



SISTEMA DE TELEMETRÍA EN BOYA MARINA PARA EL MONITOREO DE VARIABLES METEOROLÓGICAS EN EL LAGO DE MARACAIBO

Realizado por:

Ing. Angelina Hnidi Masri / Correo angelinahnidimasri@gmail.com
Ing. Paul Andrés Romero Sabatino / Correo paulromero15@hotmail.com

Tutor Académico:

Dra. Massiell Marcano. / Correo mvmarcano@urbe.edu.ve

Tutor Metodológico:

Dra. María Auxiliadora Paz. / Correo mapaz1@urbe.edu.ve

La medición precisa de variables meteorológicas en el Lago de Maracaibo es esencial para abordar y prevenir una gama de problemáticas ambientales y socioeconómicas que afectan esta importante masa de agua. La presencia de fenómenos como el "verdín", una proliferación de algas nocivas, no solo impacta negativamente en la biodiversidad acuática, sino que también compromete la calidad del agua, afectando a las comunidades locales y las actividades económicas como la pesca.



Una comprensión detallada de las condiciones meteorológicas puede permitir a los investigadores y a las autoridades anticiparse a estos eventos, implementando medidas preventivas y mitigadoras con mayor efectividad.

En respuesta a esta necesidad crítica, se propone el desarrollo de un sistema de telemetría en boya marina para el monitoreo de variables meteorológicas en el Lago de Maracaibo. Esta tecnología promete revolucionar la forma en que se recopilan y analizan los datos ambientales, ofreciendo soluciones eficientes frente a desafíos ambientales y seguimiento en tiempo real de las condiciones meteorológicas para fortalecer las estrategias de conservación y manejo del lago.

En este sentido EE.UU. realizó un proyecto llamado Great Lakes Observing System que utiliza boyas marinas con sensores para recopilar datos sobre variables vitales para la gestión de los grandes lagos. Por otro lado, en Chile se ha desarrollado una boya marina inteligente la cual tiene como propósito monitorizar la actividad humana en los océanos para evitar posibles colisiones e impactos negativos del tráfico marítimo. En Venezuela, la telemetría se ha utilizado para el monitoreo de variables del agua en ríos y sistemas de distribución de agua potable.

Sin embargo, el despliegue de dicho sistema en el Lago de Maracaibo enfrenta varios desafíos técnicos y ambientales. La corrosión de los materiales por la salinidad representa una preocupación significativa, exigiendo el uso de materiales resistentes y tecnologías avanzadas para asegurar la durabilidad y funcionalidad del sistema. Además, la variabilidad climática puede afectar el rendimiento del sistema, requiriendo soluciones innovadoras para la adaptación continua.

Estos desafíos demandan un enfoque multidisciplinario, combinando la ingeniería y la meteorología, para desarrollar un sistema robusto y eficaz que pueda soportar las condiciones exigentes del lago y proveer datos fiables y de calidad para su conservación y gestión.

RESULTADOS

Ahora bien, con ayuda de las hojas técnicas y manuales de instrucciones se estudiará en profundidad la funcionalidad de cada uno de los componentes que se planean utilizar, así como la interacción de dichos elementos entre sí; para luego poder conceptualizar la idea de un sistema de telemetría en boya marina que sea capaz de realizar mediciones precisas de variables meteorológicas.

