aplicación, como puede ser ríos, lagos, zonas de cultivo de peces. Estos aspectos se dejan para futuros desarrollos de este trabajo, pues el mismo por el momento va a ser utilizado para pruebas en el mar.

## 1.6 METODOLOGÍA

La investigación son métodos los cuales tienen la tarea de conocer un problema de manera más profunda y así generar nuevos conocimientos en el área donde se esté aplicando [10].

Solo hay un método científico, pero hay muchas formas de identificar las aplicaciones en la investigación, y la investigación se clasifica de diferentes maneras [11].

- Investigación aplicada.

En este caso, se trata de encontrar una estrategia para enfrentar un problema en particular. La investigación aplicada produce conocimiento práctico basado en la teoría, y su aplicación se practica ampliamente en campos del conocimiento como la ingeniería y la medicina.

La investigación en tecnología aplicada nos ayuda a generar conocimiento que se puede poner en práctica en el sector productivo y tiene un impacto positivo en nuestra vida diaria [12].

En nuestro proyecto se aplicará en el momento de dar solución a la problemática ya descrita y la forma en como trabajaría la propuesta tecnológica.

- Investigación exploratoria

Este es un tipo de investigación que se utiliza para estudiar un problema que no está bien definido, por lo que se realiza para comprenderlo mejor, pero no brinda resultados definitivos.

La investigación exploratoria es un enfoque muy flexible en comparación con otros tipos de investigación, pero los investigadores deben ser arriesgados, pacientes y receptivos.

Por lo general, se ejecuta cuando el problema está en la etapa preliminar. A menudo se lo denomina enfoque de teoría fundamentada o estudio de interpretación porque se utiliza para responder qué, por qué y cómo preguntar. Es importante señalar que la investigación exploratoria se encarga de generar hipótesis que facilitan el desarrollo de investigaciones más detalladas para extraer hallazgos y conclusiones [13].

Como es en el caso de los resultados que se planea obtener y para esto, se necesita estar seguro que no tenemos un sistema que realice el mismo trabajo o similar a lo que se plantea como solución

- Investigación experimental

Es el diseño o duplicación del fenómeno en el que se manipulan variables bajo condiciones controladas. El fenómeno objeto de estudio es medido por el grupo de investigación y el grupo de control según las directrices del método científico [12].

Como el caso de prueba-error hasta que tengamos nuestros sensores funcionando en óptimas condiciones.

- Fases metodológicas del proyecto

Para esta propuesta se empleará de fases para un desarrollo eficaz del proyecto (véase en la Figura 2).

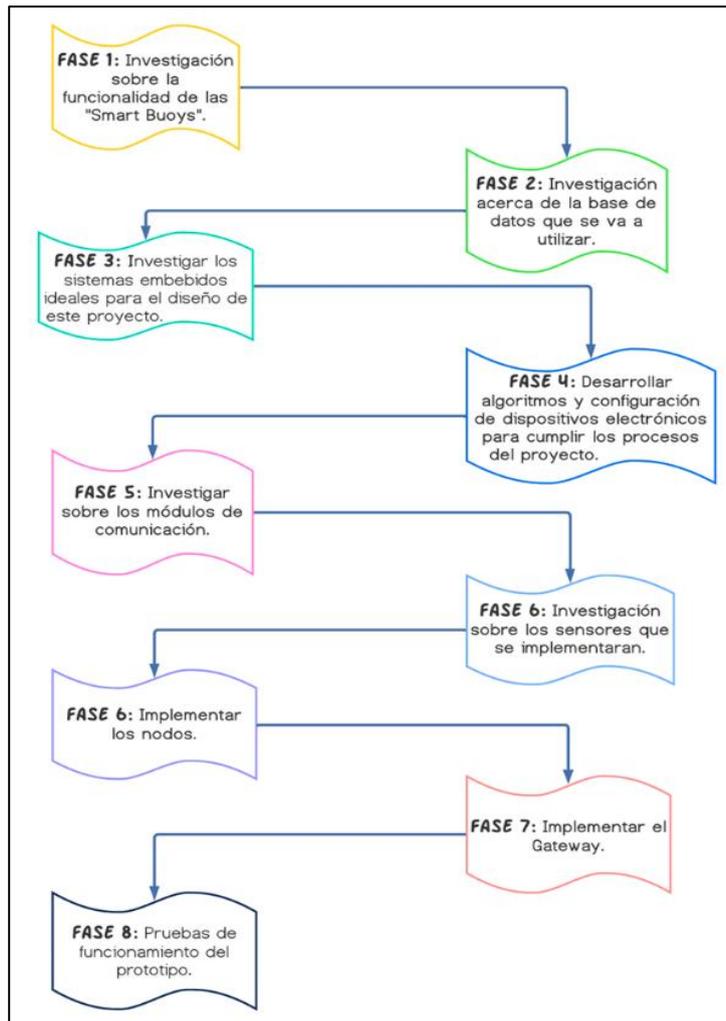


Figura 2. Fases Metodológicas [Elaboración Propia]

## 1.7 RESULTADOS ESPERADOS

Para la presente propuesta tecnológica se espera obtener los siguientes resultados:

1. De acuerdo al diseño propuesto para la implementación de las boyas con tecnología IoT y se pretende tener estabilidad una vez ubicadas en el agua mediante el uso de espuma de poliestireno extruida (espuma flex) resultado que se ve cuando se coloque la boya en el agua y esta no se sumerja o vire, manteniendo la postura que se desea. Así mismo, respecto a la impermeabilidad de las boyas se espera tener protección de los elementos.
2. Gracias al alcance de comunicación que proporciona LoRa, se espera recolectar datos de los nodos en el Gateway.
3. Se espera que en la plataforma web se visualicen en tiempo real la información recolectada por el Gateway.
4. Lograr almacenar los datos recolectados por los nodos y mostrar mediante archivos en línea.

## CAPITULO II

### 2.1 MARCO CONTEXTUAL

Los modelos climáticos están diseñados para crear escenarios climáticos futuros para que las estrategias de gestión puedan desarrollarse y evaluarse de manera oportuna para las nuevas condiciones climáticas. Sin embargo, cada modelo debe analizarse individualmente porque, a escala local, diferentes modelos y escenarios pueden arrojar resultados diferentes para la misma área de estudio [14].

Los cambios provocados por la contaminación de los océanos y el aire sin duda han tenido un gran impacto en el medio ambiente, las aguas territoriales del Ecuador son cinco veces el tamaño de su extensión terrestre y cubren 24 ecosistemas marinos, los cuales son de gran importancia para los ecosistemas marinos del Ecuador. En aguas ecuatorianas, la protección y preservación de especies en diferentes hábitats se ha convertido desde hoy en un reto [15].

Los contaminantes emitidos en el mar a lo largo de los años pueden provocar cambios en la composición, lo que a su vez modifica la salinidad de los océanos, creando un fenómeno conocido como efecto invernadero, que se produce cuando la radiación solar llega a la superficie terrestre, donde es absorbida por la atmósfera y parcialmente reflejada por las nubes, otra parte llega a la superficie de la Tierra, y una vez que se completa este proceso, la energía se devuelve a la atmósfera, circulando los gases atmosféricos en el ambiente haciendo que la temperatura aumente, y gracias a este proceso que ocurre de forma natural es posible la vida en la Tierra, dependiendo de la hora y lo que suceda, el clima cambia, por lo que sube el nivel del mar, las precipitaciones cambian [16].

Ante los factores antes mencionados, la propuesta se basa en adquirir información de variables como temperatura del agua, pH, conductividad, humedad y temperatura del aire, precipitaciones y oleaje, las cuales serán realizados mediante sensores y colocados en boyas que tienen una estructura que se puede anclar en el fondo del mar. Toda la información adquirida se envía a la base central a través de un módulo de comunicación inalámbrica de largo alcance, ya en la base central con la ayuda de un servidor web, permitirá visualizar la información adquirida por los sensores.

#### **2.1.1 Playa de San Lorenzo, Salinas, Santa Elena.**

La playa de San Lorenzo, en Salinas, tiene olas más grandes para practicar tranquilamente el surf. Debido a la acumulación de rocas, se han creado "pequeñas piscinas", que son el lugar favorito de los niños pequeños para bañarse (véase en la Figura 3).

Los datos importantes sobre las playas de San Lorenzo:

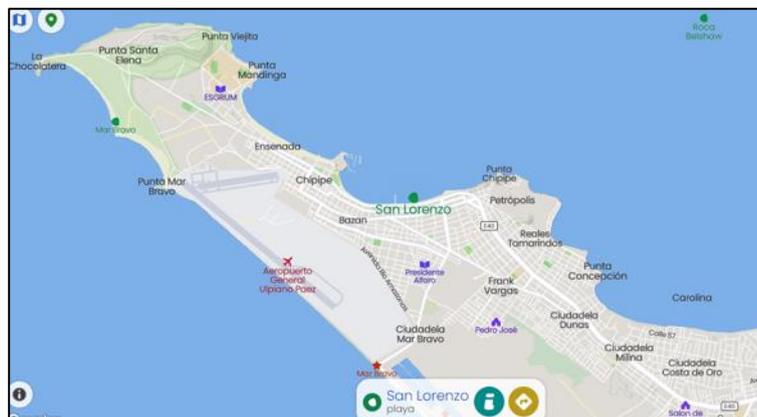
- ✓ En la zona de San Lorenzo podemos encontrar las mayores olas, ideales para el surf.
- ✓ El gran lecho de roca conocido como "las pocitas", porque el mar forma en él charcos de agua salada, encanta a los más pequeños.
- ✓ La agradable temperatura del mar y la cálida playa de arena invitan a las familias a pasar momentos de relax.
- ✓ Podrá dar largos paseos con un montón de cangrejos traviesos que pondrán a prueba su agilidad en los agujeros.
- ✓ Frente a estas playas, un barco encalló hace tiempo y se ha convertido en parte del paisaje, lo que lo convierte en el lugar favorito de los surfistas.
- ✓ La playa tiene una clara curva, una ligera pendiente y un suave oleaje.
- ✓ Se encuentra al pie del malecón que lo separa de la zona urbana donde predominan los grandes edificios comerciales y residenciales moderno [17].



Figura 3. San Lorenzo, Salinas [17]

### 2.1.2 Ubicación

La playa de San Lorenzo del cantón Salinas es el principal atractivo de esta localidad, se ubica en la punta oeste de la provincia de Santa Elena, por ello es uno de los lugares más concurridos de la ciudad [18] (véase en la Figura 4).



## **2.2 MARCO CONCEPTUAL**

Es esencial detallar los conceptos preliminares que comprenden el desarrollo del proyecto, se mencionan a continuación:

### **2.2.1 Microcontroladores**

Un microcontrolador es un circuito integrado que es el componente principal de una aplicación integrada. Es como una pequeña computadora, incluyendo un sistema para controlar los elementos de entrada/salida. También incluye un procesador y, por supuesto, una memoria que puede almacenar programas y sus variables (flash y RAM). Funciona como una mini computadora. Su función es automatizar procesos y procesar información [19].

En este proyecto se hace uso del microcontrolador ESP-WROOM-32 que viene integrado en el ESP32. Se los puede programar en lenguaje de alto nivel desde el software Arduino IDE.

### **2.2.2 Comunicación inalámbrica**

Una red inalámbrica es una red que utiliza ondas de radio para conectar dispositivos sin cables de ningún tipo y tienen una variedad de usos. En algunos casos, se usan como reemplazo de las redes cableadas, mientras que en otros se usan para brindar acceso a datos corporativos desde ubicaciones remotas [20].

Para la comunicación desde los nodos (boyas) a nuestro Gateway haremos uso del módulo LoRa SX1876, gracias a su largo alcance nos permitirá recibir los datos enviados por los sensores y poder visualizar en la plataforma web.

### **2.2.3 Tecnología LoRa**

Es una tecnología ideal para conectividad de larga distancia y redes IoT, donde se requieren sensores sin alimentación de red, y tiene grandes aplicaciones:

- ✓ Ciudad inteligente.
- ✓ En lugares con baja cobertura (como agricultura rural o fincas ganaderas).
- ✓ Establecer una red privada de sensores y/o actuadores.

LoRa es una tecnología inalámbrica (como WiFi, Bluetooth, LTE, SigFox o Zigbee) que utiliza una modulación de radiofrecuencia patentada por el principal fabricante de chips de radio Semtech. Esta técnica de modulación, conocida como espectro ensanchado chirp (o CSS), se ha utilizado en comunicaciones militares y espaciales durante décadas [21].

### **2.2.3.1 LoRaWAN**

Es un protocolo de red que utiliza la tecnología Lora, implementado sobre la capa física de Lora. LoRaWAN es responsable de especificar cómo deben llevarse a cabo las comunicaciones y la arquitectura de red y se rige por Lora Alliance.

Definir el diseño de LoRaWAN permite añadir los beneficios de Lora, entre los que destacan los siguientes:

- ✓ Topología de red en estrella.
- ✓ Mayor capacidad de red.
- ✓ Mejorar la seguridad de la red.
- ✓ Se admiten 3 clases de nodos.
- ✓ Gestión de dispositivos más eficiente.
- ✓ Permite implementar redes tanto públicas como privadas [22].

### **2.2.4 Datos meteorológicos y oceanográficos**

Los datos adquiridos a través de diferentes sensores pueden recopilar información tanto dentro como fuera del agua, como lo es la temperatura del agua, el pH y la conductividad del agua, la temperatura y la humedad del aire, precipitaciones, el oleaje, parámetros que describen tanto las propiedades del océano dentro como fuera de él.

## **2.3 MARCO TEÓRICO**

La meteorología es una disciplina científica y técnica encargada del estudio y predicción de diversos fenómenos que ocurren en la atmósfera, entendiendo su funcionamiento, composición, estructura y evolución y, por otro lado, es de gran utilidad para importantes predicciones del día a día en diferentes actividades humanas como agricultura, aviación, navegación, actividades militares, predicción de enfermedades, prevención de incendios, etc [23].

Por otro lado, la Oceanografía estudia el océano y todo lo relacionado con él: la estructura, composición y dinámica de estos cuerpos de agua, incluyendo los procesos físicos, geológicos y biológicos [24].

La propuesta realizada en la Universidad Estatal Península de Santa Elena con el título “Prototipo dron naval para la adquisición de parámetros de calidad del agua en la zona marina costera de Salinas”, menciona que el proyecto mediante el uso de componentes electrónicos dirigida a la recolección de datos de la calidad de agua y dicha información es presentada en datos estadísticos

para su posterior estudio, implica que muchas personas de la provincia e incluso fuera de ella se vean involucradas directa o indirectamente y deja a disposición la implementación de nuevos proyectos de tecnología aplicada al estudio de mares y océanos [25].

Los parámetros principales de medida en este proyecto, son de temperatura y humedad del aire, precipitaciones, oleaje, temperatura del agua, pH y conductividad del agua, entorno a esta referencia, la propuesta busca obtener estos datos mediante sensores colocados en dos prototipos de boya (nodos), los cuales serán nuestros nodos ubicados directamente en el mar, un Gateway que será el que reciba la información enviada por los nodos y posteriormente mediante una plataforma web se pueda visualizar los datos en tiempo real.

Ecuador al ser miembro de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI), también pertenece a la red IODE, que es la autorizada en el intercambio de datos provenientes del mar, esto permite a que investigadores puedan beneficiarse con el acceso o de los mismos. Los avances tecnológicos permiten que esta propuesta pueda recopilar información para luego ser visualizada en tiempo real, dicha información puede ser de mucha utilizar para los estudiosos de los mares.

### **CAPÍTULO III**

#### **3.1 COMPONENTES DE LA PROPUESTA**

Para el funcionamiento es de gran importancia la selección de elementos electrónicos de las cuales se describe los detalles técnicos.

##### **3.1.1 Componentes Físicos**

Los componentes por utilizar en el proyecto son los siguientes:

###### **3.1.1.1 Sensor de Temperatura y Humedad**

El DHT21 (AM2301) es un sensor digital de temperatura y humedad relativa de alta precisión en un paquete resistente. Integra un sensor de humedad capacitivo, un termistor y un microcontrolador que realiza la conversión de analógico a digital. Su paquete de plástico es más robusto en comparación con los sensores DHT11 y DHT22, lo que convierte al DHT21 en un sensor ideal para aplicaciones en exteriores. Utilizado para control automático de temperatura, aire acondicionado, monitoreo ambiental agrícola y otras aplicaciones (véase en la Figura 5).

El protocolo de comunicación entre el sensor y el microcontrolador utiliza un solo hilo o cable con una distancia máxima recomendada de 20 m de longitud de cable. El sensor AM2301 puede medir temperatura en un rango de -40 hasta 80°C con precisión de  $\pm 0.5$  °C y humedad entre 0 a 100% RH con precisión de  $\pm 3\%$ , un tiempo de sensado de 2s y teniendo un peso de 17 gr [26] (ver tabla 1).



Figura 5. Sensor de Temperatura y Humedad Relativa DHT21 (AM2301) [26]

<b>Sensor de Temperatura y Humedad Relativa DHT21 (AM2301)</b>	
Voltaje de Operación	3.5V-5.5V DC
Consumo corriente	1mA-1.5mA
Rango de Temperatura	-40 hasta 80°C
Precisión Temperatura	+/- 0.5°C
Resolución Temperatura	0.1°C
Rango de Humedad Relativa	0 a 100% RH
Precisión HR	+/- 3%
Resolución Humedad	0.1%RH
Tiempo de sensado	2s
Interface digital	Single-bus (bidireccional)
Modelo	AM2301
Dimensiones	60*28*13mm
Peso	17 gr
Carcasa de plástico negro	
Longitud cable	50cm

Tabla 1. Especificaciones Técnicas Sensor de Temperatura y Humedad [26]

### 3.1.1.2 Módulo MPU6050 GY-52(Sensor Oleaje)

Para poder saber si existe oleaje en mar abierto, se hará uso del módulo basado en el sensor MPU6050 de 3 ejes, que integra un DMP (Procesador Digital de Movimiento) que realiza complejos algoritmos de captura de movimiento (véase la Figura 6).

El módulo MPU6050 GY-521 utiliza la interfaz I2C para comunicarse, tiene un regulador de voltaje a 3.3V y resistencias pull-up. Posee una escala programable de rango 250/500/1000/2000 grados/seg para capturar de forma precisa movimientos rápidos y lentos [27] (ver Tabla 2).

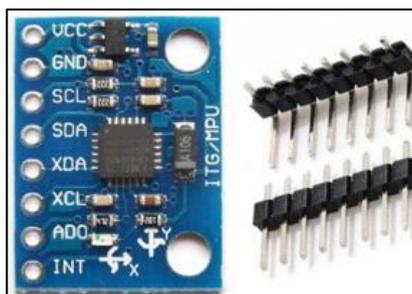


Figura 6. Módulo GY-521 Giroscopio MPU-6050 [27]

<b>Módulo GY-521 Giroscopio MPU-6050</b>	
Modelo	GY-521
Acelerómetro	3 ejes
Giroscopio	3 ejes
Comunicación	I2C (0x68 o 0x69)
Alimentación	2.6 a 5v
Consumo	3.5mA
Dimensiones	20x16mm

Tabla 2. Especificaciones Técnicas Módulo GY-521 Giroscopio MPU-6050 [27]

### 3.1.1.3 Módulo OKY-3446 (Sensor de agua)

El modelo de sensor de agua OKY-3446 permitirá obtener la información si está lloviendo en el lugar donde se encuentre la boya (véase la Figura 7).

El voltaje de operación del sensor es de 3 a 5V DC, es de tipo analógico, el área de detección es de 40mm x 16mm a una temperatura de funcionamiento de 10°C a 30°C [28] (ver Tabla 3).



