

**SISTEMA DE MEDICIÓN Y MONITOREO DE NIVEL EN CANALES DE
CAPTACION DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA FLORIDA II**



Uniautónoma
DEL CAUCA

JUAN PABLO HOYOS OROZCO

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
POPAYÁN, ABRIL DE 2021**

**SISTEMA DE MEDICIÓN Y MONITOREO DE NIVEL EN CANALES DE
CAPTACION DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA FLORIDA II**



Uniautónoma
DEL CAUCA

Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero en Electrónica.

JUAN PABLO HOYOS OROZCO

Estudiantes

M. Sc. ING. JULIO ANDRÉS MOSQUERA BOLAÑOS

Director

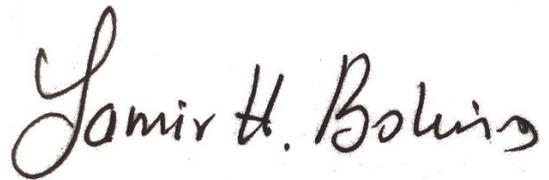
**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
POPAYÁN, ABRIL DE 2021**

PÁGINA DE ACEPTACIÓN

El trabajo de grado titulado **SISTEMA DE MEDICION Y MONITOREO DE NIVEL EN CANALES DE CAPTACIÓN DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA FLORIDA II**, realizado por el estudiante **JUAN PABLO HOYOS OROZCO**, cumple con los requisitos para optar por el título de **INGENIERO ELECTRÓNICO**.



M. Sc. JULIO ANDRÉS MOSQUERA BOLAÑOS
Director Trabajo de grado



M. Sc. Yamir Hernando Bolaños Muñoz
Jurado



M. Sc. Jaime Andrés López Muñoz
Jurado

Popayán, abril de 2021

AGRADECIMIENTOS

A Dios todo poderoso, por darme la bendición cada día, la vida, la salud y las fuerzas para luchar por este proyecto, mi familia, mi madre Lida Nelly Orozco de Hoyos, mi padre Jesús Orlando Hoyos, amigos y colegas que aportaron en el proceso del desarrollo profesional, a mi director Julio Andrés Mosquera Bolaños por ayudarme a asumir el reto de culminar con mi carrera y ser un profesional para la sociedad, a todos muchas gracias.

DEDICATORIA

A mi madre Lida Nelly Orozco de Hoyos que estuvo siempre a mi lado brindándome su mano amiga dándome a cada instante una palabra de aliento para llegar a culminar mi profesión, a mi padre Jesús Orlando Hoyos, por ser un ejemplo a seguir, a todos mis hermanas y hermanos que fueron fuente de luz, Sussy, Jesús, Sandra, a mis hijas, Laura y Manuela, convirtiéndose en pilares fundamentales para mi formación profesional, a mis sobrinas y sobrinos mil gracias, a mis amigos y amigas en especial a mi amigo José Santiago Valencia, a mi director Julio Andrés Mosquera Bolaños un Dios les pague a TODOS.

CONTENIDO

| | |
|---|----|
| CAPÍTULO I | 9 |
| 1.1. | 9 |
| 1.2. | 11 |
| 1.3. | 12 |
| 1.3.1. | 12 |
| 1.3.2. | 12 |
| CAPÍTULO II | 13 |
| 2.1. DATOS DE LOS RÍOS CAUCA Y VINAGRE | 13 |
| 2.1.1. | 13 |
| 2.1.2. | 14 |
| 2.2. | 15 |
| 2.2.1. | 15 |
| 2.2.2. | 20 |
| 2.2.3. | 22 |
| 2.2.4. | 25 |
| 2.2.5. | 25 |
| CAPÍTULO III | 27 |
| 3.1. | 27 |
| 3.2. | 28 |
| 3.3. | 29 |
| CAPÍTULO IV | 30 |
| 4.1. MÓDULO SENSOR | 31 |
| 4.1.1. El Montaje | 33 |
| 4.1.2. Adquisición de datos | 34 |
| 4.1.3. Procesamiento de datos | 36 |
| 4.1.4. Respuesta del sensor | 37 |
| 4.2. MÓDULO TRANSMISOR/RECEPTOR | 39 |
| 4.3. MÓDULO DE GESTIÓN | 41 |
| 4.4. MÓDULO INTERFAZ GRÁFICA | 45 |
| 4.5. MÓDULO REGISTRO | 47 |
| CAPITULO V | 48 |
| 5.1. DATOS OBTENIDOS DE LA PRUEBA DEL FUNCIONAMIENTO DEL SENSOR | 48 |
| 5.2. DATOS OBTENIDOS DE LA PRUEBA DE CAMPO | 49 |
| 5.3. PRUEBA DEL SISTEMA UNIFICADO | 51 |

| | |
|-------------|----|
| CAPITULO VI | 58 |
| REFERENCIAS | 60 |
| ANEXO A | 64 |
| ANEXO B | 1 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|--------------------------------------|
| Figura 2.1 Caudal del Río Vinagre antes de la confluencia. Fuente [3] | 13 |
| Figura 2.2 Caudal del río Cauca medido en la bocatoma Florida II. Fuente [3] | 15 |
| Figura 2.3 Sistema de medición de nivel por medio de una sonda. Fuente [13] | 16 |
| Figura 2.4 Sistema de medición de nivel basado en un cristal translucido. Fuente [14] | 16 |
| Figura 2.5 Sistema de medición de nivel por medio de un flotador. Fuente [15] | 16 |
| Figura 2.6 Sistema de medición de nivel por medio del palpador servo operado. Fuente [16] | 17 |
| Figura 2.7 Sistema de medición de nivel con manómetro digital. Fuente [17] | 17 |
| Figura 2.8 Sistema de medición de nivel por burbujeo. Fuente [18] | 18 |
| Figura 2.9 Sistema de medición de nivel por ondas ultrasónicas. Fuente [20] | 18 |
| Figura 2.10 Sistema de medición de nivel por ondas de radiación con tubo receptor. Fuente [21] | 19 |
| Figura 2.11 Sistema de control de nivel por Láser Réflex. Fuente [22] | 19 |
| Figura 2.12 Microcontrolador de marca Microchip, referencia: 18F4550. Fuente [24] | 20 |
| Figura 2.13 Módulo Lógico RaspBerry Pi B3. Fuente [26] | 21 |
| Figura 2.14 Computador de escritorio de alta fidelidad marca HP. Fuente [28] | 21 |
| Figura 2.15 Cable UTP Categoría 5E de 8 hilos en par trenzado. Fuente [31] | 22 |
| Figura 2.16 Muestra de las capas del cable coaxial. Fuente [31] | 22 |
| Figura 2.17 Capas del cable con Fibra Óptica. Fuente [33] | 23 |
| Figura 2.18 Módulo de comunicación XBee Pro. Fuente [35] | 23 |
| Figura 2.19 Módulo Bluetooth HC-05. Fuente [37] | 24 |
| Figura 2.20 Sensor infrarrojo industrial Schneider Electric XUB9BPANM12. Fuente [39] | 24 |
| Figura 2.21 Medidas de pantallas en pixeles. Fuente [41] | 25 |
| Figura 4.1 Diagrama de bloques del proceso lógico para la medición del nivel de los ríos Vinagre y Cauca. Fuente Propia | 31 |
| Figura 4.2 Elementos del montaje experimental. Al lado izquierdo, el nivel del agua en el recipiente. Al lado derecho, el sensor dentro del tubo PVC del montaje con las marcas de variación a intervalos de 5cm. Fuente: propia | 34 |
| Figura 4.3 Montaje experimental. Fuente: propia | 34 |
| Figura 4.4 Primera parte sketch Arduino. Fuente: propia. | 35 |
| Figura 4.5 Segunda parte sketch Arduino. Fuente: propia. | 36 |
| Figura 4.6 Script MatLab para graficar datos experimentales. Fuente: propia. | 37 |
| Figura 4.7 Respuesta del sensor en experimento 1: variación de distancia de 5cm cada 5 segundos. Fuente: propia. | 38 |
| Figura 4.8 Respuesta del sensor en experimento 2: variación de distancia de 10cm cada 10 segundos. Fuente: Elaboración propia. | 38 |
| Figura 4.9 Diagrama de conexión Emisor XBee Pro S3B con el Sensor MB7489-100. Fuente Propia | 40 |
| Figura 4.10 Diagrama de conexión Receptor XBee Pro S3B con el sensor MB7489-100. Fuente Propia | 40 |
| Figura 4.11 Entorno de desarrollo XCTU para la programación de los módulos de comunicación XBEE. Fuente [35] | 41 |
| Figura 4.0.12 Módulo Raspberry Pi 3b+ con sus periféricos. Fuente [50] | 42 |
| Figura 4.13 Pantalla táctil para módulos Raspberry Pi. Fuente [50] | ¡Error! Marcador no definido. |
| Figura 4.14 Configuración de acceso al servidor remoto por medio de PuTTY Configuration. Fuente [51] | 44 |

| | |
|---|----|
| Figura 4.15 Resultado de la configuración de la pantalla táctil a la resolución 480x800 pixeles. Fuente Propia | 44 |
| Figura 4.16 Esquema de conexión de los módulos de comunicación, proceso, visualización y red. Fuente Propia | 45 |
| Figura 4.17 Plataforma de desarrollo QT CREATOR para la creación de aplicativos. Fuente Propia | 46 |
| Figura 4.18 Resultado de la medición de nivel en tiempo real para los ríos Cauca y Vinagre. Fuente Propia | 46 |
| Figura 4.19 Interfaz gráfica de usuario para el Monitoreo de Nivel en los Canales de Captación. Fuente Propia | 47 |
| Figura 4.20 Base de datos MYSQL de usuario para el monitoreo. Fuente propia | 47 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 4.1 Valores medidos mensualmente del caudal en el río Cauca, sobre la bocatoma Florida II. Fuente [3] | 31 |
| Tabla 4.2 Valores medidos mensualmente del caudal en el río Vinagre, sobre la bocatoma Florida II. Fuente [4] | 31 |
| Tabla 5.1 Análisis de resultados prueba del Sensor Ultrasónico. Fuente propia | 49 |

RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

En el presente proyecto se implementó un sistema de medición de nivel en los canales de captación de la central hidroeléctrica Florida II, el cual permitió monitorear el comportamiento de los ríos Cauca y Vinagre, en el transcurso del tiempo.

Este documento muestra el proceso de diseño e implementación de un prototipo capaz de medir los niveles de los ríos Cauca y Vinagre en periodos de tiempo inferiores a los 10 segundos (Se tomaron seis muestras por cada diez segundos de medición). Basado en el funcionamiento del sensor ultrasónico tipo radar, se logra medir el nivel de cada río, con una precisión de ± 2 cm y se transmite la información de forma inalámbrica a una central de procesamiento de datos (Raspberry Pi 3b+) por medio de los módulos de radiofrecuencia XBee. Finalmente, los datos obtenidos son leídos por un aplicativo elaborado en el entorno de desarrollo Python y almacenados en una base de datos local, para ser analizados cuando el operario lo requiera.

Palabras clave: Medición, Monitoreo, Río Cauca, Río Vinagre, Raspberry Pi 3b+, XBee.

ABSTRACT

In this project, a level measurement system was implemented in the catchment channels of the Florida II hydroelectric plant, which made it possible to monitor the behavior of the Cauca and Vinagre rivers, over time.

This document shows the process of design and implementation of a prototype capable of measuring the levels of the Cauca and Vinagre rivers in periods of time less than 10 seconds (Six samples were taken for every ten seconds of measurement). Based on the operation of the radar-type ultrasonic sensor, it is possible to measure the level of each river, with an accuracy of ± 2 cm, and the information is transmitted wirelessly to a data processing center (Raspberry Pi 3b+) by means of the XBee radio frequency modules. Finally, the data obtained is read by an application prepared in the Python development environment and stored in a local database, to be analyzed when the operator requires it.

Keywords: Measurement, Monitoring, Cauca River, Vinegar River, Raspberry Pi 3b+, XBee.

INTRODUCCIÓN

La empresa Vallecaucana VATIA S.A. E.S.P, fundada en 1998, ha incursionado en el sector energético como planta generadora de este servicio. Debido al crecimiento que ha tenido desde su entrada en funcionamiento, ha realizado **alianzas** a nivel nacional llegando a manejar 13 Pequeñas Hidroeléctricas (PCHs), con una capacidad de 50 MW instalados que aportan +220 GWh/año de energía verde al Sistema Interconectado Nacional (SIN). Hoy en día es la 9ª empresa en el país que realiza transacciones de energía en el mercado regulado. [1]

Una de las centrales a cargo de la empresa es *La Hidroeléctrica Florida II*, ubicada a 15 minutos de la ciudad de Popayán en dirección Nororiental. De acuerdo a su infraestructura y ubicación, se divide en dos bocatomas o canales de captación, que permiten el acceso a los ríos Cauca y Vinagre, respectivamente. Cada bocatoma cuenta con una compuerta de apertura manual para el acceso del río y una mirilla dibujada en un extremo (con una escala de medida de 10 cm hasta llegar a los 300cm) para indicar el nivel en el que se encuentra. Sin embargo, la central de recolección de datos se encuentra a 1km aproximadamente de cada bocatoma, lo cual obliga al operario a hacer rondas a ciertas horas del día para evidenciar alguna creciente o insuficiencia en el flujo de agua hacia las turbinas generadoras de energía.

Por consiguiente, se propuso el desarrollo de un sistema inalámbrico para realizar la medición del nivel en los ríos Cauca y Vinagre en los canales de captación de la *Central Hidroeléctrica Florida II*. Este sistema cuenta con un sensor industrial Ultrasónico tipo radar, especialmente diseñado para soportar la humedad del ambiente. Además, identifica la distancia en la que se encuentra un objeto en un rango de vista menor a 3 metros de distancia (Para el presente prototipo, mide la distancia del agua desde su punto de referencia debidamente preestablecido).

Siendo el medio de comunicación, un factor crítico para el proyecto, se incluye un sistema de comunicación bidireccional basado en radiofrecuencia, con la tecnología ZigBee, el cual permite la transmisión de datos a gran distancia, siempre y cuando se garantice la línea de vista entre el emisor y el receptor.

Contribuyendo a la sistematización del proceso, se incluye un aplicativo diseñado en el entorno de desarrollo *Python*; el cual es embebido en un controlador Raspberry Pi, ubicado en la central de monitoreo. El aplicativo se encarga de mostrar y almacenar los datos de la medición del nivel de los ríos en cortos periodos de tiempo; lo cual le permite al operario realizar el análisis con mayor precisión.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Dentro de los procesos productivos de bienes y servicios, basados en el aprovechamiento de los recursos naturales, es de vital importancia mantener una continua vigilancia a los métodos operativos incorporando tecnologías que permitan minimizar los costos de operación, facilitar el mantenimiento y prolongar la vida útil de los equipos acoplados a los procesos de producción [2]. Por su parte, la Pequeña Central Hidroeléctrica (PCH) Florida II, ubicada en zona rural, al nororiente de la ciudad de Popayán a cargo de la empresa VATIA S.A. E.S.P., utiliza como afluentes para la generación de energía eléctrica, al río Cauca y al río Vinagre. Este último, nace en las estribaciones del volcán Puracé cercano a una mina de azufre, llevando consigo elementos corrosivos, los cuales reducen significativamente la vida útil de los equipos utilizados para la generación de la energía eléctrica. Por lo tanto, se realizó un estudio previo al río Vinagre denominado “Evaluación del impacto de las aguas del río vinagre sobre las estructuras de la PCH por la presencia de ácido sulfúrico (H_2SO_4)” ejecutado en ese tiempo por la empresa de consultoría INGETEC S.A. con el fin de definir si las aguas de dicho río son aptas para la actividad de generación de energía [3].

El informe determina que se puede utilizar el agua proveniente del río Vinagre siempre y cuando este en conjunto con el agua del río Cauca, en una proporción del 10% y 90% respectivamente [3]. Para garantizar dicha proporción, operarios de la PCH deben manipular las compuertas de cada bocatoma para asegurar que, tanto el caudal proveniente del río Cauca como el caudal proveniente del río Vinagre, se mantengan dentro de los límites de seguridad ya establecidos por la empresa. Hoy en día las empresas: VATIA S.A. E.S.P. y la Compañía Energética de Occidente siguen implementando este informe para el monitoreo de los ríos Cauca y Vinagre, siguiendo las indicaciones y proporciones establecidas.

En la práctica, los operarios encargados de mantener dichas proporciones deben realizar la inspección en cada bocatoma (Ubicada a una distancia aproximada de 1Km de la central), basándose en una escala de medición fija o mirilla que se encuentra en la sección transversal de cada compuerta. Estos valores deben ser tomados a diferentes horas del día. Posteriormente se registran los datos en una tabla o bitácora de control de nivel [3]. Como consecuencia, le PCH debe

garantizar que los operarios se encuentren en la zona todo el tiempo, ya que un cambio inesperado podría alterar el funcionamiento o deterioro de las máquinas.

Por consiguiente, la PCH Florida II tiene la necesidad de implementar instrumentos tecnológicos, capaces de monitorear la variación del nivel de los ríos Cauca y Vinagre y generar alertas oportunas en caso de aumento o disminución del nivel de los mismos. De esta manera se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo mejorar el monitoreo de los niveles de los ríos Cauca y Vinagre que entran a la PCH Florida II?

1.2. JUSTIFICACIÓN

En la industria, la tecnología hace parte fundamental de los procesos de producción, ya que agiliza, mejora y garantiza la masificación de los productos y servicios que ofrecen a los usuarios o consumidores. Esto se ve reflejado en la economía y competitividad con respecto a otras industrias pertenecientes al mismo sector; por lo cual, invierten gran cantidad de dinero para estar actualizado en las nuevas tendencias tecnológicas, mejorando el rendimiento y la producción a gran escala.

La industria 4.0 hace parte de la nueva tendencia para el mejoramiento de los procesos industriales de la nueva era. Se caracteriza por incluir a la electrónica aplicada, el software embebido en procesos productivos y el internet de las cosas (IoT), como herramientas que agilizan la producción en la industria y evita el riesgo que corren los operarios en sus funciones laborales [4]. La industria de la producción energética como las hidroeléctricas, no son ajenas a la automatización tecnológica y la industria 4.0, lo cual incide en establecer dispositivos que permitan contribuir a eventos como la medición de caudal, flujo, temperatura, humedad, entre otros factores encontrados en este campo. Sin embargo, en la actualidad, la empresa PCH Florida II no posee herramientas tecnológicas de vanguardia que permitan controlar o monitorear dichos eventos, por lo cual se busca a través del uso de las herramientas presentes en la industria 4.0, implementar un prototipo tecnológico capaz de monitorear el nivel de los ríos Cauca y Vinagre en los canales de captación, Con el fin de asegurar que del río vinagre ingrese un 90% y del río cauca un 10% obteniendo así un índice de corrosión bajo para proteger y aumentar la vida útil de la infraestructura y equipos de esta; estableciendo los primeros pasos hacia la construcción de sistemas automáticos que faciliten las operaciones de generación eléctrica dentro de la PCH Florida II.

Por consiguiente, el presente proyecto se realiza con el fin de articular lo aprendido en la academia con un caso de estudio real, finalmente la responsabilidad como ingenieros radica en generar un trabajo de investigación que involucre diferentes áreas de la ingeniería y que sea un pilar para trabajos futuros.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Implementar un sistema de medición y monitoreo de nivel en los canales de captación de la central hidroeléctrica Florida II.

1.3.2. Objetivos específicos

- Diseñar el sistema hardware para la medición y visualización de nivel en los canales de captación del río Cauca y el río Vinagre.
- Emplear el protocolo de comunicación entre el sistema de medición y monitoreo con la central de VATIA S.A. E.S.P.
- Validar el sistema de medición y monitoreo de nivel del río Cauca y el río Vinagre.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. DATOS DE LOS RÍOS CAUCA Y VINAGRE

En el presente capítulo se establece una relación de los antecedentes históricos del comportamiento de los ríos Vinagre y Cauca, desde sus respectivos yacimientos y el trayecto por el departamento del Cauca. De igual manera se identifican las estructuras y sistemas de control para evaluar el estado de los ríos; teniendo en cuenta el caudal y el nivel en el transcurso del año.

2.1.1. Cauce del Río Vinagre

El yacimiento del río Pasambío o Vinagre se ubica en la falda norte del volcán Puracé, a 2,191 metros sobre el nivel del mar (mostrado en la figura 2.1). El nombre del río hace referencia a la gran cantidad de ácido sulfúrico y ácido clorhídrico que contiene su agua. Se estima que se incorpora más de 34.000 kilogramos de estos ácidos en un lapso de 24 horas; debido a la gran cantidad de ácido, el río no cuenta con vida animal ni vegetal. El río recorre gran cantidad de metros hasta la cascada de las Monjas la cual se caracteriza por tener una caída de más de 100 metros. Algunos kilómetros más adelante se unen con el río San Francisco, el cual cuenta con agua fría y cristalina; siguiendo su curso, se encuentra con el río Anambío y finalmente desemboca en el río Cauca. [5]



Figura 2.1 Caudal del Río Vinagre antes de la confluencia. Fuente [3]

Considerando las características del río, la antigua central eléctrica CEDELCA S.A E.S.P., desarrolló un estudio entre el año 2011 y 2012, donde se identificaron patrones de comportamiento en el caudal del río. Entre verano e invierno el caudal varía alrededor de $4.78m^3/s$; es decir, en época de invierno el caudal sube a $9.4m^3/s$; mientras que la época de verano desciende a $4.62m^3/s$. [3]

2.1.2. Cauce del Río Cauca

El río Cauca nace en el macizo colombiano, el cual posee una extensión de $32.000Km^2$, cubriendo los departamentos de Cauca, Huila y Nariño. Este río es catalogado como el segundo más largo de Colombia, recorriendo una longitud de $1350Km$ antes de desembocar en el río Magdalena; pasando por los departamentos de: Cauca, Valle del Cauca, Risaralda, Caldas, Antioquia, Sucre y Bolívar; llevando consigo un estimado de $1.000m^3/s$. [6]

Debido a la alta influencia del río Cauca en la agricultura, ganadería, minería y proyectos de hidroeléctrica en el occidente colombiano. En consecuencia, el impacto ambiental se ve reflejado en muchas zonas donde se desplaza el río, siendo el proyecto hidroeléctrico “Hidroituango” el de mayor afectación en toda la historia de su cauce. [7] [8]

El caudal promedio del río Cauca, medido en la bocatoma Florida II (Como se muestra en la figura 2.2), para el período de registro establecido entre 1999 y 2009 fue de $11,51 m^3/s$ [9]. Los periodos comprendidos entre enero a abril y septiembre a octubre, se consideran como los más secos del año; mientras que los periodos establecidos entre mayo a agosto y noviembre a diciembre, el caudal supera el promedio estadístico en el año. De acuerdo al estudio realizado por la empresa CEDELCA S.A E S P, en el mes de junio se presenta el mayor caudal medio mensual ($13,91 m^3/s$), correspondiente al 10,07% de los caudales medios anuales; mientras que en el mes de septiembre corresponde a la estación más seca con $9,47 m^3/s$ (6,86% de los caudales medios anuales). [3]



Figura 2.2 Caudal del río Cauca medido en la bocatoma Florida II. Fuente [3]

2.2. BASES TEÓRICAS

El marco conceptual, plantea el punto de partida para la pasantía la cual se ha dividido en cinco núcleos temáticos, siendo estos: medición de nivel, sistema de procesamiento, visualización, transmisión y almacenamiento de la información.

2.2.1. Medición del Nivel

Para una adecuada forma de medir un fluido, ya sea en reposo o en movimiento, debe tener una medida de referencia, que por lo general es el punto inferior o base en el que el fluido descansa y el vértice superior hasta dónde llega el líquido [10]. Por consiguiente, para la medición de nivel existen actualmente diversas tecnologías; algunas de estas se realizan mediante supervisión humana y otras mediante procesos automatizados.

Los instrumentos más comunes, se clasifican en: mediciones de la variable por medio de presión hidrostática, no invasivos, y de forma directa. Para las mediciones directas, el instrumento debe encontrarse en interacción con el líquido [11].

➤ Entre los dispositivos más utilizados para la medición de forma directa se tiene:

- **Medidor de sonda**

Consiste en una varilla o regla graduada (figura 2.3), de la longitud adecuada para ser introducida dentro del depósito que contiene al líquido, la determinación de nivel se efectúa por lectura directa de la longitud alcanzada por el líquido [12].

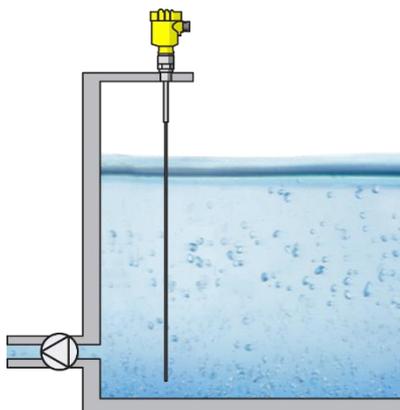


Figura 2.3 Sistema de medición de nivel por medio de una sonda. Fuente [13]

- **Medidor de cristal**

Consiste en un dispositivo de vidrio, conectado a bloques metálicos cerrados por prensa, los cuales están unidos al recipiente por medio de tres válvulas, dos de cierre de seguridad para evitar escapes y una purga (figura 2.4) [12].



Figura 2.4 Sistema de medición de nivel basado en un cristal translúcido. Fuente [14]

- **Medidor de flotador**

Consta de un elemento tipo flotador ubicado en la superficie del líquido y conectado al exterior del recipiente (figura 2.5), genera indicaciones de nivel sobre una escala graduada [12].



Figura 2.5 Sistema de medición de nivel por medio de un flotador. Fuente [15]

- **Medidor por palpador servo operado**

Consta de una “pesa” ubicada en la parte inferior del medidor, la cual se encuentra suspendida por medio de un cable generalmente de acero inoxidable, acoplado a un tambor ranurado, dicho tambor es conducido por un servomotor controlado montado sobre cojinetes de precisión (figura 2.6) [12].



Figura 2.6 Sistema de medición de nivel por medio del palpador servo operado. Fuente [16]

- Para las mediciones basadas en presión hidrostática, se realiza un proceso de conversión de la presión ejercida por el líquido en el sensor. Entre los dispositivos destacados se encuentran:

- **Medidor manométrico**

Consiste en un manómetro conectado de forma directa a la parte inferior del recipiente, por su parte la lectura del manómetro indica directamente la altura entre el nivel del líquido y el eje del dispositivo [12].



Figura 2.7 Sistema de medición de nivel con manómetro digital. Fuente [17]

- **Medidor de burbujeo**

Consiste en emplear un tubo sumergido en el líquido por el cual se hace burbujear aire mediante un regulador de caudal; la presión de aire en la tubería es equivalente a la presión hidrostática [12].



Figura 2.8 Sistema de medición de nivel por burbujeo. Fuente [18]

- Para las mediciones basadas en instrumentos no invasivos, no se requiere de interacción con el líquido para poder determinar el nivel. Los dispositivos más utilizados son:

- **Medidor por ultrasonido**

Consiste en un dispositivo que emite pulsos de ultrasonido a una superficie reflectante, estos sensores generalmente operan a una frecuencia de 20 KHz, permitiéndoles atravesar condiciones en el medio como gases o vapores [19].

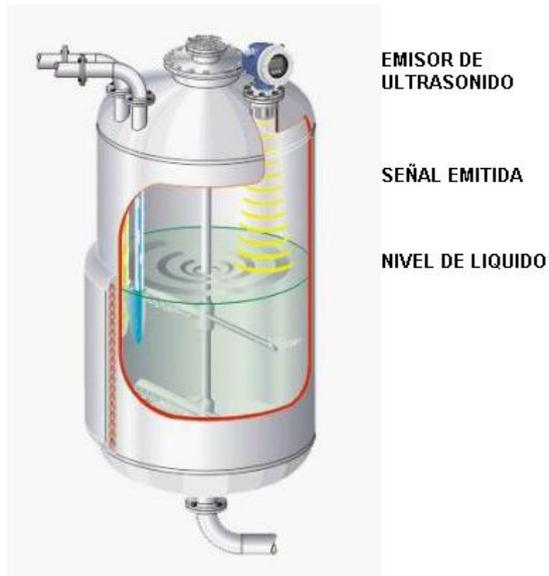


Figura 2.9 Sistema de medición de nivel por ondas ultrasónicas. Fuente [20]

- **Medidor por radiación**

Son conocidos como dispositivos micropilots, el sistema de radar de microondas genera una emisión continua de ondas electromagnéticas, típicamente en valores de 10 Hz [19].



Figura 2.10 Sistema de medición de nivel por ondas de radiación con tubo receptor. Fuente [21]

- **Medidor por láser**

Se emplea un rayo láser el cual es enviado por medio de un tubo de acero, dirigido por reflexión en un espejo sobre la superficie de un metal [19].

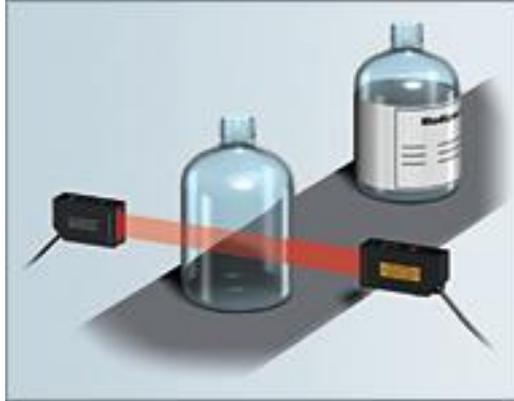


Figura 2.11 Sistema de control de nivel por Láser Réflex. Fuente [22]

2.2.2. Sistema de Procesamiento

El sistema de procesamiento cumple la función de “la toma de decisiones”, basado en algoritmos preestablecidos, en donde detecta las señales provenientes de dispositivos de medición, y establece un procedimiento a seguir mediante señales de salida que pueden ir conectadas a actuadores o a otros sistemas de procesamiento para generar una topología en red. Los sistemas de procesamiento se encuentran embebidos en diversas placas que, de acuerdo a su funcionalidad, ofrecen mayor tasa de procesamiento de información, mejor rendimiento en procesos industriales y/o mayor aprovechamiento de espacio si se requiere. Entre los sistemas de procesamiento más comunes se encuentran:

➤ Microcontrolador

Es un encapsulado electrónico que reúne en su interior diversos componentes que reaccionan química y físicamente con la electricidad. Gracias a esto, los microcontroladores poseen, memorias RAM y flash, además, algunos incorporan diferentes tipos de protocolos de comunicación como UART, RS232, I2C, RS485 entre otros. El modo de interacción del microcontrolador con otros elementos electrónicos, se realiza por medio de pines o terminales incrustados al chip. Su principal ventaja es su reducido tamaño y costo de implementación [23].