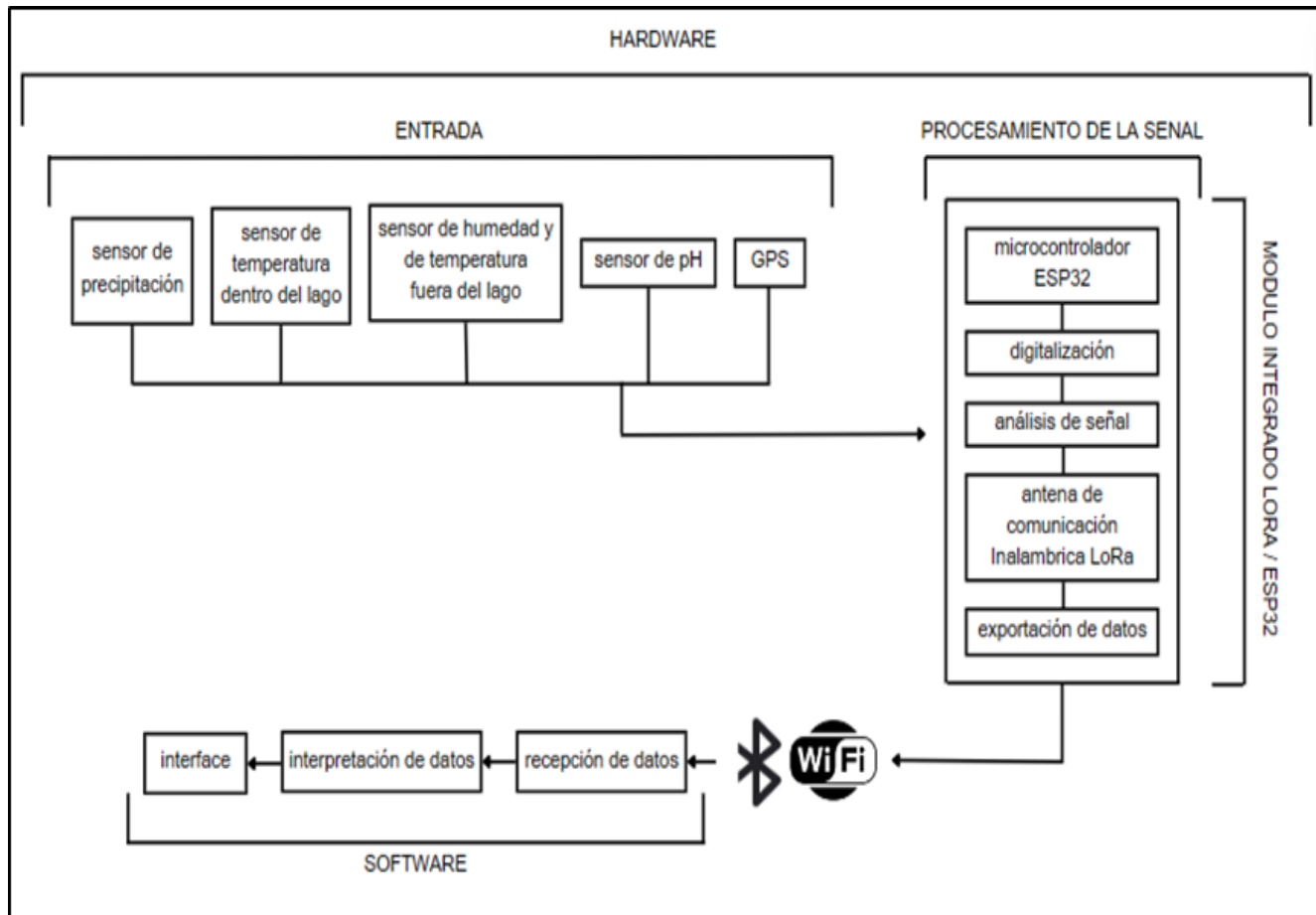


Figura 1. Diagrama de bloques.
Fuente: Hnidi y Romero (2024).

Aunado a lo anterior, en la figura 1 se puede observar que la construcción de dicho prototipo se divide en tres etapas, la primera etapa constituye la entrada, compuesta por los sensores a utilizar: sensor de precipitación, sensor de temperatura fuera y dentro del agua, sensor de humedad, sensor de pH y GPS.

Luego se procesa la señal en la segunda etapa, por medio del microcontrolador y se exportan los datos con ayuda de la antena de comunicación inalámbrica, y para finalizar la tercera es constituida por el software donde se reciben los datos y se interpretan en la interfaz en pantalla.

Para facilitar estas tareas, se utilizarán recursos como un software para el desarrollo de diagramas de flujo y un diseño de interfaz hombre-máquina. Estos recursos serán fundamentales para visualizar la integración de los componentes del sistema, permitiendo una comprensión integral del funcionamiento interno y externo del prototipo, aspecto que se muestra en la figura 2.