Figura 7. Sensor de agua OKY-3446 [28]

<b>Sensor de Agua OKY-3446</b>	
Modelo	OKY-3446
Voltaje de operación	3-5V DC
Corriente de operación	Menos de 20mA
Tipo de sensor	Analógico
Área de detección	40mm x 16mm
Proceso de producción	FR4 HASL de doble cara

Temperatura de funcionamiento	10°C-30°C
Humedad	10%-90% sin condensación
Dimensiones del producto	62mm x 20mm x 8mm

*Tabla 3. Características Técnicas Sensor de agua OKY-3446 [28]*

### **3.1.1.4 Parámetros meteorológicos**

La recolección de datos es fundamental para los meteorólogos, por eso es muy importante registrarlos periódicamente, cada variable se describe a continuación:

#### **Temperatura (°C)**

Es el primer factor que interfiere con su efecto sobre el clima del planeta Tierra. El agua de mar puede almacenar grandes cantidades de energía solar y liberarla gradualmente sin cambios significativos en la temperatura del océano en el proceso.

Esta propiedad convierte al océano en un gran regulador del tiempo y del clima, por lo que se pueden identificar dos tipos extremos de clima: continental y oceánico [29].

#### **Humedad relativa (%)**

Es la relación entre el contenido de humedad atmosférica expresado como porcentaje y el contenido de humedad presente cuando el aire está saturado. Dado que la última cantidad depende de la temperatura, la humedad relativa es una función del contenido de humedad y la temperatura. La humedad relativa se deriva de la temperatura relativa y el punto de rocío en un momento específico [30].

#### **Oleaje**

El oleaje es el conjunto de olas que llegan a la playa en un periodo determinado. De acuerdo con el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, se produce por las fluctuaciones del nivel del mar, que varía entre 2 y 25 segundos. Esto significa que un conjunto de olas golpea la orilla con consistencia y mayor volumen.

Las olas son creadas por el viento. En algunas regiones, como América del Norte y el Caribe, puede provenir de fenómenos meteorológicos en alta mar, como huracanes o tifones. En otros casos, depende de la temporada climática, como los vientos de invierno, lo que está sucediendo actualmente en Ecuador. La altura del oleaje puede variar de 5 a 8 metros [31].

#### **Precipitación (mm).**

Una de las principales características del clima marino está relacionada con la abundancia de precipitaciones, normalmente entre 1.000 y 2.000 mm anuales. Sin embargo, el máximo anual se

produce en invierno [32]. La cantidad de precipitación se expresa generalmente en milímetros (mm).

### **3.1.1.5 Parámetros de calidad de agua**

En cuanto al uso del agua, los parámetros típicos determinados en cada caso se describen a continuación:

#### **Temperatura de agua (°C).**

Es una medida del calor de una masa de agua. Este parámetro puede afectar en gran medida la calidad del agua, ya que determina otras propiedades y procesos que tienen lugar en el agua, como la viscosidad, solubilidad de gases y sales, procesos fisiológicos de los organismos que conducen a cambios en el metabolismo, proliferación de ciertos microorganismos, etc [36].

#### **Conductividad**

En el agua de mar la conductividad es la estimación de concentración de iones que están disueltos, siendo esta una propiedad muy importante del agua, en muchos casos se la considera como un indicador del grado de mineralización que tiene el agua.

Las especies que se encuentran en el mar, tienen un rango de salinidad donde se puede desarrollar mejor, por lo tanto, la conductividad es una consideración muy importante para las diferentes especies que existen en el lecho marino [37]. Se mide en Siemens por metro (S/m) y es el inverso de la resistividad ( $\rho$ ), que se mide en Ohm-metro ( $\Omega.m$ ).

#### **Ph**

El pH del agua de mar es muy importante porque regula muchos fenómenos biológicos. Los cambios en el pH pueden afectar el crecimiento, la reproducción y la comunicación de los organismos marinos. Los iones de hidrógeno tienden a combinarse con carbonatos para formar bicarbonatos.

El carbonato es más atractivo que el calcio y puede afectar negativamente la estructura del esqueleto y limitar el crecimiento del coral. También pone en peligro a otras especies como cangrejos, langostas, almejas, etc [38]. El Ph se mide en una escala que va desde 0 (muy ácido) a 14 (muy alcalino).

## **Sensores.**

### **3.1.1.6 Sensor de Temperatura de agua. DS18B20**

El sensor tipo sonda DS18B20 nos permitirá saber la temperatura del agua de donde se encuentre

la boya (véase la Figura 8).

El detector DS18B20 puede medir fácilmente temperaturas de hasta 125 °C y también está sellado en un paquete impenetrable, lo que permite sumergirlo en líquidos o protegerlo de los elementos. Dado que es un detector digital, la lectura de la señal no se degradará por la distancia del cableado. Puede operar en modo 1- line con una precisión de  $\pm 0.5$  °C y una resolución de 12 bits. El rango de tensión de funcionamiento es de 3 a 5 V, por lo que se puede utilizar en casi cualquier sistema que utilice un microcontrolador [33] (ver Tabla 4).



Figura 8. Sensor de temperatura tipo sonda para líquidos [33]

<b>Sensor de temperatura tipo sonda para líquidos</b>	
Modelo	DS18B20
Voltaje de operación	3.0V a 5.5V
Corriente de operación	1.5mA
Precisión	$\pm 0.5$ °C (de -10°C a +85°C)
Tipo de sensor	Analógico
Interfaz	1-Wire
Resolución	de 9 a 12 bits (configurable)
Identificador interno	único de 64 bits
Tiempo de captura	inferior a 750ms
Tubo de acero inoxidable de 6mm de diámetro por 30mm de largo	
Largo	91cm
Diámetro	4mm

Tabla 4. Características Técnicas Sensor de temperatura tipo sonda para líquidos [34]

### 3.1.1.7 Sensor de Conductividad

El sensor de conductividad nos permitirá saber cuánta concentración de iones hay en una solución, se puede utilizar para variedad de pruebas o realizar experimentos que permitan ver la salinidad total de la sustancia (véase la Figura 9).

Este sensor opera en voltajes de 3,3 ~ 5,5 [V], teniendo una señal de salida de 0 ~ 2,3 [V], con un

rango de medición de 0 a 1000ppm y un rango de precisión de  $\pm 10\%$  y no se puede utilizar en agua por encima de  $55.0\text{ }^{\circ}\text{C}$  [34] (ver Tabla 5).



Figura 9. Sensor de conductividad para líquidos [34]

Sensor de conductividad para líquidos	
Voltaje de operación	3,3 ~ 5,5 [V]
Corriente de operación	Menos de 20mA
Tipo de sensor	Analógico
Señal de salida	0 ~ 2,3 [V]
Temperatura de funcionamiento	No mayor a $55\text{ }^{\circ}\text{C}$
Rango de precisión	$\pm 10\%$
Rango de medición	0 a 1000ppm

Tabla 5. Características Técnicas Sensor de conductividad para líquidos [34]

### 3.1.1.8 Sensor de Ph. Sonda E201

El sensor tipo sonda nos ayudará con la medición del pH que se encuentra en el líquido, tiene diferentes áreas de aplicación como peceras, hidroponía, acuarios, laboratorios, etc. (véase la Figura 10).

EL rango de medición va de 0 a 14 pH, teniendo un error de álcali de 0.2 pH, un tiempo de respuesta de 5 segundos y una temperatura de funcionamiento de 0 a  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ , el terminal es un conector BNC [35] (ver Tabla 6).



Figura 10. Sensor de pH tipo sonda E201 [35]

<b>Sensor de Ph sonda E201</b>	
Voltaje de operación	5 [V]
Corriente de operación	10mA
Tipo de sensor	Sonda
Tiempo de respuesta	5 segundos
Temperatura de funcionamiento	10~50°C
Rango de temperatura	0 – 80°C
Rango de medición	0 ~ 14. (acido /base)

*Tabla 6. Características técnicas del sensor de pH tipo sonda [35]*

### 3.1.1.9 NodeMCU-32

Esta tarjeta va permitir configurar y programar los diferentes componentes de este proyecto, gracias a sus diferentes aplicaciones, y numero de pines nos permitirá ejecutar el sistema de manera sencilla, para su programación utilizamos IDE Arduino (véase la Figura 11).

Posee un CPU 32-bit de dos núcleos que trabaja hasta 240Mhz y pueden controlarse individualmente, gracias a su regulador de voltaje en la placa se puede conectar directamente por micro-USB o con una fuente externa de 3v o 5v. El voltaje de operación de los pines tanto de entrada como de salida trabajan a 3,3v. Cuenta con conectividad Wi-Fi, integra el SoC ESP32, memoria FLASH, cristal oscilador y una antena Wi-Fi en PCB [39] (ver Tabla 7).



*Figura 11. NodeMCU-32 [39]*

<b>NodeMCU-32</b>	
Voltaje de alimentación (USB)	5 [V]
Voltaje de Entradas/Salidas	3.3 V DC
Corriente recomendable	500mA
CPU	Dual-Core Tensilica Xtensa LX6 (32 bit)
Frecuencia de Reloj	hasta 240Mhz
Wifi	802.11 b/g/n/e/i (802.11n @ 2.4

	GHz hasta 150 Mbit/s)
Memoria	448 KByte ROM 520 KByte SRAM 16 KByte SRAM in RTC QSPI Flash/SRAM, 4 MBytes
Pines	38
Pines Digitales GPIO	24 (Algunos pines solo como entrada)
Pines PWM	16
Pines Analógicos ADC	18 (3.3V, 12bit: 4095, tipo SAR, ganancia programable)
Seguridad	Estándares IEEE 802.11 incluyendo WFA, WPA/WPA2 and WAPI
Dimensiones	55*28 mm
Antena en PCB	

Tabla 7. Características Técnicas NodeMCU-32 [39]

### 3.1.1.10 Lora XL1278 433MHz

Es un módulo transceptor de RF de bajo coste, gracias a su sensibilidad en la modulación y con una salida de alta potencia hacen que este módulo el adecuado para este prototipo de boya oceanográfica (véase la Figura 12).

Consta de RFIC SX1278, un cristal SMD delgado y un circuito listo para la adaptación de antena. Funciona correctamente a 1,8v-3,6 voltios, y una corriente extra baja que permite el uso de baterías [40] (ver Tabla 8).

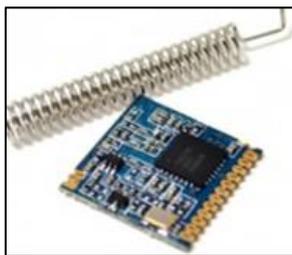


Figura 12. Módulo Lora XL1278 433MHz [40]

<b>Módulo Lora XL1278 433MHz</b>	
Voltaje de operación	1,8-3,6 [V]
Corriente de espera	≤ 1uA
Velocidad de datos	<300 kbps
Potencia de salida	+20dBm

Temperatura de funcionamiento	-40°C ~+80°C
Sensibilidad	-139dBm
Rango de frecuencia	433MHz
Tamaño	17*16,5mm
Comunicación semidúplex	
La Transmisión de ultra larga distancia puede ser de hasta 5km.	

Tabla 8. Características Técnicas Módulo Lora XL1278 433MHz

### 3.1.1.11 Módulo Lector Micro SD

Nos permite acceder a la memoria micro SD en modo SPI, es una tarjeta de interfaz que se comunica a 3.3v o 5v. Las señales de control se van etiquetando con los nombres de las señales del bus de comunicaciones, y soporta micro SD y micro SDHC, su voltaje de alimentación puede ser hasta 5v [41] (véase la Figura 13 y Tabla 9).

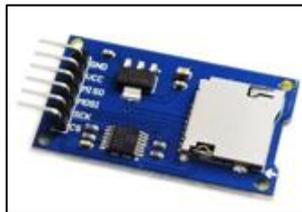


Figura 13. Módulo Lector Micro SD [41]

Módulo Lector Micro SD	
Voltaje de operación	Hasta 5 [V]
Corriente de operación	0.2mA
Interfaz	SPI
Pines SPI de la tarjeta SD	MOSI, MISO, SCK, CS.

Tabla 9. Características Técnicas Módulo Lector Micro SD [41]

### 3.1.1.12 Módulo GPS Neo-6M

El módulo Neo-6M nos va a ayudar a obtener las ubicaciones de los dispositivos, incluye un chip u-blox NEO-6M con EEPROM, y se puede utilizar en controladores que necesiten de posicionamiento GPS. El voltaje de operación es de 3-5vdc, tiene una interfaz Serial UART 5V [42] (véase la Figura 14 y Tabla 10).



Figura 14. Módulo GPS Neo-6M [42]

Módulo GPS Neo-6M
-------------------

Voltaje de operación	3-5 [V]
Consumo de corriente	40mA
Interfaz	Serial UART 5V
Frecuencia de refresco	5Hz
Dimensiones antena	25mm x 25mm
Dimensiones Módulo	25mm x 35mm
Agujeros de montaje	3mm
EEPROM para guardar datos de configuración	
Antena cerámica	
Indicador de señal con LED	

Tabla 10. Características Técnicas Módulo GPS Neo-6M [42]

### 3.1.1.13 Fuentes de alimentación

Al ser un sistema encapsulado, se optó por utilizar los siguientes elementos que permitirán la alimentación de los diferentes dispositivos:

#### Panel Solar

En la actualidad el uso de paneles solares para la obtención de electricidad es muy frecuente, por tanto, se usa un panel de 12v 100mAh para generar energía al sistema por cada dispositivo [43] (véase la Figura 15 y Tabla 11).



Figura 15. Panel Solar 12v 100mAh [43]

Panel solar 12v 100mAh	
Voltaje de trabajo	12 [V]
Corriente de trabajo	100mAh
Dimensiones	12cmx9cm

Tabla 11. Características Técnicas Panel Solar 12v 100mAh [43]

#### Cargador BMS 18650 2S 10A

El uso de paneles solares conforma otro tipo de elementos para el correcto funcionamiento, en este

caso, el cargador BMS 18650 2S 10A jugará un papel fundamental en el sistema, protege las baterías de Ion de Litio de cualquier sobrecarga o descarga que haya en el sistema [44] (véase la Figura 16 y Tabla 12).

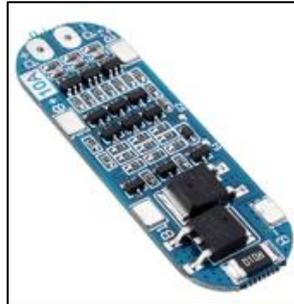


Figura 16. Cargador BMS 18650 2S 10A [44]

<b>Cargador BMS 18650 2S 10A</b>	
Voltaje de entrada de carga	12.6V a 13V
Voltaje de Baterías a Cargar	11.1V (Serie)
Voltaje de Cada Celda	3.7V
Corriente Máxima	10A
Dimensiones	53 mm x 18 mm x 3.6 mm
Protección contra cortocircuitos	
Modelo: HX-3S-FL10A-A	

Tabla 12. Características Técnicas Cargador BMS 18650 2S 10A [44]

### **Convertidor de voltaje DC-DC (Step Down LM2596 3 AMP)**

Este convertidor nos permite entregar un voltaje menor al de entrada, teniendo como corriente máxima de 3A, un voltaje de entrada de entre 4.5 a 40v, y un voltaje de salida de 1.5 a 35v [45] (véase la Figura 17 y la Tabla 13).

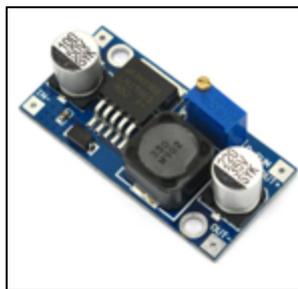


Figura 17. Convertidor de voltaje DC-DC (Step Down LM2596 3 AMP) [45]

<b>Step Down LM2596 3 AMP</b>	
Voltaje de entrada	4.5-40V
Voltaje de salida	1.5-35V (Ajustable)
Corriente Máxima	Máxima 3A

Tabla 13. Características Técnicas Convertidor de voltaje DC-DC (Step Down LM2596 3 AMP) [45]

### Bateria Litio 18650 3.7V 8amp Morada

Para almacenar la energía, se optó por utilizar baterías de litio de 3,7V 8A recargables, al tener una mayor densidad de energía, mayor eficiencia que una batería de Lipo y sobre todo tiene un ciclo de vida más largo [46] (véase la Figura 18 y la Tabla 14).



Figura 18. Bateria Litio 18650 3.7V 8amp Morada [46]

<b>Bateria Litio 18650 3.7V 8amp Morada</b>	
Voltaje de almacenamiento	3,7 a 4,2V
Corriente Máxima	Máxima 8800mAh

Tabla 14. Características Técnicas Bateria Litio 18650 3.7V 8amp Morada [46]

### Porta Pilas X2-18650

Se utiliza un portapilas de alta calidad que permite manejar de mejor manera las baterías de Ion Litio [47] (véase la Figura 19 y la Tabla 15).



Figura 19. Figura 18 Porta Pilas X2-18650 [47]

<b>Porta Pilas X2-18650</b>	
Voltaje de salida	3,7 a 4,2V

Tabla 15. Características Técnicas Porta Pilas X2-18650 [47]

### Regulador de 3,3v y 5v

Se utiliza reguladores tanto de 3,3v (Ams1117) (véase la Figura 20) [48] y 5v (7805) (véase la Figura 21) [49], para que los diferentes elementos trabajen de acuerdo a las especificaciones técnicas que poseen (ver tabla 16 y 17).

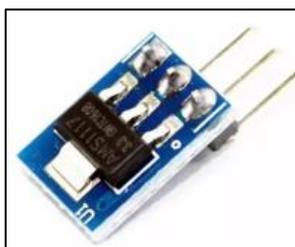


Figura 20. Regulador de 3,3v Ams1117 [48]

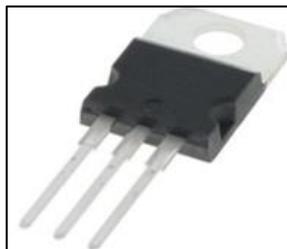


Figura 21. Regulador de 5v 7805 [49]

<b>Regulador de 3,3v Ams1117</b>	
Voltaje de entrada	5V a 3.3V
Voltaje de salida	3.3 V, 800 mAh.
Corriente de salida	1A

Tabla 16. Características Técnicas Regulador de 3,3v Ams1117 [48]

<b>Regulador de 5v 7805</b>	
Voltaje de salida	5 V 800maH

Tabla 17. Características Técnicas Regulador de 5v 7805 [49]

### 3.1.1.14 Componentes físicos de la estructura

Para la fabricación de la base de la estructura fue esencial determinar los materiales que conforman la estructura física.

#### **Tubos PVC**

El material utilizado para la fabricación de este prototipo es el tubo PVC (cloruro de polivinilo), siendo un material económico según el fabricante, tiene una aplicación amplia en construcciones civiles, parte de la electrónica, entre otros. Al ser un material liviano y hueco nos permite utilizarlo para encapsular el sistema electrónico de los nodos (véase la Figura 22).



*Figura 22. Tubos PVC de 6 pulgadas*

### **Tapa Hembra PVC**

Las tapas de PVC se utilizarán para sellar ambos extremos del tubo de 6 pulgadas, ayudándose de Kalipega que es un pegamento apropiado para este tipo de materiales, además, proporcionará impermeabilidad al sistema que va encapsulado en el tubo (véase la Figura 23).



*Figura 23. Tapa Hembra PVC de 4 pulgadas*

### **Prensa Estopas**

Los prensaestopas son dispositivos hechos de nylon que tiene diferentes aplicaciones, una de las más importantes es en la parte eléctrica, al ser una pieza roscada que al ir apretando contra un cable va sellando herméticamente, no permitiendo el paso de líquidos, polvo o cualquier suciedad, otra ventaja de las prensaestopas es que sujetan al cable, cuidándolo de tirones inapropiados que puedan dañar cualquier dispositivo al cual esté conectado el cable (véase la Figura 24).



*Figura 24. Prensa estopa*

## Caja Hermética

El material donde se colocó el sistema electrónico del nodo principal (Gateway) es una caja hermética plástica de dimensiones 20cm (largo) x 15cm (ancho) x 8cm (alto), siendo de buena ayuda para que el sistema esté protegido de los factores ambientales perjudiciales para el mismo como el agua, sol, polvo, etc. (véase la Figura 25).