Figura 2.12 Microcontrolador de marca Microchip, referencia: 18F4550. Fuente [24]

➤ **Ordenador de placa reducida**

Una versión mejorada de los dispositivos de control, son los “ordenadores de placa reducida”, los cuales incorporan la tecnología de los microcontroladores y la miniaturización de elementos o circuitos de superficie. Estos dispositivos cuentan con prestaciones similares a la funcionalidad de un ordenador o computador convencional y la versatilidad para la comunicación entre circuitos electrónicos. Su principal ventaja es su tamaño compacto con relación a su velocidad de procesamiento, un ordenador de placa reducida posee un procesador que trabaja generalmente a una frecuencia 10 veces la de un microcontrolador [25].



Figura 2.13 Módulo Lógico RaspBerry Pi B3. Fuente [26]

➤ **Centro de computo**

Es un sistema robusto de grandes prestaciones diseñado para trabajo con múltiples programas en simultáneo, a diferencia del ordenador de placa reducida este tiene mayor rendimiento y robustez al igual que un mayor tamaño [27].



Figura 2.14 Computador de escritorio de alta fidelidad marca HP. Fuente [28]

2.2.3. Medios de Comunicación

En todo sistema, se requiere de un medio para transmitir la información entre los diferentes dispositivos o elementos que se estén utilizando. En la actualidad se pueden clasificar en dos grupos, denominados: Modo de transmisión guiados y modo de transmisión no guiados. El modo guiado: proporcionan un camino físico a través del cual la señal o información se propaga; por su parte, los modos de transmisión no guiados: utilizan el aire, vacío o agua como medio de propagación de la señal. [29]

➤ Comunicación por medio guiado

- **Cable de par trenzado**

Lo conforma una serie de filamentos hechos en cobre, aluminio u otra aleación conductora. Se caracteriza por incluir filamentos encauchetados entrelazados entre sí, además cuentan con un revestimiento en caucho de PVC (Poli- cloruro de vinilo) para blindarlo de la humedad y diferentes interferencias eléctricas. [30].

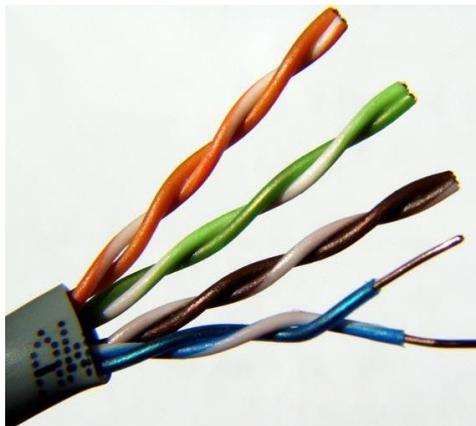


Figura 2.15 Cable UTP Categoría 5E de 8 hilos en par trenzado. Fuente [31]

- **b. Cable Coaxial**

Es un cable formado por dos conductores de tipo concéntricos, es decir comparten ejes de simetría, compuesto por un primer cable de cobre el cual se encarga de transmitir la información, y el segundo conductor se constituye por una malla para la generación de tierra, lo que establece retornos de las señales [30].



Figura 2.16 Muestra de las capas del cable coaxial. Fuente [31]

- **Fibra óptica**

Se considera el cable con mejor aislamiento frente a interferencias y ruido, este cable es de forma cilíndrica y se encuentra compuesta por tres secciones concéntricas, el núcleo, el revestimiento y la cubierta [32].

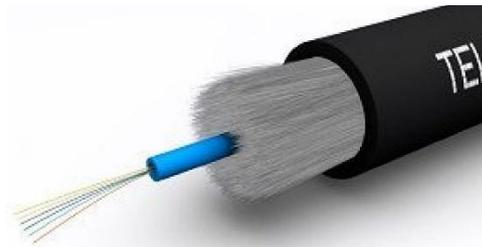


Figura 2.17 Capas del cable con Fibra Óptica. Fuente [33]

➤ **Comunicación por medio no guiado.**

A continuación, se mencionan los protocolos más utilizados en la comunicación no guiada:

- **ZigBee**

Es un estándar de redes inalámbricas, opera bajo el estándar IEEE 802.15.4, maneja bajas tasas de transmisión, con velocidades desde los 20 kbps hasta los 250 kbps, alcanzando una distancia superior a los 1.600 metros en línea de vista y hasta 24.000 metros en sus modelos más recientes (XBee de 900MHz) [34].



Figura 2.18 Módulo de comunicación XBee Pro. Fuente [35]

- **Bluetooth**

Es una tecnología inalámbrica para el intercambio de datos en distancias cortas, definidas en valores menores a 100 metros, maneja un rango de frecuencias entre 2.40 GHz a 2.48 GHz, estableciendo una banda libre según el estándar IEEE 802.15.1 [36].



Figura 2.19 Módulo Bluetooth HC-05. Fuente [37]

- **Infrarrojos**

Los infrarrojos, según el estándar IEEE 802.11, basan su comunicación en primera instancia entre un diodo emisor, el cual emite una luz en la banda infrarroja, sobre la cual se superpone una señal modulada con la información de control, y un dispositivo fotodiodo como receptor, el cual se encarga de extraer la señal recibida; no obstante, al tratarse de un medio de transmisión óptico es inmune a las radiaciones electromagnéticas producidas por los diferentes dispositivos que se encuentren próximos [38].



Figura 2.20 Sensor infrarrojo industrial Schneider Electric XUB9BPANM12. Fuente [39]

2.2.4. Medios de Visualización

Un aspecto importante en la implementación de un sistema de monitoreo es la visualización de la información provenientes generalmente de los sensores, dicha información debe ser clara y accesible para el usuario. En la actualidad se suelen implementar pantallas que contienen interfaces que a su vez pueden presentar interacción con el usuario [40].

De acuerdo al nivel de detalle que se requiere observar, el tamaño y la resolución de la pantalla cumple un papel importante para dicha labor. Los monitores comerciales se miden en pulgadas y la resolución viene: 720 pixeles por 1280 pixeles (alta definición), 1080 pixeles por 1920 pixeles (super alta definición), 2160 pixeles por 3840 pixeles (ultra alta definición) y más [41].

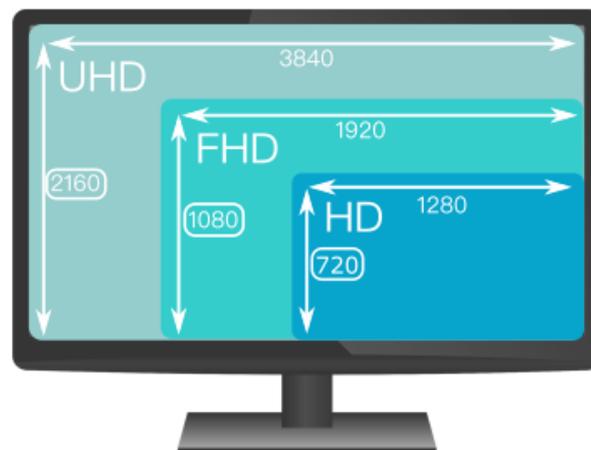


Figura 2.21 Medidas de pantallas en pixeles. Fuente [41]

2.2.5. Trabajos Relacionados

En [42], el autor demuestra la practicidad del uso de la tecnología ZigBee, como herramienta de comunicación inalámbrica en sistemas automatizados para la medición del consumo de agua potable en la red doméstica. Un aporte sustancial

a la presente investigación, radica en los modos de configuración de los módulos con tecnología ZigBee para la comunicación cliente servidor a larga distancia.

En el trabajo de [43], el autor plantea un sistema para el control y medida de nivel de líquido con ultrasonido. Con el uso del sensor ultrasónico se miden distancias y longitudes de masas irregulares, gracias a esto, se usan en gran parte de la industria como medidores de nivel de fluidos en modo no invasivo.

Por su parte [44], plantea un sistema basado en Arduino y red ZigBee para el monitoreo de nivel, por medio de la visualización en servidores externos, además de realizar la descripción de consumo de potencia del sistema desarrollado.

En [45], se desarrolla un software basado en Labview para el monitoreo de nivel y el suministro de la misma, además de establecer registros históricos, sistema de alarma y control de adaptabilidad frente a fallas de comunicación.

En [46], propone el diseño de un módulo de monitoreo del nivel de los ríos que se encuentren en la capital del departamento de Arauca. El prototipo es de bajo costo y de fácil uso; además permite generar alertas tempranas hacia una plataforma en la nube. De acuerdo su estructura de funcionamiento, se divide en tres bloques: Implementación del sensor de nivel, etapa de comunicación y la visualización de la información.

En [47], denota la importancia que tiene el uso de herramientas tecnológicas para el monitoreo de cuencas hidrográficas con el fin de identificar patrones de sequía a lo largo del tiempo. Teniendo en cuenta los datos obtenidos se generan mapas estadísticos que ayudan a las centrales hidroeléctricas y reservas naturales a establecer planes de acción para eventos naturales como sequias o inundaciones.

Finalmente, en el trabajo [48], se desarrolla una estación para el monitoreo de variables climatológicas, además de especificar para el prototipo un tipo de alimentación energética basado en energías renovables.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

La metodología planteada es una adaptación del “Modelo Integral para un Profesional en Ingeniería” [49], Con el fin de llegar a realizar un prototipo funcional que cumpla los requisitos con base a las especificaciones, se hace necesario el seguimiento de una serie de actividades consecutivas, incrementales e iterativas. Se sigue un orden lógico, con lo cual se pretende dar cumplimiento al objetivo del proyecto.

A continuación, se establecen las fases y actividades:

3.1. FASE DE DISEÑO

- Diseñar los sistemas hardware para la medición en laboratorio:

Basados en los sistemas de instrumentación para la medición de nivel de los ríos, se debe diseñar un prototipo hardware para establecer la medición de dichos parámetros. De acuerdo a las características ambientales y niveles de humedad a las que se verán enfrentado los sensores, es de suma importancia incorporar elementos inmunes a la corrosión y deben estar protegidos eléctricamente a cargas estáticas.

- Diseñar estructura para instar el sensor en el canal y realizar mediciones:

Se debe establecer los criterios de diseño y ubicación para establecer la posición adecuada de los sensores en el canal de captación para la toma de datos. De igual manera se genera el plan de acción para ejecutar la labor.

- Diseñar el esquema de comunicación entre hardware y software.

De acuerdo a la infraestructura presente en la hidroeléctrica, se debe incorporar un sistema de comunicación independiente, para lo cual se deben establecer elementos que no alteren el funcionamiento actual del centro de máquinas. De acuerdo a lo anterior, se debe establecer el medio de comunicación y los elementos hardware que permitan cumplir con esta labor.

- Diseñar el sistema de captura de datos.

Mediante una plataforma de interacción sistematizada, que deberá estar incluida en un computador, se pretende monitorear los datos arrojados por el

sensor en lapsos cortos de tiempo. Con esto se pretende adquirir datos para su posterior análisis y mantener una bitácora del comportamiento de los ríos en los canales de captación de la hidroeléctrica Florida II.

3.2. FASE DE IMPLEMENTACIÓN

- Implementar el sistema de medición en los canales de abastecimiento de la hidroeléctrica.

De acuerdo al tipo de sensor(es) seleccionado(s) se establece una conexión impermeabilizada, y se procesa a comprobar el funcionamiento de las señales enviadas; identificando los rangos de medición en voltajes y caracterización del mismo.

- Implementar el sistema de captura de datos del sensor de nivel, en laboratorio.

En la caracterización de los sensores se deben registrar un promedio de muestras considerable para identificar parámetros de exactitud, precisión y el ajuste de la ecuación característica para la lectura de los datos. La prueba se debe realizar en condiciones controladas; para incorporar las pruebas de calibración de los sensores.

- Implementar el sistema de visualización de los datos obtenidos.

Mediante una aplicación se recopilan los datos enviados por los sensores y se registran en la base de datos, identificando la fecha y hora de cada lectura. De acuerdo a los datos registrados, se establecen las gráficas correspondientes (Nivel Vs Tiempo y Caudal Vs Tiempo).

- Implementar el sistema de comunicación entre el sensor y el sistema de procesamiento.

Basados en la ubicación del sensor, se debe incorporar elementos que permitan establecer una comunicación unidireccional entre el sensor y el dispositivo de interpretación; por lo cual debe cumplir con las características adecuadas para la interpretación de las señales e incorporación de parámetros de encriptación para la transmisión de las señales, evitando las lecturas erróneas producidas por frecuencias estacionarias o ruido generado por la planta.

- Implementar el sistema de comunicación entre las estaciones de medición.

Se establece un sistema de comunicación entre la casa de máquinas de la hidroeléctrica y el sistema de medición. Debido a la topología de red para la comunicación, se establece una encriptación tanto de transmisión como de recepción de los datos obtenidos por el sensor, para posteriormente incorporarlos en la base de datos.

3.3. FASE DE PRUEBAS Y RESULTADOS

- Probar el funcionamiento del prototipo de comunicación.

Con los elementos debidamente conectados, se realiza una prueba de comunicación en la cual se evalúa la adecuada recepción de datos y el porcentaje de error.

- Probar el sistema hardware en campo.

Se realiza una lectura de las diferentes variables de los dispositivos electrónicos, identificando el correcto funcionamiento. Se realiza la comparación de las medidas tomadas en campo y en un ambiente controlado.

- Probar el software para el almacenamiento de datos.

De acuerdo a los datos a obtener, se realiza una prueba en dos etapas: La primera etapa, se colocan valores aleatorios para verificar el comportamiento de la plataforma. En la segunda, consiste en evaluar el software con datos enviados por el sistema de medición. En esta prueba se evalúa el comportamiento de la aplicación con la recepción de datos masivos en un lapso de tiempo de una semana.

- Realizar depuraciones del sistema.

De acuerdo a los datos obtenidos en las pruebas anteriores, se establecen las correcciones a que haya lugar y se realizan la puesta a punto del sistema de monitoreo, mediante pruebas en un lapso de tiempo de 1 mes y se mantiene en vigilancia periódica.

CAPÍTULO IV

ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE CONTROL DE NIVEL

En el presente capítulo se establece los parámetros y criterios establecidos por la empresa: “Hidroeléctrica Florida II”, la cual menciona los protocolos para todo procedimiento que incluya la vinculación de elementos de medición en los canales de captación y la casa de máquinas. De igual manera se desarrolla un estudio preliminar para la toma de muestras del nivel de los ríos Cauca y Vinagre, en los canales de captación basado en estudios realizados por la empresa CEDELCA S.A, en el año 2012, la cual incluye el comportamiento de los dos ríos en tres puntos: Canal de capacitación del río Cauca; río Vinagre, antes de la confluencia con el río Cauca; aguas abajo de la confluencia entre el río vinagre y el río Cauca.

En segunda instancia, se identifican los elementos capaces de desempeñar el proceso de medición de nivel en los canales de captación, basados en parámetros como las condiciones climatológicas, los niveles de acidez del agua y la topología estructural de los canales de captación.

El sistema de medición de nivel para el presente proyecto se muestra en la figura 4.1, el cual contiene los siguientes módulos y se establecen los protocolos de comunicación entre ellos. Cada módulo especifica un agrupamiento de elementos y la función en el proceso de medición.

Para cada canal de captación, se establece un “Módulo Sensor”, el cual toma la lectura del nivel de cada uno de los ríos, el “Módulo Transmisor” envía los datos al “Módulo Receptor” que permite entregar los datos al “Módulo Gestión” donde se analizan y posteriormente se entregan al “Módulo Interfaz Gráfica” para ser visualizados por el usuario y también se envían al “Módulo Registro” donde se almacenan los datos respectivos.

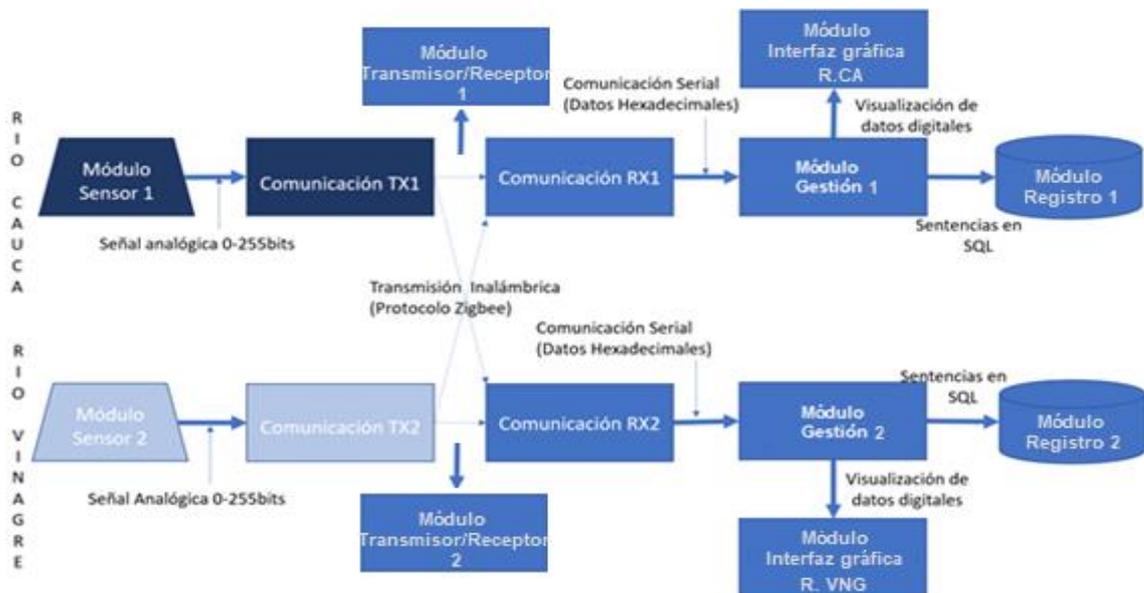


Figura 4.1 Diagrama de bloques del proceso lógico para la medición del nivel de los ríos Vinagre y Cauca. Fuente Propia

4.1. MÓDULO SENSOR

Basado en la infraestructura actual de la bocatoma en los canales de captación de los ríos Vinagre y Cauca, se procede a incorporar sensores para la medición de nivel. Teniendo en cuenta las características comportamentales de los ríos, se identifican los niveles mínimo y máximo (en centímetros) en el transcurso del año (Mostrados en la tabla 4.1 y 4.2).

Tabla 4.1 Valores medidos mensualmente del caudal en el río Cauca, sobre la bocatoma Florida II. Fuente [3]

| Año: | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Medio | 10,24 | 10,28 | 10,33 | 11,35 | 12,02 | 13,91 | 13,71 | 13,26 | 9,47 | 9,75 | 11,91 | 11,82 |
| Máximo | 19,85 | 19,23 | 16,07 | 19,01 | 18,88 | 19,68 | 15,97 | 17,65 | 12,88 | 12,53 | 19,18 | 20,24 |
| Mínimo | 6,08 | 5,84 | 6,56 | 8,50 | 8,25 | 10,27 | 10,52 | 9,68 | 7,23 | 6,80 | 7,99 | 7,63 |

Tabla 4.2 Valores medidos mensualmente del caudal en el río Vinagre, sobre la bocatoma Florida II. Fuente [4]

| Año: | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Medio | 3,77 | 3,40 | 3,19 | 3,71 | 3,89 | 3,87 | 3,81 | 3,38 | 2,39 | 2,86 | 4,46 | 4,63 |
| Máximo | 6,56 | 7,28 | 7,11 | 5,95 | 5,56 | 5,34 | 5,31 | 4,59 | 3,22 | 4,03 | 6,98 | 7,95 |
| Mínimo | 1,73 | 1,57 | 1,86 | 2,34 | 2,36 | 2,47 | 2,66 | 1,93 | 1,59 | 1,96 | 2,39 | 2,51 |

De acuerdo a los datos entregados por el IDEAM, se estima que el nivel en el río Cauca varía entre 5,64cm y 20,24cm; mientras que en el río Vinagre el nivel está entre 1,57cm y 7,95cm. Por lo cual se busca un sensor capaz de identificar la fluctuación de dichas medidas, con un rango de precisión no menor a 0,1m. Sin embargo, se debe tener en cuenta que la superficie del río, en la cual se generan las mediciones, se encuentra en constante movimiento y esto puede generar datos erróneos en la medición del nivel. Contemplando este factor, se debe usar un sensor perimetral, el cual permita promediar el área de medición basado en un radio de lectura, identificando una superficie plana y llevando el control de nivel a una medida más acorde a la real.

Los niveles de acides y humedad constante del ambiente en el que se deben realizar las mediciones de nivel, es un factor crítico y de especial cuidado. Por tal motivo, el sensor debe contar con protección a prueba de líquidos y polvo.

Teniendo en cuenta los factores que inciden en el lugar de operación, el sensor que se ajusta a los requerimientos es el sensor ultrasónico tipo radar, el cual contempla un amplio radio de medición para superficies irregulares. Además, el sensor cuenta con protección IP67 (Norma Internacional CEI60529), donde se estima un blindaje contra la humedad y protección al polvo.

Este sensor cuenta con las particularidades idóneas para realizar la función de medición de nivel en los ríos Vinagre y Cauca. Entre las características técnicas más relevantes, donde permiten exponer los rangos de medición, la resolución y el tipo de protección para condiciones climáticas húmedas:

- Resolución de 1mm.
- Frecuencia de lectura de 6,66Hz.
- El sensor ultrasónico de 42kHz mide la distancia a los objetos
- El sensor prácticamente no tiene zona muerta, los objetos más cercanos de 30cm se toman como a 30cm.
- Opera desde 2,7 - 5,5V.
- Bajo requisito de corriente promedio de 2,9mA.
- Módulo pequeño y liviano.
- Diseñado para una fácil integración en su proyecto o producto.
- Temperatura operativa -40°C a +65°C (-40°F a +149°F).
- Calibración automática en tiempo real (voltaje, humedad y ruido ambiental)
- Resistente a la intemperie (IP67) y resistencia opcional a productos químicos Opción F.
- Zona de detección larga y estrecha.
- El sensor ultrasónico más avanzado resistente a la intemperie.
- Filtro de estabilidad adicional rechaza lecturas anómalas.

- Detecta la señal de respuesta más grande en el campo de visión.
- Se puede usar para captar objetos grandes detrás de pequeñas obstrucciones.
- Mejor sensor para mediciones de nivel de tanque o contenedor
- Alcance máximo de 700cm (275,59 pulgadas).

Se considera necesario realizar la linealización del sensor para obtener los datos de medición en forma precisa; para lo cual se lleva a cabo una serie de experimentos cuyo objetivo es la determinación de las características de linealidad en el sensor de ultrasonido XL-MaxSonar 7066, las cuales permitirán establecer que las medidas obtenidas a partir del sensor para el sistema de monitoreo final van a ser confiables.

En primer lugar, se plantean 2 pruebas para el muestreo de los datos y su posterior estudio. El primero consiste en la variación de la distancia del sensor hasta un volumen de agua determinado a intervalos regulares de tiempo, lo cual permitirá establecer:

- La capacidad del sensor para responder ante cambios de nivel.
- La precisión del sensor para entregar las medidas correctas.
- La gráfica de respuesta para determinar la linealidad en la medición.

La diferencia entre las 2 pruebas preestablecidas en el actual trabajo, son la variación de la distancia a diferentes intervalos de tiempos, es decir, en la primera prueba se varía el sensor a intervalos de 5 centímetros y cada 5 segundos. Para la segunda prueba la variación se realiza cada 10 segundos y a intervalos de 10 centímetros.

4.1.1. El Montaje

Se construye un escenario controlado en donde se pretende realizar la medición y linealización del sensor; considerando algunos elementos que facilitan el procedimiento y garantizan que, para la ejecución de la práctica, garantizan una adquisición de datos confiable. El escenario consta de los siguientes elementos:

- Recipiente contenedor para la medición del nivel de agua.
- Sensor XL-MaxSonar 7066.
- Tubo PVC para ensamblar el sensor y realizar la variación controlada de distancia en las pruebas experimentales.
- Tarjeta Arduino Uno para la adquisición de datos (Se usa esta tarjeta únicamente para la obtención de datos en la linealización ya que la interfaz de Arduino permite capturar los datos mediante el monitor serial).

- Cronómetro para la medición de la variación del tiempo a intervalos regulares n cada prueba.

En este montaje, cabe aclarar que se llena un recipiente con agua a un nivel predeterminado con el objetivo de asegurar que las mediciones entregadas por el sensor, tienen relación con la superficie del líquido en cuestión a medir, en este caso particular nivel de agua, y no con el fondo del recipiente que lo contiene, como puede observarse en la primera parte de la figura 4.2.

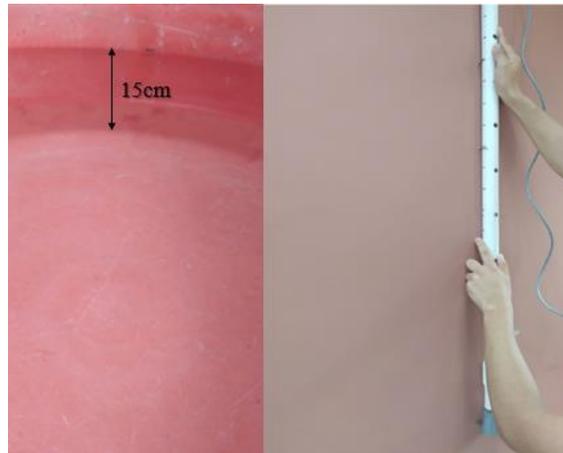


Figura 4.2 Elementos del montaje experimental. Al lado izquierdo, el nivel del agua en el recipiente. Al lado derecho, el sensor dentro del tubo PVC del montaje con las marcas de variación a intervalos de 5cm. Fuente: propia

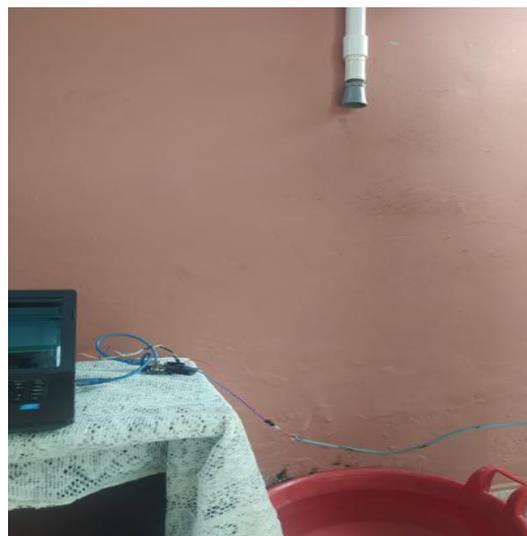


Figura 4.3 Montaje experimental. Fuente: propia

4.1.2. Adquisición de datos

Una vez establecido el montaje experimental, se desarrolló un sketch en Arduino para la adquisición de datos de medición entregados por el sensor. Esta

adquisición se realizó por medio del pin analógico del sensor, el cual se conecta al pin ADC de la tarjeta Arduino. El sketch se explica a continuación y se adjunta en los entregables con el nombre 'MaxSonar_Prom.ino'.

```
Maxsonar_Prom
const int anPin = 1; // Lectura por elpueto analógico A1
//variables para almacenar datos
long anVolt, pul, cm;
int sum = 0;
int cont = 1;
int muestras = 60; //Tiempo en segundos para el vector de tiempo
int avgrange = 50; //Quantity of values to average (sample size)

void setup()
{
  Serial.begin(9600); // Configuración de puerto serial
}
```

Figura 4.4 Código para la configuración de variables en el entorno de desarrollo Arduino. Fuente: propia.

Para la primera parte del código de adquisición de datos, se definen elementos como el pin A1 para la lectura de valores entregados por el sensor, la configuración del monitor serial para la visualización, anVolt, pul, cm para almacenar el valor analógico, la conversión a pulgadas y la conversión a centímetros respectivamente. Los valores sum, cont, muestras, avgrange son variables que permitirán, en su conjunto, sacar un promedio de las lecturas realizadas para arrojar cada valor de lectura, de esta forma, se obtienen valores menos inestables de la lectura que realice el sensor como se aprecia en la figura anterior.

En la figura 4.5. al lado izquierdo, es posible observar la forma de lectura de cada valor por parte del sensor: primero, se promedian 50 lecturas a intervalos de 10 milisegundos por medio de un ciclo 'for', acumulando 500ms en total. Estas lecturas se acumulan para poder sacar el promedio de cada valor a entregar, junto con los 500ms al final de ciclo, permite que todo el proceso tarde 1 segundo en total.

Finalmente, después de obtener el promedio, se convierte a pulgadas y a centímetros para que sea posible observar los valores por medio del monitor serial, como se observa en la figura 3 lado derecho.

```
void loop()
{
  while(cont<muestras+1) {
    for (int i = 0; i < avgrange ; i++)
    {
      anVolt = analogRead(anPin) ;
      sum += anVolt;
      delay(10);
    }

    pul = sum / avgrange;
    cm = pul * 2.54;

    //Serial.print(pul);
    //Serial.print(" pulgadas, ");
    Serial.print(cm);
    Serial.print(" cm ");
    Serial.print(cont);
    Serial.println();

    //reset
    sum = 0;
    cont = cont +1;
    delay(500);
  }
}
```

Compilado

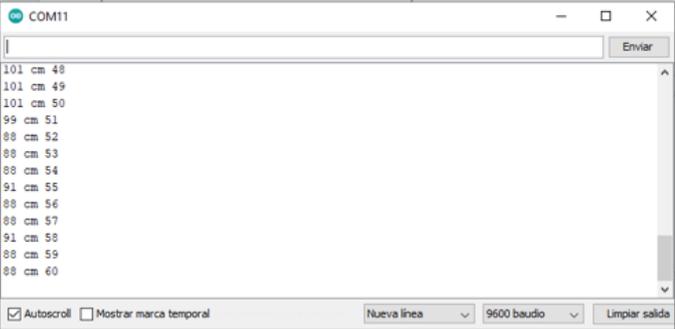


Figura 4.5 Datos obtenidos mediante el monitor de Arduino. Fuente: propia.

4.1.3. Procesamiento de datos

Una vez almacenados los valores de los experimentos en hojas de cálculo Excel, se procede a realizar un script en el software MatLab, con el objetivo de obtener las gráficas de respuesta del sensor ante cambios en las posiciones de medición. Estas mediciones, junto con el script de MatLab, se adjuntan con los nombres datos_MaxSonar.xlsx y main_plot_datos.m respectivamente.