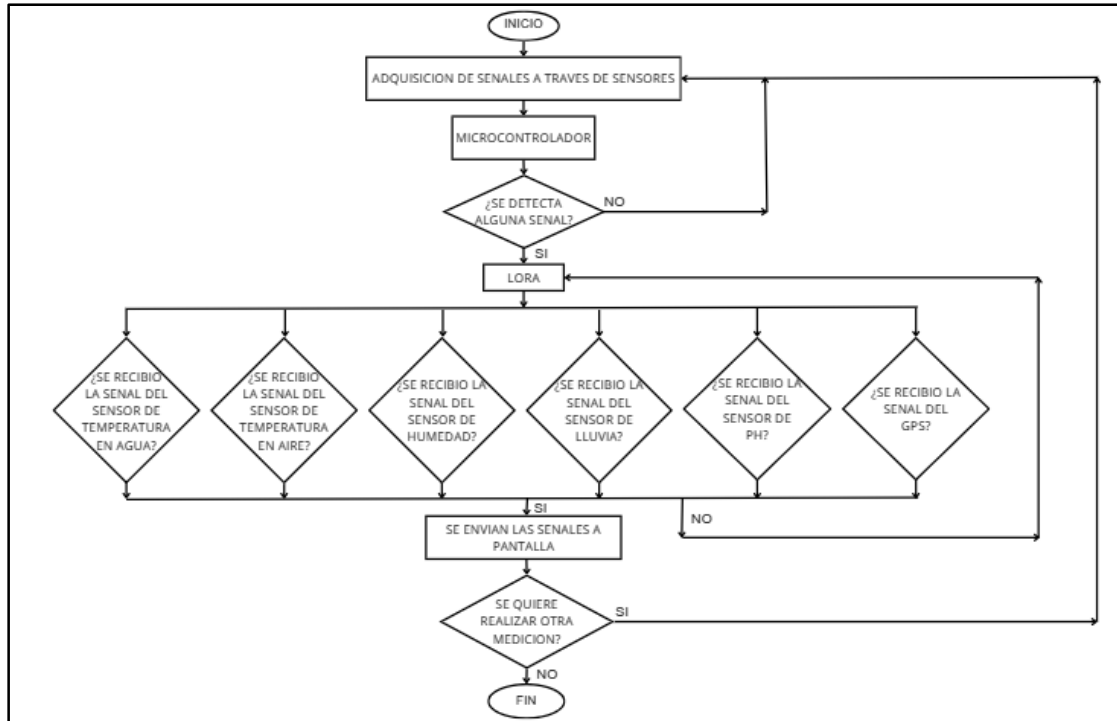


Figura 2. Diagrama de flujo.
Fuente: Hnidi y Romero (2024).

Ahora bien, se puede observar en la figura 3 el diagrama completo de conexión del módulo TTGO con los 5 sensores a utilizar: sensor de temperatura (DS18B20), sensor de pH (PH-4502C), sensor de lluvia (YL-83), sensor de temperatura y humedad (DHT22) y el módulo GPS (NEO-6M); y con la batería de alimentación para el circuito.

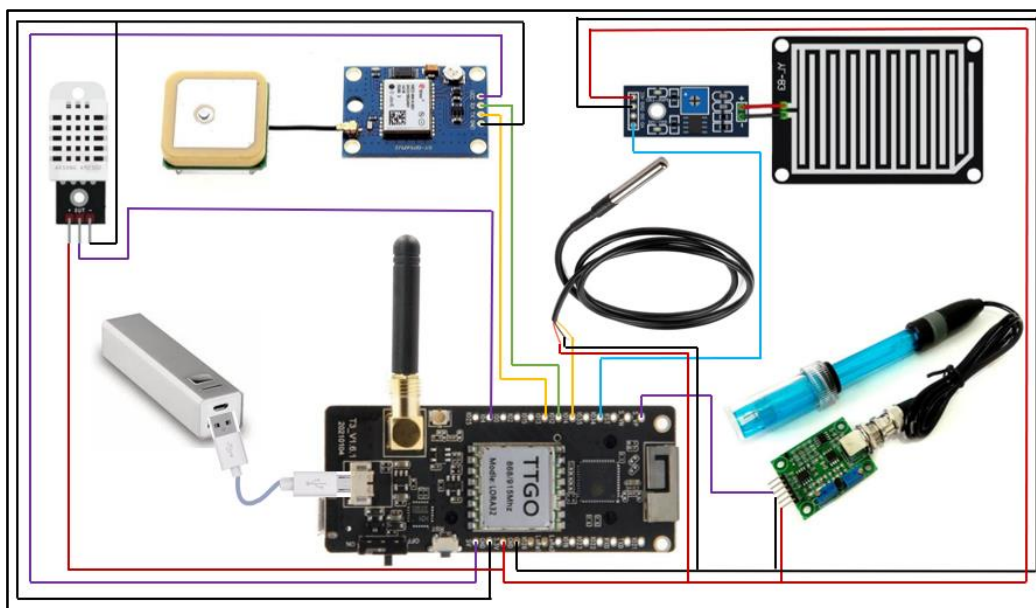


Figura 3. Diagrama completo de conexión del módulo TTGO.
Fuente: Hnidi y Romero (2024).



El sensor de temperatura fue conectado al módulo TTGO mediante 3 líneas, una para la alimentación de 3.3V del sensor (VCC), otra para la tierra (GND) y otra para la señal de datos conectada con el pin 14, usualmente se necesita una resistencia de “pull-up” en la línea de datos para la comunicación One-Wire. Para agregar el sensor de pH tiene conexiones para la alimentación de 5V, para la tierra y una señal analógica conectada al pin analógico número 36 del módulo TTGO.

Por otro lado, se observa el sensor de lluvia conectado con una línea para la alimentación de 3.3V, también a tierra y una señal analógica conectada al pin número 34 del módulo TTGO. Aunado a lo anterior, también se agrega el módulo GPS el cual se conecta mediante 4 líneas, una de alimentación de 5V, otra de tierra, una de transmisión que va desde TX del GPS al pin 13 del TTGO y otra de recepción que va desde RX del GPS al pin 12 del TTGO para la comunicación serial. Y el último sensor es el de humedad y temperatura externa el cual fue conectado al pin de alimentación de 3.3V, a tierra y al pin número 4 del módulo TTGO para la conexión de datos y lecturas de dichos parámetros en forma de señales digitales.

Para finalizar, se conectó una batería portátil que proporciona alimentación a través de una conexión USB al módulo TTGO, que a su vez puede distribuir voltaje a los sensores a través de sus pines de VCC de 3.3V y 5V, siempre y cuando los voltajes sean compatibles.

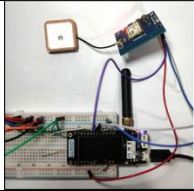


Figura 4. Sistema de telemetría en boya marina para el monitoreo de variables meteorológicas en el Lago de Maracaibo
 Fuente: Hnidi y Romero (2024)



En la figura 4 se demuestra el funcionamiento total y efectivo del prototipo. Se pueden observar los resultados de cada sensor que trabajan en conjunto, mostrando una temperatura ambiental de 26.6°C, una humedad de 68.7%, una temperatura del agua de 23.9°C, un pH de 6.9, y la ausencia de precipitación. Además, se presentan las coordenadas de latitud (10.6936825) y longitud (-71.6343355), las cuales corresponden a la universidad privada Rafael Bellosó Chacín, indicando la ubicación exacta del prototipo.

Cuadro 1
Lista de cotejo

Aspecto a Evaluar	Funcionamiento
Sensor de humedad y temperatura activo y funcionando.	 <p data-bbox="1010 856 1203 926"> Temperatura: 28,2°C Humedad: 63,1% </p>
Sensor de temperatura del agua activo y funcionando.	 <p data-bbox="1105 926 1268 1146"> Temperatura del Agua: 23,9°C </p>
Sensor de precipitación activo y funcionando.	 <p data-bbox="1003 1356 1211 1430"> Precipitación: No hay lluvia </p>
Sensor de pH activo y funcionando.	 <p data-bbox="1138 1430 1252 1671"> pH: 6,1 </p>
GPS activo y funcionando.	 <p data-bbox="1114 1682 1292 1871"> Latitud: 10.6746178 Longitud: -71.5954457 </p>

Fuente: Hnidi y Romero (2024)



Los objetivos planteados al inicio del proyecto fueron alcanzados con éxito. Cada etapa del desarrollo del prototipo fue cuidadosamente diseñada, implementada y evaluada, asegurando que todas las funcionalidades propuestas se cumplieran de manera efectiva. Desde la integración de los sensores hasta la correcta operatividad de la interfaz, las pruebas realizadas demostraron que el sistema respondía adecuadamente a las condiciones esperadas y proporciona resultados precisos y confiables. La capacidad del prototipo para procesar datos en tiempo real y comunicar eficientemente con otros dispositivos confirma que las soluciones tecnológicas adoptadas fueron las más adecuadas.

El funcionamiento del prototipo fue verificado exhaustivamente a través de una serie de pruebas rigurosas, las cuales demostraron su eficacia y estabilidad bajo diversas condiciones de uso. La respuesta del sistema fue rápida y precisa, y los resultados fueron consistentes con los requisitos del proyecto. En resumen, el prototipo desarrollado cumplió plenamente con los objetivos establecidos y se encontró en perfecto estado de funcionamiento, listo para su implementación y escalabilidad en entornos reales.

CONCLUSIONES

Al realizar un análisis exhaustivo se determinó que en el ámbito meteorológico no existen antecedentes de boyas, pero se ha visto la necesidad de monitorear variables para enfrentar desafíos ambientales recurrentes.

Las boyas que se encuentran en dicho lago también están expuestas a ciertas problemáticas, por lo que, se ha identificado que es crucial contar con un sistema robusto, escalable y resistente a variaciones climáticas y corrosión. Se debe utilizar un sistema de comunicación que garantice fidelidad de datos y los sensores deben ser de alta precisión.

En cuanto a diseñar la estructura física de la boya y la arquitectura lógica del sistema de telemetría para la construcción del prototipo en función al diseño establecido. La estructura propuesta provee durabilidad, mientras que la arquitectura del sistema de telemetría asegura una comunicación continua y fiable, esencial para el monitoreo ambiental.

Por otro lado, el prototipo construido refleja fielmente el diseño teórico propuesto, demostrando su viabilidad técnica y funcional en el contexto específico del Lago de Maracaibo.

Durante las pruebas, el prototipo mostró una integración efectiva de todos sus componentes, asegurando un rendimiento óptimo y confiable.



Por último, el cumplimiento de los objetivos, se permitió verificar de manera exhaustiva el funcionamiento del dispositivo de telemetría marina desarrollado. Las pruebas realizadas han confirmado que el prototipo cumple con todas las especificaciones técnicas y operativas previstas, mostrando una alta fiabilidad y precisión en la transmisión de datos bajo diversas condiciones ambientales en el Lago de Maracaibo. Estos resultados validan no solo la eficacia del diseño sino también la capacidad del prototipo para su aplicación en entornos marinos reales. Este éxito demuestra el potencial del dispositivo para mejorar significativamente las operaciones de monitoreo y seguridad en áreas acuáticas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amastal, W. (2021, abril 11). Página Web en Línea Disponible: <https://aleph.org.mx/cuales-son-las-variables-meteorologicas>. (Consulta: 2023, diciembre 12).
- Arias, F. (2012). **El Proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología Científica**. 6ta Edición. Caracas, Venezuela: Editorial Episteme.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M. (2014). **Metodología de la Investigación**. 6ta Edición. México: McGraw Hill / Interamericana Editores.
- Hurtado de Barrera, J. (2010). **Metodología de la Investigación: Guía para una Comprensión Holística de la Ciencia**. 4ta Edición. Caracas, Venezuela: Quirón Ediciones.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2019). **Glosario Meteorológico**. Bogotá, Colombia: Imprenta Nacional de Colombia.
- Lorenzon, E. (2020). **Sistemas y Organizaciones**. 1era Edición. Argentina: Editorial de la Universidad de La Plata.
- Real Academia Española (2014). **Diccionario de la Real Academia Española**. Madrid, España.
- Rodríguez, R., Benito, A., y Portela, A. (2004). **Meteorología y Climatología**. España: Fundación Española para la Ciencia y Tecnología.
- Sitrack (2018). **Telemetría. La Solución a los Problemas Empresariales** (Libro en Línea). Disponible: <https://blog.sitrack.com/ebook-gratis-telemetria-la-solucion-a-los-problemas-empresariales>. (Consulta: 2023, noviembre 22).