Figura 25. Caja Hermética 20cm x15cm x 8cm

### 3.1.2 Componentes Lógicos

El uso de softwares para este tipo proyectos es indispensable, gracias a ellos se pueden programar los diferentes microcontroladores, diseñar, dibujar las diferentes conexiones e incluso realizar vistas previas a la impresión de placas.

#### 3.1.2.1 Arduino IDE

Es un entorno de desarrollo integrado creado por Arduino para sus componentes electrónicos libres. También contiene funciones de escribir códigos y compilación para que se puedan verificar los errores. Además, las herramientas de finalización automática, formato automático, administración y descripción general rápida ayudan a simplificar su flujo de trabajo de desarrollo [50] (véase la Figura 26).

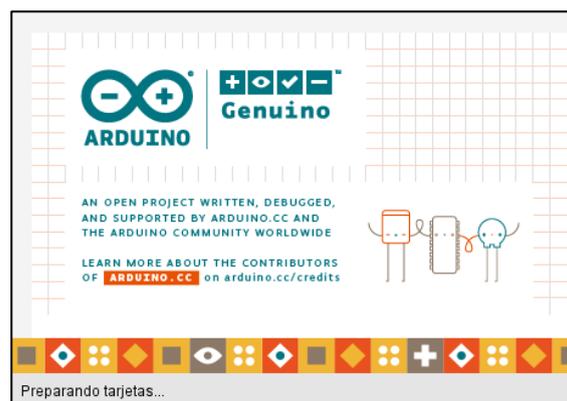


Figura 26. Software Arduino IDE

#### 3.1.2.2 Eclipse IDE

Eclipse es un entorno de desarrollo de software multilingüe creado en torno a espacios de trabajo, que puede contener una gran cantidad de complementos que brindan funcionalidades específicas

relacionadas con un idioma específico o interactúan con otras herramientas involucradas en el desarrollo de una aplicación [51] (véase la Figura 27).

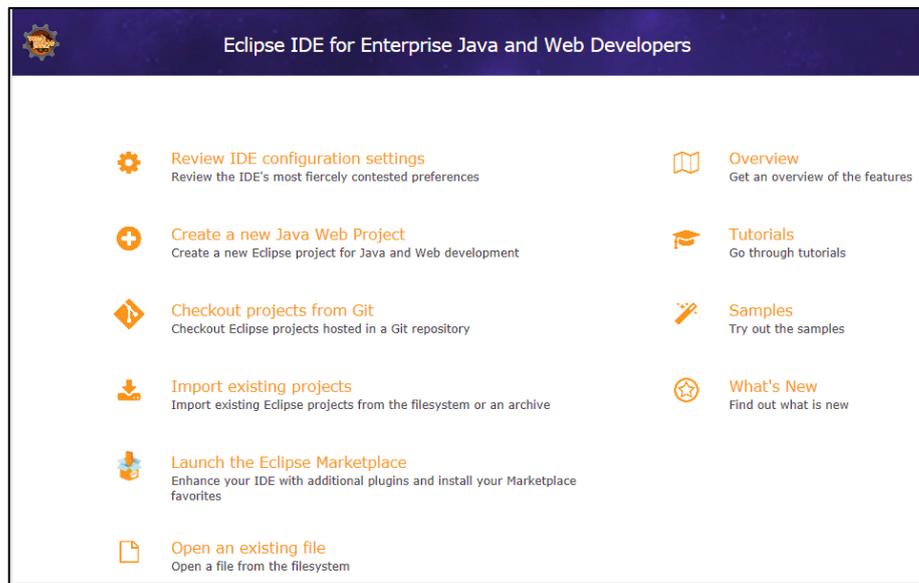


Figura 27. Software Eclipse IDE

Para la presentación de la información en pantalla, se toma la información almacenada en la base de datos mediante comandos de protocolo http como GET seguido de lo que queremos mostrar como una imagen [get image] y se presenta en pantalla.

Como nuestro trabajo consta de la presentación de la información guardada en una base de datos, usamos el comando: Nombre de Tabla ("localhost", \$username, \$password, \$database); para acceder a los datos almacenados, es recomendable escribir bien el nombre de la base de datos para no tener problemas de búsqueda.

Y para acceder a un dato en especial podemos usar: \$query = "SELECT \* FROM table\_name"; y luego presentarlo en pantalla

Del mismo modo, personalizamos la página con el tipo de letra con "atributo fase" y el tamaño con "atributo size".

Con esto, personalizamos la página web y le permitimos visualizar la información de una mejor manera, datos que se obtiene desde la base de datos y que también están almacenados en una microSD.

### 3.1.2.3 MySQL Workbench

Es una herramienta de diseño y modelado de base de datos visual capaz de acceder a bases de datos MySQL en servidores remotos o en el sitio. Gracias a su facilidad de uso y funcionalidad en los diferentes proyectos de desarrollo para base de datos, además, proporciona una interfaz gráfica para

trabajar con sus bases de datos directamente o de forma remota [52] (véase la Figura 28).



Figura 28. Software MySQL Workbench

### 3.1.2.4 Eagle PCB

Esta herramienta de automatización permite el diseño electrónico, siendo así que los diseñadores de placas de circuito impreso pueden conectar sin dificultades esquemas, diseño de componentes, enrutamiento de PCB y todo lo que incluye la biblioteca [53] (véase la Figura 29).

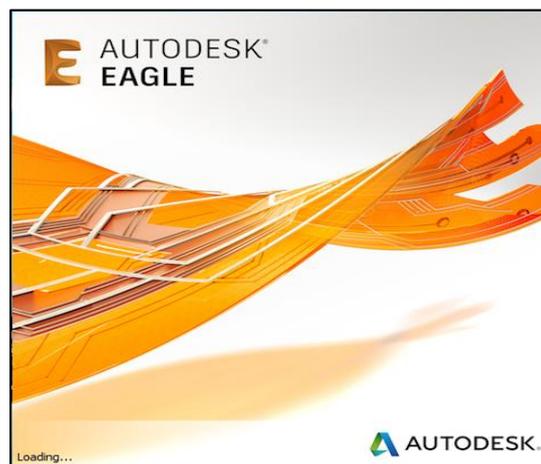


Figura 29. Software Eagle PCB

### 3.1.2.5 Fritzing

Es un software de código abierto diseñado específicamente para personas que necesitan crear proyectos de electrónica (especialmente hardware libre) y no tienen acceso a los materiales necesarios [54]. Mediante este software se realizó los diagramas de las conexiones para los diferentes componentes (véase la Figura 30).

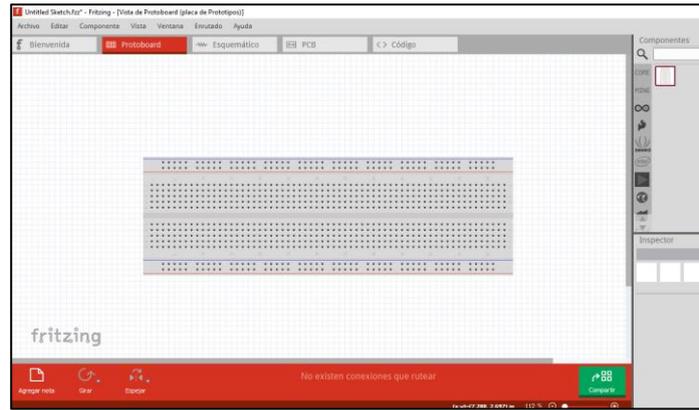


Figura 30. Software Fritzing

### 3.2 DISEÑO DE LA PROPUESTA

Una vez realizada la selección de los diferentes elementos físicos y lógicos que permiten efectuar con el desarrollo del proyecto se establece las conexiones entre los dispositivos establecidos.

#### 3.2.1 Esquema del prototipo

En este apartado se destaca en el funcionamiento que con la ayuda del microcontrolador y los diferentes elementos como son los módulos de comunicación inalámbrica que permiten conectarse entre los nodos y el gateway, el módulo GPS para la ubicación de los dispositivos, SD para el almacenamiento de los parámetros meteorológicos y de calidad del agua en el gateway, al ser diferentes dispositivos se esquematiza tanto para los nodos 1 y 2 (véase la Figura 31), y para el gateway (véase la Figura 32).

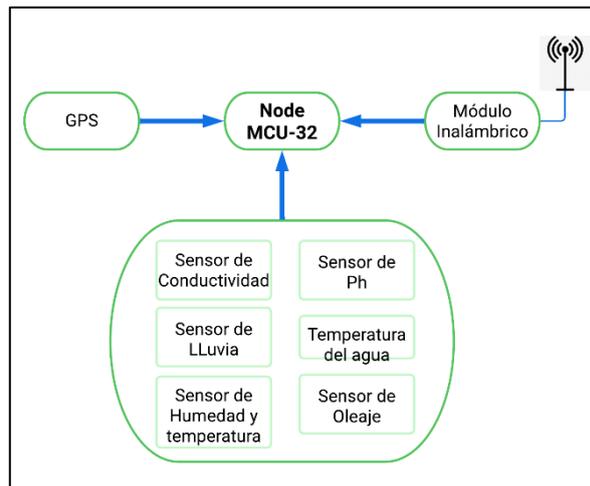


Figura 31. Esquema del prototipo Nodo 1 y 2

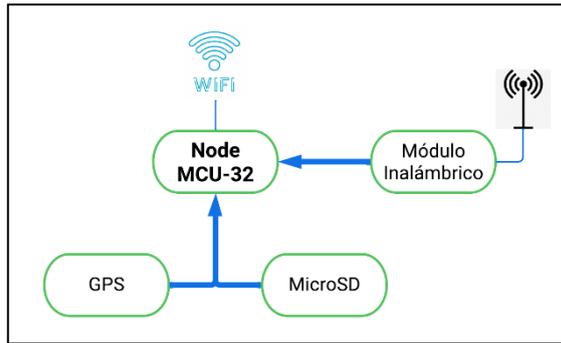


Figura 32. Esquema del prototipo Gateway

### 3.2.1.1 Topología de red

Para realizar el diseño de una red, se debe tener en cuenta todos los elementos que conforman el sistema, su orden y funcionamiento. Para el proyecto planteado al ser como una red de sensores de variables que serán transmitidas de forma inalámbrica, bajo el protocolo LoRa, en conjunto con IoT, se recomienda el uso de una topología de red en estrella.

#### 3.2.1.1.1 Red en estrella

El diseño se logra a través de los dispositivos finales que conectados a un dispositivo central hacen posible la comunicación de manera eficiente. La disposición de la red de sensores posibilita el uso de esta topología, debido a la facilidad de instalar, configurar, y por ser escalable.

La topología de red en estrella se construye de varios dispositivos que se comunican a un nodo central, lo que permite la escalabilidad de aumentar varios nodos finales, y poder detectar fallas en la red oportunamente [55] (véase la Figura 33).

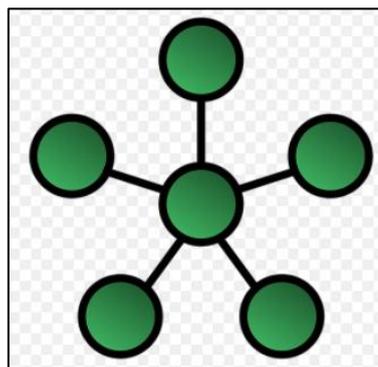


Figura 33. Topología de Red en Estrella

Nuestro proyecto presenta a los sensores de los dos nodos finales que conectados a un módulo LoRa se enviara la información al nodo principal. Así mismo, el nodo central se compone de un módulo LoRa que recepta la información y con un módulo wifi integrado en la Esp32 se conectará a una red inalámbrica que permitirá observar los datos en la plataforma web.

### 3.2.2 Diseño físico del prototipo

El prototipo para este proyecto, está conformado básicamente por: un nodo principal (Gateway) y dos nodos secundarios.

La estructura física del gateway es la caja hermética donde se colocará la placa con los componentes que permitirán la recepción de los datos enviados por los nodos secundarios. En el interior de la caja se encuentra la placa que lleva los diferentes componentes para la recepción de datos, las baterías de litio, un switch, en la parte superior de la caja se encuentra un orificio para la antena receptora, y el panel solar que alimentará el sistema (véase la Figura 34).

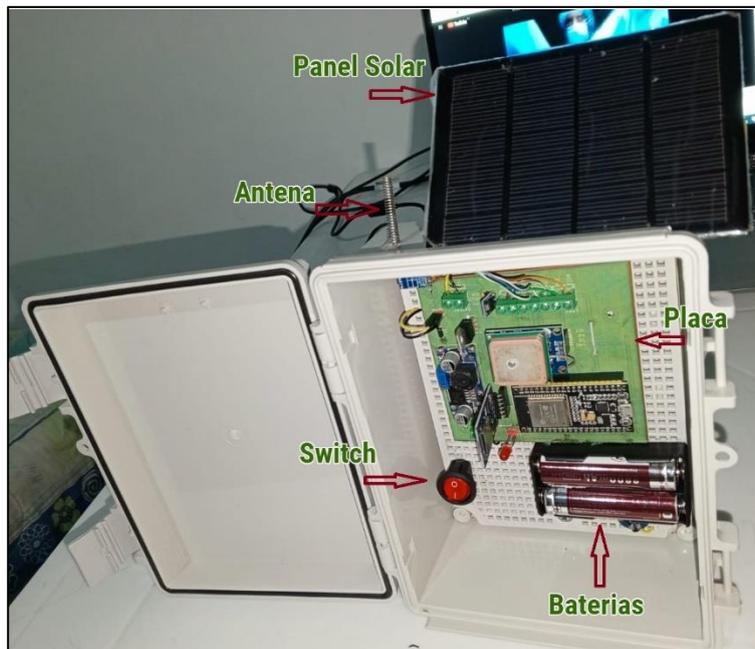


Figura 34. Prototipo Final del Gateway

En la figura 35 se observa los tubos donde se encapsularán los sistemas para los nodos y también los soportes (hechos de tubo PVC) donde se colocarán los componentes internos que ayudarán en la recolección de datos de los diferentes sensores. Los tubos PVC de 6 pulgadas tiene una longitud de 35 cm y los soportes 17 cm los cuales están pegados a una tapa hembra de 6 pulgadas.



Figura 35. Tubos y soportes para encapsulado de los nodos

Luego se procedió al sellado de los tubos y posteriormente al ensamble de cada nodo, en cada soporte se colocará en forma de celdas cada componente, comenzando en la parte de arriba la placa con sus componentes, en el medio las baterías y un switch, en la parte baja se colocarán los módulos de los sensores correspondientes (véase la Figura 36).

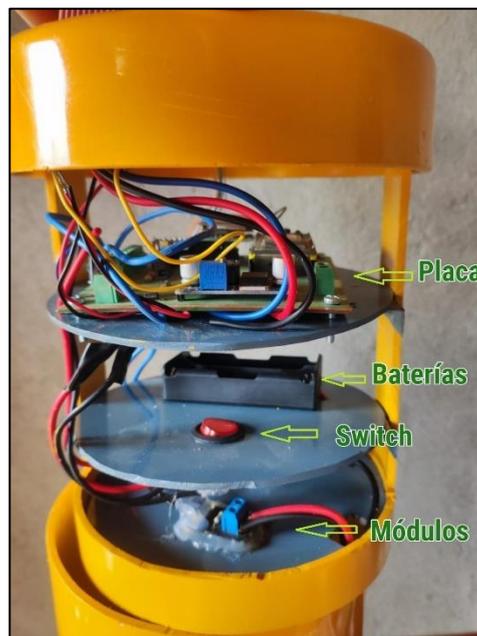


Figura 36. Soportes para cada nodo secundario

En la parte superior del tubo donde se encapsula el sistema electrónico, se encuentran los sensores de lluvia, temperatura y humedad del ambiente, y la antena transmisora (véase la Figura 37).



Figura 37. Parte superior de los nodos

Y en la parte inferior, se colocarán las prensaestopas que permiten la salida de los cables de los sensores de temperatura de líquidos, pH y conductividad del agua, además, se selló con pega tanque para tener hermeticidad en el interior. (véase la Figura 38).



Figura 38. Parte inferior de los nodos

Para mantener una flotabilidad total del prototipo se le colocan unos anillos flotadores que se diseñaron a partir de una tabla de polietileno, este material es muy usado en aguas saladas y ayudará a mantener a los nodos en posición vertical (véase la Figura 39).



*Figura 39. Tabla de polietileno*

Por otro lado, necesitaremos que el nodo se mantenga en una sola ubicación, para ello en la parte inferior del nodo se insertará un anillo galvanizado que será usado para adaptar un ancla, esta no permitirá que el nodo sea arrastrado por las corrientes del mar (véase la Figura 40).



*Figura 40. Anclaje de los nodos*

Se realizó una prueba con las adaptaciones realizadas para anclar y flotar, con el objetivo de verificar una impermeabilidad 100% confiable, esta prueba (véase la Figura 41) se realizó sin ningún elemento electrónico dentro del nodo y fue llevada a cabo directamente en el mar, dando como resultado una hermeticidad efectiva.



*Figura 41. Prueba de hermeticidad de los nodos*

Luego se procedió a ensamblar todos los componentes que se montarán en cada nodo, tanto las placas, módulos, porta baterías se fijarán a cada base del soporte con tornillos. Una vez que los elementos estén fijados en las bases de los soportes se procede a insertar en el tubo que las va a encapsular (véase la Figura 42).



*Figura 42. Diseño final de los nodos secundarios*

El panel solar va colocado en la parte superior de cada nodo, en forma horizontal para que este reciba directamente la luz del sol (véase la Figura 43).

Los paneles solares que se colocaron en cada dispositivo del proyecto tienen la finalidad de aprovechar totalmente la energía solar que reciben las costas ecuatorianas, convirtiéndose una fuente ilimitada para cada elemento del proyecto, y así no tener que estar recargando las baterías. Utilizando los dispositivos fotovoltaicos y de energía solar térmica que vienen integrados permite convertir la energía solar en electricidad, y poder recargar continuamente las baterías mientras los sistemas están funcionando. Gracias a los avances tecnológicos estos paneles solares permiten tener un desarrollo sostenible.



*Figura 43. Colocación del panel solar en cada nodo*

Y, por último, se hace una segunda prueba de hermeticidad ya con todos los dispositivos electrónicos en el mar (véase la Figura 44).



*Figura 44. Segunda prueba de hermeticidad*

### **3.2.3 Diseño electrónico del sistema de monitoreo**

La adquisición de datos tanto de variables meteorológicas y calidad del agua se realiza mediante sensores cuya finalidad es adquirir las diferentes variables y también se anexa la ubicación de los dispositivos.

#### **3.2.3.1 Conexión de sensor de temperatura y humedad del ambiente.**

El circuito de temperatura y humedad fuera del agua tiene 3 diferentes cables, que son el color rojo: alimentación 5V, negro: GND y amarillo: la señal digital (Pin G4), el cable de señal va conectado directamente en el Node MCU-32, y su alimentación será directamente a las baterías de Ion Litio con intermediario un regulador de voltaje de 5v (véase la Figura 45).

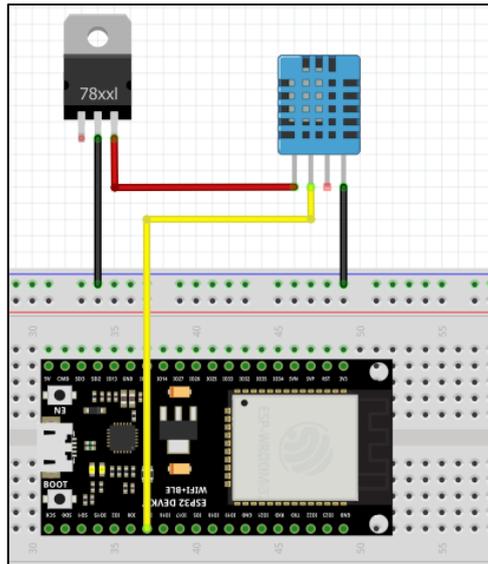


Figura 45. Conexión de sensor de temperatura y humedad AM2301

### 3.2.3.2 Conexión de sensor oleaje

El sensor MPU6050 de 3 ejes, que integra un Procesador Digital de Movimiento que realiza complejos algoritmos de captura de movimiento. Para la comunicación se utiliza la interfaz I2C, siendo el cable rojo: alimentación con 3.3v, negro: GND, verde: SCL (Pin G22) y amarillo: SDA (Pin G21), y su alimentación será directamente a las baterías de Ion Litio con intermediario un regulador de voltaje de 3,3v (véase la Figura 46).