Este script de MatLab se compone de dos partes: la primera de la línea de código 1 – 11, donde se da apertura al archivo en formato .xlsx, y se organizan los datos para poder ser graficados con el comando plot de MatLab. La segunda, se grafican los vectores de tiempo con respecto a los datos obtenidos en cada segundo, a su vez, se superponen las 3 gráficas correspondientes a tres diferentes pruebas del mismo experimento con el objetivo de observar variaciones entre lecturas del sensor para un mismo experimento. En la siguiente figura se puede observar el código desarrollado para la función descrita anteriormente.

```

1 - clear all;close all;clc;
2
3 - % Abrir datos desde archivo .xlsx
4 - expA = xlsread('datos_MaxSonar.xlsx',1);
5 - expB = xlsread('datos_MaxSonar.xlsx',2);
6
7 - % Crear vector de tiempo para graficar cada experimento
8 - [filas1,columnas1] = size(expA);
9 - [filas2,columnas2] = size(expA);
10 - t1 = linspace(1,filas1,filas1);
11 - t2 = linspace(1,filas2,filas2);
12
13 - % Graficar datos
14 - plot(t1,expA(:,1),'blue',t1,expA(:,2),'mag',t2,expA(:,3),'green'); grid on;
15 - title('Gráficas Experimento 1');
16 - legend('Datos 1','Datos 2','Datos 3');
17 - xlabel('Tiempo [seg]'); ylabel('Distancia [cm]');
18
19 - figure
20 - plot(t2,expB(:,1),'blue',t2,expB(:,2),'mag',t2,expB(:,3),'green'); grid on;
21 - title('Gráficas Experimento 2');
22 - legend('Datos 1','Datos 2','Datos 3');
23 - xlabel('Tiempo [seg]'); ylabel('Distancia [cm]');

```

Figura 4.6 Script MatLab para graficar datos experimentales. Fuente: propia.

4.1.4. Respuesta del sensor

Finalmente, se obtienen las gráficas que representan la respuesta del sensor ante las pruebas descritas al inicio del capítulo. Estas se presentan, en la figura 4.7, para 3 diferentes pruebas del primer experimento y, de la misma forma, 3 diferentes pruebas para el experimento 2 en la figura 4.8.

Como puede observarse en estas gráficas, la variación de la distancia a intervalos regulares de tiempo es detectada y medida con una precisión considerablemente alta por parte del sensor. Sin embargo, hay datos que presentan fluctuaciones en los valores debido a que la variación de la distancia se llevó a cabo mediante una persona, lo cual implica que su precisión no está 100% asegurada.

Otra conclusión observable de los resultados mostrados en las figuras es la diferencia de precisión de las medidas entre los dos experimentos con respecto a la variación tanto de la distancia como la de tiempo, ya que se puede apreciar cómo los valores del experimento 2 presentan menos fluctuaciones de valores que en el experimento 1.

Finalmente, cabe agregar que las mediciones también obtienen mejor precisión en los rangos más cercanos entre el sensor y el nivel del líquido, sin embargo los resultados permiten concluir que ante cambios en la distancia de medición (todo el rango utilizado para el montaje final), el sensor responde de forma proporcional por medio de la captura de datos con el pin analógico y por lo tanto

presenta las características adecuadas para el sistema de monitoreo, objetivo principal del actual trabajo.

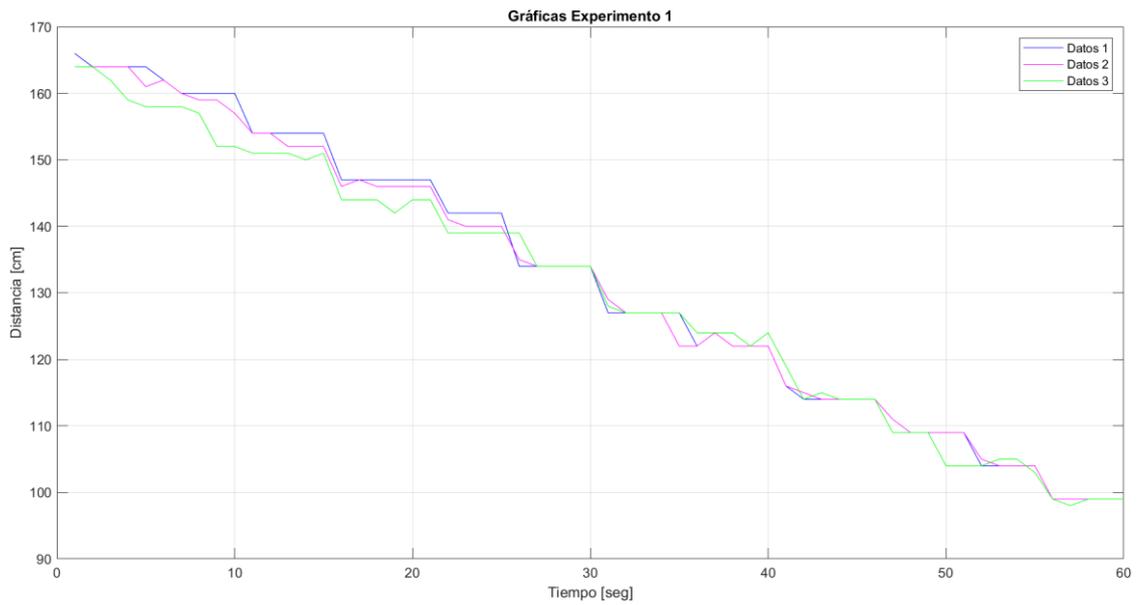


Figura 4.7 Respuesta del sensor en experimento 1: variación de distancia de 5cm cada 5 segundos. Fuente: propia.

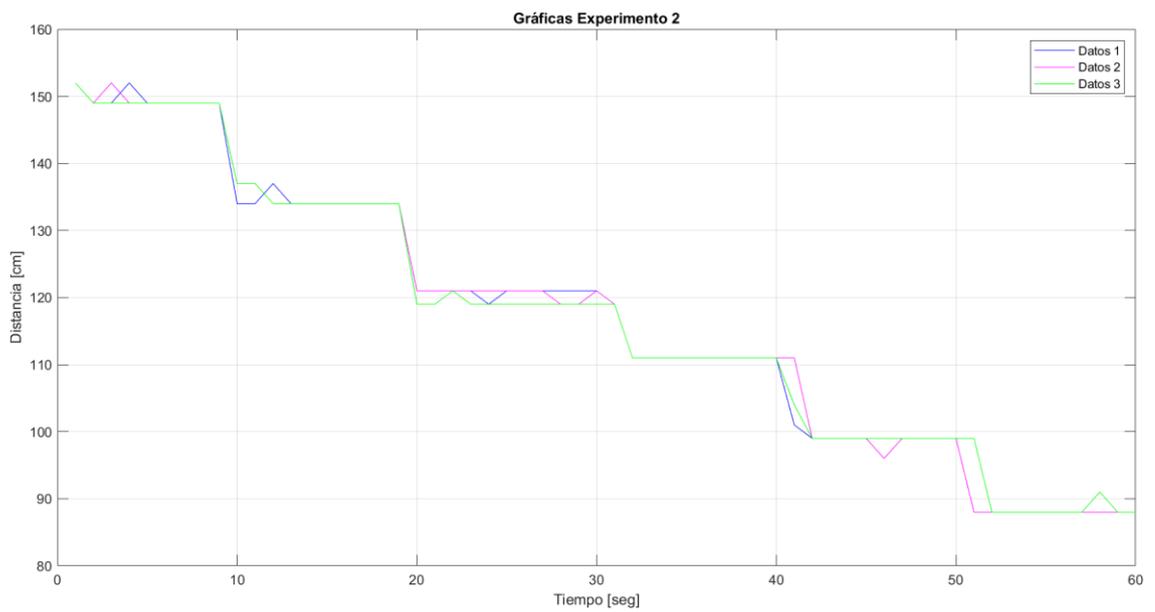


Figura 4.8 Respuesta del sensor en experimento 2: variación de distancia de 10cm cada 10 segundos. Fuente: Elaboración propia.

4.2. MÓDULO TRANSMISOR/RECEPTOR

Las compuertas del río Vinagre y el sistema de medición de nivel se encuentra a 7 metros de la central de operaciones, mientras que las compuertas del río Cauca con su sistema de medición están a 3 metros de distancia de su central de operaciones; sin embargo, la distancia entre ambas centrales de operación es aproximadamente 20 metros, por lo cual se requiere un sistema de comunicación que permita la transmisión de datos a las dos centrales de operación, con el fin de que estas conozcan el estado actual de los niveles y así controlar el paso del agua.

El sistema de comunicación establecido en el proyecto se basa en el protocolo de comunicación inalámbrica ZigBee/IEEE802.15.4, con características idóneas para el proyecto, como: bajo consumo, baja tasa de transferencia de datos y fácil de instalar. El protocolo de comunicación establece un sistema de mínimo consumo de batería ya que, la mayor parte del tiempo permanece en baja latencia reduciendo sus procesos a niveles estacionarios y sólo se activa en caso de transmitir o recibir una señal presente en su rango de lectura.

Los módulos XBee S3B trabajan a una frecuencia de 900MHz y son capaces de realizar conexiones punto a punto o multipunto. Diseñados para tramos de largo alcance (10Km aproximadamente con línea de vista) facilitando la comunicación entre cada canal de captación de Río Vinagre y el Río Cauca, logrando así el objetivo de medición, su configuración y conectividad es sencilla, las especificaciones de este módulo lo hacen la mejor opción para el proyecto:

- Comandos AT
- 20 veces menos consumo de corriente del módulo XSC anterior
- Pin-compatible con los módulos existentes XBee RF
- Datos RF hasta 20kbps
- Topologías de red multipunto
- 900MHz para la operación de alcance extendido
- Totalmente compatible con otros productos, incluyendo gateways, adaptadores, y extensores
- Huella Xbee común para una variedad de módulos de RF
- Interior o zona urbana hasta 600 metros.
- En exterior con LOS puede tener un alcance de hasta 15 millas (24km) * con antena de alta ganancia.
- En exterior con LOS puede tener un alcance de hasta 6 millas (9.6km) * con antena dipolo.
- Modos de bajo consumo
- Múltiples opciones de antena.
- Calificación industrial de temperatura (-40°C a 85°C).

Siguiendo los requerimientos mostrados en la Figura 4.1; se establece un modo de comunicación omnidireccional, el cual costa de dos transmisores (Uno por

cada módulo de medición para cada río) y dos receptores (Ubicados en cada central de monitoreo para cada río) capaces de interpretar las señales simultáneamente. Para lo cual se establece una topología en estrella donde se instituye una comunicación de los módulos XBee Pro S3B Transmisores en modo Router y los dos módulos XBee Pro S3B Receptores en modo Coordinador.

La conexión entre el sensor y el módulo XBee Pro S3B se muestra en la Figura 4.9. La fuente de voltaje que requieren estos módulos oscila entre 3.8VDC y 5VDC; por lo cual se conectan a la misma fuente de poder en modo paralelo y no altera su funcionamiento. De igual manera se conecta el pin de transmisión del sensor, con el pin de recepción del módulo XBee Emisor.

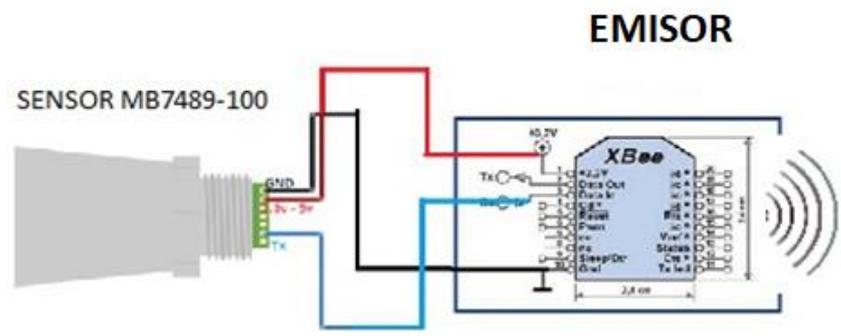


Figura 4.9 Diagrama de conexión Emisor XBee Pro S3B con el Sensor MB7489-100. Fuente Propia

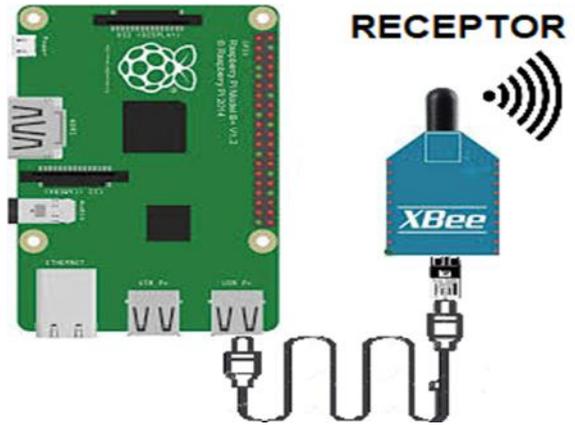


Figura 4.10 Diagrama de conexión Receptor XBee Pro S3B con el sensor MB7489-100. Fuente Propia

Debido a las características de la transmisión de datos que se pretende establecer, es necesario desarrollar una topología de comunicación en red tipo estrella especial, debido a que los datos enviados desde el sistema de medición, llegan a los dos receptores de gestión y almacenamiento de la información. El sistema de transmisión, el cual se configura como *router*, permite establecer la conexión con los receptores que son configurados como *coordinadores*, con el objetivo de establecer un vínculo estacionario cada vez que el *router* envíe datos,

el *coordinador* se encarga de adquirirlos y almacenarlos, independientemente de la tarea que esté desarrollando.

Los módulos Xbee Pro X3B cuentan con un entorno de desarrollo exclusivo de la tecnología ZigBee, para la configuración de las tarjetas electrónicas. En la figura 4.10 se muestra el interfaz de programación del software XCTU, desarrollado por la empresa Digi, es tá presente de forma gratuita en su página de internet y es compatible para sistemas operativos como Windows, MacSO y Linux. Permite construir arquitecturas de redes inalámbricas simples y su flexibilidad contribuye a la creación de nuevas API (Interfaz de Programación de Aplicaciones) para los dispositivos XBee. En el **anexo A** se describe el paso a paso para la configuración de los módulos de comunicación mediante la plataforma XCTU; de igual manera en [35] se encuentra un tutorial completo otorgado por el fabricante en donde se especifica cada uno de los parámetros a configurar.

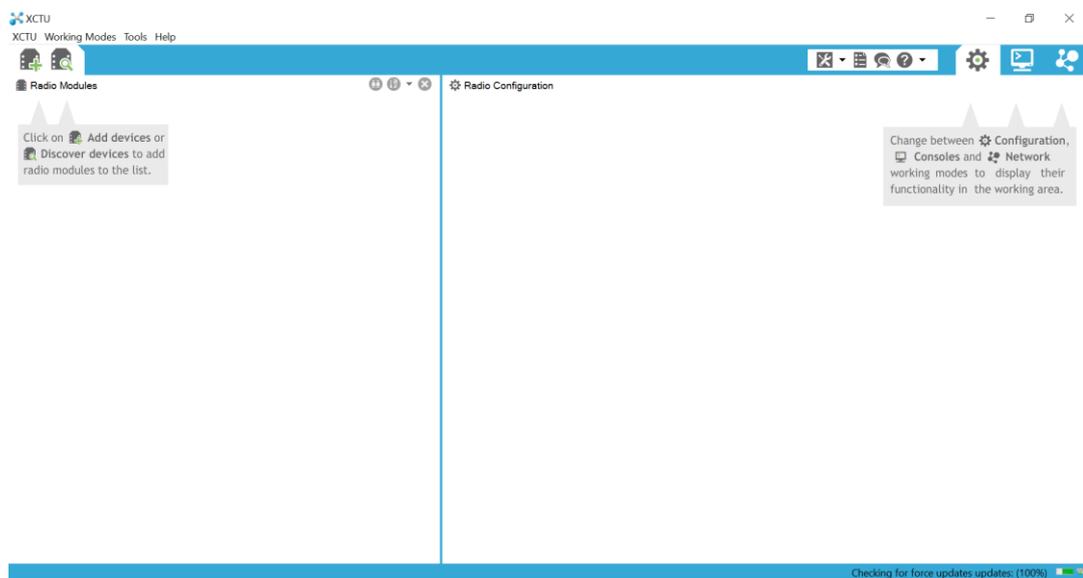


Figura 4.11 Entorno de desarrollo XCTU para la programación de los módulos de comunicación XBEE. Fuente [35]

4.3. MÓDULO DE GESTIÓN

De acuerdo a los lineamientos establecidos en el presente proyecto, se establece un sistema de gestión capaz de interpretar los datos del módulo receptor, los cuales son enviados en formato hexadecimal y llevan consigo la información correspondiente a la lectura de cada sensor y la ubicación de los mismos. De acuerdo a la importancia que conlleva la supervisión y monitoreo del nivel de los ríos, es de suma importancia entregar una lectura confiable y oportuna de estos.

La incorporación del ordenador de placa reducida Raspberry Pi para el monitoreo del nivel de los ríos Cauca y Vinagre, permite establecer mayores prestaciones puesto que se adecua a la practicidad y tamaño de la zona de control; además cuenta con su propio sistema operativo (Raspian), el cual ofrece las bondades para la manipulación de puertos GPIO, periféricos de E/S; también se caracteriza por tener un procesador de 1.4 GHZ Bluetooth 4.2, BLE, Wi-Fi a doble banda 2.4 GHz y 5 GHz y la tarjeta de red Ethernet- La versión Raspberry Pi 3b+ (figura 4.4), no está limitada a los 100 Mbps, sino que es capaz de alcanzar los 300 Mbps al funcionar sobre puertos USB 2.0 y para su funcionamiento un voltaje estable de 5V sin caída de tensión o 10V y un amperaje mínimo de 2A y máximo para su funcionamiento 3A.

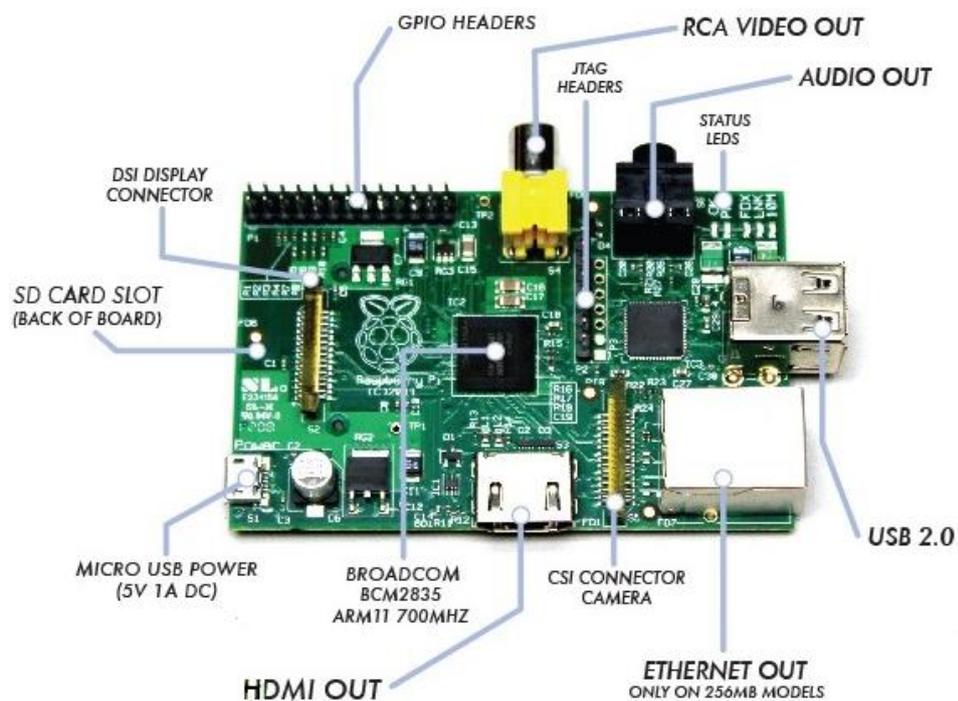


Figura 4.0.12 Módulo Raspberry Pi 3b+ con sus periféricos. Fuente [50]

En el **anexo A** (informe semana 6) se describe el paso a paso para la instalación del sistema operativo *Raspian*, en el controlador Raspberry Pi 3b+.

Para establecer la conexión entre la placa Raspberry Pi y la pantalla táctil (Suministrada por la empresa VATIA S.A ; la cual se muestra en la Figura 4.12), se realiza una configuración previa para ajustar la compatibilidad en resolución, ya que la tarjeta de control viene con una resolución 1024 x 768 pixeles, mientras que la pantalla táctil viene de 800 x 480 pixeles; por lo cual es necesario conectar el controlador a una fuente de voltaje estable (para efectos prácticos se conecta con un cargador HUAWEI que suministra 5V a una corriente máxima de 2A); mientras que se establece la conexión entre el controlador y la pantalla por medio

de un cable HDMI y finalmente se conecta el módulo táctil de la pantalla al controlador, mediante un cable USB.



Se accede a la tarjeta Raspberry Pi mediante un acceso externo con el fin de realizar la configuración para el cambio de resolución, por lo cual se usa el protocolo SSH el cual permite entrar a un servidor mediante un acceso remoto, en este caso se realiza con un computador portátil. Para el uso del protocolo SSH, es necesario conectar la tarjeta de control al Router mediante el cable de ethernet y garantizar que el computador portátil esté vinculado a la misma red del Router, ya sea por Wifi o por vía ethernet.

Una vez conectados los dispositivos, se enciende la tarjeta Raspberry Pi 3B+ y se realiza la siguiente configuración:

- Se enlazo Nuevamente Raspberry pi 3b+ con el Router por el puerto SSH para entrar a los archivos de la Raspberry pi 3 b+. desde el portátil con ayuda de PuTTYy hacer la configuración adecuada.
- Ingreso a la Raspberry pi 3 b+ con PuTTY asignando un IP estática.
- Ya dentro de la Raspberry pi 3 b+ usando el comando `ssh pi@192.168.1.10` empezamos la configuración de pantalla HDMI TOUCH.

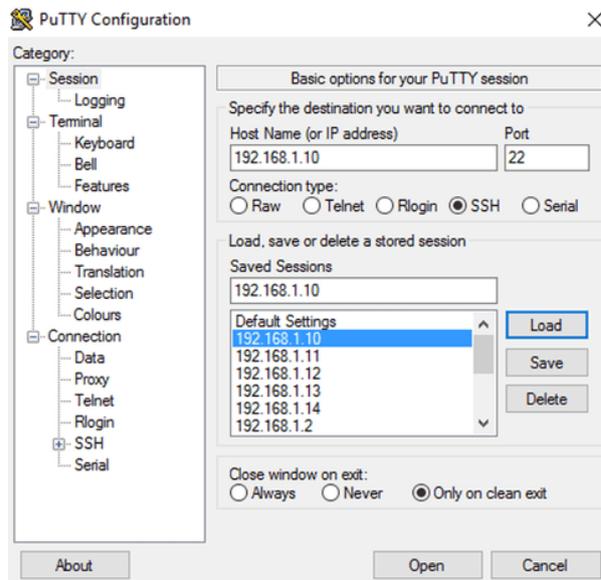


Figura 4.14 Configuración de acceso al servidor remoto por medio de PuTTY Configuration. Fuente [51]

- Configuración de resolución en Raspberry pi 3b+ ingresando a los comandos `/boot/config.txt` y se busca la siguiente línea con:

```
# uncomment to force a specific HDMI mode (this will force VGA)
#hdmi_group=1
#hdmi_mode=51
```

- Después de configurar la Raspberry pi 3b+, se establece en el grupo 1, la cual hace referencia a la resolución 800 pixeles en forma horizontal y el modo 51 que configura la pantalla a 480 pixeles en forma vertical. Al terminar la configuración se usa el comando `$sudo reboot` para reiniciar la tarjeta Raspberry pi 3B+ y finalmente, queda enlazada con pantalla HDMI TOUCH.

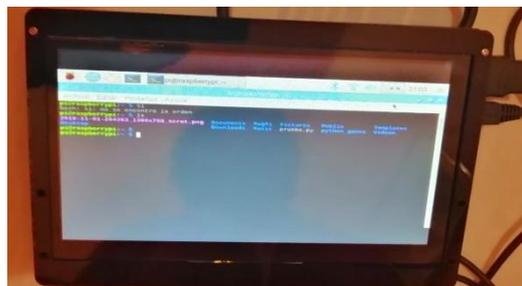


Figura 4.15 Resultado de la configuración de la pantalla táctil a la resolución 480x800 pixeles. Fuente Propia

En la siguiente etapa, se conecta la tarjeta de control Raspberry Pi 3B+ con el módulo de recepción inalámbrica XBee Pro S3B, mediante el puerto USB utilizando el protocolo serial (figura 4.16).

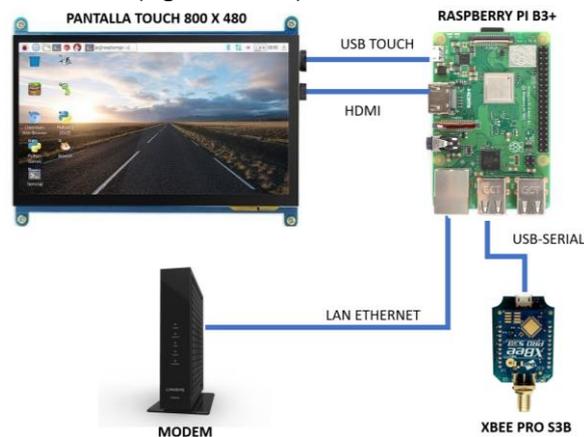


Figura 4.16 Esquema de conexión de los módulos de comunicación, proceso, visualización y red. Fuente Propia

Se emplea una aplicación en el entorno de desarrollo Python, instalado previamente en la tarjeta Raspberry Pi 3B+, con el fin de recibir la trama de datos obtenida por el módulo de comunicación inalámbrica XBee Pro. Teniendo en cuenta que los datos obtenidos son de tipo hexadecimal, el aplicativo realizado en Python realizará la conversión a formato decimal para poder ser graficado facilitando la interpretación del usuario y además almacenado, según se requiera.

4.4. MÓDULO INTERFAZ GRÁFICA

Incorporando la pantalla táctil de 800x480 pixeles, se establece una interfaz gráfica de usuario para la visualización y manipulación del nivel de los ríos en tiempo real, para lo cual se desarrolla un aplicativo Web, ejecutado en la tarjeta Raspberry Pi. Se escogió como programa desarrollador de aplicativos gráficos QT CREATOR (figura 4.16) el cual se puede utilizar desde la Raspberry para hacer la aplicación que grafica la medición del nivel en los canales de captación de los ríos Vinagre y Cauca.

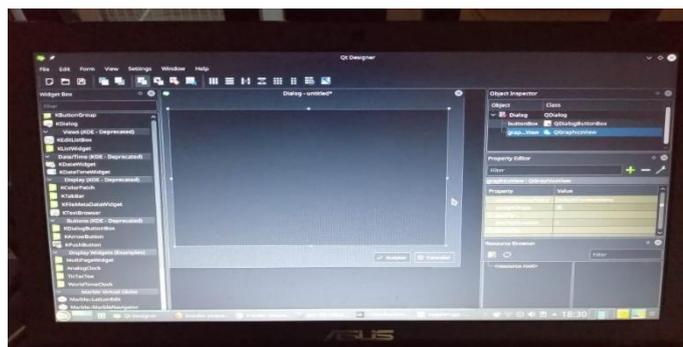


Figura 4.17 Plataforma de desarrollo QT CREATOR para la creación de aplicativos. Fuente Propia

El desarrollo del código, se realiza bajo parámetros específicos y estructurales para la incorporación de gráficos relacionados con el nivel de cada uno de los ríos, en el transcurso del tiempo; como se muestra en la figura 4.18, en donde se toma el nivel en metros, mostrado en el eje “Y” y el tiempo en segundos ubicado en el eje “X”.



Figura 4.18 Resultado de la medición de nivel en tiempo real para los ríos Cauca y Vinagre. Fuente Propia

NOTA: En el **anexo A**, se presenta el manual de operaciones del aplicativo Web, en donde se encuentra el paso a paso para obtener las gráficas, la ubicación del punto de operación en el mapa y los datos obtenidos en las mediciones (figura 4.19).



Figura 4.19 Interfaz gráfica de usuario para el Monitoreo de Nivel en los Canales de Captación. Fuente Propia

4.5. MÓDULO REGISTRO

Usando el entorno de desarrollo MYSQL, se genera una base de datos local la cual permite almacenar la información proveniente de la lectura de los sensores de nivel. De igual manera, el aplicativo puede acceder a esta plataforma mediante comandos JQuery, en caso de requerir la trazabilidad del sistema.

Tanto los datos referentes a la lectura del sensor del río Cauca, como los datos del sensor del río Vinagre, estarán almacenados con su respectiva fecha y hora de recepción, por lo cual se desarrollan dos bases de datos con la misma información ubicada en cada una de las centrales de monitoreo. Mediante el aplicativo web se puede acceder a la información presente en la base de datos (figura 4.20).

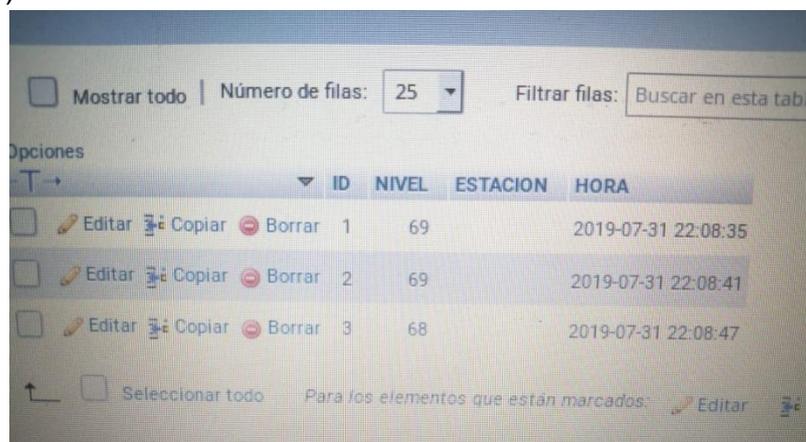


Figura 4.20 Base de datos MYSQL de usuario para el monitoreo. Fuente propia

CAPITULO V

PRUEBAS Y RESULTADOS

En el presente capítulo, se describe la metodología para la elaboración de las pruebas, basado en los módulos descritos en los **capítulos III y IV** y sus interacciones entre sí. Donde se analizan los datos obtenidos en la lectura de los sensores a diferentes medidas con dos tipos de validaciones, la primera se realiza mediante pruebas de distancias controladas, la cual se basa en la ubicación del sensor en una plataforma móvil debidamente calibrada a diferentes distancias. La segunda validación se realiza mediante una prueba de campo, donde se instala el sistema en las compuertas de control de nivel y se monitorea de acuerdo a las mirillas que se encuentran instaladas en estos puntos de medición.

5.1. DATOS OBTENIDOS DE LA PRUEBA DEL FUNCIONAMIENTO DEL SENSOR

Se construye una estructura que permite sostener el sensor a diferentes alturas del piso, con el fin de identificar las lecturas que puede arrojar el sensor de acuerdo a la distancia que lo separa del punto a medir. Para efectos de la prueba se toma una cinta métrica que permite identificar la distancia real para la toma de las muestras en diferentes distancias y se comparan con los datos que se almacenan en la plataforma (figura 5.1).



Figura 5.1 Prueba de medición del sensor y comparación con una cinta métrica. Fuente propia

Para efectos prácticos, se tomaron 15 muestras con el sensor ubicado a 4 medidas diferentes, en donde se realiza un promedio de cada muestra y se incluye en la tabla 5.1.

Tabla 5.1 Análisis de resultados prueba del Sensor Ultrasónico. Fuente propia

| Medida Real (cm) | Promedio Medida Sensor (cm) | Error Absoluto (cm) | Error Relativo |
|------------------|-----------------------------|---------------------|----------------|
| 70 | 71.73 | -1.73 | -2.4% |
| 98 | 97.33 | 0.66 | 0.6% |
| 131 | 131.7 | -0.7 | -0.5% |
| 213 | 212.8 | 0.2 | 0.09% |

Con los datos obtenidos se estima que el promedio del error no supera el 1%, lo cual permite obtener una lectura confiable para este patrón de medidas.

5.2. DATOS OBTENIDOS DE LA PRUEBA DE CAMPO

Se instalaron los sensores en cada una de las estaciones para el monitoreo del nivel de los ríos Cauca y Vinagre. Para efectos de prueba y calibración se tomaron cinco medidas en el transcurso del tiempo, tales que coincidieran con las medidas presentadas en la prueba anterior (Tabla 5.1). En el cual se verifica el comportamiento del sensor bajo las condiciones de humedad y temperatura al que estará sometido.



Figura 5.2 Instalación del sensor en la bocatoma del Río Vinagre. Fuente propia



Figura 5.3. Sensor y mirilla en la bocatoma del Río Vinagre. Fuente propia



Figura 5.4. Instalación del sensor en la bocatoma del Río Cauca. Fuente propia



Figura 5.5. Sensor y mirilla en la bocatoma del Río Cauca. Fuente propia

Se toma la muestra del nivel de los ríos mediante la percepción visual cuando el río se encuentra en las medidas a evaluar (El sistema de medición visual se

realiza mediante una mirilla ubicada en el muro de contención de la bocatoma). Se tomaron 17 muestras de la medición y se obtuvieron los resultados mostrados en la tabla 5.2

Tabla 5.2. Reporte del promedio de los resultados obtenidos para el control de nivel del río Vinagre y el río Cauca. Fuente Propia

| Datos del sensor en el Río Cauca | | Datos del sensor en el Río Vinagre | |
|----------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|-----------------------------|
| Medida Real (cm) | Promedio Medida Sensor (cm) | Medida Real (cm) | Medida Promedio Sensor (cm) |
| 70 | 71.3 | 70 | 71.4 |
| 98 | 96.9 | 98 | 96.9 |
| 131 | 132.7 | 131 | 132 |
| 213 | 212.7 | 213 | 213 |
| 270 | 269.5 | 270 | 266.2 |

Considerando los factores externos, como la humedad (85%) y la temperatura ambiente (21°C), para la toma de las muestras (Condiciones tomadas en la prueba mediante un higrómetro y termómetro proporcionado por la empresa VATIA S.A), se obtuvo resultados similares a la prueba del sensor “en piso”, ratificando el buen funcionamiento bajo condiciones reales de operación.

5.3. PRUEBA DEL SISTEMA UNIFICADO

Para la ubicación del sensor en la bocatoma de cada río, se tiene en cuenta dos factores que inciden en la verificación de la medición y en la fidelidad del envío de datos hacia la central. Primer factor: debe contar con puntos de referencia para ejercer la medición, en este caso se toma la mirilla de medición que posee cada bocatoma, la cual se encuentra cerca de las compuertas de control de flujo de agua. Segundo Factor: La ubicación del sistema de medición debe contar con línea de vista hacia su sistema de recepción, con el fin de minimizar la pérdida en el envío de datos durante los periodos de lectura del nivel.

Una vez identificado los factores, se instalan los sistemas de medición en la bocatoma de cada río y se procede a obtener registros de medición; para lo cual, en la central se crea el usuario que obtiene los datos; como se establece en el **anexo B**.

De acuerdo a la medición obtenida y ratificada en la mirilla, como se muestra en la figura 5.6, en donde se observa un nivel aproximado a 205cm, para lo cual se toman las muestras con el sistema funcionando y los resultados obtenidos se

incluyen en la tabla 5.3 y la figura 5.6 donde el dispositivo hace el muestreo con su respectiva grafica en la figura 5.7.



Figura 5.6 Nivel del río vinagre observado por la mirilla. Fuente propia

Tabla 5.3 Datos obtenidos de la plataforma con respecto al monitoreo del río Vinagre. Fuente Propia

| ID | Nivel | Estación | Dia/mes/año/hora |
|------|-------|----------|------------------|
| 4349 | 205 | vinagre | 8/11/2020 8:43 |
| 4350 | 204 | vinagre | 8/11/2020 8:43 |
| 4351 | 205 | vinagre | 8/11/2020 8:43 |
| 4352 | 203 | vinagre | 8/11/2020 8:43 |
| 4353 | 205 | vinagre | 8/11/2020 8:43 |
| 4354 | 205 | vinagre | 8/11/2020 8:43 |
| 4355 | 205 | vinagre | 8/11/2020 8:43 |
| 4356 | 203 | vinagre | 8/11/2020 8:43 |
| 4357 | 202 | vinagre | 8/11/2020 8:43 |
| 4358 | 205 | vinagre | 8/11/2020 8:43 |
| 4359 | 205 | vinagre | 8/11/2020 8:43 |
| 4360 | 205 | vinagre | 8/11/2020 8:43 |
| 4361 | 206 | vinagre | 8/11/2020 8:43 |
| 4362 | 205 | vinagre | 8/11/2020 8:43 |
| 4363 | 205 | vinagre | 8/11/2020 8:43 |
| 4364 | 204 | vinagre | 8/11/2020 8:43 |
| 4365 | 204 | vinagre | 8/11/2020 8:44 |
| 4366 | 205 | vinagre | 8/11/2020 8:44 |
| 4367 | 204 | vinagre | 8/11/2020 8:44 |
| 4368 | 205 | vinagre | 8/11/2020 8:44 |
| 4369 | 203 | vinagre | 8/11/2020 8:44 |
| 4370 | 205 | vinagre | 8/11/2020 8:44 |
| 4371 | 205 | vinagre | 8/11/2020 8:44 |
| 4372 | 205 | vinagre | 8/11/2020 8:44 |
| 4373 | 205 | vinagre | 8/11/2020 8:44 |
| 4374 | 204 | vinagre | 8/11/2020 8:44 |
| 4375 | 203 | vinagre | 8/11/2020 8:44 |
| 4376 | 204 | vinagre | 8/11/2020 8:44 |
| 4377 | 204 | vinagre | 8/11/2020 8:44 |
| 4378 | 204 | vinagre | 8/11/2020 8:44 |
| 4379 | 205 | vinagre | 8/11/2020 8:44 |
| 4380 | 207 | vinagre | 8/11/2020 8:44 |

Registros en lista

| ID | NIVEL | ESTACION | HORA |
|------|-------|----------|---------------------|
| 4349 | 205 | Vinagre | 2020-08-11 08:43:13 |
| 4350 | 204 | Vinagre | 2020-08-11 08:43:16 |
| 4351 | 205 | Vinagre | 2020-08-11 08:43:19 |
| 4352 | 203 | Vinagre | 2020-08-11 08:43:22 |
| 4353 | 205 | Vinagre | 2020-08-11 08:43:25 |
| 4354 | 205 | Vinagre | 2020-08-11 08:43:28 |
| 4355 | 203 | Vinagre | 2020-08-11 08:43:31 |
| 4356 | 202 | Vinagre | 2020-08-11 08:43:34 |
| 4357 | 205 | Vinagre | 2020-08-11 08:43:37 |
| 4358 | 205 | Vinagre | 2020-08-11 08:43:40 |
| 4359 | 205 | Vinagre | 2020-08-11 08:43:43 |
| 4360 | 206 | Vinagre | 2020-08-11 08:43:46 |
| 4361 | 205 | Vinagre | 2020-08-11 08:43:49 |
| 4362 | 205 | Vinagre | 2020-08-11 08:43:52 |
| 4363 | 204 | Vinagre | 2020-08-11 08:43:55 |
| 4364 | 204 | Vinagre | 2020-08-11 08:43:58 |
| 4365 | 205 | Vinagre | 2020-08-11 08:44:01 |
| 4366 | 204 | Vinagre | 2020-08-11 08:44:04 |
| 4367 | 203 | Vinagre | 2020-08-11 08:44:07 |
| 4368 | 204 | Vinagre | 2020-08-11 08:44:10 |
| 4369 | 205 | Vinagre | 2020-08-11 08:44:13 |
| 4370 | 205 | Vinagre | 2020-08-11 08:44:16 |
| 4371 | 205 | Vinagre | 2020-08-11 08:44:19 |
| 4372 | 205 | Vinagre | 2020-08-11 08:44:22 |
| 4373 | 204 | Vinagre | 2020-08-11 08:44:25 |
| 4374 | 203 | Vinagre | 2020-08-11 08:44:28 |
| 4375 | 204 | Vinagre | 2020-08-11 08:44:31 |
| 4376 | 204 | Vinagre | 2020-08-11 08:44:34 |
| 4377 | 204 | Vinagre | 2020-08-11 08:44:37 |
| 4378 | 205 | Vinagre | 2020-08-11 08:44:40 |


**CORPORACION UNIVERSITARIA
AUTONOMA**

 Bienvenido juan
[Menu principal](#)
[Ver datos en lista](#)
[Ver datos en Grafica](#)
[Cambiar Setpoint](#)
[Terminar sesion](#)

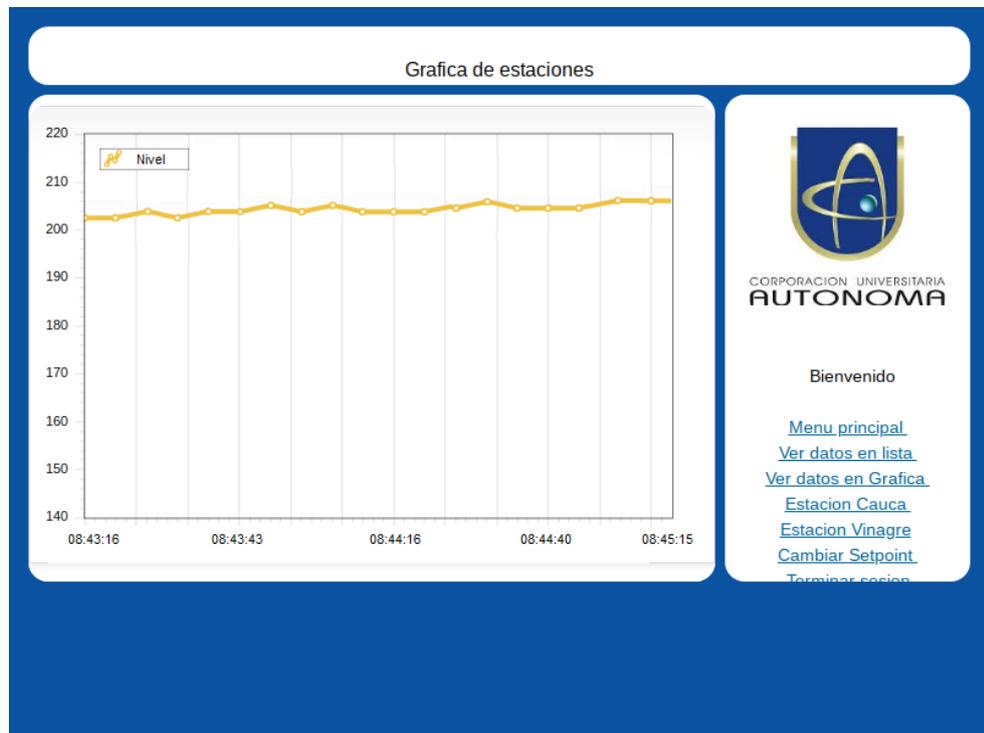


Figura 5.8 Grafica del dispositivo de la bocatoma Vinagre. Fuente propia

De igual manera se realiza la misma prueba en la bocatoma del río Cauca, en donde se ubica el sensor cerca de la mirilla; además, se toma el nivel del río con la mirilla (figura 5.9) y con la prueba del metro al lado del sensor (figura 5.10) y se compara con los resultados obtenidos por la plataforma (tabla 5.4)



Figura 5.9 Nivel del río Cauca observado por la mirilla. Fuente propia



Figura 5.10 Nivel del río Cauca observado bajo sensor y verificado por metro de medición Fuente Propia

Tabla 5.4. Datos obtenidos de la plataforma con respecto al monitoreo del río Cauca. Fuente Propia

| ID | Nivel | Estación | Dia/mes/año/hora |
|------|-------|----------|------------------|
| 4375 | 265 | cauca | 8/11/2020 15:13 |
| 4376 | 266 | cauca | 8/11/2020 15:13 |
| 4377 | 265 | cauca | 8/11/2020 15:13 |
| 4378 | 266 | cauca | 8/11/2020 15:13 |
| 4379 | 265 | cauca | 8/11/2020 15:13 |
| 4380 | 265 | cauca | 8/11/2020 15:13 |
| 4381 | 265 | cauca | 8/11/2020 15:13 |
| 4382 | 266 | cauca | 8/11/2020 15:13 |
| 4383 | 265 | cauca | 8/11/2020 15:13 |
| 4384 | 265 | cauca | 8/11/2020 15:13 |
| 4385 | 265 | cauca | 8/11/2020 15:13 |
| 4386 | 265 | cauca | 8/11/2020 15:13 |
| 4387 | 264 | cauca | 8/11/2020 15:13 |
| 4388 | 266 | cauca | 8/11/2020 15:13 |
| 4389 | 266 | cauca | 8/11/2020 15:13 |
| 4390 | 265 | cauca | 8/11/2020 15:13 |
| 4391 | 266 | cauca | 8/11/2020 15:14 |
| 4392 | 265 | cauca | 8/11/2020 15:14 |
| 4393 | 266 | cauca | 8/11/2020 15:14 |
| 4394 | 265 | cauca | 8/11/2020 15:14 |
| 4395 | 265 | cauca | 8/11/2020 15:14 |
| 4396 | 265 | cauca | 8/11/2020 15:14 |
| 4397 | 265 | cauca | 8/11/2020 15:14 |
| 4398 | 264 | cauca | 8/11/2020 15:14 |
| 4399 | 266 | cauca | 8/11/2020 15:14 |
| 4400 | 265 | cauca | 8/11/2020 15:14 |
| 4401 | 265 | cauca | 8/11/2020 15:14 |
| 4402 | 266 | cauca | 8/11/2020 15:14 |
| 4403 | 266 | cauca | 8/11/2020 15:14 |
| 4404 | 264 | cauca | 8/11/2020 15:14 |
| 4405 | 265 | cauca | 8/11/2020 15:14 |

Registros en lista

| ID | NIVEL | ESTACION | HORA |
|------|-------|----------|---------------------|
| 4375 | 265 | Cauca | 2020-08-11 15:13:13 |
| 4376 | 266 | Cauca | 2020-08-11 15:13:16 |
| 4377 | 265 | Cauca | 2020-08-11 15:13:19 |
| 4378 | 266 | Cauca | 2020-08-11 15:13:22 |
| 4379 | 265 | Cauca | 2020-08-11 15:13:25 |
| 4380 | 265 | Cauca | 2020-08-11 15:13:28 |
| 4381 | 265 | Cauca | 2020-08-11 15:13:31 |
| 4382 | 266 | Cauca | 2020-08-11 15:13:34 |
| 4383 | 265 | Cauca | 2020-08-11 15:13:37 |
| 4384 | 265 | Cauca | 2020-08-11 15:13:40 |
| 4385 | 265 | Cauca | 2020-08-11 15:13:43 |
| 4386 | 265 | Cauca | 2020-08-11 15:13:46 |
| 4387 | 264 | Cauca | 2020-08-11 15:13:49 |
| 4388 | 266 | Cauca | 2020-08-11 15:13:52 |
| 4389 | 266 | Cauca | 2020-08-11 15:13:55 |
| 4390 | 265 | Cauca | 2020-08-11 15:13:58 |
| 4391 | 266 | Cauca | 2020-08-11 15:14:01 |
| 4392 | 265 | Cauca | 2020-08-11 15:14:04 |
| 4393 | 266 | Cauca | 2020-08-11 15:14:07 |
| 4394 | 265 | Cauca | 2020-08-11 15:14:10 |
| 4395 | 265 | Cauca | 2020-08-11 15:14:13 |
| 4396 | 265 | Cauca | 2020-08-11 15:14:16 |
| 4397 | 265 | Cauca | 2020-08-11 15:14:19 |
| 4398 | 264 | Cauca | 2020-08-11 15:14:22 |
| 4399 | 266 | Cauca | 2020-08-11 15:14:25 |
| 4400 | 265 | Cauca | 2020-08-11 15:14:28 |
| 4401 | 265 | Cauca | 2020-08-11 15:14:31 |
| 4402 | 266 | Cauca | 2020-08-11 15:14:34 |
| 4403 | 266 | Cauca | 2020-08-11 15:14:37 |
| 4404 | 264 | Cauca | 2020-08-11 15:14:40 |
| 4405 | 265 | Cauca | 2020-08-11 15:14:43 |



**CORPORACION UNIVERSITARIA
AUTONOMA**

Bienvenido juan

[Menu principal](#)
[Ver datos en lista](#)
[Ver datos en Grafica](#)
[Cambiar Setpoint](#)
[Terminar sesion](#)

Figura 5.11 Datos obtenidos del dispositivo Bocatoma Cauca. Fuente propia

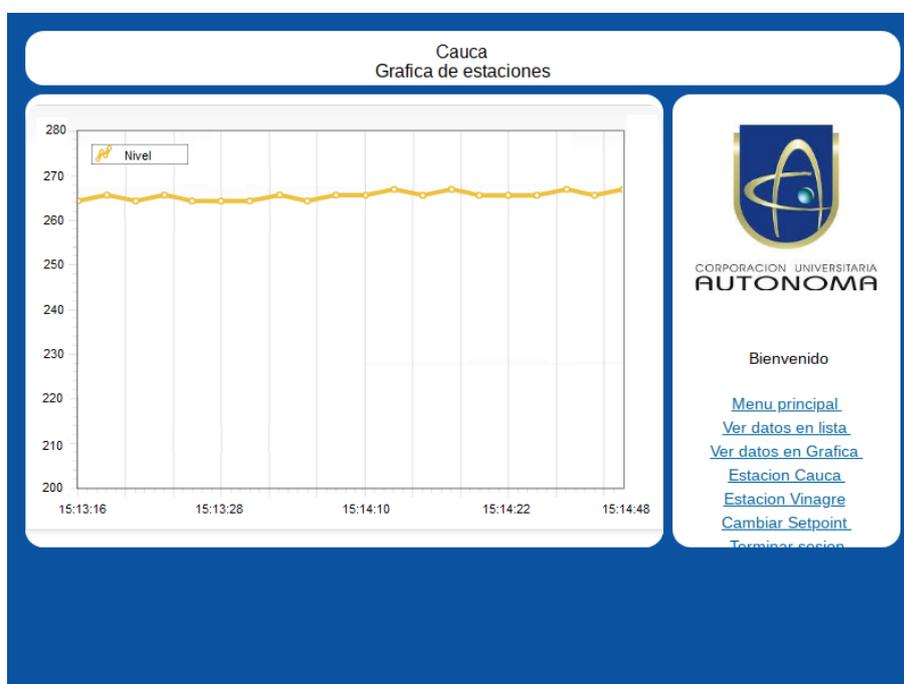


Figura 5.12 Grafica del dispositivo de la bocatoma Cauca. Fuente propia

Con los datos obtenidos en las figuras 5.7 y 5.11, se deduce una variación entre dos y cuatro centímetros, lo cual indica que la información persiste en valores aproximados a los reales, de tal forma que se puede generar una lectura confiable para la medición de nivel en ambos ríos.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES

- Se diseñó un módulo de detección de nivel con las características explícitas para el funcionamiento en entornos de baja temperatura y alto porcentaje de humedad. Para lo cual se tuvo en cuenta la acides del río vinagre y el grado de corrosión de los materiales al ser expuestos al sulfuro que posee el agua.
- De igual manera, se incorporó una tecnología inalámbrica, la cual permite establecer la comunicación entre el sistema de medición de nivel y la central de captación de información o base de datos. Gracias al protocolo de comunicación ZigBee, se logra este objetivo, donde permite enviar una trama de datos constante hacia el receptor (Ubicado en la estación de la bocatoma de cada río) que se encuentra a una distancia mayor a 10 metros. De acuerdo a los resultados, se observó que los datos de la lectura del nivel llegan a la central en los lapsos de tiempo programados en el sistema.
- Al instalar los sistemas de medición para visualizar el nivel en los ríos Vinagre y Cauca, se validó el sistema mediante pruebas de registro y monitoreo en campo, en donde se validó la información leída por el sistema de sensado y la comparación con las muestras tomadas de forma visual, tomando como referencia la escala de las mirillas instaladas en cada bocatoma. A pesar de que la fluctuación de los ríos varía de acuerdo al clima, el sistema permite capturar la variación del nivel sin ningún inconveniente.
- Finalmente se obtiene un prototipo funcional para la medición y monitoreo del nivel de los ríos Vinagre y Cauca, en los canales de captación de la central hidroeléctrica Florida II. Logrando así mejorar un proceso que hasta el momento se realiza de forma visual y ha requerido que el personal se encargue de hacer rondas periódicas para cumplir esta función. Sin embargo, con la vinculación del sistema, se crea procedimientos más seguros y reacciones en menor tiempo para la atención de eventos atípicos.

RECOMENDACIONES

- En el desarrollo del proyecto se pudo evidenciar otros factores que son relevantes para la precisión de la medición del nivel de los ríos, que, sin ser críticos, permiten monitorear factores como el Ph, la saturación de oxígeno, la temperatura, entre otros. Con el fin de contribuir a la preservación del ecosistema sin que los procesos que se presenten en la hidroeléctrica, lo alteren.
- Dado que ninguna hidroeléctrica perteneciente a la empresa VATIA S.A E.S.P, cuenta con un sistema de monitoreo de nivel automatizado, se recomienda el uso de ésta tecnología para identificar con mayor precisión y en corto tiempo todas las fluctuaciones del nivel de los ríos y permita generar alertas tempranas que puedan informar con antelación posibles desbordamientos.
- Una alternativa para controlar el nivel de los ríos Cauca y Vinagre, se estipula en la instalación de un sistema de apertura de compuertas mediante un actuador como motores o pistones que permitan ser controlados por la central para generar una respuesta rápida a eventos que se presenten, sin necesidad de un operario que se encuentre en la zona todo el tiempo.
- Como complemento para la vinculación de esta tecnología al servicio de la hidroeléctrica Florida II, se recomienda utilizar el protocolo de comunicación Modbus para establecer una red de comunicación con la central y, mediante el servicio en la nube, se pueda almacenar los datos estadísticos y toma de decisiones desde otras centrales, en tiempo real.

REFERENCIAS

- [1] VATIA, «www.vatia.com.co,» 1998. [En línea]. Available: <https://vatia.com.co/VATIA/Qui%C3%A9nes-somos>. [Último acceso: 1 Octubre 2019].
- [2] C. A. Osorio Rosado, «La Consulta popular ante los impactos ambientales de la construcción de Proyectos Hidroeléctricos en Colombia. Estudio del Caso de la hidroeléctrica El Quimbo.,» Universidad Católica de Colombia, Bogotá, 2018.
- [3] Centrales Eléctricas del Cauca S.A, «EVALUACIÓN DEL POTENCIAL CORROSIVO DE LAS GUAS DEL RIO VINAGRE,» Popayán, 2012.
- [4] J. L. Sampietro-Saquicela, «Transformación digital de la industria 4.0,» *Polo del Conocimiento*, vol. V, nº 8, pp. 1344-1356, 2020.
- [5] J. M. Gutiérrez de Alba, «Cascada de las Monjas en el río Vinagre (Cauca). Cascadas de Colombia N° 4,» Banco de la República, [En línea]. Available: <http://www.cervantesvirtual.com/obra/cascada-de-las-monjas-en-el-rio-vinagre-cauca-cascadas-de-colombia-n-4-874236>. [Último acceso: 2 Octubre 2020].
- [6] R. Cortéz Landázury y A. M. Gómez Sánchez, «DE LA DEGRADACIÓN HÍDRICA Y LAS INNOVACIONES INSTITUCIONALES, A LA SOCIEDAD CIVIL AMBIENTALIZADA: UN ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO CAUCA, COLOMBIA,» *Luna Azul*, nº 45, pp. 71-106, 2017.
- [7] M. A. Torres, H. Caballero y G. Awad, «Hidroeléctricas y desarrollo local ¿mito o realidad? caso de estudio: Hidroituango,» *Energética*, nº 44, pp. 75-83, 2014.
- [8] M. A. Torres, J. H. Caballero y G. Awad, «HIDROELECTRICAS E IMPACTOS SOCIO AMBIENTALES CASO DE ESTUDIO: HIDROITUANGO,» *Hiberoamerican Journal of Project Management*, vol. VII, nº 1, pp. 94-115, 2016.
- [9] D. E. Noguera Chaparro y M. Isaacs Benítez, «ESTUDIO HIDROLÓGICO DE LA CUENCA DEL RIO CAUCA CON UNA POSTERIOR EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA PCH PATICO LA CABRERA,» Universidad Católica de Colombia, Bogotá, 2016.
- [10] J. L. Ramírez Echavarría y C. M. Londoño Parra, «REDISEÑO E IMPIEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA LA MEDICIÓN Y CONTROI DE NIVEL Y CAUDAL DE AGUA,» *Tecno Lógicas*, nº 18, pp. 171-186, 2007.
- [11] A. P. Brito Becerra y H. I. Marcial Borja, «“ESTUDIO TÉCNICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL USO DE MEDIDORES DE RADAR O MICROONDAS COMO MEDIDA OFICIAL DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO EN EL PAÍS, CASO SHUSHUFINDI”,» Universidad Central del Ecuador, Quito, 2017.
- [12] M. A. Méndez Robles y P. J. Erazo Silva, «Implementación de un banco de pruebas para el control de nivel de líquidos en el laboratorio de instrumentación industrial de la Facultad de Mecánica,» Institucional de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, 2014.
- [13] VEGA.COM, «vega.com,» [En línea]. Available: https://www.vega.com/es-es/home_sv/productos/cat%C3%A1logo-de-productos/medici%C3%B3n-de-nivel/radar-guiado. [Último acceso: 5 Octubre 2019].
- [14] WIKA.ES, «wika.es,» [En línea]. Available: <https://www.directindustry.es/prod/wika-alexander-wiegand-se-co-kg/product-6196-1642910.html>. [Último acceso: 5 Octubre 2019].
- [15] EPANET.ES, «epanet.es,» [En línea]. Available: <https://epanet.es/tag/valvula/>. [Último acceso: 5 Octubre 2019].
- [16] VAREC, «rshudgins.com,» [En línea]. Available: <https://www.rshudgins.com/manufacturers/varec/>. [Último acceso: 5 Octubre 2019].

- [17] MADE-IN-CHINA, «Made in China,» [En línea]. Available: <https://es.made-in-china.com/>. [Último acceso: 5 Octubre 2019].
- [18] FRANKO, «freanko.com.mx,» [En línea]. Available: <https://franko.com.mx/productos/control-y-medicion/indicador-pneumatico/funcionamiento>. [Último acceso: 6 Octubre 2019].
- [19] D. P. Cando Garzón y R. A. Astudillo Bastidas, «Diseño e implementación de un prototipo de medidor de nivel de agua a través de un sensor ultrasónico para pasos deprimidos,» Quito, 2016.
- [20] ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL, «Composi.info,» [En línea]. Available: <http://composi.info/escuela-superior-politcnica-del-litoral-facultad-de-ingeniera-v16.html?page=6>. [Último acceso: 6 Octubre 2019].
- [21] Endress+hauser, «Endress+Hauser,» [En línea]. Available: <https://www.co.endress.com/es/instrumentacion-campo/medicion-nivel/medicion-nivel-radiometrica>. [Último acceso: 6 Octubre 2019].
- [22] KEYENCE, «Keyence.com.mx,» [En línea]. Available: <https://www.keyence.com.mx/products/sensor/laser/lv/variaciones/variation-14.jsp>. [Último acceso: 6 Octubre 2019].
- [23] F. E. Valdéz Pérez y R. Pallás Areny, «MICROCONTROLADORES: FUNDAMENTOS Y APLICACIONES CON PIC,» MARCOMBO, Madrid, 2007.
- [24] MICROCHIP, «Microchip.com,» [En línea]. Available: <https://www.microchip.com/>. [Último acceso: 7 Octubre 2019].
- [25] P. C. Vásquez Cabezas, «Diseño e implementación de un sistema de audio y video interactivo para el museo de historia natural Gustavo Orces utilizando ordenadores de placa reducida y bajo consumo,» Quito, 2017.
- [26] RASPBERRYPI, «Raspberry pi,» [En línea]. Available: <https://www.raspberrypi.org/products/>. [Último acceso: 7 Octubre 2019].
- [27] L. Hernandez Sánchez, «Buenas Prácticas para la Implementación de la Seguridad en un Centro de Cómputo,» Universidad Autónoma de México, Ciudad de México D.F, 2014.
- [28] hewlett packard, «Store.HP,» [En línea]. Available: <https://store.hp.com/co-es/default/desktops.html>. [Último acceso: 7 Octubre 2019].
- [29] T. Craven, «Communication in the industrial and utility sectors has evolved substantially over the last couple years, due mostly to the proliferation of Ethernet as the technology of choice for communication. in this article we will look at the evolution of different,» *EngineerIT*, 2011.
- [30] J. L. Navarrete Quiroz, «Análisis de los sistemas de comunicación utilizados para la implementación de las aplicaciones de la domótica,» Escuela de Ingeniería, Quito, 2005.
- [31] MAX BOTICS, «Comofunciona.co.com,» [En línea]. Available: <https://comofunciona.co.com/el-cable-coaxial/>. [Último acceso: 8 Octubre 2019].
- [32] L. C. Hinojosa Gómez, «Tópicos selectos de fibra óptica,» Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Hidalgo, 2007.
- [33] TECNOLOGÍA FÁCIL, «Tecnología fácil,» [En línea]. Available: <https://tecnologia-facil.com/que-es/que-es-fibra-optica/>. [Último acceso: 8 Octubre 2019].
- [34] S. S. Riaz Ahamed, «THE ROLE OF ZIGBEE TECHNOLOGY IN FUTURE DATA,» *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, pp. 129-135, 2005.
- [35] XBEE, «Xbee.cl,» [En línea]. Available: <https://xbee.cl/>. [Último acceso: 7 Octubre 2019].
- [36] P. Bhagwat, «Bluetooth: technology for short-range wireless apps,» *IEEE Journal*, vol. 5, nº 3, pp. 96-103, 2001.

- [37] NYLAMP MECHATRONICS, «naylampmechatronics.com,» [En línea]. Available: <https://naylampmechatronics.com/>. [Último acceso: 8 Octubre 2019].
- [38] J. Prieto Blázquez, Introducción a los Sistemas de Comunicación Inalámbricos, Catalunya: Universidad Abierta de Catalunya, 2015.
- [39] SCHNEIDER ELECTRONIC, «Schneider Electronic,» [En línea]. Available: <https://www.tme.com/co/es/details/xub9bpanm12/sensores-fotoelectricos-estandar/schneider-electric/>. [Último acceso: 8 Octubre 2019].
- [40] J. G. Zavala Villalpando, R. Domínguez Guevara y J. I. Orizaba Aguilar, «IMPLEMENTACIÓN DE HMI PARA UN PLC MICROLOGIX 1100 CON RASPBERRY PI 2 MODELO B,» *Pistas Educativas*, vol. 38, nº 121, pp. 260-269, 2016.
- [41] MEDIDAS DE PANTALLAS, «medidaspantallas.com,» [En línea]. Available: <https://www.medidaspantalla.com/>. [Último acceso: 9 Octubre 2019].
- [42] J. Royval Bustillos, J. Hernández, R. Saucedo Silva, V. Barrón, Ó. Ruiz Chávez y S. Alfonso López, «El uso de la tecnología ZigBee y el suministro del agua potable,» *Culcyt Tecnología*, vol. 1, nº 54, pp. 164-168, 2014.
- [43] D. A. Alzáte Ramírez, «Control y medida de nivel de líquido con señales de ultrasonido,» Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, 2010.
- [44] J. Almansa, «Desarrollo e implementación utilizando Arduino y Zigbee con un sensor ultrasónico para control de nivel de llenado,» Universitat Rovira i Virgili, Tarragona, 2013.
- [45] C. M. Duran Acevedo y A. X. Iturriago, «Automatización de un sistema de suministro de agua potable a través de la tecnología Zigbee,» *Revista Colombiana de Tecnología Avanzada*, vol. 2, nº 20, pp. 36-42, 2012.
- [46] S. Cárdenas Rodríguez, «Unidad de monitoreo de nivel del agua de los ríos comunitarios del municipio de Arauca,» Universidad Cooperativa de Colombia, Arauca, 2017.
- [47] F. Paredes Trejo, H. Barbosa Alves, M. A. Moreno Pizani y A. Farías Ramírez, «Influencia de las sequías sobre el régimen hídrico de los ríos en Venezuela,» *Ríos en Riesgo de Venezuela*, vol. II, nº 8, pp. 172-184, 2018.
- [48] J. A. Ramírez, J. A. Buitrago y J. I. Marín, «Red de sensores de larga distancia usando Zigbee para el monitoreo y la gestión del riesgo en el departamento del Quindío,» *Revista de Investigaciones - Universidad del Quindío*, vol. 25, nº 1, pp. 63-72, 2014.
- [49] C. E. Serrano Castaño, Modelo integral para el profesional en ingeniería, Popayán: Universidad del Cauca, 2005.
- [50] Raspberry pi foundation, «Raspberrypi,» [En línea]. Available: <https://www.raspberrypi.org/documentation/hardware/raspberrypi/README.md>. [Último acceso: 18 05 2017].
- [51] PUTTY CONFIGURATION, «Putty,» [En línea]. Available: <https://www.putty.org/>. [Último acceso: 2 Noviembre 2019].
- [52] SUPERINTENDENCIA DELEGADA PARA ENERGÍA Y GAS COMBUSTIBLE, «EVALUACIÓN INTEGRAL DE PRESTADORES VATIA S.A E.S.P,» Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, Bogotá, 2017.
- [53] Corporación Autónoma Regional del Cauca CRC, «INFORME DE GESTIÓN CRC 2017,» CRC, Popayán, 2107.
- [54] O. E. Ramirez Yaima, «Plan Indicativo de Expansión de Cobertura de Energía Eléctrica,» Bogotá, 2016.
- [55] Ministerio de Minas y Energía- Unidad de Planeación Minero Energética, «Plan Energético Nacional 2006-2025,» Bogotá D.C, 2006.
- [56] J. J. Mariño, «Reflexiones sobre el papel de la Ingeniería Civil en la evolución del medio ambiente en Colombia,» *Revista de Ingeniería*, nº 26, pp. 65-73, 2007.

- [57] G. Ampuño, W. E. Agila y H. Cevallos, «Implementación y análisis de rendimiento de un control industrial de nivel para tanques con fluidos basado en lógica difusa,» Universidad de Cuenca, Cuenca, 2014.
- [58] O. F. Gil Trejos y D. Robayo García, «DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y CONTROL DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE LIQUIDOS DE SEGUNDO ORDEN,» Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, 2011.
- [59] C. E. Cerrano Castaño, Modelo Integral para un Profesional en Ingeniería, Popayán: Universidad del Cauca, 2005.

ANEXO A

Informe semana 1

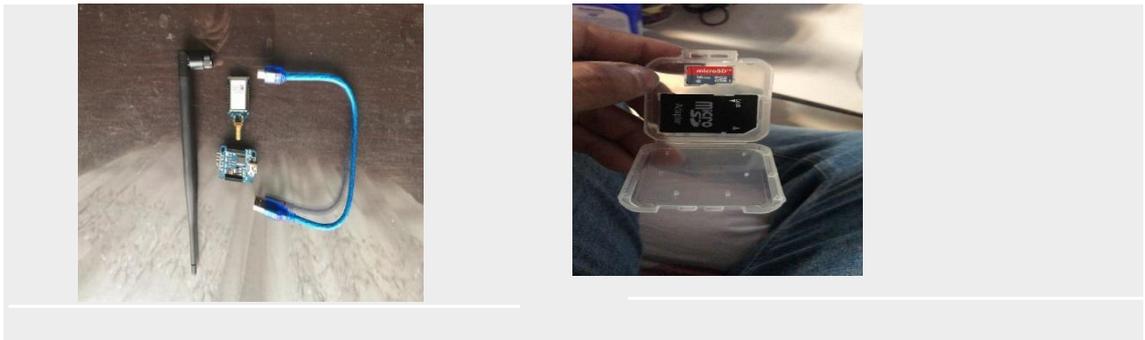
Juan Pablo Hoyos Orozco

Pasante de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca
“SISTEMA DE MEDICIÓN Y MONITOREO DEL NIVE EN CANALES DE
CAPTACIÓN DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA FLORIDA II”

Durante la semana 1 se obtuvo conocimiento para la elaboración del proyecto como el aprendizaje de armado de las tarjetas XBee y Raspberry:

- Ensamble de Raspberry pi3b+, con disipadores correspondientes, ventilador en cada tarjeta y su respectiva caja de protección con topes de goma.
- Ensamble de Xbee con su respectiva tarjeta de acoples y antena.
- Estudio de software desarrollado por cada empresa de Raspberry y XBee.

Fotos:



Informe semana 2

Juan Pablo Hoyos Orozco

Pasante de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca
“SISTEMA DE MEDICIÓN Y MONITOREO DEL NIVE EN CANALES DE
CAPTACIÓN DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA FLORIDA II”

Durante la semana 2 se descargó el software XCTU de la empresa Digi para practicar conocimiento adquirido en la semana 1 y también se descargó Raspbian para instalarlo en la tarjeta Raspberry y empezar a trabajar:

Procesos

- Instalación de software XCTU versión 6.4.1 para programación de tarjetas de comunicación Xbee S3B
- Instalación de Raspbian versión 4.14 (sistema operativo de Raspberry) en la tarjeta Raspberry Pi 3 b+.
- Observación de comportamientos de las tarjetas con el software específico de la Xbee
- Problemas en instalación de Raspbian por Falta de pantallas Hdmi las cuales no fueron entregadas por Vatia S.A.E.S.P por motivos de que todavía no habían llegado a Colombia.

Fotos:



Figura 1. XBee ensamblada. Fuente propia



Figura 2. Raspberry pi 3b+ ensamblada. Fuente propia

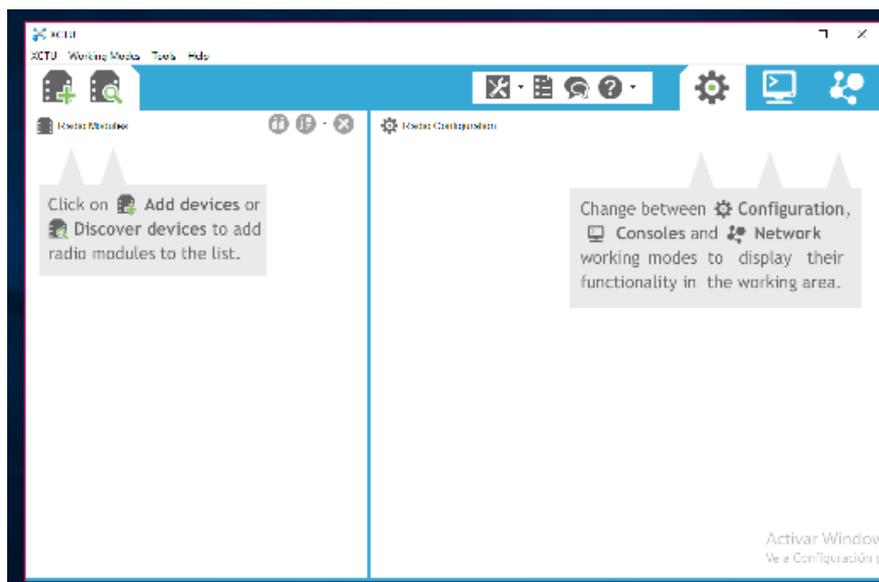


Figura 3. Software XCTU. Fuente propia

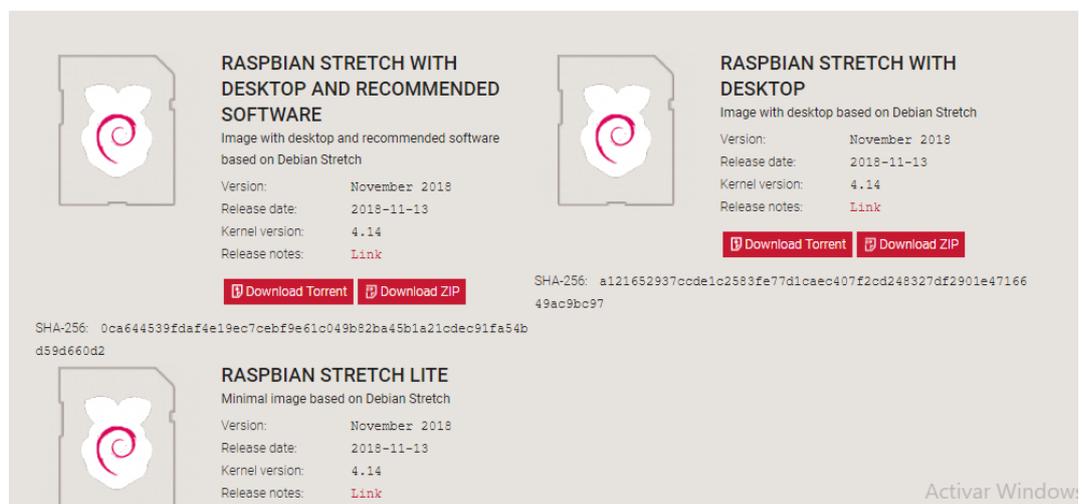


Figura 4. Software de Raspbian. Fuente propia

Informe semana 3

Juan Pablo Hoyos Orozco
Pasante de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca
Proyecto
“SISTEMA DE MEDICION Y MONITOREO DE NIVEL EN CANALES DE
CAPTACION DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA FLORIDA II”

En la semana 3 se utilizaron parámetros para el software XCTU de la empresa Digi para ver el funcionamiento de las tarjetas Xbee y aplicar el conocimiento adquirido y se pudo aquí

Procesos

- Programación de Xbee utilizando parámetros de guías encontradas y estudiadas en la red

- Configuración de líneas en el software XCTU:
 - Hp Preamble ID
 - ID Network ID
 - Mt Broadcast Multi – Transmits
 - DH Destination Address High
 - DL Destination Address Low
 - TO Transmit Options
 - NI Node identifier

Solo se utilizan esos parámetros ya que los otros se dejan por defecto.

- Pruebas de Funcionamiento entre la comunicacion de Xbee usando los anteriores parámetros configurables.

- Fallas de comunicación por identificación de número de serie que cada tarjeta tiene que contiene en el reverso.

- Revisión de parámetros y estudio detallado de número de serie para identificar el error

- Cero adelantos en las tarjetas Raspberry por falta de pantallas Hdmi, no se ha podido instalar Raspbian.

Fotos:

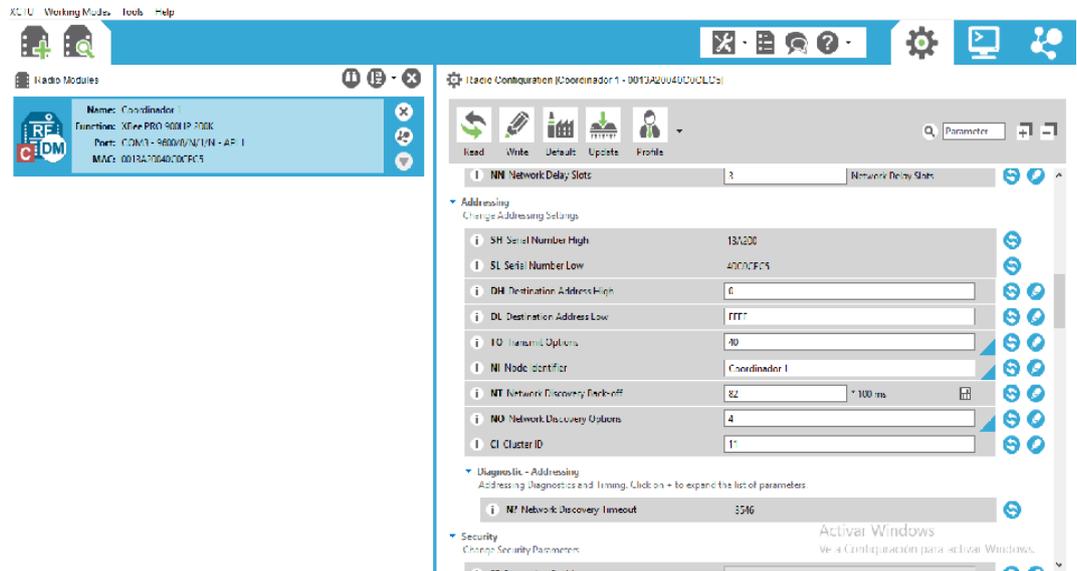


Figura 1. configuración de XBee. Fuente Propia

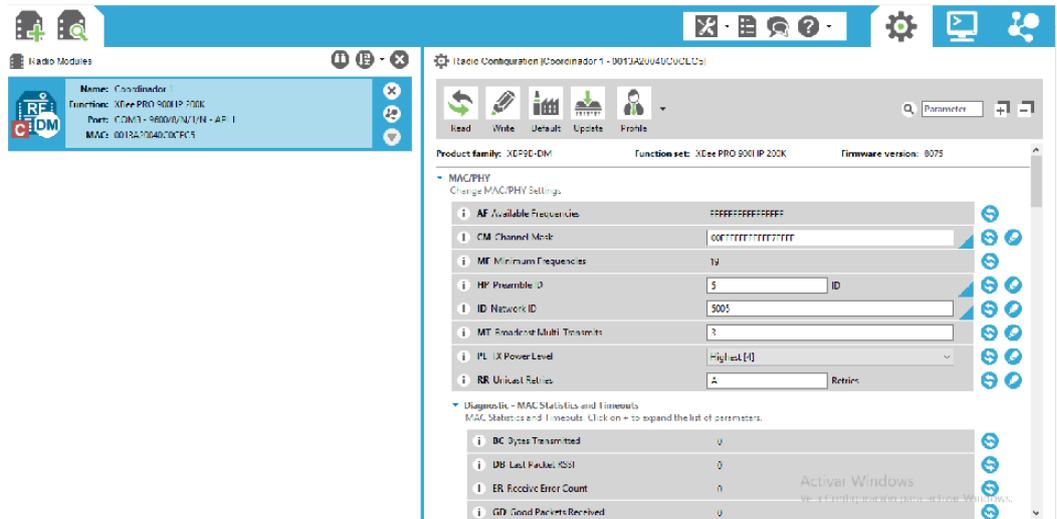


Figura 2. Configuración XBee. Fuente propia

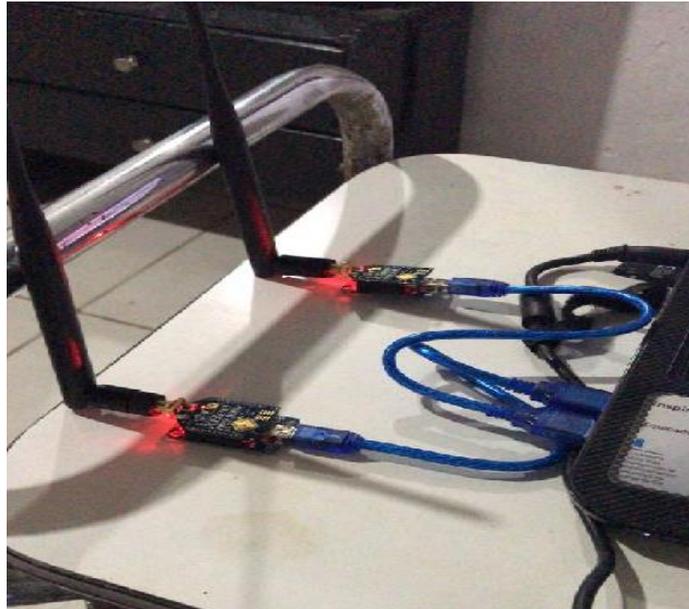


Figura 3. Comunicación entre ellas. Fuente propia

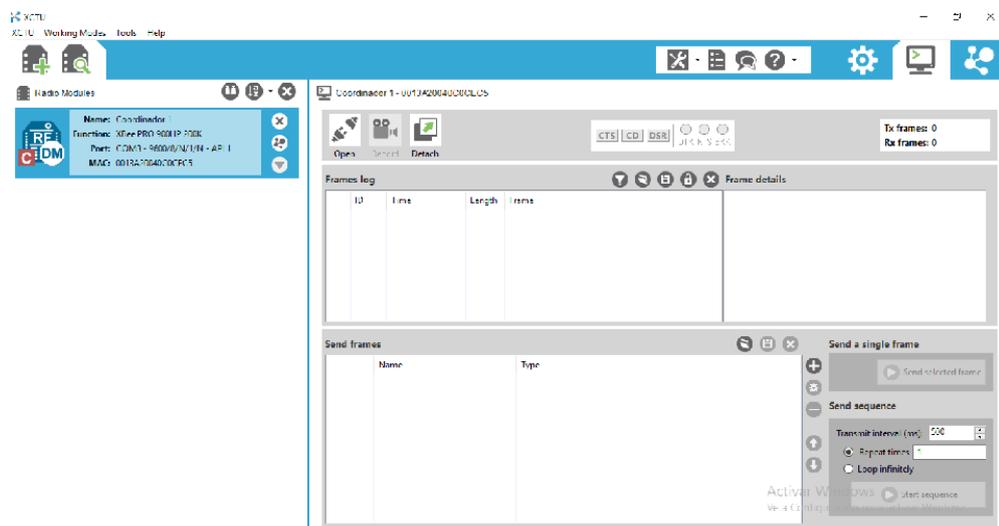


Figura 4. Falla de comunicación entre XBee no se comunican. Fuente propia



Figura 5. Falla en número de serie de la XBee. Fuente propia

Informe semana 4

Juan Pablo Hoyos Orozco

Pasante de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca

Proyecto

“SISTEMA DE MEDICION Y MONITOREO DE NIVEL EN CANALES DE
CAPTACION DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA FLORIDA II”

En la semana 4 se volvieron a configurar parámetros para el software XCTU de la empresa Digi para ver si esta semana transmitían las tarjetas las tarjetas XBee para hacer pruebas pertinentes con los datos del proyecto.

Procesos

- Nueva configuración de parámetros con número de serial identificado (40C0CEC5).
 - Hp Preamble ID
 - ID Network ID
 - Mt Broadcast Multi – Transmits
 - DH Destination Address High
 - DL Destination Address Low
 - TO Transmit Options
 - NI Node identifier
 - AP Api Enable

- Nuevas pruebas de Xbee para ver observa si se encontró la falla

- Funcionamiento exitoso entre las tarjetas Xbee enviando parámetros ASCII.

- Configuración de cada tarjeta con su función a desarrollar y su nombre a ejecutar (SENSOR, EMISOR – RECEPTOR) por cada sensor a utilizar.

- Se asigna a cada Raspberry después de ser identificada el tipo de conexión entre ellas ('R' Router – 'R' Router y 'C' Coordinador) usando punto a punto

- No hay avances de tarjetas Raspberry por falta de Pantallas Hdmi.

Fotos:

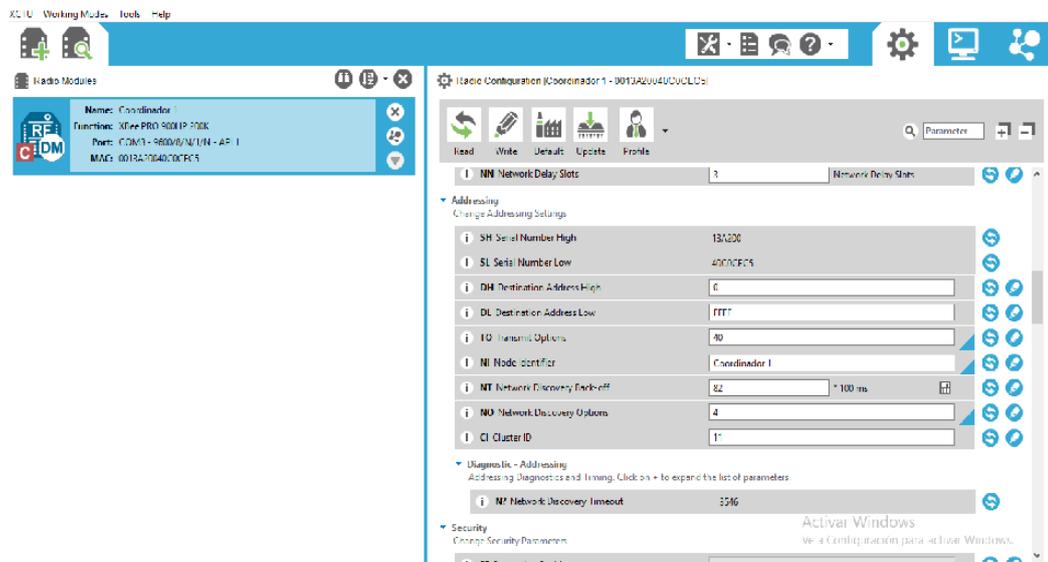


Figura 1. Nueva configuración de XBee. Fuente propia

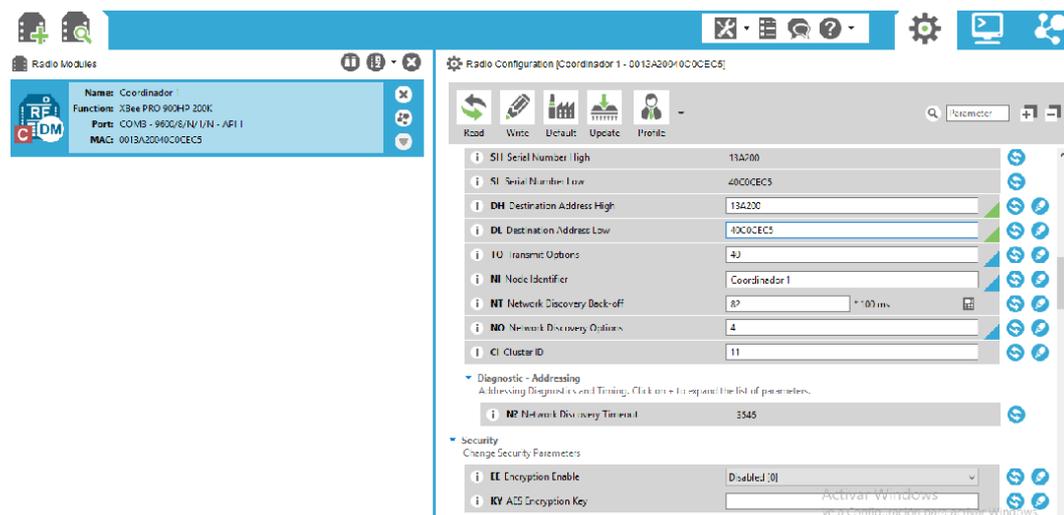


Figura 2. Nueva Configuración en parámetros XBee. Fuente propia

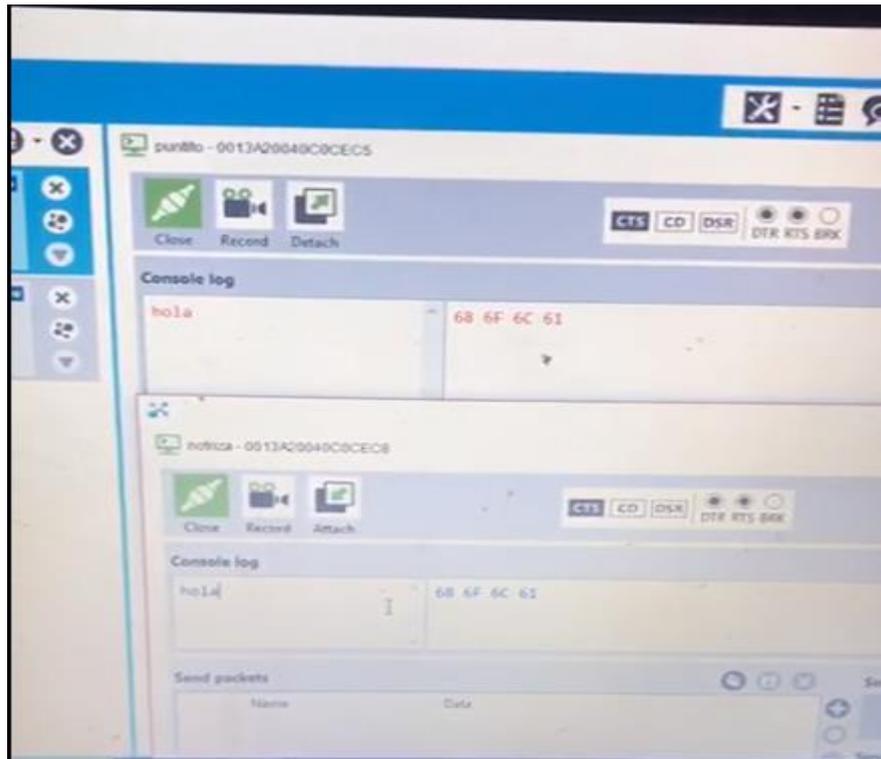


Figura 3. Comunicación en modo transparente ASCII entre ellas exitosa.
Fuente propia

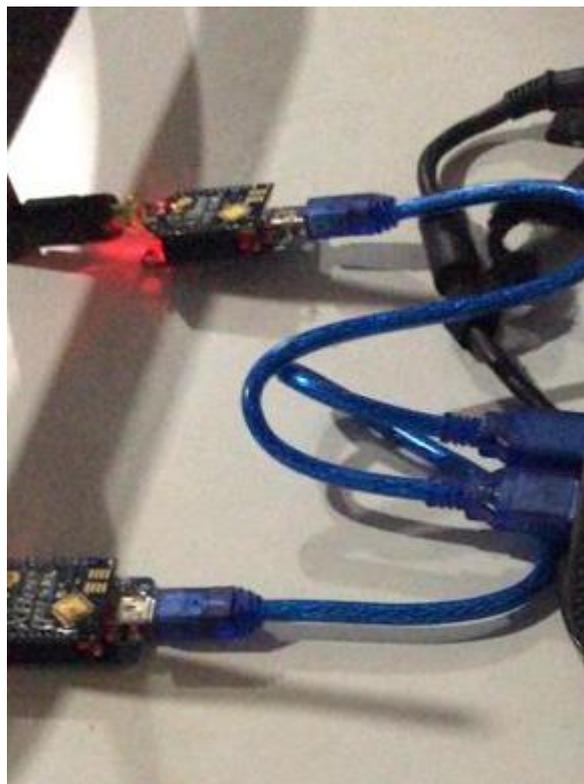


Figura 4. Tarjetas XBee Funcionando. Fuente propia

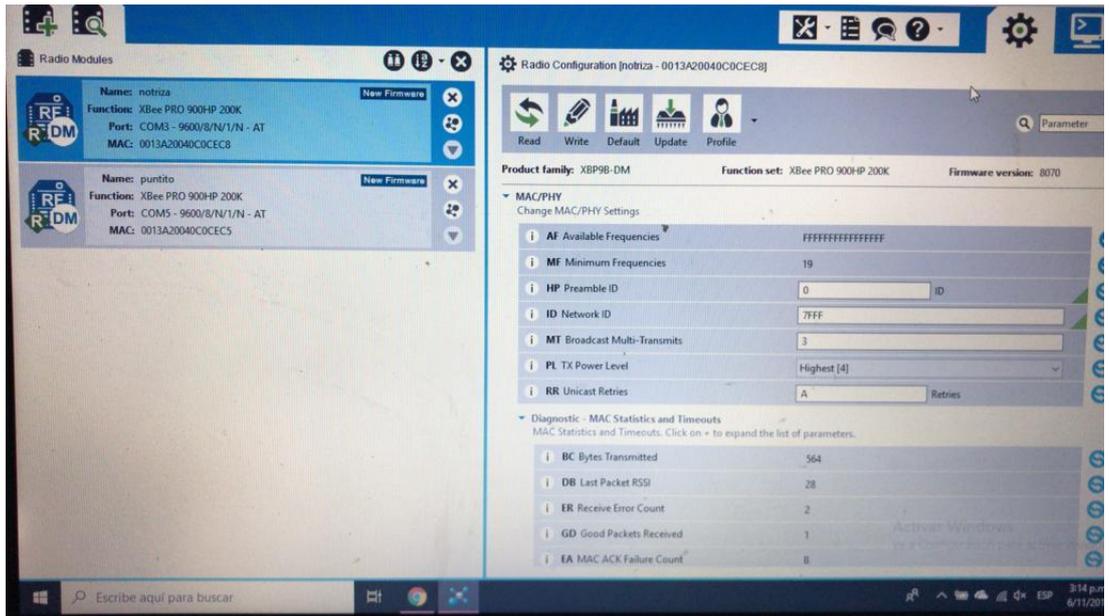


Figura 5. Configuración de Nombre y de Función de Cada tarjeta XBee. Fuente propia

Informe semana 5

Juan Pablo Hoyos Orozco

Pasante de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca

Proyecto

“SISTEMA DE MEDICION Y MONITOREO DE NIVEL EN CANALES DE
CAPTACION DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA FLORIDA II”

En la semana 5 se hicieron pruebas de las Xbee con el sistema apropiado y escogido por nosotros para observar su funcionamiento como si el sistema ya estuviera montado en la bocatoma de los ríos Vinagre y Cauca

Procesos

- Pruebas en las Xbee con configuración punto a punto y coordinador encargado de recibir la información de las Xbee que se enlazaran con las Raspberry
- Configuración Xbee (Sensor) al sensor tipo radar Maxbotix 0 – 1000cm Ref: MB7076 del Rio Cauca (el cual no se ha entregado para dichas pruebas) con el Router (Emisor y Trasmisor) el cual será encargado de dirigir los datos a la Raspberry y al coordinador que se encargará de comunicarse con el Router (Emisor 2 y Trasmisor 2) del otro sensor radar Maxbotix 0 – 1000cm Ref: MB7076 ubicado en el Rio Vinagre
- Adaptación de potenciómetro de 10k Ω en la tarjeta Xbee (Sensor) simulando el sensor radar Maxbotix 0 – 1000cm Ref: MB7076 configurando la tarjeta Xbee(sensor) para usar el canal AD0 como Análogo-Digital para transferencia de datos
- Pruebas de comunicación con potenciómetro de 10k Ω en la tarjeta Xbee (Sensor) con su respetiva variación y configuración con envió de datos a la tarjeta Xbee (emisora -receptora) los cuales fueron exitosas mostrando en pantalla de la tarjeta Xbee (Emisora- Receptora) la variación del voltaje en la tarjeta de 0v a 1.2v en hexadecimal.

Esquema de configuración punto a punto con Sensores – Xbee- Raspberry como se ha estado desarrollando.

Fotos:

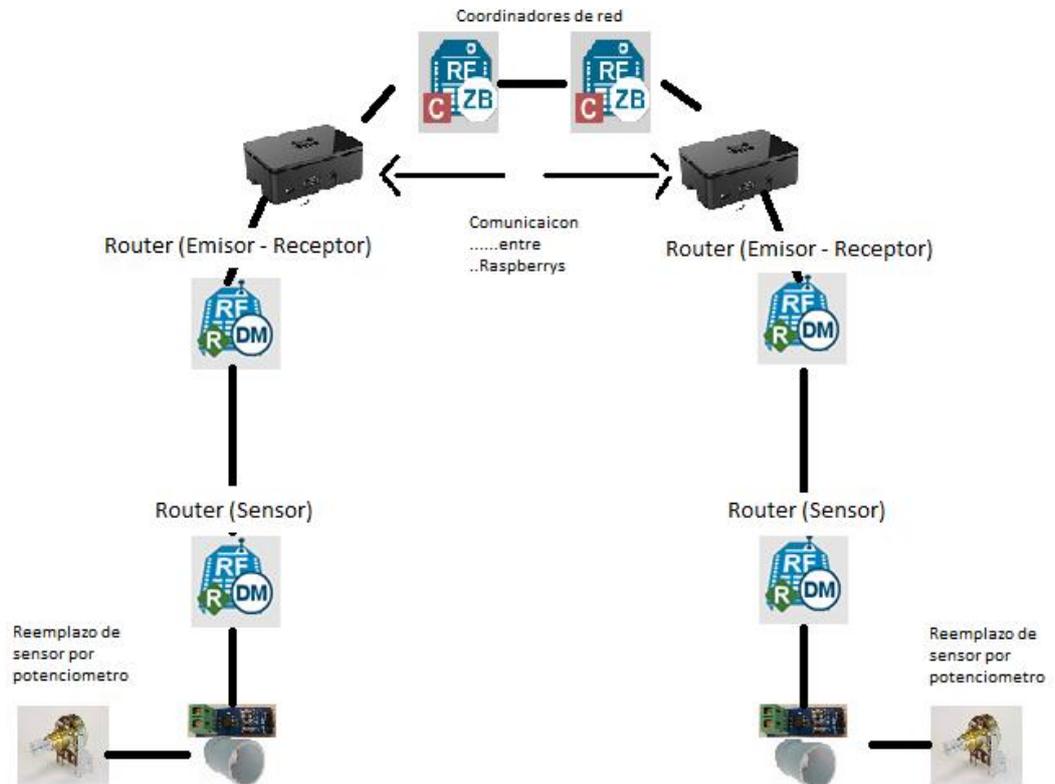


Figura 1. configuración Análoga en AD0 digital en ADC. Fuente propia

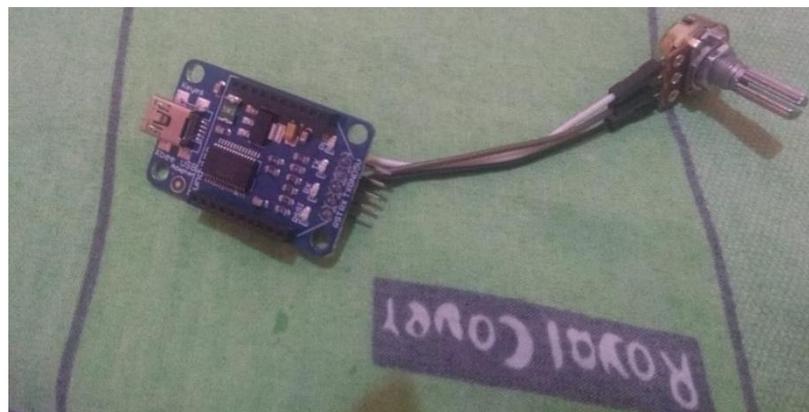


Figura 2. Tarjeta Xbee (sensor) con Potenciómetro simulando sensor Tipos radar. Fuente propia

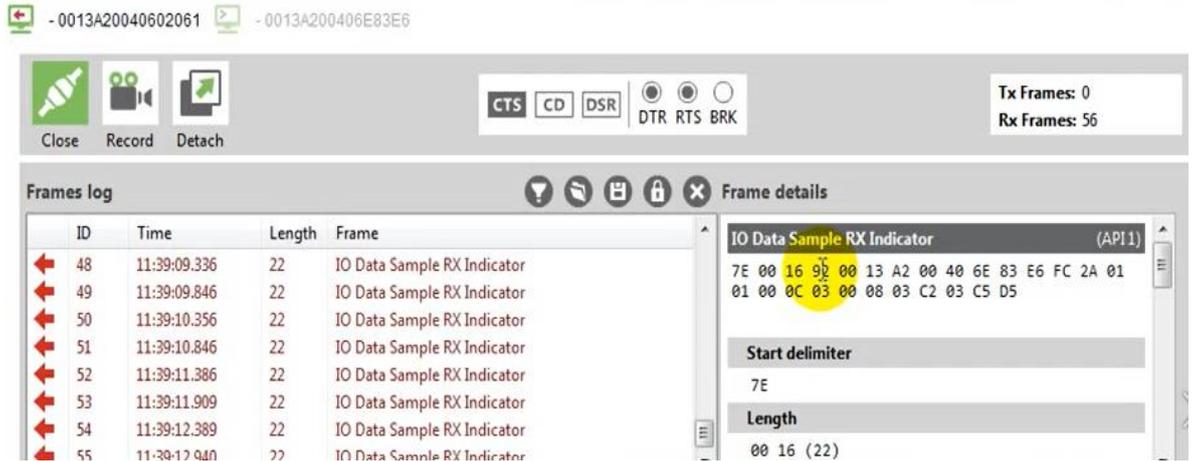


Figura 3. Comunicación de tarjeta Xbee (sensor) modo transparente con Xbee (Emisor – Receptor) con Datos Hexadecimales. Fuente propia

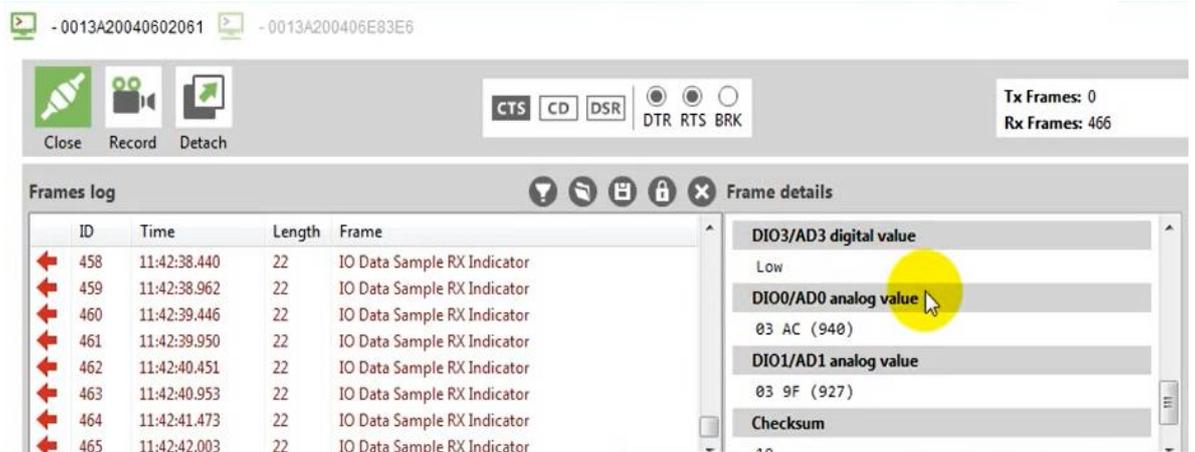


Figura 4. dato recibido de Xbee (sensor) DIO0/AD0 canal habilitado. Fuente propia



Figura 5. Tarjeta Xbee Con adaptación de Potenciómetro. Fuente propia

Informe semana 6

Juan Pablo Hoyos Orozco

Pasante de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca

Proyecto

“SISTEMA DE MEDICION Y MONITOREO DE NIVEL EN CANALES DE
CAPTACION DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA FLORIDA II”

En la semana 5 se buscó la manera de poder instalar Raspbian a la Raspberry desde un Televisor (ya que no han sido entregadas pantallas Hdmi de Raspberry) conectándola por puerto HDMI y así poder hacer un avance con las tarjetas Xbee y Raspberry en la comunicación de datos serial

Procesos

- Conexión Raspberry a Televisor por puerto Hdmi

- Instalación de Sistema operativo Raspbian a la tarjeta Raspberry

- Configuración de Raspbian con parámetros por defecto de fábrica y enlace con la red wifi que se utiliza.

- Intento de comunicación entre Xbee y Raspberry habilitando puerto remoto SSH otorgándole un Nombre y contraseña a la Raspberry para hacer un sistema remoto entre ellas.

- Pruebas de comunicación con tarjetas Xbee y Raspberry con puerto serial y sistema SSH de la Raspberry

- Datos no recibidos por Raspberry desde la tarjeta Xbee Router (Emisor-Receptor) se requiere unidad TTL a USB.

Fotos:

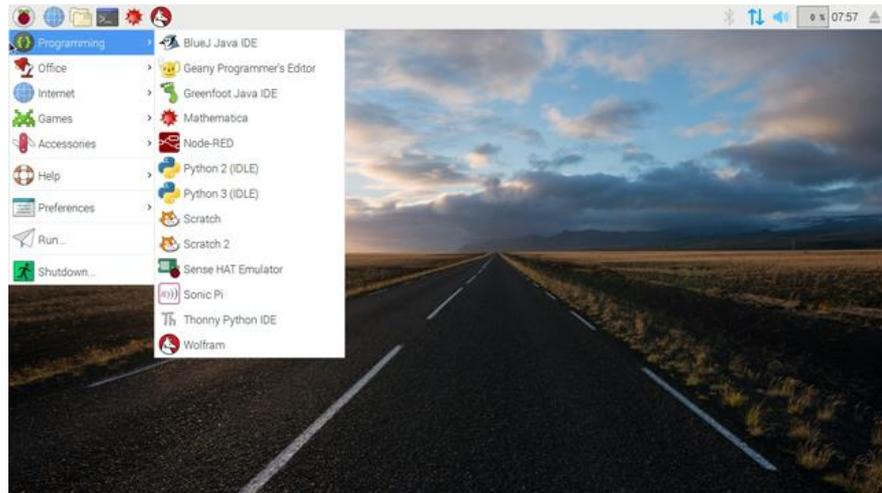


Figura 1. Sistema operativo Raspbian Instalado correctamente. Fuente propia



Figura 2. Tarjeta XBee (sensor) con Potenciómetro simulando sensor Tipos radar. Fuente propia

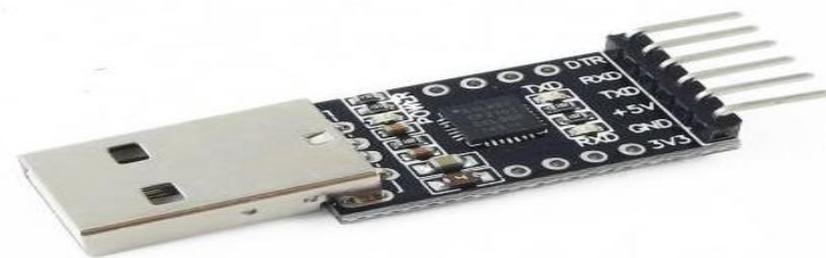


Figura 3. convertido TTL a USB para comunicación de Tarjeta XBee con Raspberry

Informe semana 7

Juan Pablo Hoyos Orozco

Pasante de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca
“SISTEMA DE MEDICION Y MONITOREO DE NIVEL EN CANALES DE
CAPTACION DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA FLORIDA II”

Durante la semana 7 se elaboró la configuración de la pantalla Hdmi de resolución 800x480 de Raspberry pi 3b+ adquirida y entregada el 8 de enero del 2019 por la Empresa VATIA S.A. E S.P.

- Se ensablo partes faltantes de la pantalla HDMI como cable de táctil NANO-USB, base estabilizadora de la pantalla y pieza trasera de aluminio con sus respectivos tornillos para protección de ella.
- Conexión de pantalla HDMI a Raspberry pi 3 b+
- Se detectó falla de enlace en trasmisión de imagen entre la pantalla HDMI y la Raspberry pi 3 B+, procediendo a buscar falla de visualización.
- Se observó que por defecto la Raspberry pi 3b+ se configura automáticamente para pantallas de resolución superior a 1024x768 por eso al momento de conexión con la pantalla HDMI no visualiza ningún contenido de la Raspberry pi 3 b+
- Se buscó la manera de configurar la Raspberry Pi 3b+ por medio de Router activando el puerto SSH de las Raspberry pi 3 b+ y enlazándose con el Router que le asignamos para poder entrar a los archivos de la tarjeta Raspberry pi 3b+ desde el portátil con la herramienta PuTTY y así hacer un procedimiento de configuración.

Fotos:



Figura 1. pantalla HDMI TOUCH (sin armar) para Raspberry pi 3b+



Figura 2. Pantalla Hdmi armada con su infraestructura y base



Figura 3. Pantalla HDMI TOUCH preparada para conexión. Fuente propia



Figura 4. Pantalla HDMI TOUCH sin señal ya conectada a Raspberry pi 3b+



Figura 5. Raspberry Pi 3b+ enlazada con Router para ser utilizada desde computador por medio de lenguaje C. Fuente propia

Informe semana 8

Juan Pablo Hoyos Orozco

Pasante de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca
“SISTEMA DE MEDICION Y MONITOREO DE NIVEL EN CANALES DE
CAPTACION DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA FLORIDA II”

En la semana 8 se procedió a configurar la Raspberry pi 3 b+ para lograr enlazarla con la pantalla HDMI TOUCH y poder trabajar desde ella con su resolución adecuada 800x480

- Se enlazo Nuevamente Raspberry pi 3b+ con el Router por el puerto SSH para entrar a los archivos de la Raspberry pi 3 b+. desde el portátil con ayuda de PuTTYy hacer la configuración adecuada.
- Ingreso a la Raspberry pi 3 b+ con PuTTY asignando un IP estática.
- Ya dentro de la Raspberry pi 3 b+ usando el comando ssh pi@192.168.1.10 empezamos la configuración de pantalla HDMI TOUCH.
- Configuración de resolución en Raspberry pi 3b+ ingresando a los comandos /boot/config.txt y se busca la siguiente línea con :

```
# uncomment to force a specific HDMI mode (this will force VGA)  
#hdmi_group=1  
#hdmi_mode=51
```

- Después de configurar por medio de comandos la Raspberry pi 3b+ usando como grupo 1 que se ubican en la resolución 800 y el modo 51 que es 480 terminamos la configuración usando el comando \$sudo reboot para reiniciarlo y listo Raspberry pi 3b´enlazada con pantalla HDMI TOUCH.

Fotos:

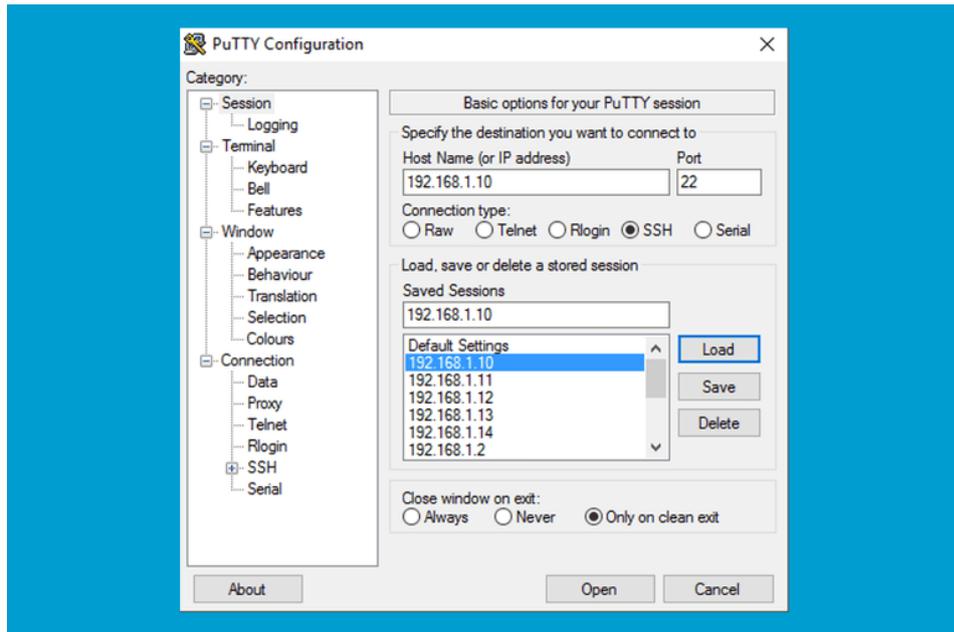


Figura 1. Raspberry pi 3b+ enlazada con Router configurándose con PuTTY SSH desde el computador portátil. Fuente propia

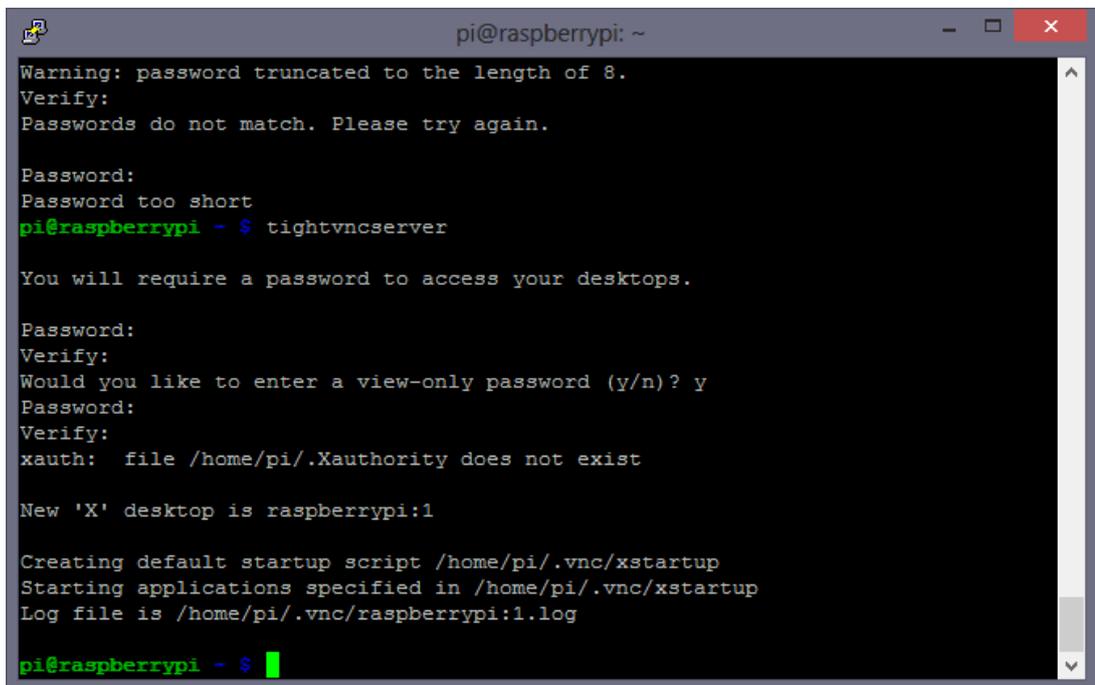


Figura 2. Configuración Con comando de ingreso a Raspberry pi 3b+. Fuente propia

```
GNU nano 2.2.6          Fichero: /boot/config.txt
# For more options and information see
# http://www.raspberrypi.org/documentation/configuration/config-txt.md
# Some settings may impact device functionality. See link above for details
# uncomment if you get no picture on HDMI for a default "safe" mode
#hdmi_safe=1
# uncomment this if your display has a black border of unused pixels visible
# and your display can output without overscan
#disable_overscan=1
# uncomment the following to adjust overscan. Use positive numbers if console
# goes off screen, and negative if there is too much border
#overscan_left=16
#overscan_right=16
#overscan_top=16
#overscan_bottom=16
# uncomment to force a console size. By default it will be display's size minus
# overscan.
#framebuffer_width=1280
#framebuffer_height=720
# uncomment if hdmi display is not detected and composite is being output
#hdmi_force_hotplug=1
# uncomment to force a specific HDMI mode (this will force VGA)
#hdmi_group=1
#hdmi_mode=1
# uncomment to force a HDMI mode rather than DVI. This can make audio work in
# DMT (computer monitor) modes
#hdmi_drive=2
# uncomment to increase signal to HDMI, if you have interference, blanking, or
# no display
#config_hdmi_boost=4
# uncomment for composite PAL
#sdtv_mod=2
#uncomment to overclock the arm. 700 MHz is the default.
#arm_freq=800
disable_overscan=1
Ver ayuda      Guardar      Leer Fich     Pág Ant      CortarTxt    Pos actual
Salir          Justificar   Buscar        Pág Sig      PegarTxt     Ortografía
```

Figura 3. configuración de resolución para 800x480 y reinicio para que la configuración quede guardada. Fuente propia

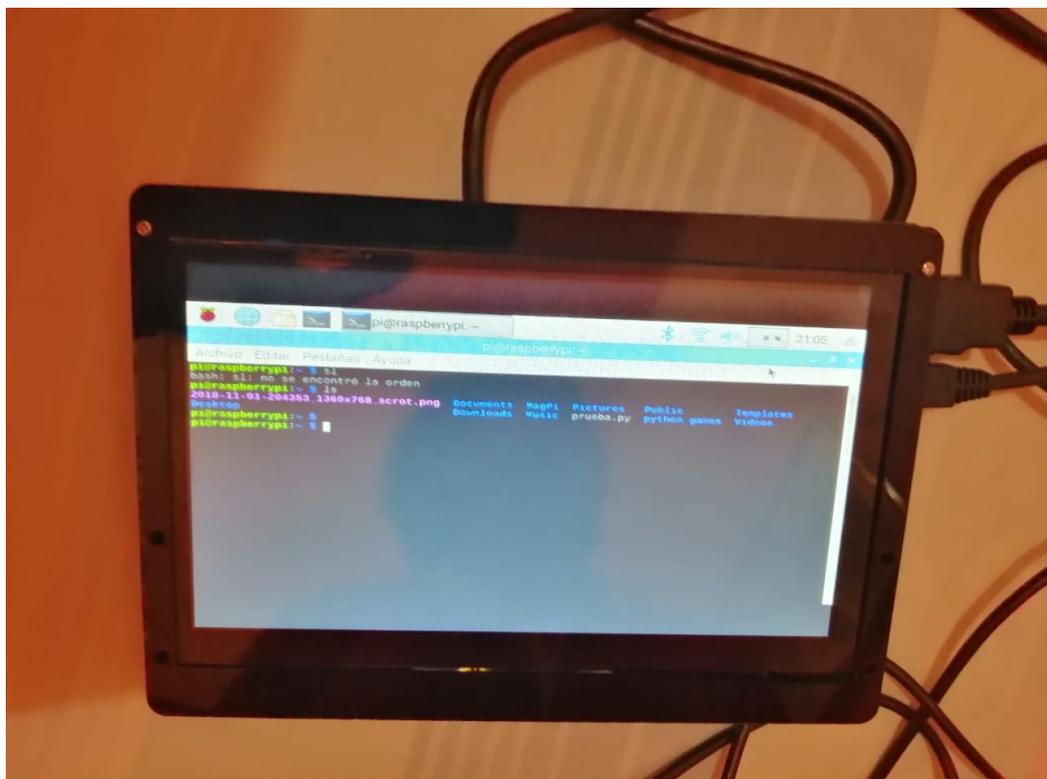


Figura 4. Pantalla HDMI TOUCH preparada y funcionando después de la configuración de la Raspberry pi 3b+. Fuente propia

Informe semana 9

Juan Pablo Hoyos Orozco

Pasante de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca
“SISTEMA DE MEDICION Y MONITOREO DE NIVEL EN CANALES DE
CAPTACION DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA FLORIDA II”

En la semana 9 utilizamos cada elemento ya adquirido por la empresa como: Sensores Industriales (Ultrasónicos) Tipo Radar, Tarjetas Xbee, Raspberry Pi 3b+, Pantallas Hdmi (Touch), Modem Tp Link, Xbee s3b y los enlazamos para su funcionamiento así lograr la meta propuesta.

- Se enlazo de forma física Raspberry pi 3b+ con Xbee por medio de puerto serial y así tener una conexión de las dos por medio de la Ip de la Raspberry y de la Xbee.
- Ingreso a la Raspberry pi 3 b+ asociada con la Xbee s3b para funcionamiento previo en comunicación con el sensor.
- Se utiliza Python para generar un código que convierta de ASCII a hexadecimal y así poder identificar el sobre nivel de agua en los canales de captación
- Recepción de datos en Raspberry pi con variación de medidas en parámetros establecidos

Fotos:



Figura 1. Raspberry pi 3b+ enlazada con Router. Fuente propia

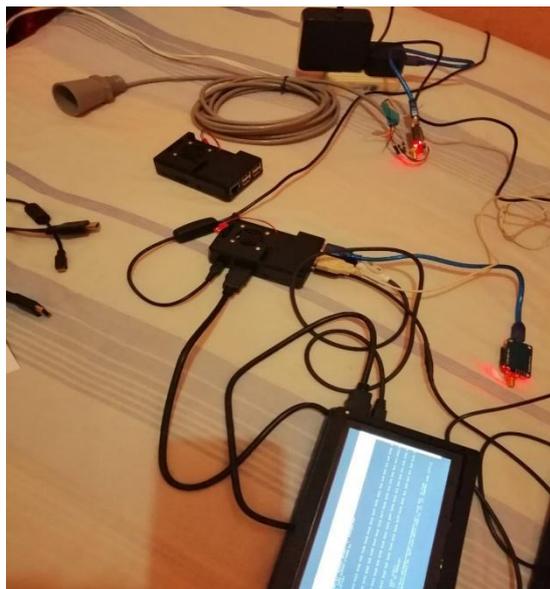


Figura 2. conexión de sensor con Raspberry Pi y XBee s3b. Fuente propia

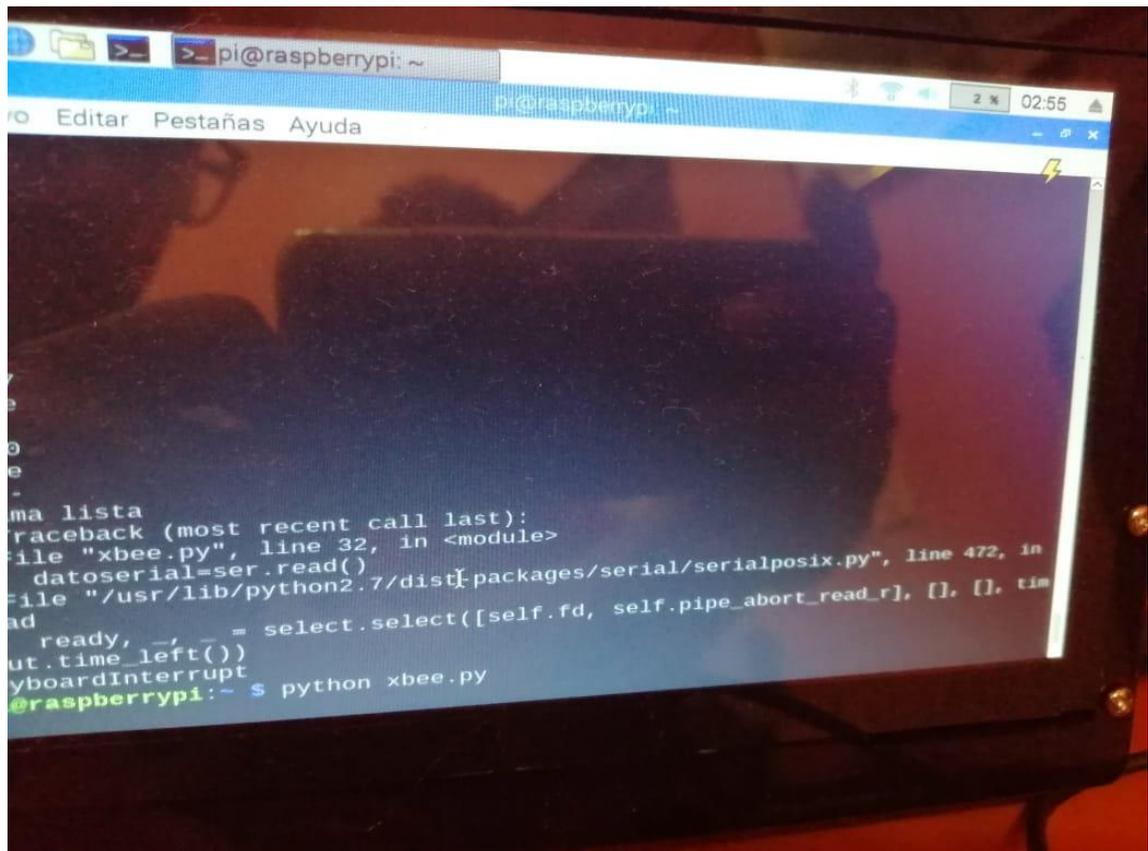


Figura 3. Python controlando la información suministrada por XBee s3b. Fuente propia

Informe semana 10

Juan Pablo Hoyos Orozco

Pasante de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca
“SISTEMA DE MEDICION Y MONITOREO DE NIVEL EN CANALES DE
CAPTACION DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA FLORIDA II”

En la semana 10 se realizó la comunicación de la Xbee (coordinadora) conectada con la Raspberry para ver si el dato enviado por el sensor llega correctamente y así los datos obtenidos transformarlos para que el operario pueda observar el nivel de agua en las compuertas de los canales de captación de la bocatoma de florida II

- Se enlazo Raspberry pi 3b+ con XBee por medio de puerto serial y así tener una conexión de las dos por medio de la Ip de la Raspberry y de la XBee.

- Ingreso a la Raspberry pi 3 b+ asociada con la Xbee s3b para funcionamiento previo en comunicación con el sensor.
- Se utiliza Python para generar un código que convierta de ASCII a hexadecimal y así convertir los datos que genera el sensor transmitidos por la Xbee hacia la Raspberry 3 b+ donde se observan
- Se analiza la Trama de datos generados por el sensor Ultrasonico industrial transmitidos por la Xbee tipo Router en modo API
- Problemas con dato ASCII en modo API generados por el sensor Ultrasonico industrial y transmitidos por Xbee s3b lo cual al momento de enviar la trama del mensaje el Checksum se modifica.

Fotos:

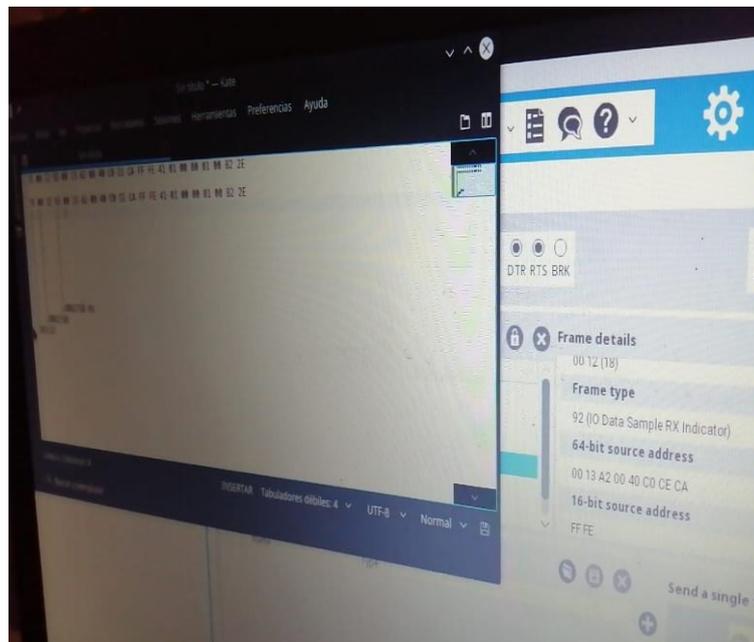


Figura 1. datos recibidos y separados como trama de mensaje. Fuente propia

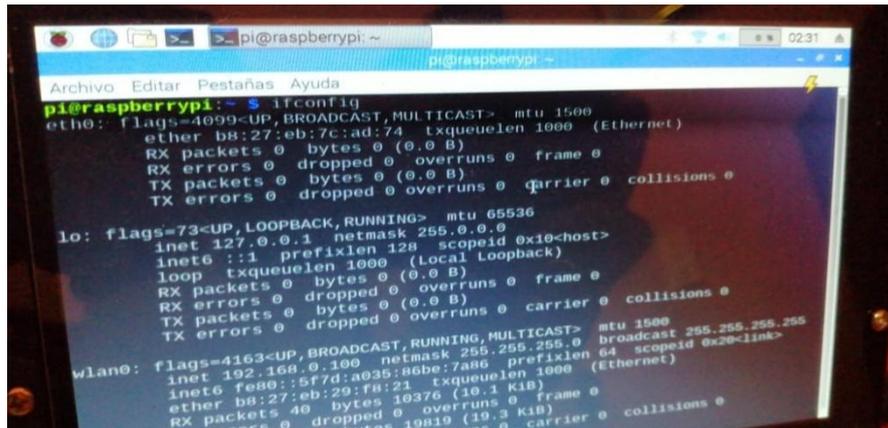


Figura 2. Python en Raspberry pi. Fuente propia

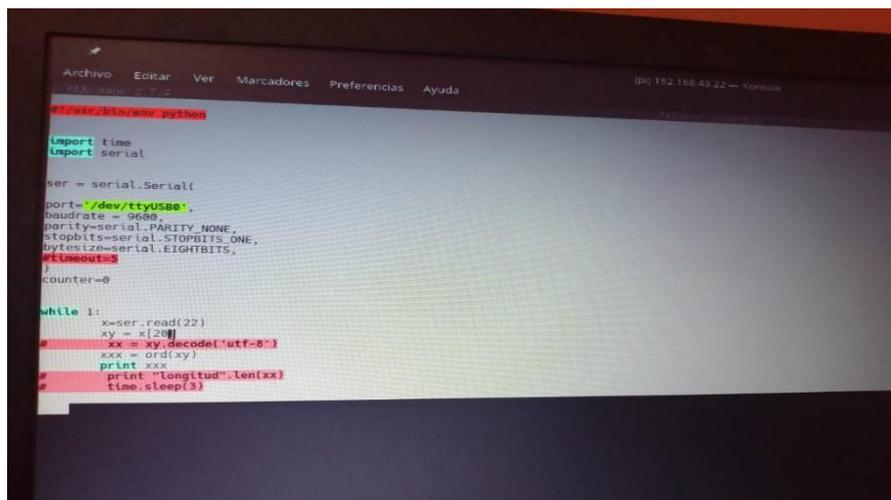


Figura 3. Código en Python análisis de datos recibidos. Fuente propia



Figura 4. Errores en Checksum variación y datos erróneos. Fuente propia

Informe semana 11

Juan Pablo Hoyos Orozco

Pasante de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca
“SISTEMA DE MEDICION Y MONITOREO DE NIVEL EN CANALES DE
CAPTACION DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA FLORIDA II”

En la semana 11 se propuso solucionar la problemática de medición de los sensores ultrasónicos con respecto a la conversión de hexadecimal a decimal en Python y que arrojara resultados reales en la distancia utilizada para pruebas caseras, ya que el checksum no arrojaba el resultado final que era la sumatoria de la trama enviada en el mensaje, sino datos erróneos lo cual en este tiempo se utilizó para corregir

- Revisión de la trama en los mensajes enviados desde la comunicación de la tarjeta xbee con el sensor utilizado,
- Ingreso al programa XCTU para observar la trama de mensajes y sus cambios en el checksum
- Corregir donde se almacena la trama del mensaje y escoger las partes esenciales del mensaje para cuadrar el checksum de verificación
- Se cuadra la trama correcta del mensaje mostrándonos que el checksum de verificación nos da el resultado correcto suministrándonos los datos que necesarios para poder continuar.
- Después de observar que el mensaje enviado es correcto con los datos suministrados por los sensores, continuamos con la calibración adecuada de ellos.

Fotos:

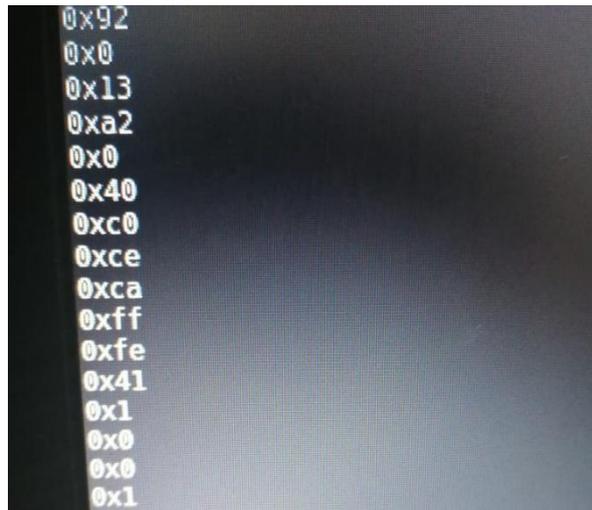


Figura 1. trama de mensaje. Fuente propia



Figura 2. Inspección de trama y conexión. Fuente propia

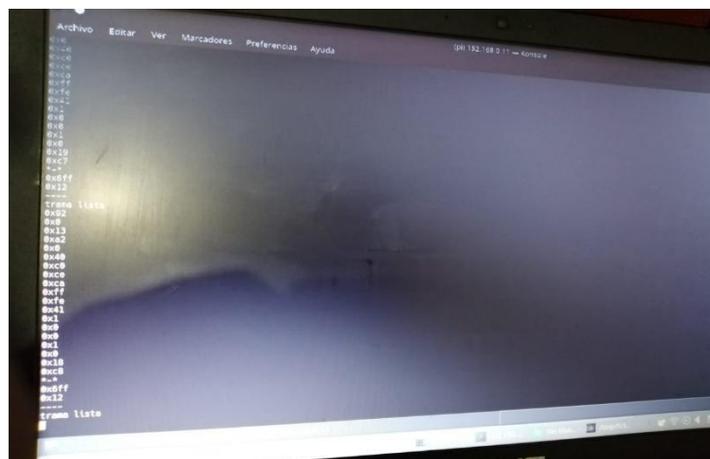


Figura 3. trama de envío lista. Fuente propia

Informe semana 12

Juan Pablo Hoyos Orozco

Pasante la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca
“SISTEMA DE MEDICION Y MONITOREO DE NIVEL EN CANALES DE
CAPTACION DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA FLORIDA II”

En la semana 12 se continuo con la calibración de los sensores ultrasónicos industriales después de haber logrado que la trama del mensaje fuera completa y exitosa, pero los sensores nos arrojaban datos erróneos después de hacer la conversión de hexadecimal a decimal nos daban distancias en cms que no eran correctas , llegando a pensar que los sensores se habían quemado.

- Calibración de sensores Ultrasónicos industriales por medio de código en Python para observar datos enviados
- Conversión de hexadecimal a decimal en Python para visualización en cms la distancia arrojada por sensores en tiempo real.
- Falla en sensores por datos erróneos en distancia en pruebas caseras.
- Nuevamente pruebas caseras en sensores mejorando código de datos en la conversión de Hexadecimal a decimal en Python lo cual arrojaron nuevamente datos erróneos en tiempo real.
- Investigación en Información extra de sensores Ultrasónicos industriales tipo radar con ip67 MB71

Fotos:



Figura 1. Pruebas de sensores. Fuente propia

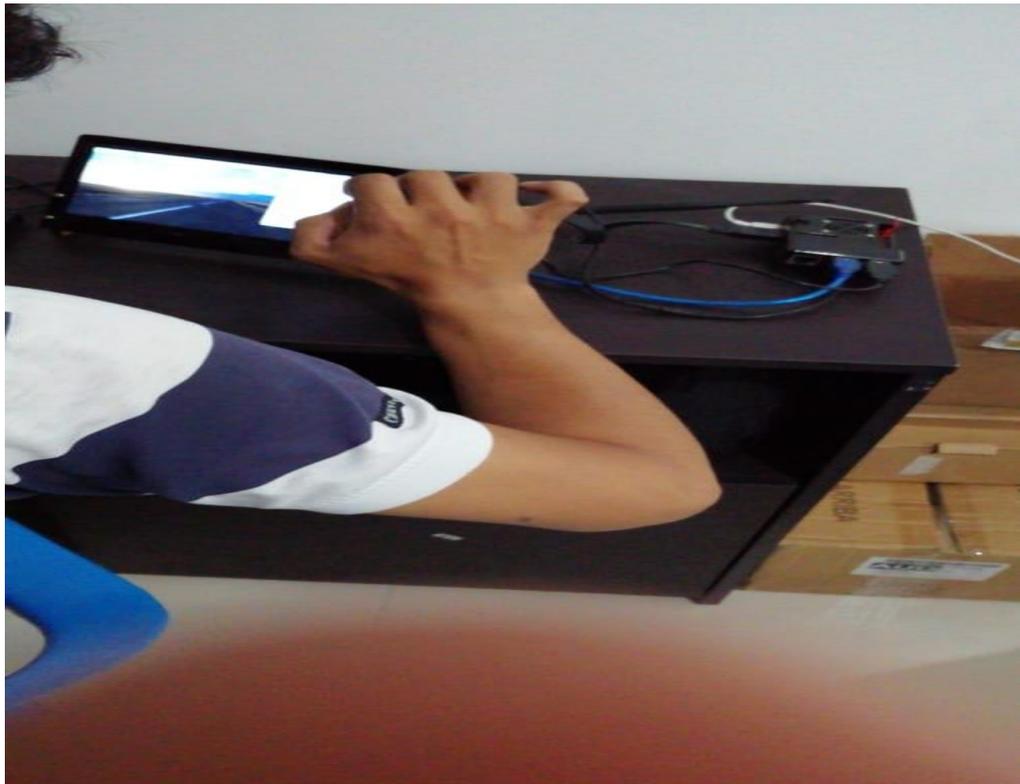


Figura 2. Posibles fallas con los sensores medidas erróneas. Fuente propia

```

33 dato = ord(datosSerial[0])
34 #convierto el dato a hex para analizar y almacenar
35 dato = hex(dato)
36
37 if (dato == '20') and (cont_buffer == 0) :
38 #entra al detectar un byte de inicio
39 buffer[0] = dato
40 cont_buffer = cont_buffer + 1
41
42 #if (cont_buffer == 0) and (cont_buffer == longitud_datos):
43 #en caso de que se haya recibido la trama
44 #transferir el contenido
45 buffer[cont_buffer] = dato
46 cont_buffer = cont_buffer + 1
47
48 #if cont_buffer == 3:
49 longitud_datos = buffer[5] * 8 + buffer[2] #es igual a son los cabecero y check
50 longitud_datos = longitud_datos * 4
51
52 #print dato
53 #if cont_buffer == longitud_datos-1:
54 cont_buffer = 0
55 trama_lista = 1
56 1 0
57 checksum = 0
58 for x in range(3, longitud_datos):
59 checksum = checksum + buffer[x]
60 #print "Hex:"
61 #print hex(checksum)
62 #print hex(buffer[2])
63 #print "-----"
64
65

```

Figura 3. Código de conversión Hexadecimal a decimal. Fuente propia

```

rama lista
mensaje del esclavo
[18, 146, 0, 19, 162, 0, 64, 192, 206, 202, 255, 254,
*-*
rama lista
mensaje del esclavo
[18, 146, 0, 19, 162, 0, 64, 192, 206, 202, 255, 254,
*-*
rama lista
mensaje del esclavo
[18, 146, 0, 19, 162, 0, 64, 192, 206, 202, 255, 254,
*-*
rama lista
mensaje del esclavo
[18, 146, 0, 19, 162, 0, 64, 192, 206, 202, 255, 254,
*-*
rama lista
mensaje del esclavo
[18, 146, 0, 19, 162, 0, 64, 192, 206, 202, 255, 254,
*-*
rama lista
mensaje del esclavo
[18, 146, 0, 19, 162, 0, 64, 192, 206, 202, 255, 254,
*-*
rama lista
mensaje del esclavo
[18, 146, 0, 19, 162, 0, 64, 192, 206, 202, 255, 254,
*-*

```

Figura 4. Datos erróneos arrojados por el sensor ultrasónico (tipo radar). Fuente propia

Informe semana 13

Juan Pablo Hoyos Orozco

Pasante de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca

“SISTEMA DE MEDICION Y MONITOREO DE NIVEL EN CANALES DE
CAPTACION DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA FLORIDA II”

En la semana 13 investigamos la hoja de datasheet de los sensores ultrasónicos para observar si habíamos conectado o echo algo mal y nos dimos cuenta que ellos trabajaba con un voltaje adecuado de 3.8v y que las conexiones estaban bien para realizar las pruebas pero en una parte muy pequeña decía también que se podría trabajar con un voltaje de 5v para un mejor rendimiento de ellos y con eso en esta semana 13 pudimos solucionar nuestras fallas de calibración arrojándonos datos exactos con la conversión hexadecimal a decimal en Python y así mirar que la medida que nos arrojaba era correcta en cms.

- Implementación de cargadores con un voltaje de alimentación de 5v estables de marca Huawei para los sensores ultrasónicos industriales para pruebas de fallas anteriores manejando un voltaje de 3.8v-
- Pruebas de sensores ultrasónicos tipo radar MB7132 con ip67 con un voltaje alimentación estable de 5 voltios.
- Mediciones exactas de los sensores ultrasónicos tipo radar MB7132 con ip67 con diferente posición arrojándonos datos correctos visualizados en la Rasberry por medio de Python
- Verificación de datos arrojados por los sensores Mb7132 ultrasónicos industriales para finalizar la calibración de ellos y organizar datos recibidos

Fotos:



Figura 1. Calibración de sensores a 5v. Fuente propia



Figura 2. Sensor industrial ultrasónico con posición vertical para pruebas.
Fuente propia



Figura 3. Medida con metro de construcción entre la distancia del techo al sensor dándonos una medición de 1.59cm. Fuente propia

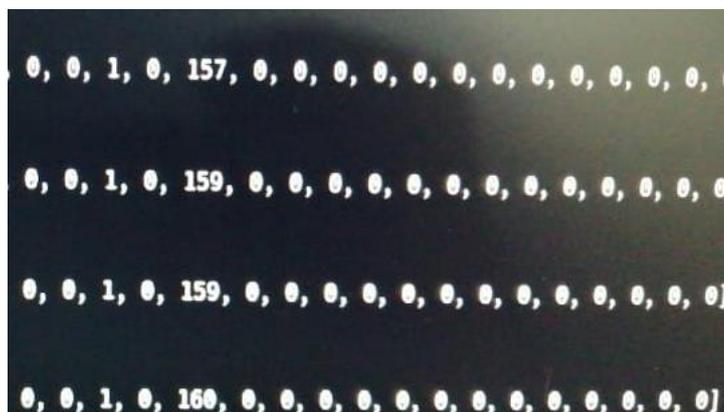


Figura 4. Datos obtenidos del sensor en pruebas recientes con la conversión Hexadecimal a decimal corrigiendo el voltaje de entrada a 3.8v a 5v dándonos datos correctos con una medición de 1.59 cms como lo vemos en la foto anterior. Fuente propia

Informe semana 14

Juan Pablo Hoyos Orozco

Pasante de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca
“SISTEMA DE MEDICION Y MONITOREO DE NIVEL EN CANALES DE
CAPTACION DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA FLORIDA II”

En la semana 14 empezamos con éxito las pruebas de los sensores ultrasónicos tipo radar los cuales nos arrojaron resultados esperados solucionando la problemática del voltaje de eficiencia para ellos así poder avanzar en la parte del diseño gráfico de la aplicación para el proyecto.

- Pruebas con diferentes distancias y ubicaciones en los sensores ultrasónicos tipo radar para observar si los datos enviados por ellos son correctos tomando como referencia un metro de construcción.
- Investigación sobre la creación de aplicativos gráficos en Raspberry pi 3 b+ para la visualización de datos adquiridos por la base de datos que se le realizara al sistema de medición.
- Se escogió como programa desarrollador de aplicativos gráficos QT CREATOR el cual podemos utilizar desde la Raspberry para hacer la aplicación que nos graficara la medición del nivel en los canales de captación de los ríos Vinagre y cauca.
- Prácticas en la elaboración de aplicaciones graficas.

Fotos:

```
else:
    cont_buffer = 0

if cont_buffer == 3: # cuando llegue a 3 se extrae la longitud del mensaje
    longitud_datos = buffer[1]<<8 | buffer[2]
    longitud_datos = longitud_datos +4; #se suman 4 son las cabeceras y cheksun

if cont_buffer == longitud_datos+1:
    #en este punto ya esta el mensaje completo
    cont_buffer = 0
    #validar cheksun
    i = 0
    checksum = 0
    for x in range(3,longitud_datos):
        checksum = checksum + buffer[x]
    masc = 0b0000000011111111
    checksum = masc & checksum
    if checksum == 0xFF:
        trama_lista = 1 #se debe implementar una función
        temporal = 0
        for x in range(0, longitud_datos-1): #va desde el byte de longitud hasta el byte antes del cheksun
            proceso[temporal] = buffer[x]
            temporal = temporal+1

        print ""
    else:
        trama_lista = 0
        print "error en cheksun"

if trama_lista == 1:
    #en caso de tener una trama lista
    print "trama lista"
```

Figura 1. Programa de diseño de trama del mensaje con la convención hexadecimal a decimal y enlace de XBee con Raspberry. Fuente propia

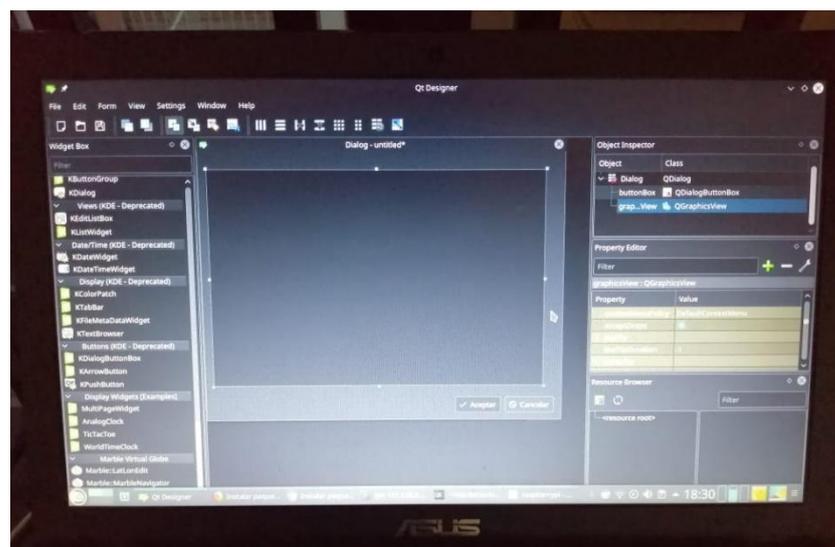


Figura 2. Software QT designer desarrollador de aplicativos gráficos para raspberry pi. Fuente propia

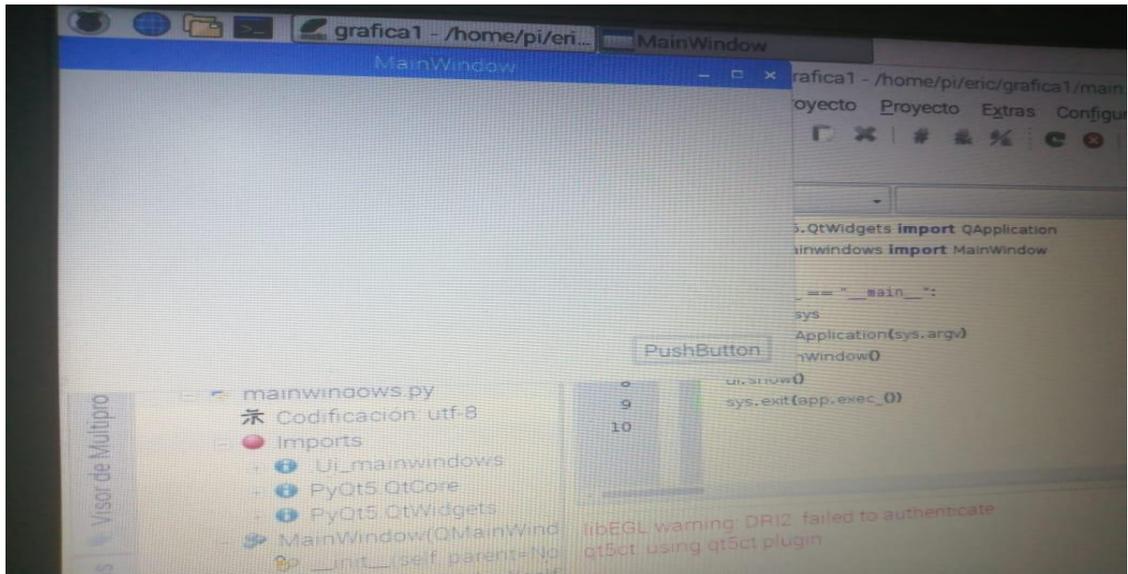


Figura 3. Generación de interfaz grafico para la visualización en la medición de los sensores ultrasónicos tipo radar. Fuente propia

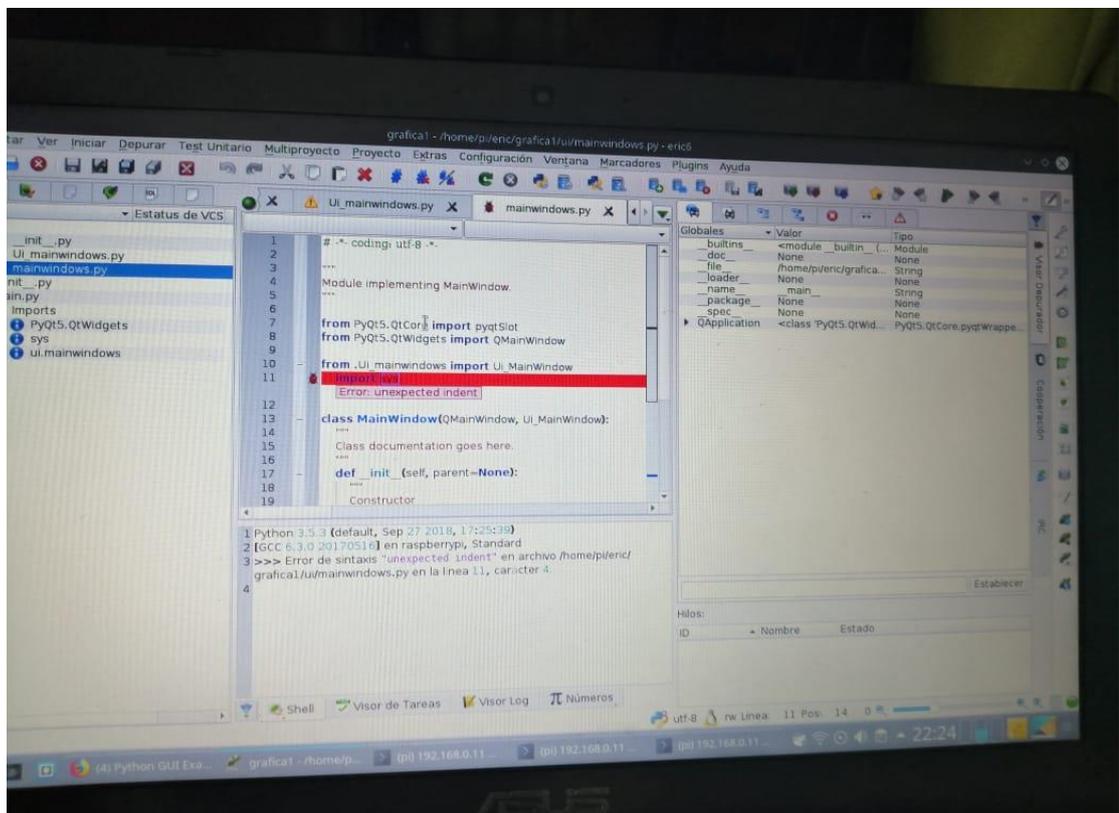


Figura 4. contratiempos en interfaz gráfica de medición. Fuente propia

Informe semana 15

Juan Pablo Hoyos Orozco

Pasante de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca
“SISTEMA DE MEDICION Y MONITOREO DE NIVEL EN CANALES DE
CAPTACION DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA FLORIDA II”

En la semana 15 se elaboró la base de datos de los dos sistemas de medición del canal de captación del Rio Cauca como del Rio vinagre los cuales se desarrollaron en MySQL usando como tal un sistema de comunicación local y así poder observar por el operario lo que mide el sensor.

- Elaboración del sistema remoto entre la Raspberry pi y el computador, para desarrollar desde el computador la base de datos con MySQL ya que la Raspberry es muy lenta y incómoda para hacer tantos procesos juntos y luego programar la Raspberry Pi para ingresar la base de datos desarrollada
- Crear un usuario administrador en MySQL para las bases de datos de los dos medidores con sus respectivos permisos logrando hacer modificaciones en los datos ingresados.
- Problemas de ingreso a MySQL por restricción de Raspberry en modo super usuario.
- Modificación de Usuario y contraseña en MySQL dando prioridad a usuario ROOT y así tener una comunicación local y darle privilegios al usuario Administrador.
- Creación de Base de datos por fecha, hora, estación y medición cada 4s.

Fotos:

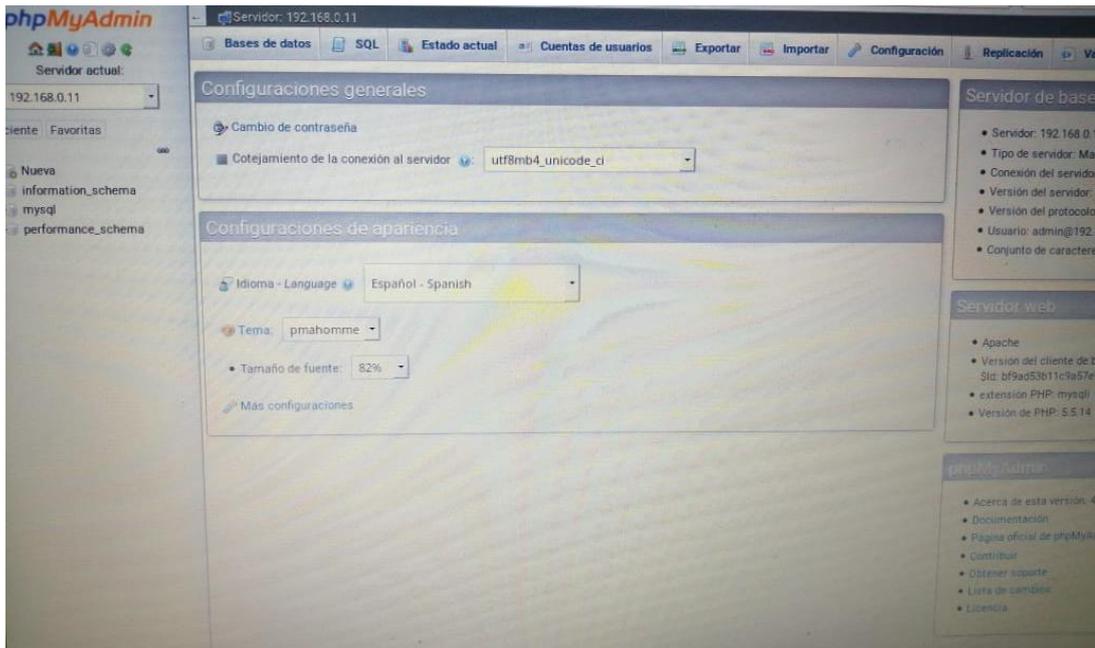


Figura 1. Elaboración de Base de datos local. Fuente propia

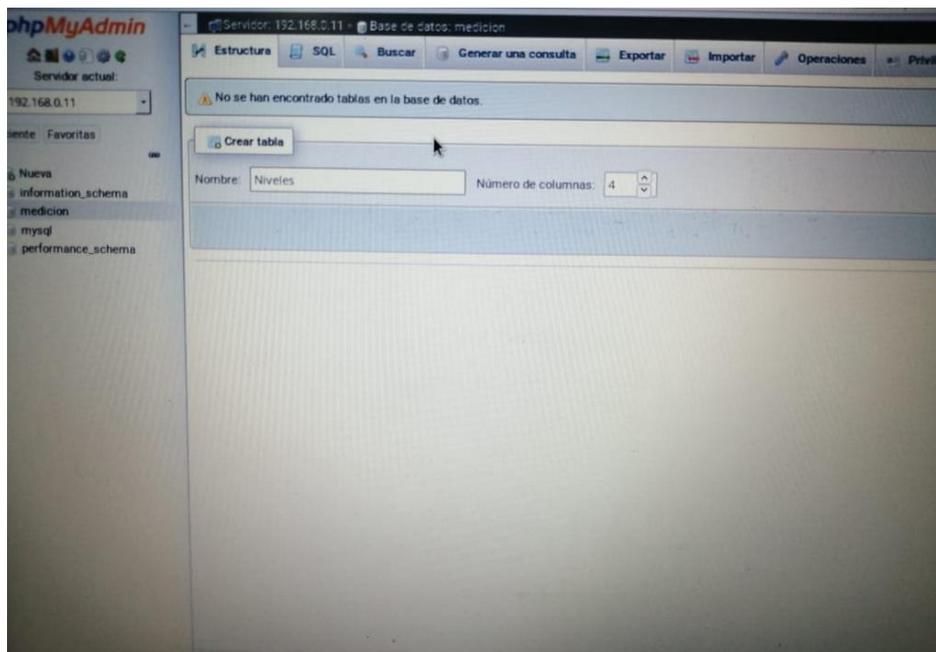


Figura 2. Creación de perfil con respectiva tabla. Fuente propia

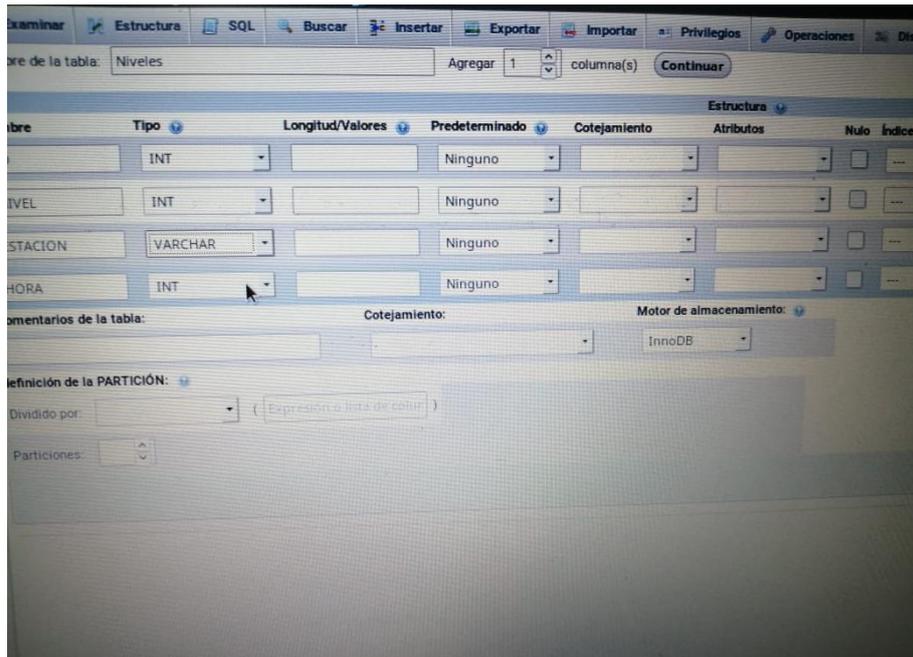


Figura 3. Indicadores de base de datos tipo Int y Warchar para la cadena de caracteres alfanuméricos dependiendo del tamaño del mensaje almacenado correspondiente a nivel, estación, hora y fecha. Fuente propia

Mostrar todo | Número de filas: 25 | Filtrar filas:

Opciones

| | ID | NIVEL | ESTACION | HORA |
|---|----|-------|----------|---------------------|
| <input type="checkbox"/> Editar Copiar Borrar | 1 | 69 | | 2019-07-31 22:08:35 |
| <input type="checkbox"/> Editar Copiar Borrar | 2 | 69 | | 2019-07-31 22:08:41 |
| <input type="checkbox"/> Editar Copiar Borrar | 3 | 68 | | 2019-07-31 22:08:47 |

Seleccionar todo Para los elementos que están marcados: Editar Copiar

Figura 4. Datos almacenados en MySQL con su respectiva información. Fuente propia

Informe semana 16

Juan Pablo Hoyos Orozco

Pasante de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca
“SISTEMA DE MEDICION Y MONITOREO DE NIVEL EN CANALES DE
CAPTACION DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA FLORIDA II”

En la semana 16 se realizó pruebas con la base de datos que en el anterior informe se mostró en su respectiva foto dándonos resultados esperados también se empezó a realizar el aplicativo web donde el operario podrá visualizar el nivel, la hora, la fecha y la estación donde se está visualizando el monitoreo de los canales de captación del Rio Cauca.

- Pruebas de base de datos de cada sensor con su respectivo almacenamiento.
- Desarrollo de aplicativo web para la visualización de monitoreo de cada sistema de nivel con su respectiva base de datos.
- Visualización de nivel gráfico y numérico con su respectiva hora, fecha y estación.
- Pruebas de aplicativo web con su respectiva base de datos graficando resultados.

Fotos:

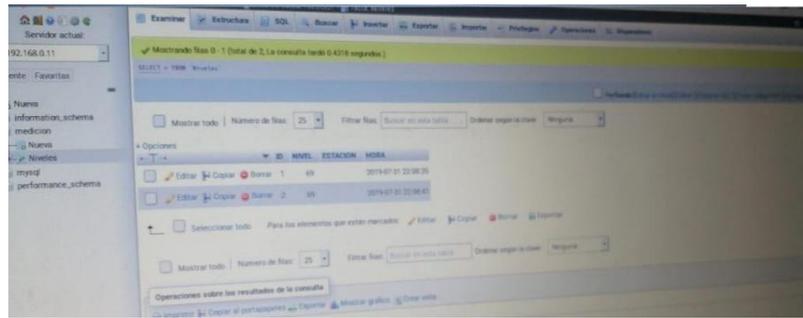


Figura 1. Prueba de Base de datos con su respectivo almacenamiento. Fuente propia

```
session_start();
error_reporting(E_ALL ^ E_NOTICE);
$hora = $_SERVER["REQUEST_TIME"];
$sduracion = 600;
if (!isset($_SESSION['ultima_actividad']) && ($hora - $_SESSION['ultima_actividad']) > $sduracion) {
    session_unset();
    session_destroy();
    session_start();
}
$_SESSION['ultima_actividad'] = $hora;
if (empty($_SESSION['username'])) {
    header("location: login.php");
}

function mostrar_menu($variable=0) {
    <center><br>
    <?php echo "Bienvenido " . $_SESSION['username']; ?>
    <br><br><a href=index.php> Menu principal </a>
    <br><a href=index.php?action=111> Ver Mapa </a>
    <br><a href=index.php?action=222> Ver datos en lista </a>
    <br><a href=index.php?action=310> Ver datos en Grafica </a>
    <?php if($variable == 1){
    echo <br><a href=index.php?action=311> Grafica estación 1</a>;
    echo <br><a href=index.php?action=312> Grafica estación 2</a>;
    } ?>
    <br><a href=login.php> Terminar sesion</a>
    </center>
}

function mostrar_registros($resultado_tabla){
    echo <section>;
}
```

Figura 2. Código de enlace de datos para el almacenamiento de ellos en MySQL. Fuente propia

```
<h1>Updating data</h1>
<div id="graph"></div>
<div id="reloadStatus">
<pre id="code" class="prettyprint linenums">
17
18 var nReloads = 0;
19 function data(offset) {
20     var ret = [];
21     for (var x = 0; x <= 360; x += 10) {
22         var v = (offset + x) % 360;
23         ret.push([
24             x: x,
25             y: Math.sin(Math.PI * v / 180).toFixed(4),
26             z: Math.cos(Math.PI * v / 180).toFixed(4)
27         ]);
28     }
29     return ret;
30 }
31 var graph = Morris.Line({
32     element: 'graph',
33     data: data(0),
34     xkeys: 'x',
35     ykeys: ['y', 'z'],
36     labels: ['sin()', 'cos()'],
37     parseTime: false,
38     ymin: -1.0,
39     ymax: 1.0,
40     hideover: true
41 });
42 function update() {
43     nReloads++;
}
```

Figura 3. código de registros para gráfico. Fuente propia

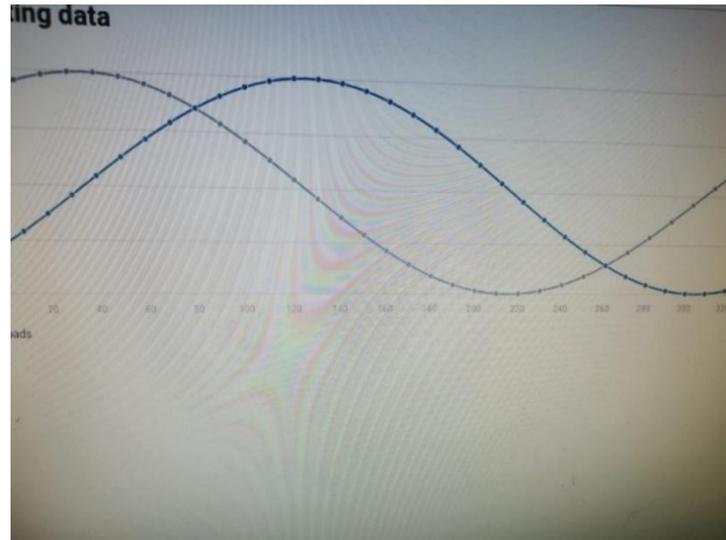


Figura 4. Grafica de nivel arrojada por el sensor ultrasónico tipo radar. Fuente propia

Monitoreo Canal Captacion

Registros en lista

| ID | NIVEL | ESTACION | HORA |
|----|-------|----------|---------------------|
| 1 | 69 | | 2019-07-31 22:08:35 |
| 2 | 69 | | 2019-07-31 22:08:41 |
| 3 | 68 | | 2019-07-31 22:08:47 |



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE TLAXCALA
AUTÓNOMA
Escuela de Ingeniería
Departamento de Ingeniería de Software
Facultad de Ingeniería

Figura 4. Pruebas de aplicativo grafico Web con resultados de nivel, estación fecha y hora de medición. Fuente propia

Informe semana 17

Juan Pablo Hoyos Orozco

Pasante de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca
"SISTEMA DE MEDICION Y MONITOREO DE NIVEL EN CANALES DE
CAPTACION DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA FLORIDA II"

En la semana 17 se realizó la infraestructura del dispositivo listo y funcional para ser ensamblado, consiguiendo los resultados esperados del mecanismo (completo y compacto) a las necesidades del embalse de Florida II siendo entregado a la compañía de generación VATIA S. E.S.P

- Infraestructura metálica
- Desarrollo de cableado interno para los dispositivos
- Cajas adecuadas para la protección del dispositivo y con sus respectivos accesorios
- Dispositivo terminado y entregado a la compañía Vatia S.A.E.S.P antes de su instalación en la Bocatoma de Florida II.

Fotos:



Figura 1. infraestructura metálica terminada lista para aplicar pintura. Fuente propia



Figura 2 Cableado con toma de corriente y breaker de protección para la XBee y Sensor Ultrasónico en la infraestructura. Fuente propia



Figura 3. Cajas de protección con dispositivo adentro. Fuente propia



Figura 4. Dispositivo ensamblado y terminado. Fuente propia



Figura 5. Estructura del sistema debidamente ensamblada. Fuente propia

ANEXO B

MEDIDOR DE NIVEL DE CAUDAL MDC-T67

MANUAL DE USUARIO



Antes de utilizar esta unidad, lea detenidamente los apartados titulados: “UTILIZAR LA DISPOSITIVO DE FORMA SEGURA” y “NOTAS IMPORTANTES” (Manual del Usuario). Estos apartados le ofrecen información importante relativa al funcionamiento del dispositivo además debe tener en cuenta que, para estar seguro de que ha entendido las prestaciones de su nuevo dispositivo debe leer todo el Manual del Usuario. Guarde este manual en un lugar seguro y téngalo siempre a mano para consultarlo cuando sea necesario.

Le agradecemos y le felicitamos por haber elegido el MDC-T69

PRESTACIONES

- El dispositivo MDC-T67 (MEDIDOR DE NIVEL DE CAUDAL) está equipado con un ordenador RASPBERRY PI 3B+ adecuado para el funcionamiento eficiente del dispositivo con una Xbee S3B 900 MHZ.
- Puedes ver la gráfica de medición del canal de captación donde está ubicado sin necesidad de ingresar a los vínculos desplegados al ingresar el usuario asignado.
- Se puede lograr llevar registros de la medición diaria del dispositivo logrando adecuado el sistema para nivel requerido.
- El registro en la página web del dispositivo es necesario para poder visualizar las dos graficas relacionadas de cada canal de captación y de poder ver los datos ingresados a la base de datos.
- Siempre ejecutar el Xbee.sh que se encuentra en el escritorio en primera instancia antes de abrir el ejecutable de la página web para que el código Basado en Python se compile y pueda recibir los

datos de la red Xbee y así visualizar la medición receptada del emisor del sensor ultrasónico industrial MB7380-100.

NOTA IMPORTANTE

Alimentación: Cargador.

- No utilice esta unidad en el mismo circuito de alimentación en el que tenga conectado otro aparato que pueda generar ruido en los sensores emisores (como, por ejemplo, un motor eléctrico o un sistema de encendido variable).
- El adaptador AC-DC generará calor después de varias horas de uso continuo. Esto es normal.
- Recomendamos utilizar un adaptador Ac-Dc que supere los 3 amperios, dado que el consumo del dispositivo es bastante alto por eso se recomiendo adaptadores Huawei de dispositivos Móviles.
- Antes de conectar este dispositivo a otros aparatos, apague todos los dispositivos, para así prevenir posibles daños o el funcionamiento deficiente de las tarjetas XBee u otros aparatos.

Colocación

- Este aparato puede producir interferencias en la recepción de datos móviles. No utilice este aparato cerca de dichos receptores.
- No exponga la unidad a la luz del sol directa, no la coloque cerca de aparatos que desprenden calor, ni el deje dentro de un vehículo cerrado o de otra forma exponerla a temperaturas extrema.
El calor excesivo puede deformar o decolorar el dispositivo.

Mantenimiento

- Para la limpieza de cada día, limpie la unidad con un paño suave y seco o con un paño que haya sido ligeramente humedecido con agua Para

limpiar la suciedad incrustada, utilice un paño impregnado con un detergente neutro, no abrasivo. Seguidamente, deberá pasar un paño suave y seco por toda la superficie del dispositivo.

- No utilice nunca bencina, alcohol ni ningún tipo de disolventes. De este modo, evitará la posible decoloración y/o deformación del dispositivo. Precauciones Adicionales
- Haga un buen uso de los botones del dispositivo, de los deslizadores y de cualquier otro control de la misma manera que cuando utilice sus jacks y conectores. Un mal uso puede provocar el funcionamiento deficiente de la unidad.



ADVERTENCIA

El uso inadecuado de este dispositivo puede causar daños a la programación y medición de los canales de captación de la hidroeléctrica

GUIA

- Conectar adecuadamente el dispositivo al toma corriente y esperar que encienda hasta que inicie mostrando el escritorio del ordenador.



En la parte superior izquierda se observan dos iconos significativos los cuales están para iniciar el programa de medición, estos iconos se deben iniciar en el orden correcto para que el dispositivo reciba el dato del sensor como se ve en la siguiente imagen.

- El orden que se debe llevar para su funcionamiento adecuado en la medición es abrir el archivo del escritorio llamado Xbee.sh el cual después de abrirlo



aparece un mensaje que nos da tres opciones el cual debemos seleccionar Ejecutar.

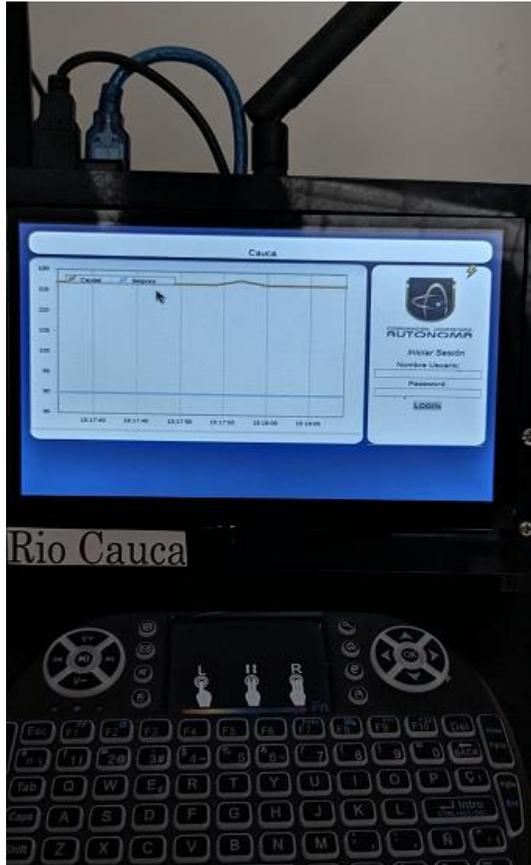
- Después de iniciar el aplicativo Xbee.sh la Xbee del ordenador empezara a recibir los datos los cuales no

se verán reflejados hasta no ejecutar la pagina que es el icono continuo al Xbee.sh.



Se inicializará la Pagina web donde mostrará en primera estancia la grafica de medición con sus respectivas medidas donde se encuentre el sensor posesionado, al lado derecho

se observará el usuario con su respectiva contraseña para desplegar los vínculos correspondientes de revisión.

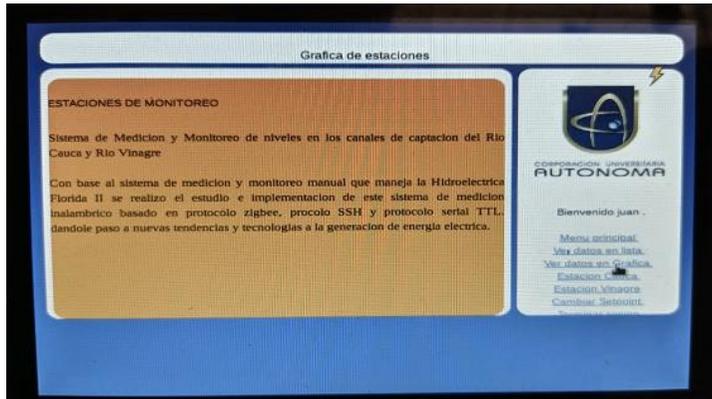


- Después de que se digite el usuario y contraseña se ingresa a los vínculos desplegables donde ya se escogerá la opción que se requiera.



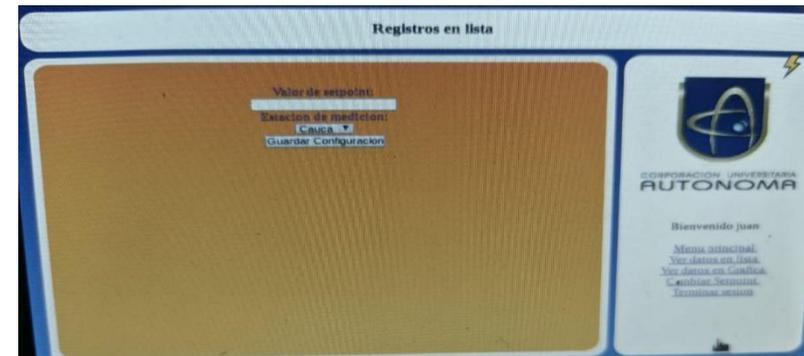
- En los vínculos plegables del lado derecho podemos observar la gráfica y el objetivo general del sistema de medición (ver datos de grafica) los cuales nos

ayudaran a observar la medición de cada canal de captación que se esté midiendo.



En la opción cuadrar punto de referencia podemos organizar nuestra grafica de tal manera que observemos el cambio del

nivel del caudal que se esté generando en ese preciso momento.

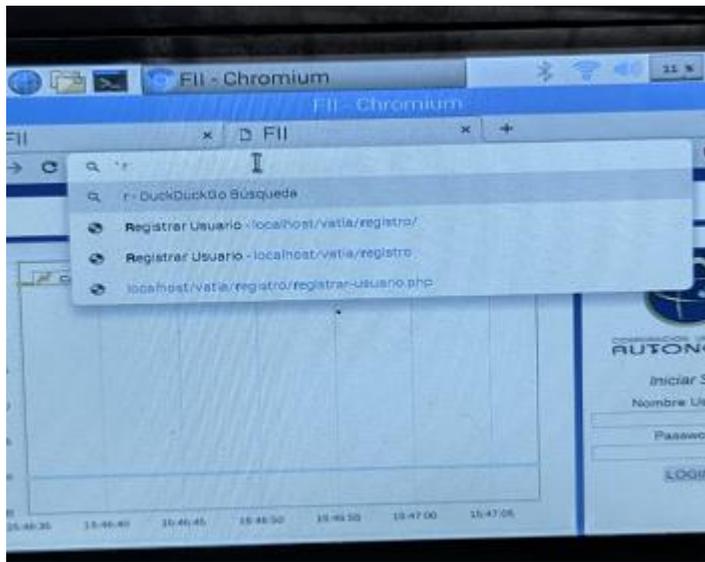


También en las opciones desplegadas podemos analizar la medida generada con su hora, mes y año logrado un registro de datos de cada canal de captación.

The screenshot shows the "Registros en lista" interface with a table of recorded data. The table has four columns: ID, NIVEL, ESTACION, and HORA. The data is as follows:

| ID | NIVEL | ESTACION | HORA |
|---------|-------|----------|---------------------|
| 4355.30 | 80 | cauca | 2020-08-11 22:11:13 |
| 4356.30 | 80 | cauca | 2020-08-11 22:11:16 |
| 4351.47 | 80 | cauca | 2020-08-11 22:11:18 |
| 4352.38 | 80 | cauca | 2020-08-11 22:11:22 |
| 4353.41 | 80 | cauca | 2020-08-11 22:11:25 |
| 4354.39 | 80 | cauca | 2020-08-11 22:11:28 |
| 4355.39 | 80 | cauca | 2020-08-11 22:11:31 |
| 4356.40 | 80 | cauca | 2020-08-11 22:11:34 |
| 4357.40 | 80 | cauca | 2020-08-11 22:11:37 |
| 4358.40 | 80 | cauca | 2020-08-11 22:11:40 |
| 4359.41 | 80 | cauca | 2020-08-11 22:11:43 |
| 4360.38 | 80 | cauca | 2020-08-11 22:11:46 |
| 4361.38 | 80 | cauca | 2020-08-11 22:11:49 |
| 4362.40 | 80 | cauca | 2020-08-11 22:11:52 |
| 4363.39 | 80 | cauca | 2020-08-11 22:11:55 |
| 4364.40 | 80 | cauca | 2020-08-11 22:11:58 |
| 4365.39 | 80 | cauca | 2020-08-11 22:14:01 |
| 4366.40 | 80 | cauca | 2020-08-11 22:14:04 |
| 4367.40 | 80 | cauca | 2020-08-11 22:14:07 |
| 4368.41 | 80 | cauca | 2020-08-11 22:14:10 |
| 4369.39 | 80 | cauca | 2020-08-11 22:14:13 |
| 4370.37 | 80 | cauca | 2020-08-11 22:14:16 |
| 4371.38 | 80 | cauca | 2020-08-11 22:14:19 |
| 4372.41 | 80 | cauca | 2020-08-11 22:14:22 |
| 4373.39 | 80 | cauca | 2020-08-11 22:14:25 |
| 4374.38 | 80 | cauca | 2020-08-11 22:14:28 |
| 4375.38 | 80 | cauca | 2020-08-11 22:14:31 |
| 4376.40 | 80 | cauca | 2020-08-11 22:14:34 |
| 4377.41 | 80 | cauca | 2020-08-11 22:14:37 |
| 4378.40 | 80 | cauca | 2020-08-11 22:14:40 |

- Para poder realizar el ingreso a esta plataforma web se necesita crear un Usuario que permita la manipulación de los hipervínculos que se observaron anteriormente, por eso a la hora de abrir la web se debe poner en la barra de búsqueda  Localhost/vatia/registro y así ingresar a una brecha y poder hacer el registro necesario del operario que hará las tareas pertinentes de medición.



Se escoge el nombre del operario para hacer un usuario adecuado y una contraseña que se le asigne para poder registrarse normal logrando quedar en la base de datos.





Países de la UE
Este producto cumple los requisitos de las Directivas Europeas EMC 89/336/EEC y LVD 73/23/EEC.

Para EEUU

NORMATIVA SOBRE INTERFERENCIAS DE RADIOFRECUENCIA DE LA COMISION FEDERAL DE COMUNICACIONES

Este equipo ha sido probado y cumple con los límites establecidos para los aparatos digitales de Clase B, siguiendo la Parte 15 de las Normas FCC. Estos límites han sido pensados para proporcionar una protección razonable contra interferencias nocivas en una instalación de hogares. Este equipo genera, utiliza y puede radiar energía de radiofrecuencia y, si no se instala y se utiliza tal como se indica en las instrucciones, puede causar interferencias nocivas para las comunicaciones por radio. Sin embargo, no podemos garantizar que no se produzcan interferencias en una instalación concreta. Si este equipo causa interferencias nocivas en la recepción de señales de radio o televisión, que pueden determinarse encendiendo y apagando el equipo, el usuario puede intentar corregir la interferencia siguiendo uno o más de los pasos que le indicamos a continuación:

- Reorientar o recolocar la antena receptora.
- Aumentar la separación entre el equipo y el receptor.
- Conectar el equipo a una toma de corriente de un circuito diferente del circuito al que está conectado el receptor.
- Consulte a su proveedor o a un técnico de radio/TV.

Cambios o modificaciones no autorizadas de este sistema pueden hacer perder al usuario su autorización para hacer funcionar este equipo. Este equipo requiere de cables de interfaz forrados para cumplir el Límite FCC de Clase B.

Para Canada

AVISO

Este aparato digital de Clases B cumple con todos los requisitos de la Normativa Canadiense sobre Aparatos Productores de Interferencias.

AVIS

Cet appareil numérique de la classe B respecte toutes les exigences du Règlement sur le matériel brouilleur du Canada.

PRECAUCIÓN

- Cuando tenga la mínima sospecha de que pueden caer rayos o relámpagos por la zona donde se encuentre, desconecte el adaptador de la toma de corriente.



- Si se utilizan de forma incorrecta, del cargador pueden explotar o causar daños o lesiones. Para aumentar la seguridad, lea detenidamente las siguientes precauciones.



- Siga al pie de la letra las instrucciones la instalación del dispositivo

- Saque el cargador cuando no vaya a utilizar el dispositivo durante un largo periodo de tiempo.

PRECAUCIÓN

- Si un cargador gotea, utilice un trozo de tela o toallita de papel para secar todos los restos de líquido del habitáculo. A continuación, instale cargador nuevo. Para evitar inflamaciones cutáneas, asegúrese de que el líquido del cargador no toca sus manos y su piel. Actúe con la mayor precaución para que el líquido del cargador no llegue a sus ojos. Limpie inmediatamente la zona afectada con agua corriente si le entra algún resto del líquido del cargador en los ojos.

- No deje nunca el cargador junto a objetos magnéticos como imanes o objetos con elementos Húmedos etc.



- Debe desechar el cargador de conformidad con la normativa relativa a los desechos de aparatos electrónicos vigente en la región en la que vive.