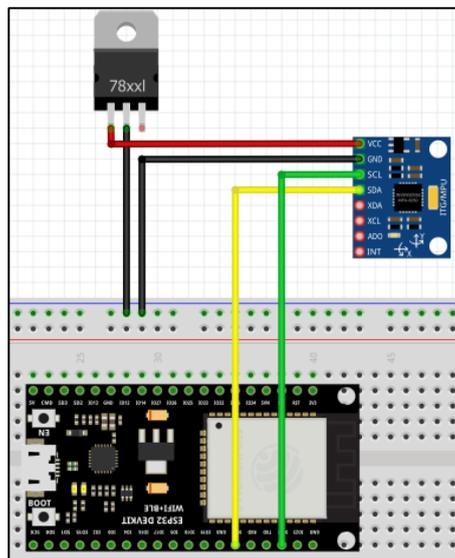


Figura 46. Conexión de sensor de oleaje MPU6050

### 3.2.3.3 Conexión de sensor de lluvia

El modelo de sensor de agua OKY-3446 permitirá obtener la información si está lloviendo en el lugar donde se encuentre la boya. El sensor está conectado en el cable rojo: alimentación 5v, negro: GND y amarillo: señal analógica (Pin G34), y su alimentación será directamente a las baterías de Ion Litio con intermediario un regulador de voltaje de 5v (véase la Figura 47).

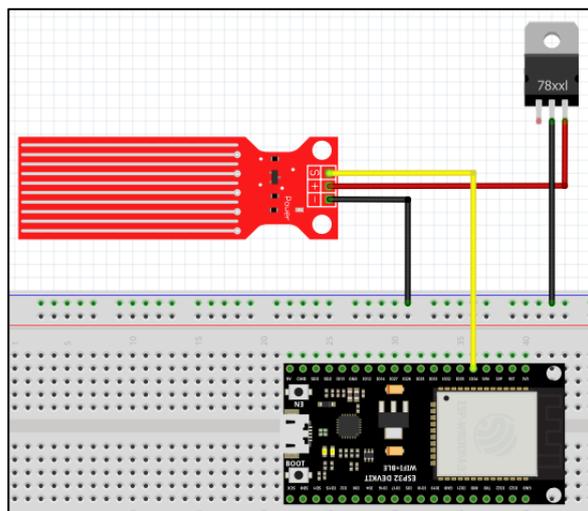


Figura 47. Conexión de sensor de lluvia OKY3446

### 3.2.3.4 Conexión de sensor de temperatura de líquidos

El detector DS18B20 puede medir fácilmente temperaturas de hasta 125 °C y también está sellado en un paquete impenetrable. EL sensor está conectado de la siguiente manera, siendo rojo: alimentación 5v, negro: GND y amarillo: señal analógica (Pin G0), y su alimentación será directamente a las baterías de Ion Litio con intermediario un regulador de voltaje de 5v (véase la Figura 48).

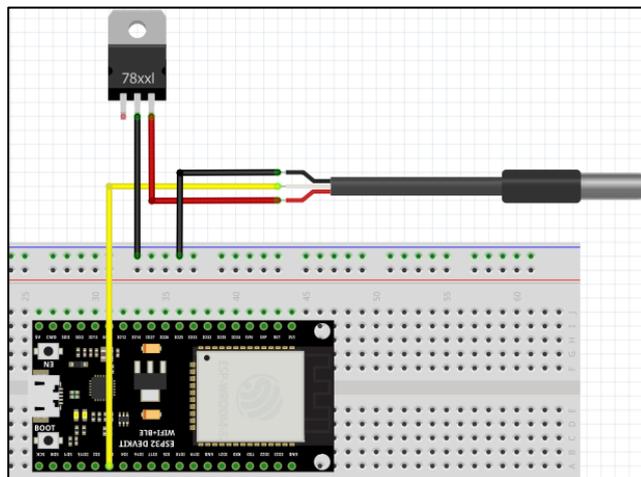


Figura 48. Conexión de sensor de temperatura de líquidos DS18b20

### 3.2.3.5 Conexión de sensor de conductividad

El sensor de conductividad nos permitirá saber cuánta concentración de iones hay en una solución, inclusive con pruebas se puede saber la salinidad de algún líquido. EL sensor está conectado de la siguiente manera, siendo rojo: alimentación 5v, negro: GND y amarillo: señal analógica(G32), y su alimentación será directamente a las baterías de Ion Litio con intermediario un regulador de voltaje de 5v (véase la Figura 49).

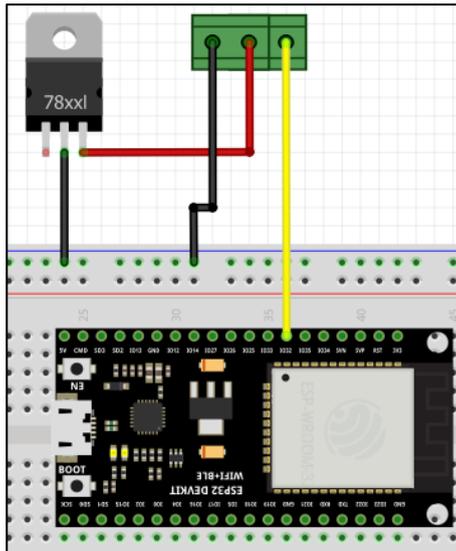


Figura 49. Conexión de sensor de conductividad

### 3.2.3.6 Conexión de sensor Ph

El sensor de pH nos ayudará a indicar cuanta acidez o alcalinidad del líquido, el valor que se obtendrá varía de 0 a 14, si el valor de pH es 7, es una sustancia neutra, esto quiere decir ni alcalina ni ácida. EL sensor está conectado de la siguiente manera, siendo rojo: alimentación 5v, negro: GND y amarillo: señal analógica(G35), y su alimentación será directamente a las baterías de Ion Litio con intermediario un regulador de voltaje de 5v (véase la Figura 50).

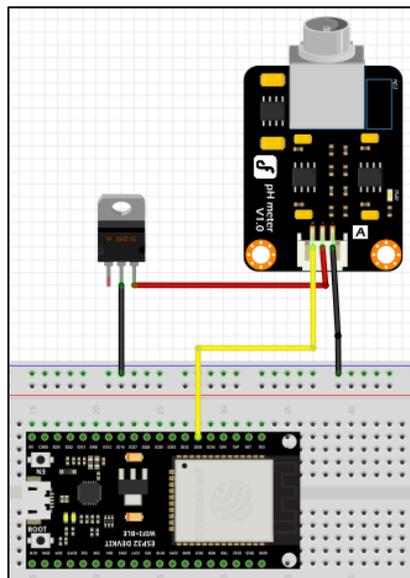


Figura 50. Conexión de sensor de pH

### 3.2.3.7 Conexión de módulo Lora

El transceptor de RF de bajo coste, gracias a su sensibilidad en la modulación y con una salida de alta potencia hacen que este módulo el adecuado para este prototipo de boya oceanográfica. Consta

de RFIC SX1278, un cristal SMD delgado y un circuito listo para la adaptación de antena. EL módulo está conectado de la siguiente manera, siendo rojo: alimentación 3,3v, negro: GND, Pin G2: DIO0, Pin G5: NSS, Pin G18: SLCK, Pin G23: MOSI, Pin G19: MISO, y su alimentación será directamente a las baterías de Ion Litio con intermediario un regulador de voltaje de 5v (véase la Figura 51).

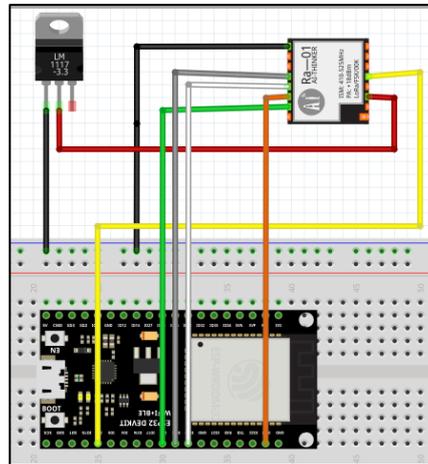


Figura 51. Conexión de módulo Lora

### 3.2.3.8 Conexión de módulo GPS

El módulo Neo-6M nos va a ayudar a obtener las ubicaciones de los dispositivos. EL módulo está conectado de la siguiente manera, siendo rojo: alimentación 5v, negro: GND, amarillo: Rx (Pin G17) y verde: Tx (Pin G16), y su alimentación será directamente a las baterías de Ion Litio con intermediario un regulador de voltaje de 5v (véase la Figura 52).

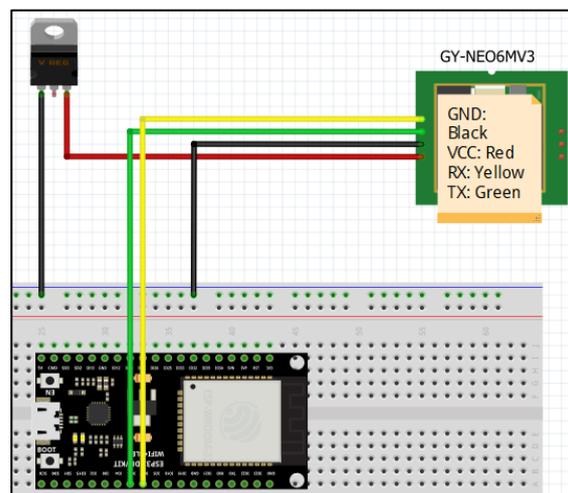


Figura 52. Conexión de módulo GPS

### 3.2.3.9 Conexión de módulo microSD

El módulo SD nos permitirá el almacenamiento de la información enviada por los nodos, información que puede ser utilizada para cualquier análisis que se requiera realizar. EL módulo está conectado de la siguiente manera, siendo rojo: alimentación 5v, negro: GND, Pin G14: SCLK,

Pin G12: MISO, Pin G13: MOSI y Pin G15: SS, y su alimentación será directamente a las baterías de Ion Litio con intermediario un regulador de voltaje de 5v (véase la Figura 53).

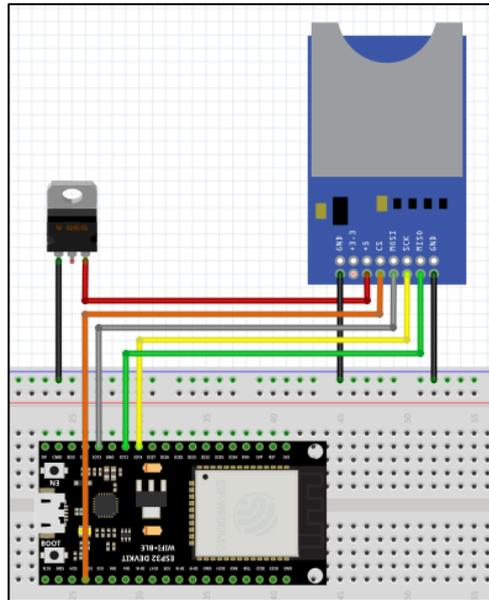


Figura 53. Conexión de módulo microSD

### 3.2.3.10 Diseño de placas del prototipo

El diseño realizado en el software Eagle brinda una mejor implementación en el esquema de los elementos electrónicos, mediante el uso de una impresora láser se realiza dicha placa tanto para los dos nodos (véase la Figura 54 y 55) y el gateway (véase la Figura 56 y 57), planchando entre el papel fotográfico y una baquelita se obtiene las pistas, para su posterior revisión de continuidad entre las líneas, y así no tener ningún tipo de error al momento de colocar los elementos. Dicha placa impresa también incluye las pistas para colocar los paneles solares, cargador y controlador de voltaje, las baterías de Ion Litio y los reguladores de voltaje.

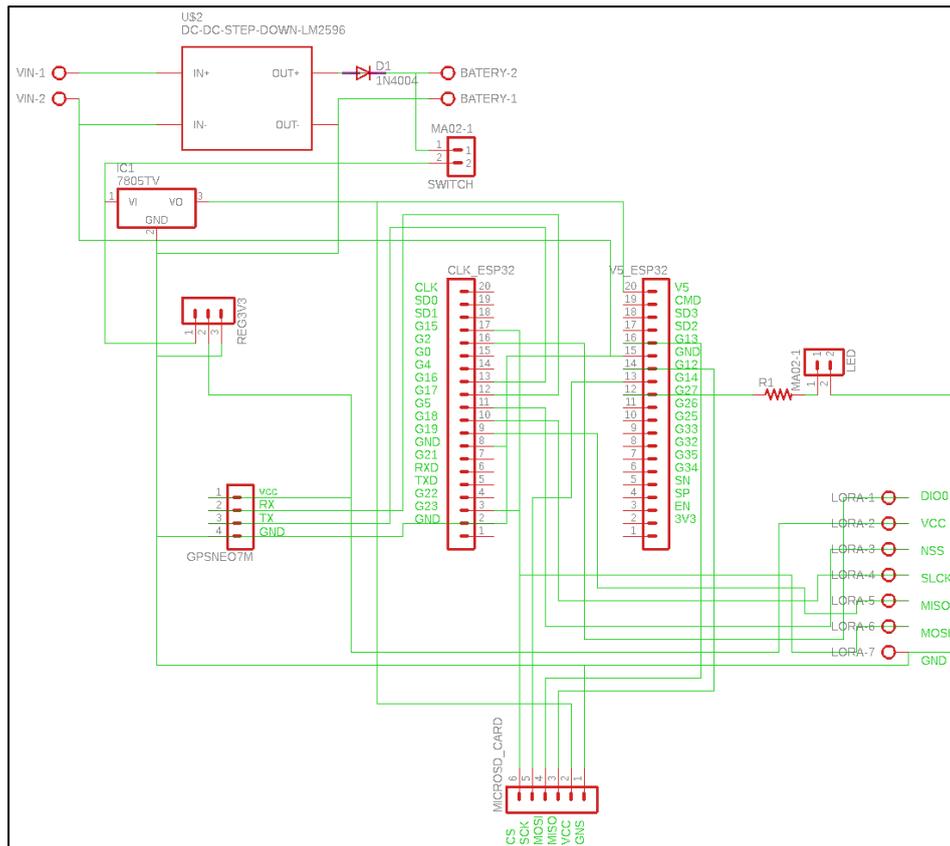


Figura 54. Esquema eléctrico general del Gateway

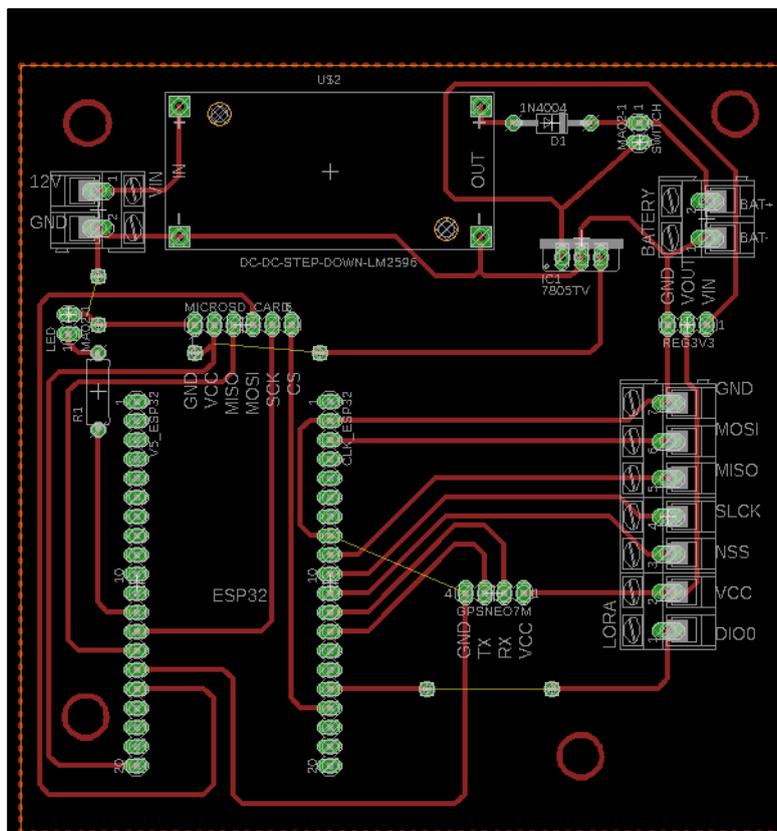


Figura 55. Conexión de la PCB del Gateway

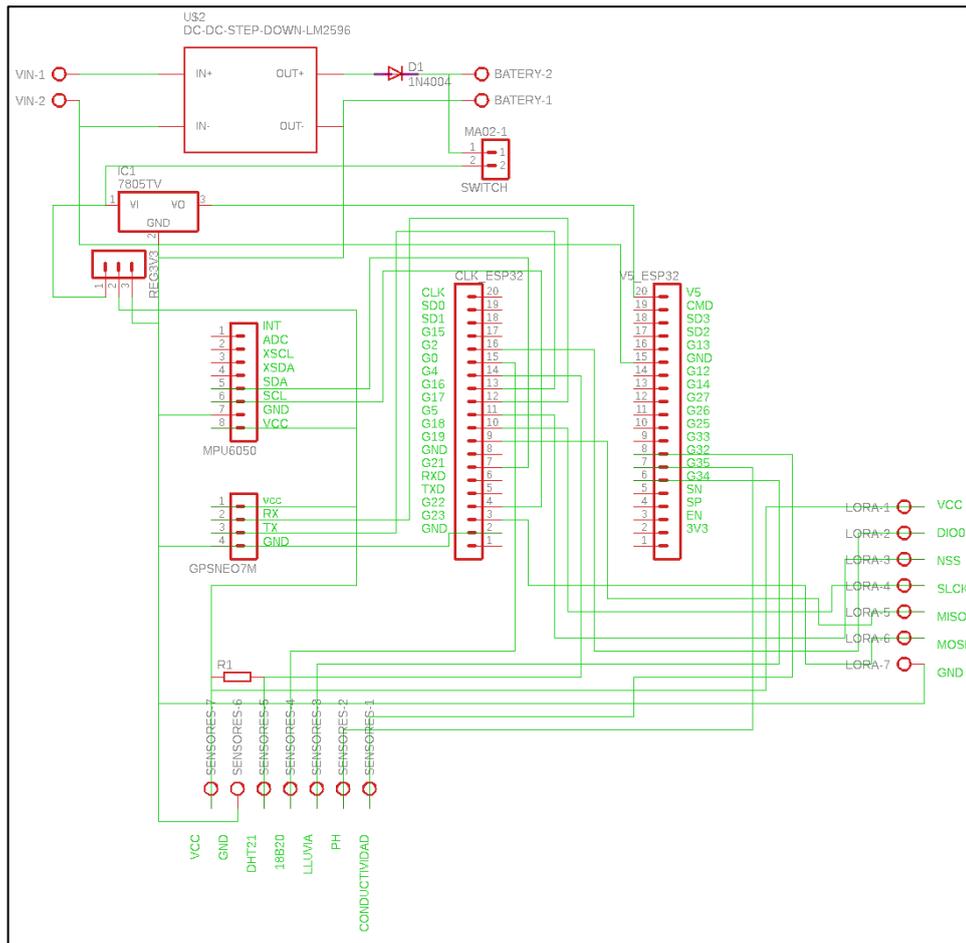


Figura 56. Esquema eléctrico general de los Nodos 1 y 2

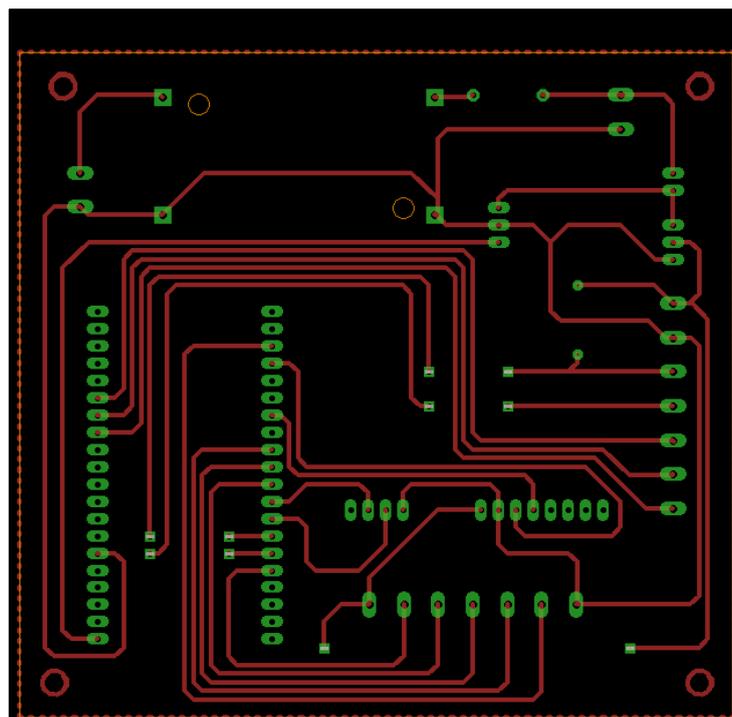


Figura 57. Conexión de la PCB de los Nodos 1 y 2

Una vez colocado todos los elementos en la placa y conectando las fuentes de alimentación se verifica el funcionamiento de los nodos y el gateway.

Todos los elementos electrónicos como los sensores, módulos de comunicación inalámbrica, GPS y módulo SD se colocan dentro de la boya hermética creada con el propósito de recibir las muestras en el momento de ejecución del sistema.

La alimentación de los dispositivos se dará por baterías de litio de 3,7V 8A recargables, que serán recargadas por un panel solar de 12V 100mAh abarcando el consumo de corriente por los elementos del sistema detallados en la siguiente tabla 18 y 19.

Dispositivos	Consumo de corriente
Node MCU-32	500mA
Módulo Lora	0,001mA
Módulo GPS	40mA
Sensor de conductividad	20mA
Sensor de temperatura y humedad relativa	1 mA
Sensor oleaje	3.5mA
Sensor de lluvia	20mA
Sensor de temperatura de líquidos	1.5mA
Sensor de Ph	10mA
<b>Total</b>	<b>596.001mA</b>

Tabla 18. Consumo total en los nodos

Dispositivos	Consumo de corriente
Node MCU-32	500mA
Módulo Lora	0.001mA

Módulo GPS	40mA
Módulo SD	0.2mA
<b>Total</b>	540.201mA

Tabla 19. Consumo total del gateway

## COSTOS

Es muy importante detallar la parte económica que involucra realizar este proyecto desde la creación de la base donde se van a ubicar los dispositivos y los materiales hasta la implementación de los elementos electrónicos resumiendo los costos que se utilizó.

### Costos de materiales de la estructura

Cantidad	Descripción	Valor
1	Tubo PVC 6 pulg Plastigama	22,30
4	Tapas hembra 6 pulg Plastigama	31,80
1	Kalipega	10,00
4	Spray Amarillo	10,00
2	Spray Gris	5,00
1	6m cadena inoxidable	12,00
4	Argollas inoxidables pequeñas	5,00
2	Anclas pequeñas	30,00
50	Tornillos inoxidables	3,00
1	Flotador de polietileno	33,00
9	Cable N°18	
	<b>Total</b>	162,10

Tabla 20. Costo de materiales de la estructura

### Costos de mano de obra

Descripción	Valor
Estructura del prototipo	400,00
<b>Total</b>	\$ 400,00

Tabla 21. Costo de mano de obra

### Costos de elementos electrónicos

Cantidad	Descripción	Valor
2	Sensor de conductividad	18,76
2	Sensor Ph	120,00
2	Sensor temperatura para líquidos	9,00
2	Sensor de lluvia	4,00
2	Sensor oleaje	10,00
2	Sensor de humedad y temperatura del ambiente	15,00

3	Node MCU-32+Lora	93,00
3	Módulo GPS	56,40
1	Módulo SD	12,90
3	Panel Solar	30,78
6	Bateria Litio 3,7v 8AMP	21,18
3	Cargador BMS 2S	10,71
3	Porta Pilas x2	7,77
3	Step down LM2596	7,35
3	Regulador 7805	1,59
3	Regulador AMS1117	4,47
<b>Total</b>		<b>\$ 422,91</b>

Tabla 22. Costo de elementos electrónicos

### Costos por traslado de campo

Descripción	Valor
Traslado playa San Lorenzo	40,00
<b>Total</b>	<b>\$ 40,00</b>

Tabla 23. Costo por traslado de campo

### Costo Final

Descripción	Valor
Costos de materiales de la estructura	162,10
Costos de mano de obra	400,00
Costos por traslado de campo	40,00
Costos de elementos electrónicos	422,91
<b>Total</b>	<b>\$1.025,01</b>

Tabla 24. Costo Final

## CAPITULO IV

### RESULTADOS

Se realizó la **respectiva programación del Gateway** usando un ESP32 basado en el mítico lenguaje C, que, juntamente con el módulo de LoRa permite la comunicación entre las boyas (nodos) y el mismo. Con el mismo lenguaje, se configuraron dos tarjetas ESP32 para la lectura de las variables meteorológicas y de calidad del agua por medio de sensores que, luego se colocaron en las boyas. En la codificación para lograr la comunicación LoRa entre el Gateway y los nodos se detallan las librerías:

```
#include <SPI.h>
```

```
#include <LoRa.h>
```

La siguiente codificación del Gateway permitió conectarse a una red inalámbrica para enviar la información recolectada a la plataforma web:

```
#include <WiFi.h>
```

```
#include <HTTPClient.h>
```

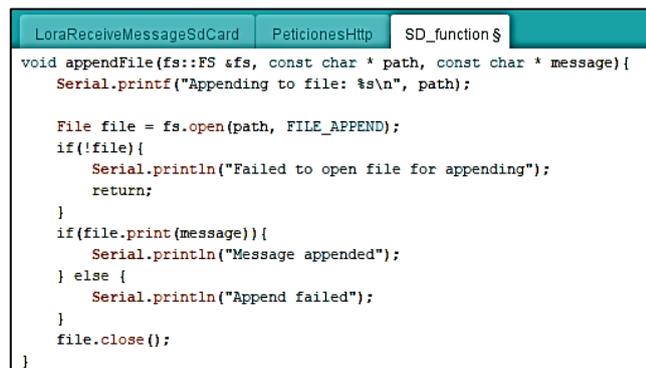
```
const char* ssid = "Boya Oceanografica";
```

```
const char* password = "hola1234";
```

```
String url;
```

```
WiFiClient client;
```

El Gateway con las líneas de código establecidas, al encender configura el microSD con las librerías, #include "FS.h", #include "SD.h", #include "SPI.h", y con la función (véase la Figura 58) que permite guardar en un archivo de texto los datos enviados por los nodos para su posterior manejo de información.



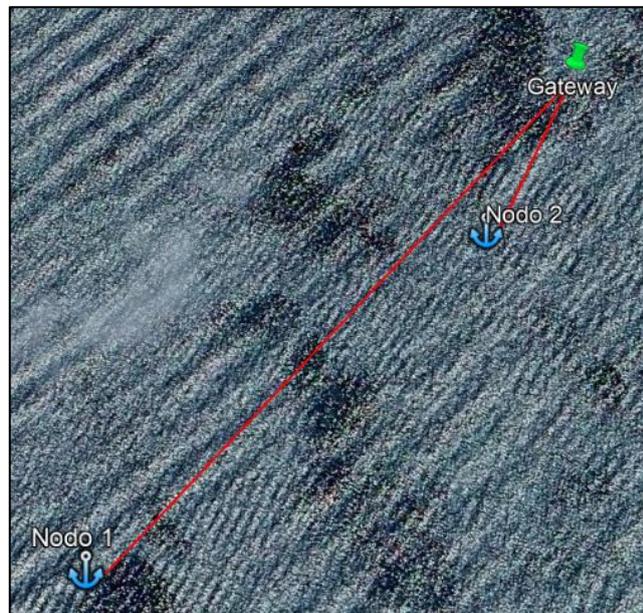
```
LoraReceiveMessageSdCard PeticionesHttp SD_function $
void appendFile(fs::FS &fs, const char * path, const char * message){
  Serial.printf("Appending to file: %s\n", path);

  File file = fs.open(path, FILE_APPEND);
  if(!file){
    Serial.println("Failed to open file for appending");
    return;
  }
  if(file.print(message)){
    Serial.println("Message appended");
  } else {
    Serial.println("Append failed");
  }
  file.close();
}
```

Figura 58. Función para guardar en un archivo de texto dentro de la MicroSD

El **tipo de red de comunicación** de los nodos al Gateway es básicamente una topología estrella (véase la Figura 59), por la demanda de información que envían los nodos, por su ventaja de seguir ampliando la red y colocando más nodos, se optó por configurar con esta topología en los dispositivos.

Es importante recalcar que los parámetros que hacen posible la comunicación entre los dispositivos son los de manipular y configurar adecuadamente todo lo que tiene que ver con la parte eléctrica y electrónica de cada dispositivo, no obstante, la línea de vista de la comunicación entre los nodos y el Gateway debe ser sin obstáculos, para que no se pierda la información. La distancia en la que se trabajó entre el nodo 1 y el nodo 2 con referencia al Gateway es de 0.29 Km y 0.1 Km respectivamente.



*Figura 59. Dispositivos en Topología Estrella*

El **ensamblaje del Gateway y los nodos finales** (véase el Anexo 1), con sus respectivas pruebas de funcionamiento (véase Anexo 5) permitió que toda la información fuera recolectada y almacenada de forma eficiente.

Se consideró la protección de los sensores y cada uno de los elementos que componen la boya, es por esto que, en la salida de los sensores se utilizó prensa estopas para que el agua no ingrese a la boya y solo la parte necesaria de los sensores que deben estar en el mar trabaje sin ningún inconveniente. Una prensa estopa es una pieza roscada que se utiliza para asegurar el casquillo alrededor del vástago móvil de una válvula o grifo. Su función principal es impedir el escape de líquidos y gases. Se puede utilizar en diversos campos, especialmente en áreas industriales y peligrosas, donde se requieren equipos y conexión de cables.

Así se protegió los elementos, se cuidó la parte estética y no se afectó la lectura de datos. Para una mayor protección y mantener la impermeabilidad, se utilizó un pegamento (sella tanque) de alta resistencia y capaz de soportar condiciones climáticas muy fuertes. Este pegamento se utiliza en construcciones, trabajos navales y electricidad. Las características especiales de este pegamento son: resistencia a temperaturas extremas, alta resistencia a la tracción y dureza, resistente a productos químicos y disolventes. Con esto, se aseguró que la boya mantiene al 100% la impermeabilidad, los sensores trabajan con normalidad y no se ve afectada ninguna parte.

**La plataforma web** (véase la Figura 66) se diseñó para que el usuario conectado a la misma red local pueda interactuar con los datos, con los datos almacenados en la base de datos creada con SQL (véase la Figura 68 y 69) y con la localización de los dispositivos.

Las tablas de datos (véase la Figura 68 y 69), nos muestra en la primera columna, el número de dato almacenado, la segunda columna, el sensor de lluvia nos muestra si está lloviendo (0 no llueve y 1 llueve), la tercera columna, es el porcentaje de la conductividad del agua que va desde 0 a 100, la cuarta columna, es la temperatura del agua dada en grados Celsius, la quinta columna, es la humedad ambiental medida en gramos por metro cúbico del aire, la sexta columna es la temperatura del ambiente en grados Celsius, la séptima columna muestra el Ph del agua que varía entre 4 y 9 (el agua de mar generalmente va de 6.5 y 8.5), desde la octava hasta la décima columna es la aceleración en los tres ejes x-y-z (enviadas por el MPU6050), la onceava hasta la treceava es la velocidad angular en los tres ejes x-y-z (enviadas por el MPU6050), y las dos últimas columnas nos muestran la Latitud y Longitud del lugar.

Estos datos almacenados en base en la base de datos son muy variables entre sí, por ejemplo, para la columna de la conductividad del agua, el sensor envió valores de 87, 88, 89, por tal razón para que estos datos nos proporcionen un número exacto hay que tratarlos, casi todos los sensores que hemos escogido para el proyecto tienen esa variación, por tal razón hay que revisarlos y tratarlos, así como lo hacen los expertos en la meteorología y oceanografía INAMHI e INOCAR, estos institutos se encargan de configurar dispositivos, recoger la información, revisarla y darle un tratamiento para que el usuario pueda entender la información.

Este proyecto se centra principalmente en la comunicación entre elementos y el desarrollo de la plataforma web. Por lo tanto, se omiten aspectos relacionados con la creación de una aplicación celular, seguridad y privacidad de la información, incluso como el procesamiento de datos el ámbito estadístico, la validación y el análisis de datos, dejando abierto para futuros desarrollos a partir de este trabajo.

Con el video de fuente (véase Anexo 5) se observa que se comprobó que la estructura de las boyas no filtre agua, para asegurarnos que éstas puedan permanecer flotando sin ningún inconveniente.

## CONCLUSIONES

Se pudo establecer una buena comunicación entre los nodos y el Gateway, de este modo se configuró una topología de red inalámbrica de tipo estrella.

Se ha comprobado que los elementos de cada uno de los nodos funcionan correctamente y que el sistema de comunicación inalámbrica de cada una de las boyas no tiene inconvenientes. Con la programación de los dos nodos con Esp32 y módulo LoRa se tuvo una muy buena comunicación unilateral hacia el GateWay. En el campo de pruebas, el sistema trabaja correctamente sin tener fallos en la frecuencia, el envío y recepción de datos, esto se obtuvo mediante la programación del Gateway y su comunicación unidireccional con los nodos finales.

Se encontró una muy buena precisión al momento de revisar la ubicación geográfica exacta de las boyas, del mismo modo, los sensores enviaron los datos que recolectaban al Gateway de una manera sincronizada sin que se pierda uno de ellos, gracias a la red tipo estrella que se configuró entre los dispositivos para su correcta comunicación, esto fue comprobado al revisar la información que se almacenaban en la base de datos mediante la programación de cada uno de los nodos finales con cada una de sus tarjetas ESP32.

Así mismo, en la nube guardamos nuestra información y, pudimos comprobar que los datos que se enviaban a la base datos no se perdían, comparando todo esto con lo que se almacenó en la microSD que está conectada en el Gateway. Con esto, podemos decir que existe un buen sistema de almacenamiento de datos. Y todos estos datos se pudo presentar en la plataforma web diseñada.

Todos los datos se pudieron almacenar en la microSD y posteriormente en la base de datos de SQL, dando esto como resultado un respaldo de la información que se obtuvo en la toma de información en la prueba de campo, así podremos tener la confianza que no se perderán los datos para su posterior tratamiento. De este modo, se puede revisar la información de los nodos en tiempo real desde la web.

Estos datos podrán ser tratados para tener un historial del comportamiento climático que tiene la playa de San Lorenzo del cantón Salinas y tener una información concreta de cuando hubo oleajes o cuando estuvo soleado el día, siempre y cuando se maneje y se trate bien la información recibida por el sistema de boyas.

## RECOMENDACIONES

Para futuros trabajos con el proyecto se requiere desarrollar una app compatible con Android que permita visualizar los datos como en la plataforma web, esto para comodidad del usuario. Y comprobar que los elementos estén bien enlazados antes de su uso, que los módulos LoRa y ESP32 estén alimentados por el voltaje.

Cargar bien las baterías del Gateway y de las boyas, porque si éstas no tienen la suficiente carga, no se podrá establecer una buena comunicación entre las partes del sistema de Smart Buoys y revisar si es necesario una actualización de la programación realizada en los nodos con tarjeta ESP32.

Asegurarse de colocar bien las tapas de las boyas para evitar que el agua ingrese y estropee los elementos y no se pierda la comunicación de red inalámbrica existente.

No es necesario hacer clic en el botón de refrescar en la página web del sistema de Smart Buoys porque está configurada para que se actualice automáticamente, los datos que envía el Gateway se podrán visualizar de manera sencilla.

Queda a disposición la manipulación en la forma de como apreciar la información que se almacena en la base de datos en SQL y para qué se solicita la información que envían las boyas, cabe recalcar que estos datos están en bruto.

En las pruebas de campo, es necesario asegurarse que las baterías tengan buena carga y así poder trabajar sin inconvenientes.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] E. García Martín. "Navegando por la historia de la oceanografía - Principia". Principia | Una única Cultura | Ciencia y Arte. <https://principia.io/2017/08/31/navegando-por-la-historia-de-la-oceanografia.IjYzMyI/> (accedido el 30 de septiembre de 2022).
- [2] Instituto Oceanográfico de la Armada. "Registro oficial n° 108 - 25 de julio de 1972 -". Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada - Inicio. <https://www.inocar.mil.ec/web/index.php/institucion/registro-oficial> (accedido el 30 de septiembre de 2022).
- [3] Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH). "Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH) - UNEP-REGATTA". Inicio - UNEP-REGATTA. <https://cambioclimatico-regatta.org/index.php/es/instituciones-clave/item/instituto-nacional-de-meteorologia-e-hidrologia-inameh> (accedido el 1 de octubre de 2022).
- [4] Alexandra Witze, Nature magazine. "Corals Worldwide Hit by Bleaching [Slide Show]". Scientific American. <https://www.scientificamerican.com/article/corals-worldwide-hit-by-bleaching-slide-show/> (accedido el 2 de octubre de 2022).
- [5] S. I. Palaguachi Encalada, "Diseño, desarrollo e implementación de una estación meteorológica basada en una red jerárquica de sensores, software libre y sistemas embebidos para la Empresa ELECAUSTRO en la Minicentral Gualaceo utilizando comunicación MQTT y MODBUS", Trabajo de grado, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, 2018.
- [6] C. A. Pérez Vinuesa, Bustos Tobar, "Telemetría de boya meteorológica costera con software y hardware libre", Trabajo de grado, Escuela Superior Politécnica Del Litoral, Guayaquil, 2017.
- [7] C. M. J. Y. Hincapié Lopera, Osorio Tabares, "DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS DE BAJO COSTO PARA MEDICIONES DE TEMPERATURA EN EL OCÉANO", Trabajo de grado, Universidad De Antioquia, Antioquia, 2019.
- [8] E. A. Zamudio Sandoval, "Planificación y ejecución del sembrado de una boya oceanográfica en el litoral norte del Perú para el estudio y monitoreo del Fenómeno El Niño", Trabajo de grado, Universidad de Piura, Piura, 2021.
- [9] J. Escribano Vega, "Implementación de una estación meteorológica con Arduino", Trabajo de grado, Gandia, 2017.
- [10] T. "Tipos de investigación". Significados. <https://www.significados.com/tipos-de-investigacion/> (accedido el 10 de julio de 2022).
- [11] Editorial Etecé, "Método Científico - Concepto, pasos, características y ejemplos". Concepto. <https://concepto.de/metodo-cientifico/> (accedido el 10 de julio de 2022).
- [12] "Tipos de investigación". Significados. <https://www.significados.com/tipos-de-investigacion/> (accedido el 10 de julio de 2022).
- [13] "¿Qué es la Investigación Exploratoria?" QuestionPro. <https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-exploratoria/#:~:text=La%20investigaci%C3%B3n%20exploratoria%20es%20un,pero%20sin%20proporcionar%20resultados%20concluyentes> (accedido el 10 de julio de 2022).
- [14] "Evolución climática en la costa de Ecuador por efecto del cambio climático". Sistema de Información Científica Redalyc, Red de Revistas Científicas. <https://www.redalyc.org/journal/496/49655603005/html/#B2> (accedido el 3 de octubre de 2022).
- [15] Notimerica. "El territorio marítimo de Ecuador será cinco veces más extenso que el continental". notimerica.com. <https://www.notimerica.com/politica/noticia-territorio-maritimo-ecuador-sera-cinco-veces-mas-extenso-continental-20160908152221.html> (accedido el 3 de octubre de 2022).
- [16] CIIFEN. "Efecto Invernadero | CIIFEN". CIIFEN | Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño. <https://ciifen.org/efecto-invernadero/> (accedido el 3 de octubre de 2022).
- [17] Viajando X. "Info Playa San Lorenzo l Salinas, Santa Elena - Ecuador". Info Turismo Ecuador: ¿Qué ver? ¿Qué hacer? | Attractions, tours, vídeos y fotos de Quito, Guayaquil, Cuenca, Baños, Salinas.

- [18] MAPCARTA. "San Lorenzo". Mapcarta. <https://mapcarta.com/es/W31451742/Mapa> (accedido el 8 de octubre de 2022).
- [19] D. R. E-Marmolejo. "Microcontrolador - qué es y para que sirve - HETPRO/TUTORIALES". HETPRO/TUTORIALES. <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/microcontrolador/> (accedido el 3 de octubre de 2022).
- [20] J. Salazar, Comunicaciones Inalámbricas. TechPedia, 2016. [En línea]. Disponible: [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/100918/LM01\\_R\\_ES.pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/100918/LM01_R_ES.pdf)
- [21] CATSENSORS. "Tecnología LoRA y LoRAWAN - Catsensors". Catsensors: Sensores e instrumentación industrial. [https://www.catsensors.com/es/lorawan/tecnologia-lora-y-lorawan#:~:text=LoRa%20es%20una%20tecnología%20ideal,para%20Smart%20Cities%20\(ciudades%20inteligentes\)](https://www.catsensors.com/es/lorawan/tecnologia-lora-y-lorawan#:~:text=LoRa%20es%20una%20tecnología%20ideal,para%20Smart%20Cities%20(ciudades%20inteligentes)) (accedido el 8 de octubre de 2022).
- [22] DSET Energy. "LoraWan". Productos IoT. <http://productos-iot.com/lorawan-3/> (accedido el 8 de octubre de 2022).
- [23] EUROINNOVA. "Qué es la meteorología | Euroinnova". Euroinnova Business School. <https://www.euroinnova.ec/blog/que-es-la-meteorologia#iquestqueacute-es-la-meteorologiaacutea> (accedido el 8 de octubre de 2022).
- [24] Revista Ciencias de la Tierra. "Oceanografía – Revista Ciencias de la Tierra". Revista Ciencias de la Tierra – Para la comunidad escolar y no científica. <https://revistacienciasdelatierra.com/articulos/geociencias/oceanografia/> (accedido el 8 de octubre de 2022).
- [25] M. E. Vera Balon, "Prototipo dron naval para la adquisición de parámetros de calidad del agua en la zona marina costera de Salinas", Trabajo de grado, Universidad Estatal Península de Santa Elena, Santa Elena, 2020. [En línea]. Disponible: <https://repositorio.upse.edu.ec/xmlui/handle/46000/5327?show=full>
- [26] Naylamp Mechatronics SAC. "Sensor de temperatura y humedad relativa DHT21 (AM2301)". Naylamp Mechatronics - Perú. <https://naylampmechatronics.com/sensores-temperatura-y-humedad/354-sensor-de-temperatura-y-humedad-relativa-dht21-am2301.html> (accedido el 8 de octubre de 2022).
- [27] electroSDR. "Módulo GY-521 Acelerómetro / Giroscopio - MPU6050 - electroSDR". electroSDR. <https://electrosdr.com/shields-y-sensores/230-modulo-gy-521-acelerometro-giroscopio-mpu6050.html> (accedido el 9 de octubre de 2022).
- [28] OKYSTAR. "Water Level Sensor Hot Water Level Sensor – OKY3446 – OKYSTAR". OKYSTAR – Leading exporters of educational DIY products. <https://www.okystar.com/product-item/water-level-sensor-hot-water-level-sensor-oky3446/> (accedido el 9 de octubre de 2022).
- [29] PLOCAN, "EL OCÉANO Y EL CLIMA," Divulgación Plocan, Nov. 29, 2017. <http://divulgacion.plocan.eu/el-oceano-y-el-clima/> (accessed Oct. 09, 2022).
- [30] NOAA's National Weather Service. "Relative Humidity Definition". NOAA's National Weather Service - Graphical Forecast. <https://graphical.weather.gov/definitions/defineRH.html> (accedido el 9 de octubre de 2022).
- [31] GK. "¿Qué es un oleaje?" GK. <https://gk.city/2022/03/06/que-es-un-oleaje/> (accedido el 9 de octubre de 2022).
- [32] T. V. Ferra. "Clima Oceánico: [Características, Flora, Fauna y Adaptabilidad]". EnergiaToday. [https://energiatoday.com/el-clima/oceanico/#Precipitaciones\\_constantes](https://energiatoday.com/el-clima/oceanico/#Precipitaciones_constantes) (accedido el 9 de octubre de 2022).
- [33] "Sensor de temperatura DS18B20 tipo sonda - Electronilab". Electronilab. <https://electronilab.co/tienda/sensor-de-temperatura-ds18b20-tipo-sonda/> (accedido el 4 de mayo de 2023)
- [34] "Sensor de conductividad de agua". Amazon.com. <https://www.amazon.com/-/es/conductividad-hidropónico-doméstica-impermeable-detección/dp/B08SQGL728> (accedido el 4 de mayo de 2023).
- [35] SSDIELECT. "SENSOR SONDA ELECTRODO E201 PARA PH CONECTOR BNC". SSDIELECT ELECTRONICA SAS. <https://ssdielect.com/ph/887-e201.html> (accedido el 9 de junio de 2023).
- [36] "Index". Conselleria d'Agricultura, Desenvolupament Rural, Emergència Climàtica i Transició Ecològica - Conselleria de Agricultura, Desarrollo Rural, Emergencia Climática y Transición Ecológica - Generalitat Valenciana.

- [https://agroambient.gva.es/estatico/areas/educacion/educacion\\_ambiental/educ/publicaciones/ciclo\\_del\\_agua/cicag/2/2\\_5\\_1/index.html](https://agroambient.gva.es/estatico/areas/educacion/educacion_ambiental/educ/publicaciones/ciclo_del_agua/cicag/2/2_5_1/index.html) (accedido el 4 de mayo de 2023).
- [37] "Conductividad eléctrica del agua, parte 2 - Responsible Seafood Advocate". Global Seafood Alliance. <https://www.globalseafood.org/advocate/conductividad-electrica-del-agua-parte-2/#:~:text=La%20conductividad%20el%C3%A9ctrica%20del%20agua,concentraci%C3%B3n%20i%C3%B3nica%20total%20del%20agua.> (accedido el 4 de mayo de 2023).
- [38] "¿Cómo es el pH del agua de los océanos? » HANNA® instruments México". HANNA® instruments México. <https://hannainst.com.mx/blog/como-es-el-ph-del-agua-de-los-oceanos/> (accedido el 4 de mayo de 2023).
- [39] "NodeMCU-32 30-pin ESP32 WiFi". Naylamp Mechatronics - Perú. <https://naylampmechatronics.com/espressif-esp/384-nodemcu-32-30-pin-esp32-wifi.html> (accedido el 4 de mayo de 2023).
- [40] "DNA Technology". Best Online Shop for Electronic Components in India. <https://www.dnatechindia.com/xl-1278-SMT-433-MHz-LORA-module-sx1278.html> (accedido el 4 de mayo de 2023).
- [41] «AV Electronics micro sd,» [En línea]. Available: <https://avelectronics.cc/producto/modulo-micro-sd/>.
- [42] "Módulo Lector Micro SD - AV Electronics". AV Electronics. <https://avelectronics.cc/producto/modulo-micro-sd/> (accedido el 4 de mayo de 2023).
- [43] "Panel Solar Celda 12V 100mAh 12cmx9cm - MEGATRONICA". MEGATRONICA. <https://megatronica.cc/producto/panel-solar-celda-12v-100mah-12cmx9cm/> (accedido el 4 de mayo de 2023).
- [44] "Placa Carga Bateria Litio Bms 3s 10a 18650 - MEGATRONICA". MEGATRONICA. <https://megatronica.cc/producto/placa-carga-bateria-litio-bms-3s-10a-18650/> (accedido el 4 de mayo de 2023).
- [45] "LM2596 Modulo Regulador Step Down - MEGATRONICA". MEGATRONICA. <https://megatronica.cc/producto/lm2596-modulo-regulador-step-down/> (accedido el 4 de mayo de 2023).
- [46] "BATERIA RECARGABLE 18650 8800mAh 3.7v a 4.2V pila litio lipo - MEGATRONICA". MEGATRONICA. <https://megatronica.cc/producto/bateria-recargable-18650-8800mah-4-2v/> (accedido el 5 de mayo de 2023).
- [47] "Porta Pilas 2 Pilas 18650 - MEGATRONICA". MEGATRONICA. <https://megatronica.cc/producto/porta-pilas-2-pilas-18650/> (accedido el 5 de mayo de 2023). Porta Pilas 2 Pilas 18650 - MEGATRONICA,» [En línea]. Available: <https://megatronica.cc/producto/porta-pilas-2-pilas-18650/>.
- [48] "Módulo Regulador Voltaje Ams1117 3.3v Arduino Megatronica - U\$S 1". Mercado Libre - Envíos Gratis en el día. [https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-525345707-modulo-regulador-voltaje-ams1117-33v-arduino-megatronica-\\_JM#position=1&search\\_layout=stack&type=item&tracking\\_id=c7a6cffe-258d-4b6d-a5ca-8b853e125150](https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-525345707-modulo-regulador-voltaje-ams1117-33v-arduino-megatronica-_JM#position=1&search_layout=stack&type=item&tracking_id=c7a6cffe-258d-4b6d-a5ca-8b853e125150) (accedido el 5 de mayo de 2023).
- [49] "7805 REGULADOR DE 5V - MEGATRONICA". MEGATRONICA. <https://megatronica.cc/producto/7805-regulador-de-5v/> (accedido el 5 de mayo de 2023).
- [50] "Arduino IDE". Softonic. <https://arduino.softonic.com/> (accedido el 6 de mayo de 2023).
- [51] "Eclipse | Marco de Desarrollo de la Junta de Andalucía". Junta de Andalucía - Portal oficial. <https://www.juntadeandalucia.es/servicios/madeja/contenido/recurso/887> (accedido el 6 de mayo de 2023).
- [52] "Banco de trabajo MySQL: una introducción". Geekflare. <https://geekflare.com/es/mysql-workbench-introduction/> (accedido el 6 de mayo de 2023).
- [53] "Eagle software - EcuRed". EcuRed. [https://www.ecured.cu/Eagle\\_software](https://www.ecured.cu/Eagle_software) (accedido el 6 de mayo de 2023).
- [54] "Fritzing: el software para makers y electrónicos (y alternativas)". Hardware libre. <https://www.hwlibre.com/fritzing/> (accedido el 6 de mayo de 2023).
- [55] "Topología en estrella: características, ventajas, desventajas". Lifeder. Accedido el 20 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://www.lifeder.com/topologia-en-estrella/>

# **ANEXOS**

## Anexo 1 Construcción y pruebas prototipo



Figura 60. Implementación de los nodos y gateway

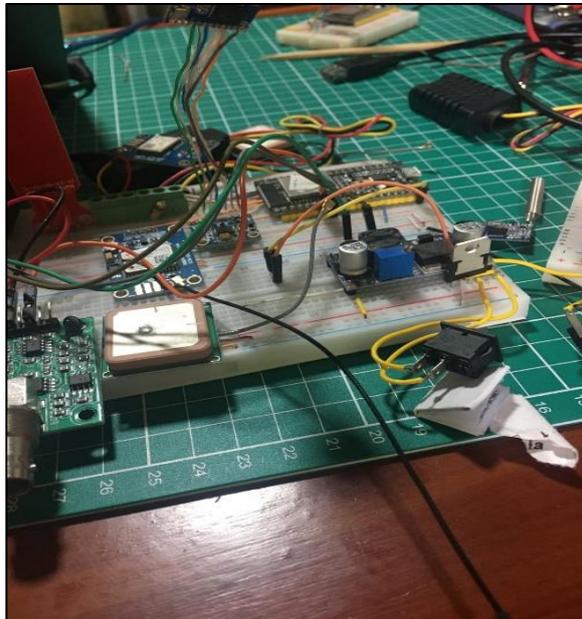


Figura 61. Pruebas de funcionamiento en protoboard



Figura 62. Construcción de las bases para los nodos



*Figura 63. Implementación de la parte electrónica en los nodos y gateway*



*Figura 64. Pruebas de funcionamiento en el mar*





Figura 65. Pruebas de funcionamiento de "Smart Buoys" en la playa de San Lorenzo

localhost:8081/SistWebEsp32/index.html



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
 FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES  
 CARRERA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES  
 TRABAJO DE TITULACIÓN  
 IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE "SMART BUOYS" PARA  
 MONITOREAR VARIABLES METEOROLÓGICAS Y CALIDAD DE AGUA  
 DEL MAR EN EL CANTÓN SALINAS

OPCIONES	DESCRIPCIÓN	ACCIÓN
1	Datos en tiempo real	<input type="button" value="Ir"/>
2	Historial del nodo 1	<input type="button" value="Ir"/>
3	Historial del nodo 2	<input type="button" value="Ir"/>
4	Ubicación de dispositivos	<input type="button" value="Ir"/>

Figura 66. Plataforma Web para visualización de los datos

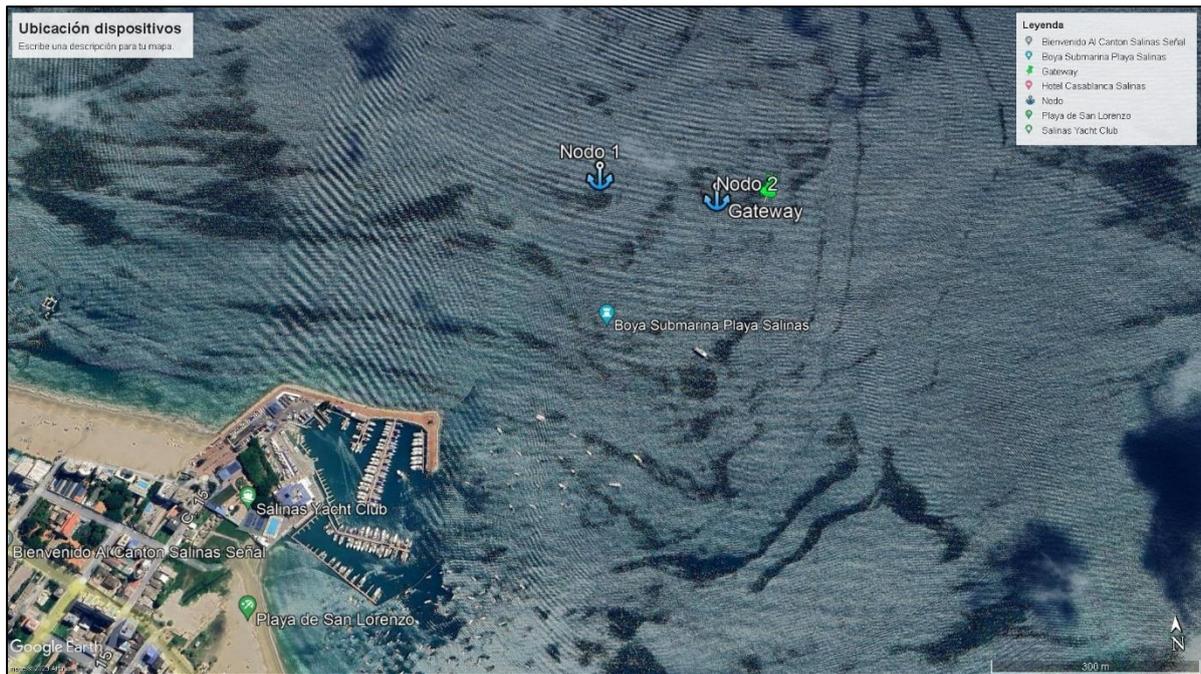


Figura 67. Ubicación de los dispositivos en Google Maps

idDatos	Lluvia	Conductividad	Temperatura	HumedadDHT	TempDHT	Ph	Ax	Ay	Az	Gx	Gy	Gz	Latitud	Longitud
982	0	88	27.31	78.60	28.50	7.11	4.23	8.47	3.11	-0.04	-0.00	0.07	-2.196445	-80.971062
983	0	87	27.25	78.50	28.40	7.09	4.69	8.41	3.49	0.00	-0.09	-0.12	-2.196440	-80.971054
984	0	87	27.25	78.10	28.50	7.09	4.13	8.19	2.91	-0.09	0.05	-0.17	-2.196431	-80.971046
985	0	87	27.37	78.20	28.60	7.09	5.39	7.19	3.74	-0.23	-0.14	0.91	-2.196424	-80.971031
986	0	87	27.56	78.20	28.70	7.11	8.76	4.69	0.88	-0.13	-0.10	0.20	-2.196420	-80.971024
987	0	88	27.50	78.30	28.70	7.09	7.58	5.40	-0.30	-0.02	-0.04	-0.10	-2.196413	-80.971008
988	0	89	27.50	77.60	28.80	7.09	8.12	5.62	-0.94	0.05	0.07	-0.01	-2.196413	-80.971001
989	0	88	27.56	77.40	28.80	7.09	7.18	4.31	-0.79	-0.29	0.13	-0.17	-2.196405	-80.970985
990	0	87	27.50	77.30	28.90	7.11	8.17	5.19	-1.93	-0.03	0.04	-0.03	-2.196403	-80.970978
991	0	86	27.50	76.80	28.90	7.10	7.77	5.49	-1.93	-0.11	0.02	-0.16	-2.196401	-80.970963
992	0	88	27.50	76.60	29.00	7.11	7.80	5.66	-2.52	0.03	0.07	-0.00	-2.196398	-80.970947
993	0	89	27.44	75.80	29.10	7.10	8.63	4.30	-2.76	0.04	0.14	0.04	-2.196392	-80.970924
994	0	89	27.44	74.90	29.10	7.11	8.00	5.42	-2.38	0.13	0.09	-0.13	-2.196390	-80.970917
995	0	89	27.50	75.50	29.00	7.09	7.98	4.76	-3.48	-0.04	0.08	-0.06	-2.196388	-80.970909
996	0	88	27.50	75.60	29.00	7.10	7.28	3.97	-3.39	0.11	-0.08	0.02	-2.196388	-80.970894
997	0	88	27.50	75.60	29.10	7.10	8.54	3.38	4.17	0.03	-0.03	-0.06	-2.196382	-80.970886
998	0	88	27.50	75.60	29.10	7.10	8.54	3.96	3.48	-0.01	0.03	-0.03	-2.196379	-80.970879
999	0	88	27.50	75.90	29.10	7.11	8.46	4.26	3.41	0.01	-0.03	0.05	-2.196370	-80.970863
1000	0	88	27.50	76.20	29.00	7.11	8.44	4.54	3.90	0.00	0.04	-0.03	-2.196368	-80.970856

Figura 68. Datos almacenados del Nodo 1 en MySQL

idDatos	Lluvia	Conductividad	Temperatura	HumedadDHT	TempDHT	Ph	Ax	Ay	Az	Gx	Gy	Gz	Latitud	Longitud
564	0	87	25.81	67.90	31.10	8.47	-0.23	-0.91	8.96	-0.43	-0.38	0.14	-2.196665	-80.968277
565	0	87	25.81	67.40	31.10	8.47	-0.99	-0.93	9.40	-0.14	0.30	-0.06	-2.196666	-80.968269
566	0	87	25.81	66.60	31.20	8.47	-3.85	0.80	9.62	-0.07	0.38	-1.71	-2.196660	-80.968262
567	0	87	25.81	65.70	31.10	8.47	-0.93	-0.57	9.32	-0.68	0.09	-1.58	-2.196657	-80.968262
568	0	88	25.81	65.50	31.30	8.47	-1.45	-1.58	8.64	-0.30	0.73	0.21	-2.196649	-80.968239
569	0	87	25.81	65.60	31.40	8.47	-1.21	-0.92	8.99	-0.19	0.62	0.31	-2.196644	-80.968224
570	0	87	25.81	65.40	31.20	8.47	-3.60	-0.89	10.22	-0.09	0.19	-0.46	-2.196639	-80.968216
571	0	88	25.81	65.00	31.00	8.47	2.52	-0.01	8.94	-0.54	0.08	0.42	-2.196640	-80.968216
572	0	88	25.81	66.00	30.70	8.47	1.85	-0.57	8.54	-0.53	0.27	-0.03	-2.196639	-80.968208
573	0	88	25.81	65.50	30.70	8.47	2.21	-0.42	9.34	-0.29	0.20	-0.03	-2.196637	-80.968208
574	0	87	25.81	65.90	30.60	8.47	-1.75	-2.38	8.99	-0.45	0.43	-0.68	-2.196634	-80.968201
575	0	88	25.81	66.30	30.50	8.47	-4.20	-3.35	7.29	-0.39	0.74	0.59	-2.196627	-80.968185
576	0	88	25.81	66.70	30.80	8.47	-3.18	-1.78	9.05	-0.24	-0.22	0.44	-2.196626	-80.968185
577	0	87	25.81	66.70	31.00	8.47	2.96	-1.05	10.36	0.07	-0.37	0.29	-2.196627	-80.968178
578	0	87	25.81	65.50	31.00	8.47	-0.04	-1.31	9.90	0.61	-0.36	-0.23	-2.196624	-80.968170
579	0	88	25.81	65.30	31.10	8.47	3.28	-2.66	9.53	-0.04	-0.48	-0.55	-2.196623	-80.968163
580	0	88	25.81	66.50	31.10	8.47	-0.69	-3.31	9.06	-0.01	0.48	-0.16	-2.196624	-80.968163
581	0	89	25.75	66.40	31.30	8.47	0.28	-4.70	8.27	-0.08	-0.04	0.71	-2.196619	-80.968147
582	0	87	25.81	65.80	31.20	8.47	-2.84	-2.47	9.60	-0.07	-0.07	0.11	-2.196619	-80.968147

Figura 69. Datos almacenados del Nodo 2 en MySQL

## Anexo 2 Código monitoreo Nodo 1

```
//G0 - SENSOR 18b20 TEMPERATURA
//G4 - SENSOR DE TEMPERATURA DHT21
//G16 - TX2 GPS
//G17 - RX2 GPS
//G21 - SDA GIROS
//G22 - SCL GIROS
//G34 - SENSOR DE LLUVIA
//G35 - SENSOR DE PH
/*
  ANTENA LORA
  GND - GND
  DIO0 - G2
  NSS - G5
  SLCK - G18
  MOSI - G23
  MISO - G19
  VCC - 3V3
*/

/* Libreria EEPROM */
#include <EEPROM.h>

/* Pin para el sensor de conductividad */
#define pinSensorConduct 32
String sensorConductValue;

/* Pin para el sensor de lluvia */
#define pinSensorLluvia 34
String sensorLluviaValue;

/* Librerias y pines para el sensor de temperatura DS18B20 */
/*
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
const int pinDatosDQ = 0;
OneWire oneWireObjeto(pinDatosDQ);
DallasTemperature sensorDS18B20(&oneWireObjeto);
//*/

/* Librerias y pines para el sensor de temperatura y humedad DHT21 */
#include "DHT.h"
#define DHTPIN 4 // Digital pin connected to the DHT sensor
#define DHTTYPE DHT21 // DHT 21 (AM2301)
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
String humedadValue, tempValue;

/* Libreria y pines para el sensor Ph */
#define pinSensorPh 35
float phValue;
String strPhValue;

/* Libreria para uso del sensor MPU6050 */
#include <Adafruit_MPU6050.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <Wire.h>
Adafruit_MPU6050 mpu;
String axValue, ayValue, azValue;
String gxValue, gyValue, gzValue;

/* Libreria y pines para el sensor GPS neo 7m */
#include <SoftwareSerial.h>
#include <TinyGPS.h>
TinyGPS gps;
SoftwareSerial ss(16, 17);
String latValue, lonValue;

/* Libreria variables y pines para comunicacion LoRa */
#include <SPI.h> // include libraries
#include <LoRa.h>
#define nss 5
#define rst 15
#define dio0 2
String Mymessage = "";
```

```

String outgoing; // outgoing message
byte msgCount = 0; // count of outgoing messages
byte localAddress = 0xBB; // address of this device
byte destination = 0xFF; // destination to send to

/* Variables generales */
unsigned long timeSendData = 0;

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  delay(3000);

  pinMode(pinSensorLluvia, INPUT); //Iniciar sensor de lluvia

  pinMode(pinSensorConduct, INPUT); //Iniciar sensor de conductividad

  sensorDS18B20.begin(); //Iniciar sensor DS18B20

  dht.begin(); //Iniciar sensor de DHT21

  /* Iniciar sensor MPU 6050 */
  if (!mpu.begin()) {
    Serial.println("Failed to find MPU6050 chip");
    while (1) {
      delay(10);
    }
  }
  Serial.println("MPU6050 Found!");
  mpu.setAccelerometerRange(MPU6050_RANGE_8_G);
  Serial.print("Accelerometer range set to: ");
  switch (mpu.getAccelerometerRange()) {
  case MPU6050_RANGE_2_G:
    Serial.println("+2G");
    break;
  case MPU6050_RANGE_4_G:
    Serial.println("+4G");
    break;
  case MPU6050_RANGE_8_G:
    Serial.println("+8G");
    break;
  case MPU6050_RANGE_16_G:
    Serial.println("+16G");
    break;
  }
  mpu.setGyroRange(MPU6050_RANGE_500_DEG);
  Serial.print("Gyro range set to: ");
  switch (mpu.getGyroRange()) {
  case MPU6050_RANGE_250_DEG:
    Serial.println("+ 250 deg/s");
    break;
  case MPU6050_RANGE_500_DEG:
    Serial.println("+ 500 deg/s");
    break;
  case MPU6050_RANGE_1000_DEG:
    Serial.println("+ 1000 deg/s");
    break;
  case MPU6050_RANGE_2000_DEG:
    Serial.println("+ 2000 deg/s");
    break;
  }

  mpu.setFilterBandwidth(MPU6050_BAND_21_HZ);
  Serial.print("Filter bandwidth set to: ");
  switch (mpu.getFilterBandwidth()) {
  case MPU6050_BAND_260_HZ:
    Serial.println("260 Hz");
    break;
  case MPU6050_BAND_184_HZ:
    Serial.println("184 Hz");
    break;
  case MPU6050_BAND_94_HZ:
    Serial.println("94 Hz");
    break;
  case MPU6050_BAND_44_HZ:
    Serial.println("44 Hz");
  }
}

```

```

break;
case MPU6050_BAND_21_HZ:
  Serial.println("21 Hz");
  break;
case MPU6050_BAND_10_HZ:
  Serial.println("10 Hz");
  break;
case MPU6050_BAND_5_HZ:
  Serial.println("5 Hz");
  break;
}

/* Iniciar sensor GPS Neo 7m */
ss.begin(9600);

/* Iniciar modulo LoRa */
LoRa.setPins(nss, rst, dio0);
Serial.println("LoRa Duplex");

if (!LoRa.begin(433E6)) { // initialize radio at 915 MHz
  Serial.println("LoRa init failed. Check your connections.");
  while (true); // if failed, do nothing
}

Serial.println("LoRa init succeeded.");

timeSendData = millis(); //Actualizar tiempo
}

void loop() {
if((unsigned long)millis()-timeSendData>4000){
  /* Leer sensor de lluvia */
  sensorLluviaValue = analogRead(pinSensorLluvia);
  Serial.println("Sensor de lluvia: " + sensorLluviaValue);

  /* Leer sensor de conductividad */
  sensorConductValue = analogRead(pinSensorConduct);
  Serial.println("Sensor de conductividad: " + sensorConductValue);

  /* Leer sensor de temperatura DS18B20 */
  sensorDS18B20.requestTemperatures();
  float temperatureC = sensorDS18B20.getTempCByIndex(0);
  Serial.println("Sensor de temp en liquido: " + String(temperatureC) + " C");

  /* Leer sensor de temperatura y humedad DHT21 */
  float h = dht.readHumidity();
  float t = dht.readTemperature();
  humedadValue = h;
  tempValue = t;
  // Read temperature as Fahrenheit (isFahrenheit = true)
  float f = dht.readTemperature(false);
  if (isnan(h) || isnan(t) || isnan(f)) {
    Serial.println(F("Failed to read from DHT sensor!"));
    return;
  }

  Serial.print(F("Humidity: "));
  Serial.print(h);
  Serial.println(F("%"));
  Serial.print(F("Temperature: "));
  Serial.print(t);
  Serial.println(F(" C "));

  /* Leer sensor de ph */
  phValue = muestrearPh(analogRead(pinSensorPh), 0.0, 4095.0,4095.0, 0.0);
  float auxPh = muestrearPh(phValue, 4095.0, 0.0, 3.0, 10.0);
  strPhValue = auxPh;
  Serial.print("Ph: ");
  Serial.println(strPhValue);

  /* Leer sensor MPU6050 */
  sensors_event_t a, g, temp;
  mpu.getEvent(&a, &g, &temp);

```

```

/* Print out the values */
Serial.print("Acceleration X: ");
axValue = a.acceleration.x;
Serial.print(axValue);
Serial.print(", Y: ");
ayValue = a.acceleration.y;
Serial.print(ayValue);
azValue = a.acceleration.z;
Serial.print(", Z: ");
Serial.print(azValue);
Serial.println(" m/s^2");

Serial.print("Rotation X: ");
gxValue = g.gyro.x;
Serial.print(gxValue);
Serial.print(", Y: ");
gyValue = g.gyro.y;
Serial.print(gyValue);
Serial.print(", Z: ");
gzValue = g.gyro.z;
Serial.print(gzValue);
Serial.println(" rad/s");

Serial.print("Temperature: ");
Serial.print(temp.temperature);
Serial.println(" C");

bool newData = false;
unsigned long chars;
unsigned short sentences, failed;
for (unsigned long start = millis(); millis() - start < 1000;){
  while (ss.available()){
    char c = ss.read();
    if (gps.encode(c))
      newData = true;
  }
}

if (newData){
  float flat, flon;
  unsigned long age;
  gps.f_get_position(&flat, &flon, &age);
  Serial.print("Latitud: ");
  Serial.print(flat == TinyGPS::GPS_INVALID_F_ANGLE ? 0.0 : flat, 6);
  latValue = String(flat,6);
  Serial.println(" - " + latValue);
  Serial.print("Longitud: ");
  Serial.print(flon == TinyGPS::GPS_INVALID_F_ANGLE ? 0.0 : flon, 6);
  lonValue = String(flon,6);
  Serial.println(" - " + lonValue);
}
Serial.println("Enviando datos por LoRa...");
Mymessage += sensorLuviaValue;
Mymessage += ",";
Mymessage += sensorConductValue;
Mymessage += ",";
Mymessage += String(temperatureC);
Mymessage += ",";
Mymessage += humedadValue;
Mymessage += ",";
Mymessage += tempValue;
Mymessage += ",";
Mymessage += strPhValue;
Mymessage += ",";
Mymessage += axValue;
Mymessage += ",";
Mymessage += ayValue;
Mymessage += ",";
Mymessage += azValue;
Mymessage += ",";
Mymessage += gxValue;
Mymessage += ",";
Mymessage += gyValue;
Mymessage += ",";

```

```

Mymessage += gzValue;
Mymessage += ",";
Mymessage += latValue;
Mymessage += ",";
Mymessage += lonValue;
Mymessage += ",1";
Serial.println("Payload: " + Mymessage);
sendMessage(Mymessage);
delay(100);
Mymessage = "";
Serial.println("-----");
timeSendData = millis();
}
//delay(2000);

}

float muestrarPh(float x, float in_min, float in_max, float out_min, float out_max){
return (x - in_min) * (out_max - out_min) / (in_max - in_min) + out_min;
}

//Enviar Lora

void sendMessage(String outgoing) {
LoRa.beginPacket(); // start packet
LoRa.write(destination); // add destination address
LoRa.write(localAddress); // add sender address
LoRa.write(msgCount); // add message ID
LoRa.write(outgoing.length()); // add payload length
LoRa.print(outgoing); // add payload
LoRa.endPacket(); // finish packet and send it
msgCount++; // increment message ID
}

```

### Anexo 3 Código monitoreo Nodo 2

```

//G0 - SENSOR 18b20 TEMPERATURA
//G4 - SENSOR DE TEMPERATURA DHT21
//G16 - RX2 GPS
//G17 - TX2 GPS
//G21 - SDA GIROS
//G22 - SCL GIROS
//G34 - SENSOR DE LLUVIA
//G35 - SENSOR DE PH
/*
ANTENA LORA
GND - GND
DIO0 - G2
NSS - G5
SLCK - G18
MOSI - G23
MISO - G19
VCC - 3V3
*/

/* Libreria EEPROM */
#include <EEPROM.h>

/* Pin para el sensor de conductividad */
#define pinSensorConduct 32
String sensorConductValue;

/* Pin para el sensor de lluvia */
#define pinSensorLluvia 34
String sensorLluviaValue;

/* Librerias y pines para el sensor de temperatura DS18B20 */
/*
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
const int pinDatosDQ = 0;
OneWire oneWireObjeto(pinDatosDQ);
DallasTemperature sensorDS18B20(&oneWireObjeto);
*/

```

```

/* Librerias y pines para el sensor de temperatura y humedad DHT21*/
#include "DHT.h"
#define DHTPIN 4 // Digital pin connected to the DHT sensor
#define DHTTYPE DHT21 // DHT 21 (AM2301)
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
String humedadValue, tempValue;

/* Libreria y pines para el sensor Ph */
#define pinSensorPh 35
float pHValue;
String strPhValue;

/* Libreria para uso del sensor MPU6050 */
#include <Adafruit_MPU6050.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <Wire.h>
Adafruit_MPU6050 mpu;
String axValue, ayValue, azValue;
String gxValue, gyValue, gzValue;

/* Libreria y pines para el sensor GPS neo 7m */
#include <SoftwareSerial.h>
#include <TinyGPS.h>
TinyGPS gps;
SoftwareSerial ss(16, 17);
String latValue, lonValue;

/* Libreria variables y pines para comunicacion LoRa */
#include <SPI.h> // include libraries
#include <LoRa.h>
#define nss 5
#define rst 15
#define dio0 2
String Mymessage = "";
String outgoing; // outgoing message
byte msgCount = 0; // count of outgoing messages
byte localAddress = 0xBB; // address of this device
byte destination = 0xFF; // destination to send to

/* Variables generales */
unsigned long timeSendData = 0;

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  delay(3000);

  pinMode(pinSensorLluvia, INPUT); //Iniciar sensor de lluvia

  pinMode(pinSensorConduct, INPUT); //Iniciar sensor de conductividad

  sensorDS18B20.begin(); //Iniciar sensor DS18B20

  dht.begin(); //Iniciar sensor de DHT21

  /* Iniciar sensor MPU 6050 */
  if (!mpu.begin()) {
    Serial.println("Failed to find MPU6050 chip");
    while (1) {
      delay(10);
    }
  }
  Serial.println("MPU6050 Found!");
  mpu.setAccelerometerRange(MPU6050_RANGE_8_G);
  Serial.print("Accelerometer range set to: ");
  switch (mpu.getAccelerometerRange()) {
    case MPU6050_RANGE_2_G:
      Serial.println("+2G");
      break;
    case MPU6050_RANGE_4_G:
      Serial.println("+4G");
      break;
    case MPU6050_RANGE_8_G:
      Serial.println("+8G");
      break;
    case MPU6050_RANGE_16_G:

```

```

Serial.println("+16G");
break;
}
mpu.setGyroRange(MPU6050_RANGE_500_DEG);
Serial.print("Gyro range set to: ");
switch (mpu.getGyroRange()) {
case MPU6050_RANGE_250_DEG:
Serial.println("+ 250 deg/s");
break;
case MPU6050_RANGE_500_DEG:
Serial.println("+ 500 deg/s");
break;
case MPU6050_RANGE_1000_DEG:
Serial.println("+ 1000 deg/s");
break;
case MPU6050_RANGE_2000_DEG:
Serial.println("+ 2000 deg/s");
break;
}

mpu.setFilterBandwidth(MPU6050_BAND_21_HZ);
Serial.print("Filter bandwidth set to: ");
switch (mpu.getFilterBandwidth()) {
case MPU6050_BAND_260_HZ:
Serial.println("260 Hz");
break;
case MPU6050_BAND_184_HZ:
Serial.println("184 Hz");
break;
case MPU6050_BAND_94_HZ:
Serial.println("94 Hz");
break;
case MPU6050_BAND_44_HZ:
Serial.println("44 Hz");
break;
case MPU6050_BAND_21_HZ:
Serial.println("21 Hz");
break;
case MPU6050_BAND_10_HZ:
Serial.println("10 Hz");
break;
case MPU6050_BAND_5_HZ:
Serial.println("5 Hz");
break;
}

/* Iniciar sensor GPS Neo 7m */
ss.begin(9600);

/* Iniciar modulo LoRa */
LoRa.setPins(nss, rst, dio0);
Serial.println("LoRa Duplex");

if (!LoRa.begin(433E6)) { // initialize radio at 915 MHz
Serial.println("LoRa init failed. Check your connections.");
while (true); // if failed, do nothing
}

Serial.println("LoRa init succeeded.");

timeSendData = millis(); //Actualizar tiempo
}

void loop() {
if((unsigned long)millis()-timeSendData>6000){
/* Leer sensor de lluvia */
sensorLluviaValue = analogRead(pinSensorLluvia);
Serial.println("Sensor de lluvia: " + sensorLluviaValue);

/* Leer sensor de conductividad */
sensorConductValue = analogRead(pinSensorConduct);
Serial.println("Sensor de conductividad: " + sensorConductValue);

/* Leer sensor de temperatura DS18B20 */
sensorDS18B20.requestTemperatures();

```

```

float temperatureC = sensorDS18B20.getTempCByIndex(0);
Serial.println("Sensor de temp en liquido: " + String(temperatureC) + " C");

/* Leer sensor de temperatura y humedad DHT21 */
float h = dht.readHumidity();
float t = dht.readTemperature();
humedadValue = h;
tempValue = t;
// Read temperature as Fahrenheit (isFahrenheit = true)
float f = dht.readTemperature(false);
if (isnan(h) || isnan(t) || isnan(f)) {
  Serial.println(F("Failed to read from DHT sensor!"));
  h = 0.0;
  t = 0.0;
  //return;
}

Serial.print(F("Humidity: "));
Serial.print(h);
Serial.println(F("%"));
Serial.print(F("Temperature: "));
Serial.print(t);
Serial.println(F(" C "));

/* Leer sensor de ph */
phValue = muestrearPh(analogRead(pinSensorPh), 0.0, 4095.0,4095.0, 0.0);
float auxPh = muestrearPh(phValue, 4095.0, 0.0, 3.0, 10.0);
strPhValue = auxPh;
Serial.print("Ph: ");
Serial.println(strPhValue);

/* Leer sensor MPU6050 */
sensors_event_t a, g, temp;
mpu.getEvent(&a, &g, &temp);

/* Print out the values */
Serial.print("Acceleration X: ");
axValue = a.acceleration.x;
Serial.print(axValue);
Serial.print(", Y: ");
ayValue = a.acceleration.y;
Serial.print(ayValue);
azValue = a.acceleration.z;
Serial.print(", Z: ");
Serial.print(azValue);
Serial.println(" m/s^2");

Serial.print("Rotation X: ");
gxValue = g.gyro.x;
Serial.print(gxValue);
Serial.print(", Y: ");
gyValue = g.gyro.y;
Serial.print(gyValue);
Serial.print(", Z: ");
gzValue = g.gyro.z;
Serial.print(gzValue);
Serial.println(" rad/s");

Serial.print("Temperature: ");
Serial.print(temp.temperature);
Serial.println(" C");

bool newData = false;
unsigned long chars;
unsigned short sentences, failed;
for (unsigned long start = millis(); millis() - start < 1000;){
  while (ss.available()){
    char c = ss.read();
    if (gps.encode(c))
      newData = true;
  }
}

if (newData){
  float flat, flon;

```

```

    unsigned long age;
    gps.f_get_position(&flat, &flon, &age);
    Serial.print("Latitud: ");
    Serial.print(flat == TinyGPS::GPS_INVALID_F_ANGLE ? 0.0 : flat, 6);
    latValue = String(flat,6);
    Serial.println(" - " + latValue);
    Serial.print("Longitud: ");
    Serial.print(flon == TinyGPS::GPS_INVALID_F_ANGLE ? 0.0 : flon, 6);
    lonValue = String(flon,6);
    Serial.println(" - " + lonValue);
}
/*
else{
    latValue = "0.0";
    lonValue = "0.0";
    Serial.println("Latitud: " + latValue);
    Serial.println("Longitud: " + lonValue);
}
*/
Serial.println("Enviando datos por LoRa...");
Mymessage += sensorLluviaValue;
Mymessage += ",";
Mymessage += sensorConductValue;
Mymessage += ",";
Mymessage += String(temperatureC);
Mymessage += ",";
Mymessage += humedadValue;
Mymessage += ",";
Mymessage += tempValue;
Mymessage += ",";
Mymessage += strPhValue;
Mymessage += ",";
Mymessage += axValue;
Mymessage += ",";
Mymessage += ayValue;
Mymessage += ",";
Mymessage += azValue;
Mymessage += ",";
Mymessage += gxValue;
Mymessage += ",";
Mymessage += gyValue;
Mymessage += ",";
Mymessage += gzValue;
Mymessage += ",";
Mymessage += latValue;
Mymessage += ",";
Mymessage += lonValue;
Mymessage += ".2";
Serial.println("Payload: " + Mymessage);
sendMessage(Mymessage);
delay(100);
Mymessage = "";
Serial.println("-----");
timeSendData = millis();
}
//delay(2000);

}

float muestrarPh(float x, float in_min, float in_max, float out_min, float out_max){
    return (x - in_min) * (out_max - out_min) / (in_max - in_min) + out_min;
}

//Enviar Lora
void sendMessage(String outgoing) {
    LoRa.beginPacket(); // start packet
    LoRa.write(destination); // add destination address
    LoRa.write(localAddress); // add sender address
    LoRa.write(msgCount); // add message ID
    LoRa.write(outgoing.length()); // add payload length
    LoRa.print(outgoing); // add payload
    LoRa.endPacket(); // finish packet and send it
    msgCount++; // increment message ID
}

```

## Anexo 4 Código recepción, almacenamiento y envío Gateway

```
/*
> Solucion libreria SD
https://github.com/arduino/arduino-cli/issues/1548#issuecomment-968085608

> Solucion libreria SD spi
https://github.com/espressif/arduino-esp32/issues/6801
*/

#include <SoftwareSerial.h>

/* Libreria, pines y variables para comunicacion LoRa */
#include <SPI.h> //Libreria SPI
#include <LoRa.h> //Libreria LoRa
#define nss 5
#define rst 15
#define dio0 2
String outgoing; // outgoing message
byte msgCount = 0; // count of outgoing messages
byte localAddress = 0xFF; // address of this device
byte destination = 0xBB; // destination to send to
long lastSendTime = 0; // last send time
int interval = 50; // interval between sends
String statusmessage = "";
String numNodo, sensorLluviaValue, sensorConductValue, tempLiqValue, humedadValue, tempValue, strPhValue, axValue, ayValue,
azValue, gxValue, gyValue, gzValue, latValue, lonValue;
#define ledWifi 27

/* Libreria y variables para conectarse a una red inalambrica */
#include <WiFi.h>
#include <HTTPClient.h>
const char* ssid = "Boya Oceanografica"; //Boya Oceanografica
const char* password = "hola1234"; //hola1234
String url;
WiFiClient client;

/* Libreria y pines para el sensor GPS neo 7m */
#include <TinyGPS.h>
TinyGPS gps;
SoftwareSerial ss(16, 17);
String latNeo = "0.0", lonNeo = "0.0";
/* Libreria SD card*/
#include "FS.h"
#include "SD.h"
#include "SPI.h"

SPIClass* hspi = NULL;

unsigned long timeSendData = 0;
String latN1 = "0.0", lonN1 = "0.0", latN2 = "0.0", lonN2 = "0.0";
String apiKey = "5J85AWN4REIC31T9";

void setup() {
  Serial.begin(115200); // initialize serial
  /* Iniciar sensor GPS Neo 7m */
  ss.begin(9600);
  SPI.begin();
  pinMode(ledWifi, OUTPUT);
  digitalWrite(ledWifi, HIGH);

  delay(5000);
  //digitalWrite(csSd, LOW);

  /* Iniciar Micro SD card */
  hspi = new SPIClass(HSPI);
  hspi->begin(14, 12, 13, 15); //SCLK, MISO, MOSI, SS

  if(!SD.begin(15, *hspi, 200000)){
    Serial.println("Memoria MicroSD: Error");
    digitalWrite(ledWifi, LOW);
    delay(200);
    digitalWrite(ledWifi, HIGH);
    delay(200);
  }
}
```

```

digitalWrite(ledWifi, LOW);
delay(200);
digitalWrite(ledWifi, HIGH);
delay(200);
digitalWrite(ledWifi, LOW);
ESP.restart();
while (true);
}
Serial.println("Memoria MicroSD: listo");
digitalWrite(ledWifi, LOW);
delay(2000);

digitalWrite(ledWifi, HIGH);
delay(2000);
LoRa.setPins(nss, rst, dio0);
Serial.println("LoRa Duplex");

if (!LoRa.begin(433E6)) { // initialize radio at 915 MHz
Serial.println("LoRa init failed. Check your connections.");
digitalWrite(ledWifi, LOW);
delay(200);
digitalWrite(ledWifi, HIGH);
delay(200);
digitalWrite(ledWifi, LOW);
delay(200);
digitalWrite(ledWifi, HIGH);
delay(200);
digitalWrite(ledWifi, LOW);
ESP.restart();
while (true); // if failed, do nothing
}
Serial.println("Modulo LoRa iniciado exitosamente.");
digitalWrite(ledWifi, LOW);

delay(2000) ;
Serial.println();

digitalWrite(ledWifi, HIGH);
Serial.print("Conectando a red wifi: ");
Serial.println(ssid);

WiFi.begin(ssid, password);

while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
delay(500);
Serial.print(".");
}
digitalWrite(ledWifi, LOW);
Serial.println();
Serial.println("Conectado a Wifi");
Serial.println("IP address: ");
Serial.println(WiFi.localIP());
delay(1000);
digitalWrite(ledWifi, HIGH);
delay(200);
digitalWrite(ledWifi, LOW);
delay(200);
digitalWrite(ledWifi, HIGH);
delay(200);
digitalWrite(ledWifi, LOW);
delay(200);
digitalWrite(ledWifi, HIGH);
delay(200);
digitalWrite(ledWifi, LOW);
delay(200);
digitalWrite(ledWifi, HIGH);
delay(200);
digitalWrite(ledWifi, LOW);
}

void loop() {
onReceive(LoRa.parsePacket());
}

```

```

if((unsigned long)millis()-timeSendData>35000){
  bool newData = false;
  unsigned long chars;
  unsigned short sentences, failed;
  for (unsigned long start = millis(); millis() - start < 1000;){
    while (ss.available()){
      char c = ss.read();
      if (gps.encode(c))
        newData = true;
    }
  }

  if (newData){
    float flat, flon;
    unsigned long age;
    gps.f_get_position(&flat, &flon, &age);
    Serial.print("Latitud: ");
    //Serial.print(flat == TinyGPS::GPS_INVALID_F_ANGLE ? 0.0 : flat, 6);
    latNeo = String(flat,6);
    Serial.println(" : " + latNeo);
    Serial.print("Longitud: ");
    //Serial.print(flon == TinyGPS::GPS_INVALID_F_ANGLE ? 0.0 : flon, 6);
    lonNeo = String(flon,6);
    Serial.println(" : " + lonNeo);
  }else{
    latNeo = "0.0";
    lonNeo = "0.0";
  }
  httpRequestThingspeak();

  delay(1000);
  String datosSd;
  datosSd = "Gateway, ";datosSd += latNeo;datosSd += ", ";datosSd += lonNeo;datosSd += "\n";
  datosSd += "Nodo 1, ";datosSd += latN1;datosSd += ", ";datosSd += lonN1;datosSd += "\n";
  datosSd += "Nodo 2, ";datosSd += latN2;datosSd += ", ";datosSd += lonN2;datosSd += "\n";

  int tamanio = datosSd.length();
  char charSd[tamanio];
  datosSd.toCharArray(charSd, tamanio+1);
  appendFile(SD, "/Datos.txt", charSd);
  timeSendData = millis();
}
}

void onReceive(int packetSize) {
  if (packetSize == 0) return; // if there's no packet, return

  // read packet header bytes:
  int recipient = LoRa.read(); // recipient address
  byte sender = LoRa.read(); // sender address
  byte incomingMsgId = LoRa.read(); // incoming msg ID
  byte incomingLength = LoRa.read(); // incoming msg length

  String incoming = "";

  while (LoRa.available()) {
    incoming += (char)LoRa.read();
  }

  if (incomingLength != incoming.length()) { // check length for error
    // Serial.println("error: message length does not match length");
    ;
    return; // skip rest of function
  }

  // if the recipient isn't this device or broadcast,
  if (recipient != localAddress && recipient != 0xFF) {
    //Serial.println("This message is not for me.");
    ;
    return; // skip rest of function
  }

  Serial.println("Message: " + incoming);
}

```

```

sensorLluviaValue = getValue(incoming, ',', 0);
sensorConductValue = getValue(incoming, ',', 1);
templiqValue = getValue(incoming, ',', 2);
humedadValue = getValue(incoming, ',', 3);
tempValue = getValue(incoming, ',', 4);
strPhValue = getValue(incoming, ',', 5);
axValue = getValue(incoming, ',', 6);
ayValue = getValue(incoming, ',', 7);
azValue = getValue(incoming, ',', 8);
gxValue = getValue(incoming, ',', 9);
gyValue = getValue(incoming, ',', 10);
gzValue = getValue(incoming, ',', 11);
latValue = getValue(incoming, ',', 12);
lonValue = getValue(incoming, ',', 13);
numNodo = getValue(incoming, ',', 14);

Serial.println("***** Datos recibidos - Nodo: " + numNodo + " *****");
Serial.println("Sensor de lluvia: " + sensorLluviaValue);
Serial.println("Sensor de conductividad: " + sensorConductValue);
Serial.println("Sensor de temperatura liquidos: " + templiqValue);
Serial.print(F("Humedad: "));
Serial.print(humedadValue);
Serial.println(F("%"));
Serial.print(F("Temperatura: "));
Serial.print(tempValue);
Serial.println(F(" C "));
Serial.print("Ph: ");
Serial.println(strPhValue);
Serial.print("Acceleration X: ");
Serial.print(axValue);
Serial.print(", Y: ");
Serial.print(ayValue);
Serial.print(", Z: ");
Serial.print(azValue);
Serial.println(" m/s^2");
Serial.print("Rotation X: ");
Serial.print(gxValue);
Serial.print(", Y: ");
Serial.print(gyValue);
Serial.print(", Z: ");
Serial.print(gzValue);
Serial.println(" rad/s");
Serial.print("Latitud: ");
Serial.println(latValue);
Serial.print("Longitud: ");
Serial.println(lonValue);
Serial.println();
incoming = "";
Serial.println("Enviando datos al servidor...");
if(latValue == ""){
  latValue="0.0";
}
if(lonValue == ""){
  lonValue="0.0";
}
if(numNodo == "1"){
  latN1 = latValue;
  lonN1 = lonValue;
  String datosSd;
  datosSd = "Nodo 1, "; datosSd += sensorLluviaValue; datosSd += ", "; datosSd += sensorConductValue; datosSd += ", "; datosSd +=
  templiqValue; datosSd += ", ";
  datosSd += humedadValue; datosSd += ", "; datosSd += tempValue; datosSd += ", "; datosSd += strPhValue; datosSd += ", ";
  datosSd += axValue; datosSd += ", "; datosSd += ayValue; datosSd += ", "; datosSd += azValue; datosSd += ", ";
  datosSd += gxValue; datosSd += ", "; datosSd += gyValue; datosSd += ", "; datosSd += gzValue; datosSd += ", ";
  datosSd += "\n";
  int tamanio = datosSd.length();
  char charSd[tamanio];
  datosSd.toCharArray(charSd, tamanio+1);
  appendFile(SD, "/Datos.txt", charSd);
}else if(numNodo == "2"){
  latN2 = latValue;
  lonN2 = lonValue;
  String datosSd;
  datosSd = "Nodo 1, "; datosSd += sensorLluviaValue; datosSd += ", "; datosSd += sensorConductValue; datosSd += ", "; datosSd +=
  templiqValue; datosSd += ", ";

```

```

datosSd += humedadValue; datosSd += ", "; datosSd += tempValue; datosSd += ", "; datosSd += strPhValue; datosSd += ", ";
datosSd += axValue; datosSd += ", "; datosSd += ayValue; datosSd += ", "; datosSd += azValue; datosSd += ", ";
datosSd += gxValue; datosSd += ", "; datosSd += gyValue; datosSd += ", "; datosSd += gzValue; datosSd += ", ";
datosSd += "\n";
int tamanio = datosSd.length();
char charSd[tamanio];
datosSd.toCharArray(charSd, tamanio+1);
appendFile(SD, "/Datos.txt", charSd);
}
}
httpRequest();
}

String getValue(String data, char separator, int index){
int found = 0;
int strIndex[] = { 0, -1 };
int maxIndex = data.length() - 1;

for (int i = 0; i <= maxIndex && found <= index; i++) {
if (data.charAt(i) == separator || i == maxIndex) {
found++;
strIndex[0] = strIndex[1] + 1;
strIndex[1] = (i == maxIndex) ? i+1 : i;
}
}
return found > index ? data.substring(strIndex[0], strIndex[1]) : "";
}

//Peticiones Http
//https://api.thingspeak.com/update?api_key=S3YTX6VJFQ7NZ85H&field1=1&field2=2
//https://api.thingspeak.com/update?api_key=S3YTX6VJFQ7NZ85H&field3=1&field4=2
//https://api.thingspeak.com/update?api_key=S3YTX6VJFQ7NZ85H&field5=40&field6=20

void httpRequest(){

//http://localhost:8080/SistWebEsp32/apiesp32?!=300&c=1023&t=22.44&h=80&td=23.94&p=7.54&ax=1.22&ay=2.32&az=1.22&gx=2.22
&gy=1.90&gz=1.03&lat=-2.234445&lon=-82.434542&n=2
//url = "https://api.callmebot.com/whatsapp.php?phone=" + phone_number + "&apikey=" + apiKey + "&text=" + urlencode(message);
//url = "http://192.168.147.132:8081/SistWebEsp32/apiesp32?";
url = "GET /SistWebEsp32/apiesp32?";
url += "l="; url += sensorLluviaValue; url += "&";
url += "c="; url += sensorConductValue; url += "&";
url += "t="; url += templiqValue; url += "&";
url += "h="; url += humedadValue; url += "&";
url += "td="; url += tempValue; url += "&";
url += "p="; url += strPhValue; url += "&";
url += "ax="; url += axValue; url += "&";
url += "ay="; url += ayValue; url += "&";
url += "az="; url += azValue; url += "&";
url += "gx="; url += gxValue; url += "&";
url += "gy="; url += gyValue; url += "&";
url += "gz="; url += gzValue; url += "&";
url += "lat="; url += latValue; url += "&";
url += "lon="; url += lonValue; url += "&";
url += "n="; url += numNodo;
url += " HTTP/1.1\r\n";
url += "Host: 192.168.34.132\r\n"; //Cambiar ip pc
Serial.println(url);

if (!client.connect("192.168.34.132", 8081)) { //Cambiar ip pc
Serial.println("Fallo de conexion");
return;
}

client.println(url);
while (client.connected()) {
String line = client.readStringUntil('\n');
if (line == "\r") {
Serial.println("headers received");
break;
}
}

while (client.available()) {
char c = client.read();
Serial.write(c);
}
}
}

```

```

    }
    client.stop();
}

////////////////////////////////////

void httpRequestThingspeak(){
//https://api.thingspeak.com/update?api_key=xxxApiKeyxxx&field1=a&field2=b&
String httpThingspeak;
httpThingspeak = "GET /update?api_key=";
httpThingspeak += apiKey;
httpThingspeak += "&field1=";
httpThingspeak += latNeo;
httpThingspeak += "&field2=";
httpThingspeak += lonNeo;
httpThingspeak += "&field3=";
httpThingspeak += latN1;
httpThingspeak += "&field4=";
httpThingspeak += lonN1;
httpThingspeak += "&field5=";
httpThingspeak += latN2;
httpThingspeak += "&field6=";
httpThingspeak += lonN2;
httpThingspeak += " HTTP/1.1\r\n";
httpThingspeak += "Host: 184.106.153.149\r\n"; //IP DE THINKSPEAK
httpThingspeak += "Connection: close\r\n\r\n";
Serial.println(httpThingspeak);

if (!client.connect("184.106.153.149", 80)) { //184.106.153.149 //IP DE THINKSPEAK
Serial.println("Fallo de conexion");
return;
}

client.println(httpThingspeak);
while (client.connected()) {
String line = client.readStringUntil("\n");
if (line == "\r") {
Serial.println("headers received");
break;
}
}

while (client.available()) {
char c = client.read();
Serial.write(c);
}
client.stop();
}

//Micro SD
void appendFile(fs::FS &fs, const char * path, const char * message){
Serial.printf("Appending to file: %s\n", path);

File file = fs.open(path, FILE_APPEND);
if(!file){
Serial.println("Failed to open file for appending");
return;
}
if(file.print(message)){
Serial.println("Message appended");
} else {
Serial.println("Append failed");
}
file.close();
}

```

## Anexo 5 Enlace video

<https://youtu.be/AbRhW4MB0I8>

## Anexo 6 Reporte antiplagio

La Libertad, 25 de marzo del 2024.

Señor

Ing. José Sánchez Aquino Msc.

DIRECTOR DE CARRERA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

En su despacho.

De mi consideración:

**CERTIFICADO DE ANÁLISIS**  
magister

### Tesis\_1.3

**7%** Textos sospechosos

**7% Similitudes**  
< 1% similitudes entre comillas  
< 1% entre las fuentes mencionadas  
< 1% Idiomas no reconocidos

Nombre del documento: Tesis_1.3.docx ID del documento: 77e2d3b8adbe20527ad55528dc805b1be749a19c Tamaño del documento original: 16,86 MB	Depositante: SENDEY AGUSTIN VERA GONZALEZ Fecha de depósito: 6/3/2024 Tipo de carga: interface fecha de fin de análisis: 6/3/2024	Número de palabras: 19,020 Número de caracteres: 131,529
---	--	---

Cumplo en informar el resultado obtenido en la revisión de plagio realizado por el software COMPILATO, del trabajo de titulación, “IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE “SMART BUOYS” PARA MONITOREAR VARIABLES METEOROLÓGICAS Y CALIDAD DE AGUA DEL MAR EN EL CANTÓN SALINAS”, elaborado por los señores estudiantes de la Carrera de Electrónica y Telecomunicaciones ANGEL YOEL CUMBICOS CALVA y EBER EFRAIN QUIMIS VILLAO, el cual dio como resultado el 7% de similitudes.

Atentamente,

  
Ing. Sendey Vera Gonzalez  
TUTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN