



**DISEÑO PARA EL MONITOREO Y OPERACION DEL PROCESO DE RECIRCULACION DE TANQUES DE LA  
PTAR DEL MUNICIPIO DE SESQUILE CUNDINAMARCA**

**CARLOS ALBERTO SARMIENTO GONZALEZ**

**ANTEPROYECTO**

**Directora:**

**GLORIA STELLA BARRERA ARIAS**

**FUNDACION UNIVERSITARIA AGRARIA DE COLOMBIA**

**INGENIERIA MECATRONICA**

**2022**

## 1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La contaminación de agua del río Bogotá por mal funcionamiento de la planta número 2 de tratamiento de aguas residuales ubicada en la vereda boíta del municipio de Sesquilé Cundinamarca, según información de la Corporaciones Autónomas Regionales la CAR “La falta de optimización de algunas plantas de tratamiento de los municipios de la cuenca genera la contaminación del río” Problemática (2018), ya que, tiene implementado un sistema poco eficiente para el monitoreo de nivel deseado, porque cuentan con equipos que no cumplen con las aprobaciones y certificados para cumplir con las regulaciones gubernamentales que se necesitan para medir de manera precisa los niveles en todos los tanques y monitoreo de los sistemas de bombeo y prevenir la acumulación y rebosamiento de los líquidos generando contaminación.

Este se genera porque la planta está ubicada al costado del río Bogotá por ende cuando se rebosan estos tanques el líquido se dirige hacia el río y el resto del proceso de la planta además de la generación de malos olores, posibles daños de la infraestructura de la planta y penalizaciones a la empresa encargada; Donde está afectando la población de 1700 personas que habitan en la vereda de Boíta y las empresas floricultoras de la zona que son aproximadamente 9 con promedio 350 trabajadores por empresa. (*Municipio de Sesquilé (2020)*).

¿Cómo disminuir la contaminación del río Bogotá configurando un sistema funcionamiento apropiado para el monitoreo y operación del nivel de los tanques de lodos de la planta número 2 de tratamiento de aguas residuales del municipio de Sesquilé Cundinamarca?

## 2. JUSTIFICACION

En la actualidad uno de los problemas al medio ambiente es la contaminación del agua más específicamente el río Bogotá se genera por la tala de árboles, las captaciones de agua ilegales, el depósito de residuos domésticos e industriales que llegan al río, la disposición de basuras, residuos industriales con metales pesados, y la falta de interés por manejar eficiente y responsablemente las aguas del río, lo convierten en un referente de suciedad y contaminación a nivel mundial lo cual es generado por Los vertimientos industriales de las curtiembres de Villapinzón Cundinamarca ubicadas a 5 kilómetros del nacimiento. La falta de optimización de algunas plantas de tratamiento de los municipios de la cuenca. Las industrias, la minería extractiva y los escombros. Los tres vertimientos de Bogotá que afectan al río dejándolo anóxico y sin vida son Salitre, Fucha y Tunjuelo. *Problemática* (2018).

La presente propuesta se enfocara en el diseño para el monitoreo y operación del proceso de recirculación de tanques de la planta de tratamiento de aguas residuales número dos del municipio de Sesquilé Cundinamarca, ya que tiene instalado un sistema poco eficiente para el monitoreo del nivel de los tanques de lodos que no cuentan con equipos que cumplan con las aprobaciones y certificados para cumplir con las regulaciones gubernamentales que se necesitan medir de manera precisa los niveles de los tanques y monitoreo de los sistemas de bombeo para prevenir la acumulación y rebosamiento de los líquidos.

Los beneficios sociales de la implementación del diseño del sistema de monitoreo y operación para los tanques de lodo en la planta de tratamiento están encaminados principalmente a disminuir la contaminación al río generada por la problemática ya mencionada la anteriormente, dando como resultado la disminución de malos olores, evitando la generación de vectores y beneficiando los habitantes de la vereda de Boíta y las empresas floricultoras de la zona y la empresa encargada de la planta Acuases SA ESP.

Este diseño tiene una utilidad metodológica, ya que podrían realizarse futuras implementaciones en las otras plantas de tratamiento del municipio de tal manera que se logre mejorar los demás procesos de monitoreo y operación, generando un análisis del comportamiento de los niveles y porcentaje de conectividad de los radios de comunicación en todos los tanques que estén instalados en las plantas de tratamiento optimizando el proceso general del tratamiento del agua.

En el aspecto profesional del diseño se pretende contribuir a futuras implementaciones del monitoreo de nivel y operación en diferentes campos de la industria, ya que el diseño será compatible con la mayoría de los sistemas automatizados por la razón de que se utilizaran equipos adaptables a cualquier protocolo industrial.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo general**

- Diseñar un sistema de monitoreo y operación del proceso de recirculación tanques de la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de Sesquilé en Cundinamarca, apoyado en herramientas de gestión de proyectos.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

- Diagnosticar el proceso actual de monitoreo y operación del proceso de recirculación para después dar un resultado con la puesta en marcha de la automatización del proceso, apoyado en herramientas de gestión de proyectos.
- Determinar las especificaciones y requerimientos de los equipos para la automatización del proceso.
- Proponer una alternativa que cumpla con la automatización para el monitoreo y operación del proceso de recirculación de los tanques de la planta de tratamientos de aguas residuales.

## 4. MARCO REFERENCIAL

### 4.1. Estado del Arte:

A continuación. Se presentan diferentes implementaciones desde el campo internacional y nacional relacionadas con el problema de investigación monitoreo y operación del proceso de recirculación de tanques.

#### 4.1.1 Internacionales.

Measuring Hopper fill levels with radar (2022) Realizaron la implementación de medición de niveles de llenado de tolva con radar en una planta industrial de materiales de construcción en USA donde se requería equipar una tolva de línea de producción con un sensor apropiado para medir el nivel de llenado ayuda a garantizar que los procesos funcionen sin problemas, de manera uniforme y continua, donde tienen como desafío que algunos materiales secos que las tolvas recolectan y distribuyen generan polvo u otras partículas en el aire, lo que puede causar que los sensores ópticos y ultrasónicos cometan errores de detección. La metodología utilizada en esta implementación fue utilizar el sensor de radar T30R instalarlo en la parte superior de un contenedor de tolva seca donde emite ondas de radio de alta frecuencia para identificar el contenido de la tolva para una medición precisa, incluso en presencia de partículas o polvo pesado en el aire. Los resultados obtenidos aseguran que el llenado de la tolva se pueda mantener en los niveles apropiados para una producción continua la cual cuenta con una torre de luz Banner conectada proporciona una indicación visual brillante del nivel de llenado detectado.

Automate data collection for on-site water treatment (2021) Realizaron la implementación de automatizar la recopilación de datos para tratamiento de agua en México donde requería que, sin incrementar el personal de mantenimiento, la compañía pudo concentrarse en otras cuestiones excepcionales y además recolectar de manera confiable los datos del nivel de agua necesarios para cumplir con las prácticas estándar del tratamiento de agua. la metodología utilizada en esta implementación fue instalar una red inalámbrica SureCross para recoger lecturas de nivel de 4–20 mA durante todo el proceso de tratamiento de agua. Un nodo con entradas analógicas se instaló en cada punto de medición de nivel de agua y un solo GatewayPro fue montado dentro del taller de mantenimiento el cual está en un edificio que se encuentra aproximadamente 90 metros lejos del área de tratamiento de agua. El GatewayPro ofrece una interfaz de EtherNet/IP que conecta con el sistema de control de toda la planta existente. Los datos de nivel se muestrean automáticamente y ahora pueden ser revisados en tiempo real. Los resultados obtenidos fue una recopilación automática de datos y una visibilidad incrementada a través del todo el proceso de tratamiento de agua.

#### 4.1.2 Nacionales.

lycsa (2020) Realizaron la implementación medición inalámbrica de nivel en tanques de materias primas en Hexion química S.A ubicada en Yumbo-Valle del cauca donde

requería mejorar su proceso de medición de nivel en los tanques de materia prima minimizando los desbalances ocasionados por la medición con cinta métrica y mitigando los riesgos por manipulación humana de la materia prima. La metodología utilizada en la implementación fue una solución tipo inalámbrica, integrando un sistema capaz de reportar al grupo de logística y producción el estado actual de los tanques. Los resultados obtenidos fue la reducción de desbalances en los procesos de medición, disminución de riesgo laboral en las operaciones, optimización en el sistema de abastecimiento, Control real de inventarios y Aumento de ingresos por control apropiado de costos de producción.

Telemetrik (2020) Realizaron la implementación medición en tiempo real de caudal y de nivel en el acueducto municipal de Anorí donde requería tener la medición en línea de las variables de caudal y nivel en su planta de tratamiento y tanque de almacenamiento para dejar de llevar este control de manera manual para evitar el desplazamiento de los empleados al tanque para verificación del nivel del tanque, lo que implica pérdida de tiempo y dinero por los pagos de transporte y así lograr saber el valor exacto del nivel captado. La metodología utilizada en la implementación fue realizar el montaje de un sensor de nivel para medir el nivel del agua en el tanque de almacenamiento y caudalímetros para la medición del caudal del agua del Acueducto, en línea y en tiempo real que cuentan con un sistema de telemetría para la transmisión remota de datos, la información es almacenada en servidores virtualizados y pueden ser accedidos de manera remota desde cualquier dispositivo con acceso a internet. Los resultados obtenidos fue tener la medición en línea y en tiempo real la cual se refleja en ahorro de tiempo y dinero para el Acueducto, economizan más de 30 horas mensuales por desplazamiento, más lo que se paga por transporte al sitio y obtener los valores del caudal captado en línea que les permite tener control interno y la facilidad de entregar los resultados a las entidades encargadas de realizar de revisión y evitar posibles multas.

De acuerdo con el análisis realizado al estado del arte, el monitoreo y operación del proceso de recirculación de tanques se puede llegar a obtener resultados que benefician tanto a la producción como a la empresa donde se implementa el sistema trayendo beneficios como la mejora de tiempos de producción y de operación, obtención de valores en tiempo real, aumento de ingresos y compatibilidad con sistemas ya instalados.

#### **4.2. Marco Histórico y geográfico**

El proyecto se localiza la planta de tratamiento de aguas residuales número 2 en la vereda Boíta del municipio de Sesquilé Cundinamarca, él cuenta con un variado y extenso territorio de planicie que lo componen el área longitudinal del Embalse de Tominé en la Veredas de Gobernador San José y Chaleche, son áreas que en el pasado se explotaron en la agricultura antes de la construcción de la represa, hoy son dedicadas en su gran mayoría a fincas de recreo. Existen zonas montañosas en la parte alta del Municipio (veredas El Hato, Ranchería, Tierra Negra y Espigas) que son explotadas en agricultura (cultivo de papa) y ganadería especialmente. El área noroccidental es donde

se concentra la mayor actividad agroindustrial del municipio (Veredas Boitá, Nescuatá y Boitivá), zonas de planicie y ligeramente quebradas que han dado auge a la mayor expansión de población a nivel rural, los cultivos de flores y producción lechera en haciendas de gran extensión. Los límites del municipio: Al sur limita con Guatavita, Al norte con Chocontá y Suesca, al Oriente con Machetá y al Occidente con Gachancipá con una extensión total: 141 km<sup>2</sup>, altitud de la cabecera municipal: 2595 metros sobre el nivel del mar, temperatura media: 14 °C y Distancia de referencia: De Bogotá a 45 km S.A.S, A.M.de S. (2022)



Localización de Sesquilé en Cundinamarca (2022)

Con respecto al río Bogotá en el Municipio de Sesquilé se puede resaltar su ubicación dentro de la cuenca alta, entre los municipios de Suesca y Gachancipá, el río a su paso baña las veredas de Nescuatá, Boitivá, y Boitá, en una longitud de 11 Km. Hay que mencionar, además, frente a los recursos hídricos del municipio. Se debe agregar que todas las cuencas y subcuencas son tributarias del Río Bogotá, y dentro de ellas destaca el Río San Francisco, que es el principal proveedor del embalse del Sisga, fuente importante del acueducto del Río Bogotá, junto con el embalse de Tominé, que toma las aguas del Río Siecha; Cuando el río se adentra en el Municipio presenta un estado de contaminación relativamente bajo, muy similar al que entrega en el Municipio de Gachancipá, lo dicho aquí supone que Sesquilé es un contaminante de bajo impacto, pero de una u otra medida, es responsable del estado del río. Bohorquez, R. (2016).

#### 4.3. Marco teórico:

El diseño para el monitoreo y operación del proceso de recirculación de tanques se ha buscado implementar distintos sistemas automatizados con diferentes tipos de medición por lo que será importante definir algunos conceptos claves para este diseño. Entre los cuales se encuentran: la planta de tratamiento de aguas residuales, la automatización de procesos industriales, el monitoreo, la operación, sistemas de medición de nivel, tipos de comunicación y los equipos apropiados para el monitoreo y operación del proceso de recirculación de tanques.

##### 4.3.1 Planta de tratamiento de aguas residuales.

Según Romero Rojas, J. A. (2004). Las plantas para el tratamiento de las aguas residuales pueden tener diferentes modos de funcionamiento, dependiendo del nivel de purificación que realicen del agua y de los procesos que empleen durante ese proceso. Sin embargo, existen algunos procesos básicos que se realizan en el tratamiento de aguas residuales en los que la mayoría de las plantas presentan similitudes.

Primero el agua residual es llevada a una planta de tratamiento por medio de tuberías de gran capacidad, en las cuales tanto el agua como las basuras acumuladas en esta pasan libremente hasta estanques en la planta de tratamiento, en donde es almacenada para el proceso posterior de filtrado y descontaminación.

El agua pasa por una serie de cámaras en las cuales se realizan diferentes niveles de filtrado, en los que se separan partículas cada vez más pequeñas, para proceder a una etapa de estancamiento en la que por medio de un proceso que puede ser aeróbico o anaeróbico, se realiza la sedimentación de los contaminantes presentes en el líquido, paso muy importante en el proceso.

El agua obtenida de estos procesos se encuentra clarificada y lista para el tratamiento final a base de químicos que eliminan residuos contaminantes presentes en el agua. Al finalizar estos pasos será revisada la composición del agua para compararla con la del afluente en el cual será liberada, de manera que esta se adapte adecuadamente al entorno sin afectar su estado natural.

Las plantas de tratamiento requieren de gran cantidad de equipo especializado para cada uno de los procesos involucrados en la depuración del agua. La construcción de cámaras y estanques adecuados, así como la utilización de tecnología que permita el filtrado y procesado del líquido es el punto más importante para el funcionamiento óptimo de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Un equipo especializado se encarga de controlar con frecuencia que cada una de las etapas de trabajo de la planta se desarrolle adecuadamente y solucionará los problemas que puedan presentarse durante el proceso de descontaminación.

El funcionamiento óptimo de la planta en todas sus etapas es imprescindible para proporcionar un resultado final que cumpla con los requerimientos especificados a nivel ambiental. El grado de descontaminación del agua dependerá de la calidad en los procesos realizados por la planta, siendo el objetivo primordial del procedimiento proporcionar agua depurada a los afluentes naturales.

#### **4.3.2 Automatización de procesos industriales**

Según Moreno, E. G. (2001). La automatización de los procesos industriales constituye uno de los objetivos más importantes de las empresas en la siempre incesante tarea de la búsqueda de la competitividad en un entorno cambiante y agresivo. La automatización de un proceso industrial, (máquina, conjunto o equipo industrial) consiste en la incorporación al mismo, de un conjunto de elementos y dispositivos tecnológicos que aseguren su control y buen comportamiento. Dicho automatismo, en general ha de ser capaz de reaccionar frente a las situaciones previstas de antemano y además frente a

imponderables, tener como objetivo situar al proceso y a los recursos humanos que lo asisten en la situación más favorable. Históricamente, los objetivos de la automatización han sido el procurar la reducción de costes de fabricación, una calidad constante en los medios de producción, y liberar al ser humano de las tareas tediosas, peligrosas e insalubres.

#### **4.3.2.1 Monitoreo y operación.**

Según Valle, O., & Rivera, O. (2008). El monitoreo permite analizar el avance y proponer acciones a tomar para lograr los objetivos; Identificar los éxitos o fracasos reales o potenciales lo antes posible y hacer ajustes oportunos a la ejecución, el proceso de monitoreo es cíclico, es decir, rota continuamente en torno a diferentes énfasis funcionales desde la toma de datos hasta las intervenciones de énfasis o reorientación.

##### **4.3.2.1.1 Tipos de medición de nivel.**

Los métodos más utilizados en la industria para la medición de nivel de líquidos pueden ser clasificados en métodos de medición directa e indirecta. Los métodos de medición directa utilizan para la medición de nivel, la altura del líquido sobre una línea de referencia, estos se caracterizan por que tienen contacto directo con el líquido a medir. Los primeros instrumentos de medida directa se dividen en: Indicadores visuales como lo son el medidor de sonda, regla graduada, varilla con gancho y cinta métrica metálica graduada con plomada. Y también se encuentran los Instrumentos de flotador

Los métodos de medición indirecta miden otros efectos que cambian con el nivel del líquido. Entre ellos: Instrumentos que aprovechan el empuje producido por el propio líquido como lo son los medidores de desplazamiento, mecanismo de resorte y mecanismo con barra de torsión.

También encontramos instrumentos que miden el nivel aprovechando la presión hidrostática como lo es el medidor manométrico, caja de diafragma, trampa de aire, medidor de tipo burbujeo y medidor de presión diferencial de diafragma.

Los instrumentos que utilizan las características eléctricas del líquido son el medidor resistivo, medidor conductivo, medidor capacitivo, medidor ultrasónico, medidor de radar o microondas, medidor de radiación y medidor de láser.

Por último, encontramos los instrumentos que se basan en otros fenómenos como lo es el medidor óptico, vibratorio y detector de nivel térmico o de dispersión térmica. MEROX, D. (2017).

##### **4.3.2.1.1.1 Sensores para la medición de nivel.**

Según (Astudillo Bastidas, R. A. (2016); Méndez, M., & Erazo, P. (2014)) 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; Los instrumentos más comunes, se clasifican en: mediciones de la variable por medio de presión hidrostática, no invasivos, y de forma directa como lo son:

- **Medidor de sonda:** Consiste en una varilla o regla graduada, 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.
- **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.
- **Medidor de flotador:** Consta de un elemento tipo flotador ubicado en la superficie del líquido y conectado al exterior del recipiente, genera indicaciones de nivel sobre una escala graduada.
- **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.

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.
- **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.

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.
- **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.

- **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.

#### 4.3.2.1.2 Visualización y alarma.

Según Briceño, J. (2005) una interfaz hombre-máquina (HMI), se define como todas las partes de un sistema interactivo (software o hardware) encargadas de proporcionar la información y el control necesarios para que el usuario pueda interactuar con el sistema para la ejecución de diferentes funciones.

- Funciones de control y supervisión sobre todo el proceso.
- Funciones de planificación y mantenimiento de operaciones.
- Funciones de presentación gráfica o impresa de: diagramas gráficos, menús de selección, despliegue de datos tabulados, despliegue de alarmas y tendencias históricas o reales, etc.
- Funciones de entrada de datos para la introducción de órdenes de control e información se realizan principalmente mediante teclados.
- Funciones de generación de alarmas para la notificación de un estado anormal que requiere atención del usuario

#### 4.3.2.1.3 Protocolos de comunicación.

Según Rodríguez, A (2008), protocolo de comunicación menciona la capacidad de conectar y mantener dialogo entre dos equipos realizando una transmisión de información o datos por un sólo cable de comunicación que facilita la conexión y operación con dispositivos de campo máquinas y equipos industriales utilizados en procesos productivos. A continuación, nombraremos algunos de los protocolos principales que funcionan a nivel de buses de campo como lo son: Profibus, Hart, Modbus, Ethernet y Opc. Cabe recalcar que no existe un protocolo de comunicación mejor que otro, su funcionamiento depende de la aplicación que utilicemos sin embargo hay protocolos más adecuados que otros.

##### 4.3.2.1.3.1 Tipos de protocolos de comunicación.

- **Protocolo profibus:** Es un sistema libre e independiente de comunicación rápida y fácil. Tal es así que Profibus maneja un tipo de comunicación serie el cual nos permite conectar dispositivos de campo entre sí, por lo que Profibus posee tres versiones, cada una desarrollada para un campo de comunicación específico. Profibus-DP (Decentralized Periphery). Optimizado para aplicaciones de velocidad y bajo costo, orientado a sensores/actuadores enlazados a procesadores (PLC) o terminales. Profibus-PA (Process Automation). Utilizado para el control de procesos y cumple normas especiales de seguridad en ambientes peligrosos y con riesgo de explosión como la industria química (IEC 1158-2, seguridad intrínseca), su velocidad es de 31.5 Kbps y es aplicable a una distancia de 1,9 Km. Profibus-FMS (Fieldbus Message Specification). Es la solución para comunicación entre células de proceso o equipos de automatización, la evolución de Profibus hacia la utilización de protocolos TCP/IP

para enlace al nivel de proceso hace que este perfil esté perdiendo importancia. Hurtado W. (2016)

- **Protocolo hart:** El protocolo HART (Highway Addressable Remote Transducer) es el único protocolo que agrupa la comunicación analógica 4-20mA y la digital sobre un mismo cable permitiéndonos utilizar dos canales de forma simultánea para de esta forma realizar una configuración remota que permita ajustes de parámetros y diagnóstico de dispositivos de campo inteligentes. las características del protocolo HART son:
  - Control por Conteo de Bytes
  - Transmisión Asíncrona HDX, punto a punto y multipunto
  - Una Maestra puede controlar hasta 15 Remotas
  - Permite hasta 250 variables en cada dispositivo de campo
  - Distancia máxima: hasta 3000 m con par trenzado apantallado calibre AWG24; hasta 1500 m con cable múltipar, par trenzado común apantallado calibre AWG 20.
  - Modulación FSK, 1200 bps, con Módems Tipo Bell 202
  - Medio de transmisión: par trenzado y el lazo de corriente de 4-20 mA
  - Interfaces asociadas: RS-232D y RS-485.

Briceño, J. (2005).

- **Protocolo modbus:** Modbus es un protocolo de transmisión desarrollado por la Gould Modicon (ahora AEG Schneider Automation) con el fin de realizar sistemas capaces de controlar y supervisar de procesos industriales (SCADA) basado en un control centralizado. Cabe mencionar que dicho protocolo está compuesto por, una Estación Maestra (MTU) la cual puede comunicarse con una o varias Estaciones Remotas (RTU) con el propósito de obtener datos de campo para la supervisión y control de un proceso. Cabe recalcar que el protocolo Modbus hoy en día es muy utilizado en la industria en una gran variedad de sistemas. Briceño, J. (2005).
- **Protocolo ethernet:** El protocolo industrial Ethernet (Ethernet/IP) es un protocolo abierto que permite la interconexión de redes industriales de manera simple y flexible es por ello que en la actualidad es un protocolo muy popular ya que aprovecha los medios físicos y los chips de comunicaciones Ethernet comerciales. Este protocolo esta estandarizado en la norma internacional IEEE 802.3, IEC 61158 y los dispositivos Ethernet/IP están certificados por ODVA para la interoperabilidad y conformidad. El uso de esta tecnología a nivel de planta permite la simplificación y agrupación de redes existentes, y reduce los costos de instalación mantenimiento y entrenamiento. Los equipos para Ethernet industrial están diseñados para operar en ambientes de planta cumpliendo o excediendo las comunicaciones de los equipos que interconectan tales como PLC, HMI y robots, entre otros. Hurtado W. (2016).

- **Protocolo opc:** la actualidad el protocolo de comunicación OPC (Open Platform Communications) es una tecnología desarrollada con el objetivo de crear un sistema estándar de intercambio de datos de forma confiable y seguras tanto en la industria de la automatización como en otros sectores a nivel industrial cabe recalcar que es una plataforma independiente la cual garantiza el flujo continuo de información entre dispositivos de diferentes proveedores. OPC FOUNDATION, (2018)

#### 4.3.2.1.4. Red de comunicación.

Según Pérez, E. (2015). La red de comunicación tiene como objetivo gestionar la información que los elementos de campo envían hacia ordenadores del sistema, la transferencia de información entre la planta y la arquitectura; Puede ser construida con cables o de forma inalámbrica. El tipo de comunicación a utilizar depende de las necesidades del sistema ya que no todos los instrumentos de campo como el PLC son capaces de trabajar con todos los tipos de comunicación existentes.

##### 4.3.2.1.4.1 Tipos de comunicación para transmisión de datos.

Según Rodríguez, A. (2007). Las diversas combinaciones de los elementos que se comunican dan lugar a unas topologías determinadas:

- **Punto a punto:** la relación es del tipo Maestro-Esclavo. Un solo elemento remoto (RTU) está conectado al sistema de control (MTU) mediante una línea de comunicación.
- **Multipunto dedicado:** una variante del modelo anterior. Un solo sistema de control conectado a varias estaciones remotas mediante enlaces directos permanentes. Esta configuración es delicada, pues todo el tráfico de la red se centra en un solo punto, la unidad central, que debe poder gestionar todo el tráfico generado por el resto de los elementos.
- **Multipunto compartido estrella:** tipo Maestro-Esclavo. Esta configuración en estrella utiliza un solo puerto de comunicaciones, realizándose el intercambio de datos por turnos. Esto es posible debido a que las estaciones remotas tienen identificadores.
- **Multipunto compartido en bus:** similar al anterior, pero con estructura Maestro-Esclavo, multimaestro o Cliente-Servidor. Una o varias unidades centrales están conectadas a una o varias estaciones remotas mediante un medio común (bus). El acceso es también por orden y está gestionado por el sistema Maestro.
- **Multipunto compartido en anillo:** Es la estructura más robusta al proporcionar dos caminos para la información. En caso de fallo de un nodo el tráfico no se interrumpe. Generalmente cualquier aplicación de cierta envergadura utiliza

varios de estos métodos de forma simultánea, tanto en medios de transmisión como en topologías. Esto permite su implantación de forma más eficiente, adaptando los recursos técnicos al terreno y optimizando los costes.

#### 4.3.3 POWER BI y EDT

Según Vásquez, R. A. D., Espinoza, J. L. A., & Cabrera, M. A. C. (2022) las herramientas de la inteligencia de negocios SE han sido implementadas en empresas nacionales e internacionales, permitiendo la reestructuración de organizaciones, proporcionándoles eficiencia en el manejo de los datos para que la administración gerencial fundamente sus decisiones en base a la información. Se desarrolló el presente artículo para demostrar la utilidad de la herramienta Power BI en la toma de decisiones, sirviendo de apoyo para el nivel jerárquico, logrando satisfacer los requerimientos de directivos que pretenden obtener respuestas de sus gestiones en forma permanente. Se utilizó la metodología de Ralph Kimball, la cual permitió diseñar una arquitectura de datos acorde a las necesidades de la empresa. Los resultados arrojaron la mejora en la gestión de la dirección, se concluyó que, al implementar Power BI como herramientas de inteligencia de negocios se logra un aumento en la productividad de la empresa.

Según Loor, M. G. A. (2016) las EDT conforman la línea base del alcance del proyecto y tiene una estructura jerárquica que representa el trabajo a realizar de los entregables o resultados tangibles, cada una de estas puede ser asignada a un trabajador específico; asimismo, es el insumo para el desarrollo del cronograma. Las EDT en proyectos de software han demostrado claramente que esta técnica puede ser aplicada eficientemente beneficiando la gestión de los proyectos.

#### 4.4. Marco Conceptual:

Este diseño está centrado en el monitoreo y operación del proceso de recirculación de tanques. Las definiciones que se presentan a continuación forman parte de un marco teórico basado en la revisión de la literatura.

- **IO-LINK:** Es un sistema de comunicación punto a punto independiente para conectar sensores y actuadores a un sistema de automatización; se transmiten de manera fiable y en formato exclusivamente digital señales de conmutación de sensores binarios, valores de proceso de sensores analógicos y sus parámetros en base a una señal de 24 V. Así se evitan sobre todo errores en los valores de medición durante la transmisión y la conversión de señales analógicas *IO-LINK IFM* (2021).
- **Multihop:** Es un tipo de comunicación en las redes de radio en las que el área de cobertura de la red es mayor que el rango de radio de los nodos individuales. Por lo tanto, para llegar a algún destino, un nodo puede usar otros nodos como repetidores Pešović, UM, Mohorko, JJ, Benkič, K. y Čučej, Ž. F. (2010).

- **Gateway:** Sirve como elemento centralizado para la gestión de los dispositivos que conforman una aplicación IoT. Además, resulta esencial para la transmisión de la información a Internet. Macías, J., Pinilla, H., Castellanos, W., Alvarado, J., & Sánchez, A. (2019, Noviembre).
- **HMI:** El Interfaz Hombre-Máquina (HMI) es el interfaz entre el proceso y los operarios; se trata básicamente de un panel de instrumentos del operario. Es la principal herramienta utilizada por operarios y supervisores de línea para coordinar y controlar procesos industriales y de fabricación. ¿Qué es hmi? - wonderware iberia (2017).
- **PLC:** Un controlador lógico programable, más conocido PLC es básicamente una computadora que se utiliza en la ingeniería de automatización para las industrias, es decir, para el control de la maquinaria de una fábrica o de situaciones mecánicas Autycom (2020).
- **Scada:** Es un sistema el cual permite supervisar y controlar, las distintas variables que se encuentran en un proceso o planta determinada. Para ello se deben utilizar distintos periféricos, softwares de aplicación, unidades remotas, sistemas de comunicación, etc., los cuales permiten al operador mediante la visualización en una pantalla de computador, tener el completo acceso al proceso. Cabús, J. R., Navarrete, D. G., & Porras, R. P. (2004).
- **PNP:** El término 'PNP' significa positivo, negativo, positivo y también conocido como abastecimiento. El transistor PNP es un BJT; en este transistor, la letra 'P' especifica la polaridad del voltaje necesario para el terminal del emisor. La segunda letra 'N' especifica la polaridad del terminal base. Bosque, A.D. (2022).
- **NPN:** El término 'NPN' significa negativo, positivo, negativo y también conocido como hundimiento. El transistor NPN es un BJT, en este transistor, la letra inicial 'N' especifica una capa cargada negativamente del material. Donde, 'P' especifica una capa completamente cargada. Bosque, A.D. (2022).
- **Maestro – Esclavo:** Es un modelo de protocolo de comunicación en el que un dispositivo o proceso (conocido como maestro o máster) controla uno o más de otros dispositivos o procesos (conocidos como esclavos o slaves). Martín, L. P., & Baños, J. C. G. (2012).
- **RTU:** Es un dispositivo basado en microprocesadores, el cual permite obtener señales independientes de los procesos y enviar la información a un sitio remoto donde se procese. Clarke, G., Reynders, D., & Wright, E. (2004).

- **MTU:** Es un término de redes de computadoras que expresa el tamaño en bytes de la unidad de datos más grande que puede enviarse usando un protocolo de comunicaciones. Cama-Pinto, A., De-La-Hoz-Franco, E., & Cama-Pinto, D. (2012).
- **Análogo:** Es la señal que se transmite con información representada en una función matemática continua. Las señales análogas suelen ser adecuadas para transmitir vídeo y audio, expandiéndose mediante ondas senoidales, logrando ser solo leídas por dispositivos que estén diseñados para este fin en específico. Magallón, R. (2020).
- **Digital:** La señal digital, es una señal discreta cuantificada que se expresa en Bits (número finito de amplitudes). La lógica binaria utilizada es (0,1) se determina en conjunto con la amplitud la cual cambia cada segundo. "T=Tiempo". Contiene variables eléctricas con dos niveles bien diferenciados que se alternan en el tiempo transmitiendo información según un código previamente acordado. Cada nivel eléctrico representa uno de dos símbolos: 0 o 1. Magallón, R. (2020).
- **Micropilots:** Son elementos de cimentaciones profundas, de sección circular y pequeño diámetro, de hasta 250 mm, con una alta capacidad portante a compresión, que transfieren las cargas al terreno en profundidad. Micropilotes (2022).

#### 4.5. Marco Legal:

A continuación, se presenta la normatividad legal en la que estará basado el diseño para el monitoreo y operación del proceso de recirculación de tanques.

NORMATIVIDAD	DESCRIPCION
Decreto No 1594 de 1984	Norma reglamentaria del Código Nacional de los Recursos Naturales y de la ley 9 de 1979. Función Pública (2015).
Resolución No 1096 de 2000	Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS. Ministerio de Vivienda (2020).
Resolución No 1433 de 2004	Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2021).
Decreto No 3930 de 2010	Usos de agua y residuos líquidos. Función Pública (2015).
Resolución No 0631 de 2015	Establece los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2018).

Resolución 105 de 2020 Anexo 1	En el rango de frecuencias 915 - 928 MHz está permitido el uso libre de espectro bajo las condiciones técnicas específicas. Ministerio de las tecnologías de la información y las comunicaciones (2022).
Resolución 964 de 2019 artículo 30	El rango de frecuencias adyacente de 905 - 915 / 950 - 960 MHz está siendo usado actualmente por sistemas de Acceso Fijo Inalámbrico (AFI). Agencia Nacional del Espectro (2022).

Fuente: Elaboración propia.

## 5. Diseño Metodológico

### 5.1 Tipo y diseño de la investigación

Dado que objetivo del estudio será diseñar un sistema de monitoreo y operación del proceso de recirculación de tanques en la planta de tratamiento de aguas residuales número 2 del municipio de Sesquilé Cundinamarca y su incidencia en la contaminación del río Bogotá, se recurrirá a un diseño descriptivo considerando que el tema de investigación se describen los datos y características de una medición en estudio para la elaboración de la investigación.

De acuerdo con Según Arias, (2012) la investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento.

El presente trabajo será diseñado bajo el planteamiento metodológico del enfoque cuantitativo, puesto que este es el que mejor se adapta a las características y necesidad de la investigación. De acuerdo con Hernández-Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2018) el enfoque cuantitativo usa una recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico para establecer patrones de comportamiento.

Del enfoque cuantitativo se tomará para el desarrollo del trabajo la recolección de datos da la medición nivel de las dos tanques y el porcentaje de conexión de los radios de comunicación y así obtener resultados llegando a una veracidad en el análisis.

### 5.2 Población.

La población considerada para el presente proyecto es la empresa de servicios públicos domiciliarios de Sesquilé Cundinamarca S.A. ESP. sigla Acuases S.A ESP la cual está encargada de la planta de tratamiento de aguas residuales numero dos ubicada en la vereda de Boíta.

### 5.3 Técnicas de recolección de información.

De acuerdo con Hernández-Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2018) Recolectar los datos implica elaborar un plan detallado de procedimientos que nos conduzcan a reunir datos con un propósito específico; La técnica de recolección de datos que se utilizará en el presente proyecto será el de otros métodos cuantitativos de recolección de los datos en específico el de instrumentos mecánicos o electrónicos, ya

que se utilizaran equipos electrónicos como lo son los sensores de nivel y los radios de comunicación.

Una vez obtenida esta información, se procederá a un análisis el cual servirá para determinar el nivel exacto en el que están los tanques y el porcentaje de conexión de cada radio de comunicación.

#### 5.4 Procedimiento metodológico.

A continuación, se describen las actividades de acuerdo con cada objetivo planteado que se llevaran a cabo para realizar el siguiente proyecto:

##### Metodología objetivo específico 1

<b>OBJETIVO:</b> Diagnosticar el proceso actual de monitoreo y operación del proceso de recirculación para después dar un resultado con la puesta en marcha de la automatización del proceso, apoyado en herramientas de gestión de proyectos	
FASE	METODOLOGIA
A. Identificación del problema.	A1. Indagar la afectación ambiental que se está generando en el rio Bogotá.
	A2. Diagnóstico sobre sistema de medición ya implementado.
B. Presentar posibles soluciones.	B1. Elaboración de EDT.
	B2. Evaluar la solución que mejor se adapte a las especificaciones y requisitos.
RESULTADOS ESPERADOS	
Obtener información para el diseño del sistema de monitoreo y operación de tal manera que se pueda saber los antecedentes del sistema ya implementado y la afectación que está generando al medio ambiente, para así poder otorgar posibles soluciones y generando una estructura de descomposición del trabajo.	

Fuente: elaboración propia.

##### Metodología objetivo específico 2

<b>OBJETIVO:</b> Determinar las especificaciones y requerimientos de los equipos para la automatización del proceso.	
FASE	METODOLOGIA
A. Levantamiento de información.	A1. Definición de especificaciones y requisitos. A1.1. Determinar tipo de medición y dimensión de los tanques para definir el rango de medición.

		<p><b>A1.2.</b> Determinar el tipo de conexión y obtener la longitud de distancia entre los tanques y la oficina de control.</p> <p><b>A1.3.</b> Determinar el tamaño para la pantalla hmi (Interfaz hombre maquina) de visualización</p> <p><b>A1.4.</b> Determinar el tipo de alarma y rangos entre cada una.</p> <p><b>A1.5.</b> Determinar el suministro de energía para los equipos.</p>
	<p><b>A2.</b> Determinar la cantidad de unidades necesarias por cada referencia.</p>	
<p><b>B.</b> Selección de equipos e insumos necesarios para la implementación.</p>	<p><b>B1.</b> Selección de sensor de medición de nivel.</p>	<p><b>B1.1.</b> Selección de accesorios (cableado y soporte de montaje).</p>
	<p><b>B2.</b> Selección de radios de comunicación.</p>	<p><b>B2.1.</b> Selección de accesorios (cableado, antena, soporte de montaje y gabinete).</p>
	<p><b>B3.</b> Selección de controlador inalámbrico.</p>	<p><b>B3.1.</b> Selección de accesorios (cableado, antena, soporte de montaje y gabinete).</p>
	<p><b>B4.</b> Selección de HMI.</p>	<p><b>B4.1.</b> Selección de accesorio (soporte de montaje y gabinete).</p>
	<p><b>B5.</b> Selección de balizas.</p>	<p><b>B5.1.</b> Selección de accesorios (cableado y soporte de montaje).</p>
	<p><b>B6.</b> selección de fuentes de alimentación.</p>	<p><b>B6.1.</b> Selección de accesorio (soporte de montaje y gabinete).</p>
<p><b>RESULTADOS ESPERADOS</b></p>		
<p>Lograr saber los requerimientos y especificaciones necesarias para la implantación del sistema de monitoreo y operación obteniendo la información necesaria para realizar una correcta selección de equipos que cumpla con la solicitud.</p>		

Fuente: elaboración propia.

### Metodología objetivo específico 3

<b>OBJETIVO:</b> Proponer una alternativa que cumpla con la automatización para el monitoreo y operación del proceso de recirculación de los tanques de la planta de tratamientos de aguas residuales.			
FASE		METODOLOGIA	
A. Presentar posibles soluciones.	A1. Evaluar la solución que mejor se adapte a las especificaciones y requerimientos solicitados.		
	A2. Aprobación de solución por parte de la empresa Acuases SA ESP.		
B. Elaboración de diseño.	B1. Elaboración de diseño de instalación.		
	B2. Elaboración de diagrama de conexionado.		
	B3. Aprobación del diseño por parte de la empresa Acuases SA ESP.		
C. Prueba de funcionamiento.	C1. Visita a planta con insumos seleccionados.	C1.1. Recolección de datos de medición de nivel y porcentajes de conexión y estado de alarmas.	C1.1.1. Análisis de datos de medición de nivel, porcentaje de conexión y estado de alarmas con herramienta de power bi.
RESULTADOS ESPERADOS			
Definir la mejor solución para el sistema de monitoreo y operación, elaborando el diseño de instalación y diagrama de conexionado y demostrar por medio de pruebas y análisis de datos el correcto funcionamiento.			

Fuente: elaboración propia.

## 6. Desarrollo de la monografía.

### 6.1. Identificación del problema.

Según Problemática (2018), La falta de optimización de algunas plantas de tratamiento de los municipios de la cuenca genera la contaminación del río, donde presenta un estado de contaminación relativamente bajo, lo dicho aquí supone que Sesquilé es un contaminante de bajo impacto, pero de una u otra medida, es responsable del estado del río. Bohórquez, R. (2016).

En el diagnóstico del sistema ya implementado en la planta de tratamiento de aguas residuales se observó un sistema poco eficiente para el monitoreo deseado por la razón cuentan con equipos que no cumplen con las aprobaciones como el grado de protección de los sensores de medición y certificados para cumplir con las regulaciones gubernamentales que se necesitan medir de manera precisa los niveles en todos los tanques de lodo y monitoreo de los sistemas de bombeo para prevenir la acumulación y rebosamiento de los líquidos que se dirigen al río, por esta razón la planta de tratamiento se encuentra sin funcionamiento siendo la segunda más importante del municipio de Sesquilé; Por otro lado las referencias utilizadas en el sistema son para

medición de nivel de punto ya que tienen implementado 3 sensores (bajo, medio, alto) en cada tanque los cuales se comunican por cable hacia la oficina de control es decir que cada vez que el líquido entra en contacto con el sensor este genera una señal indicando la ubicación del líquido en el tanque dando una medición poco precisa por el motivo que no da la señal en tiempo real generando el aumento de fallo del sistema por el motivo que el sensor que se encuentre en la ubicación de nivel alto puede fallar y no enviar la señal al PLC para apagar o encender la motobomba, de igual manera se tienen instalado un controlador HMI-PLC que se encuentra encriptado y no se pueden realizar modificación en el sistema para poder obtener una visualización y poder enviar la señal de encendido o apagado para las motobombas.

## **6.2. Propuestas de soluciones.**

Se realizó un plan de trabajo para la elaboración del diseño para el monitoreo y operación del proceso de recirculación de tanques de la Ptar del municipio de Sesquilé Cundinamarca, donde se utilizó una herramienta del curso de gestión de proyectos la cual es la EDT (Estructura de desglose de trabajo).



ubicado en el centro de cada tanque y nivel alto ubicado a 50 cm del borde de cada tanque; los cuales son alimentados por fuente para un sistema monofásico 24Vdc 0,6A y generando una salida análoga de 4 – 20mA , la cual será enviada vía cableado hacia el controlador general de la planta de tratamiento el cual es el encargado de encender o apagar las motobombas cuando llegue la señal tanto de alto como de bajo.

Como segunda opción se presenta el diseño un sistema de medición de nivel continuo por medio de sensores tipo radar configurables por io-link enviando la señal de manera inalámbrica por medio de radios de comunicación donde contarán con sus respectivas fuentes de alimentación para sistema monofásico 24V, 0,6A instalados en cajas tipo gabinetes; El controlador será inalámbrico para general la conexión con los radios evitando la instalación de cableado y evitando la pérdida de señales estos cuentan con posibilidad de enviar correos electrónicos si se tiene conexión a internet y mensajes de texto por medio de una tarjeta sim card notificando el estado de los tanques estará instalado en un gabinete con su fuente de voltaje para sistema monofásico 24V, 2.5A al igual contará con una pantalla HMI y dos baliza de dos colores audible para la visualización en la oficina de control.

### **6.3. Levantamiento de información.**

Se realizó una visita presencial en planta se pudo observar la implementación que ya estaba instalada y la solución que el ingeniero a cargo quiere obtener es la solución número 2 de medición de nivel continuo anteriormente ya descrita; En la planta de tratamiento se observaron que son dos tanques los cuales está a una distancia de 10 metros entre los dos, el tanque A tiene una profundidad de 5 metros, un área de 6,25 m<sup>2</sup> y dos motobombas 1 de llenado y 1 de drenaje; el tanque B tiene una profundidad de 4,5 metros con un área de 8,75 m<sup>2</sup> y de igual manera que el tanque A cuenta con dos motobombas.



Tanque A- fuente: elaboración propia.



Tanque B- fuente: elaboración propia.

Estos tanques se encuentran ubicados a 25 metros de la oficina de control donde se instalará el controlador el cual se comunicará de manera inalámbrica con cada uno de los radios de comunicación, de igual manera se instalará una pantalla HMI de 4 pulgadas y dos balizas de colores verde, rojo y audible de alamar que estarán configuradas de la siguiente manera.

	Rango de medición (mm)	Nivel	Colores y audio
<b>Alarmas tanque A</b>	0 - 500	bajo	rojo
	501-4499	medio	verde
	4500-5000	alto	rojo- audible
<b>Alarmas tanque B</b>	0 - 500	bajo	rojo
	501-3999	medio	verde
	4000-4500	alto	rojo- audible

Rango de alarmas. Fuente: elaboración propia

El sistema será alimentado por un sistema monofásico AC 100-240V al cual se conectarán las fuentes de alimentación que generarán 24-28Vdc y 2.5A y 60W de potencia para garantizar el correcto funcionamiento de los equipos del sistema de monitoreo y operación; por último, se definieron las cantidades de cada uno de los equipos a utilizar como lo muestra la siguiente tabla.

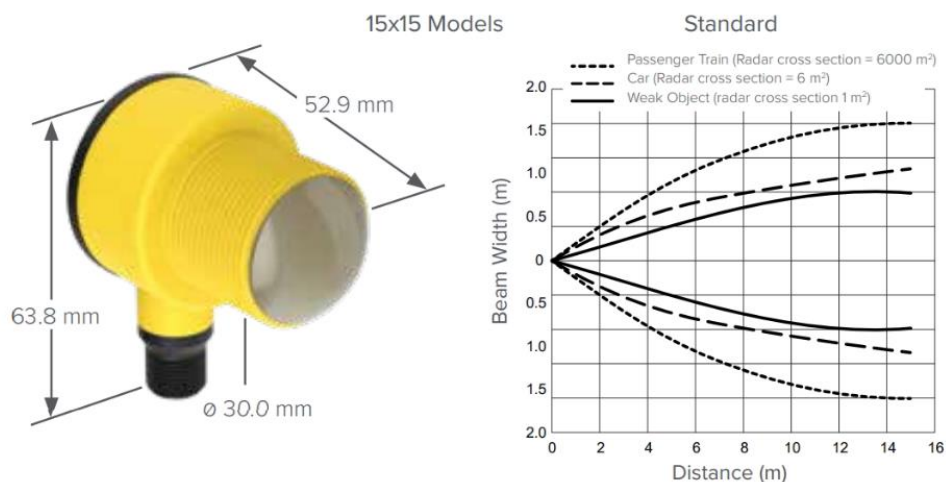
Equipo	Cantidad de unidades
Sensor de radar	2
soporte sensor de radar	2
Cable para sensor de radar	2
Radios de comunicación	2
Gabinete	3

Controlador	1
Pantalla HMI	1
Fuentes de alimentación	3
Balizas	2

Cantidad de unidades de los equipos. Fuente: elaboración propia

#### 6.4. Selección de equipos e insumos necesarios para la implementación.

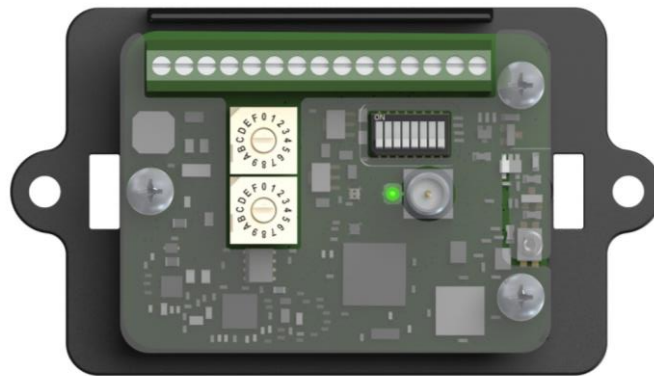
Para la selección de equipo e insumos necesarios para la implementación se inició con la selección del sensor nivel marca banner de referencia (T30R-1515-KIQP) de alcance 15m; Entrada 10-30 V CC, salida de 4-20 mA analógico, 1 NPN/PNP Configurable con IO Link, Desconexión rápida M12 de 5 pines, es un sensor de largo alcance que proporciona una detección confiable y retroalimentación de posición en aplicaciones extremas; Detección confiable de objetivos de alto dieléctrico (como metal o grandes cantidades de agua) y materiales de bajo dieléctrico (como madera, roca o material orgánico) en una gama más amplia de aplicaciones; No se ve afectado por la lluvia, el viento, la nieve, la niebla, el vapor, la luz solar y una temperatura de funcionamiento de -40 a 65 ° C; Software de configuración de radar, IO-Link, entrada de aprendizaje remoto y botones pulsadores para una instalación y configuración flexibles; Carcasa compacta con clasificación IP67 para uso en entornos difíciles; este sensor necesita un soporte de montaje de marca banner referencia (SMB30MM) 30 mm de diámetro, el material es de acero inoxidable calibre 12 con ranura de montaje curvada para versatilidad y orientación y con espacio libre para herrajes M6, de igual manera necesita un cable de marca turck referencia (RKS4.5T-5/TXL) hembra M12, recto, 5 pines de material PVC blindado con un grado de protección de IP67, IP69K y longitud del cable 5 m.



R-gage T30R sensor - banner engineering (2022)

La selección de los radios de comunicación marca banner de referencia (DX80DR9M-HB2) de la serie multihop 900 MHz 1 W Antena externa de 10 - 30 V CC con 2 entradas discretas y 2 analógicas y 2 salidas discretas y 2 analógicas, las radios pueden

configurarse para actuar como maestros, repetidores o esclavos. Los modelos están disponibles con tipos de entrada y salida que incluyen discreta (PNP/NPN), analógica (0 a 10 V CC, 0 a 20 mA), temperatura (termopar y RTD), relé CA/CC (SPDT) y contador asíncrono a los que se puede acceder mediante el protocolo Modbus y también cuentan con comunicación seleccionable por el usuario entre RS-485 y RS-232; para el correcto funcionamiento se necesita la antena de marca banner de referencia (BWA-902-C) omnidireccional de 900MHz de 2 dBi de igual manera instalada en un gabinete de marca banner de referencia (BWA-AH864) de material de policarbonato con cubierta opaca y medidas 8 x 6 x 4 pulgadas.



Sure, cross Multihop HB2 Data Radio Board module - banner engineering (2022)

La selección del controlador inalámbrico marca banner de referencia (DXM700-B1R1) el cual cuenta con una Puerta de enlace de rendimiento DX80 900 MHz 1W, 4 salidas PNP, procesador M7, memoria de 16 MB, pantalla LCD RS485, Ethernet y USB; Los controladores inalámbricos industriales de la serie DXM están diseñados para facilitar la conectividad ethernet y las aplicaciones de internet industrial de las cosas (IIoT). Disponibles con una puerta de enlace DX80 interna o una radio de datos MultiHop, estos potentes dispositivos de comunicación Modbus conectan redes inalámbricas locales con Internet y/o sistemas host. Los radios ISM disponibles en 900 MHz y 2,4 GHz para red inalámbrica local Convierte Modbus RTU a Modbus TCP/IP o Ethernet I/P; El controlador lógico se puede programar usando reglas de acción y métodos de lenguaje de texto; Tarjeta Micro SD para registro de datos; Alertas por correo electrónico y mensajes de texto; Opciones de E/S locales: entradas discretas aisladas, entradas universales, salidas de relé SPDT, salidas NMOS y salidas analógicas; Alimentado por 12 a 30 V CC, Puertos de comunicación RS-232, RS-485 y Ethernet; y un puerto de configuración USB; Pantalla LCD para información de E/S y LED programables por el usuario; Módems celulares disponibles para conectividad celular; para el correcto funcionamiento se necesita la antena de marca banner de referencia (BWA-902-C) omnidireccional de 900MHz de 2 dBi de igual manera instalada en un gabinete de marca banner de referencia (BWA-AH864) de material de policarbonato con cubierta opaca y medidas 8 x 6 x 4 pulgadas.



Banner Engineering (2022)

La selección de la pantalla HMI/PLC marca turck de referencia (TX707-P3CV01) cuenta con una pantalla en color TFT ancha de 4", retroiluminación LED, resolución de 1280 x 800 píxeles, táctil capacitiva con frente de vidrio, 1 puerto Ethernet RJ45, 2 puertos ethernet RJ45, 1 interfaz serie (RS232, RS485, RS422), 2 puertos USB host y 1 ranura para tarjeta SD; Las pantallas táctiles industriales HMI de Turck representan una solución contemporánea y robusta para sus tareas de visualización y control. Los dispositivos todo en uno reducen los costos, la complejidad y los requisitos de espacio en comparación con el uso de un PLC con una HMI separada, esta deberá ser instalada en un gabinete de marca banner de referencia (BWA-AH864) de material de policarbonato con cubierta opaca y medidas 8 x 6 x 4 pulgadas.



Serie HMI/plc TX700 - turck.de (2020)

La selección de balizas audibles 2 colores de marca banner y referencia (TL50GRA) esta cuenta con alimentación de 18-30 V CC o 24 V CA, clasificación ambiental IP50, Entrada Bimodal, Colores verde rojo y cable de 2 m; Los indicadores de luz de torre LED de múltiples segmentos preensamblados y preconfigurados reemplazan las luces de columna convencionales, que a menudo requieren un ensamblaje lento y un cableado complejo. Varios modelos de torres de luz dan como resultado soluciones

personalizadas, estas deberán ser instalada en un gabinete de marca banner de referencia (BWA-AH864) de material de policarbonato con cubierta opaca y medidas 8 x 6 x 4 pulgadas.



Banner Engineering (2019)

La selección de las fuentes de alimentación marca puls de referencia (ML60.241) Es una fuente de alimentación para carril DIN de un sistema monofásico de salida de 24 - 28Vcc y 2.5 - 2.1A con potencia de 60W y tiene de entrada 100 - 240 Vac (-15 %/+10 %) y 110 - 300 Vdc (-20 %/+25 %). Las fuentes de alimentación de riel DIN se han convertido en el estándar para una fuente de alimentación confiable y eficiente. Son una parte integral de numerosas áreas de aplicación, como la ingeniería mecánica, la automatización industrial, la logística, la industria automotriz, la energía eólica, la industria de procesos y muchas más, de igual manera es una fuente de alimentación de modo conmutado que convierte el voltaje de entrada no estabilizado en voltaje de salida regulado. Las fuentes de alimentación de modo conmutado se caracterizan por su eficiencia significativamente mayor y su menor peso, así como por un diseño más compacto que las fuentes de alimentación reguladas linealmente, esta deberá ser instalada en un gabinete de marca banner de referencia (BWA-AH864) de material de policarbonato con cubierta opaca y medidas 8 x 6 x 4 pulgadas.



Datasheet - puls (2021)

## 6.5. Elaboración de diseños.

Para la elaboración de los diseños de montaje y de conexionado se tuvo en cuenta el mapa estructural de la planta de tratamiento, los aspectos ambientales de la zona para poder evitar un posible daño en los equipos y por último el modo de funcionamiento del sistema que está definido en los siguientes ítems.

- Alimentación del sistema: El controlador de control DXM700 estará instalado en un gabinete con su fuente de voltaje en la oficina y se requiere disponibilidad de red 110VAC; La alimentación local en los tanques se realizará utilizando fuentes de alimentación.
- Comunicación: El sistema se comunica de manera inalámbrica entre cada uno de los tanques y el controlador principal, en el extremo del controlador se entregará un puerto RJ45 para que sea conectado al puerto RJ45 de la red del cliente.
- Recolección de señales de nivel: Las señales se recolectarán por medio sistema de cableado rápido con conectores pre-armados, este cableado de sensores de nivel desde tanque al gabinete en campo que contiene radio inalámbrico y enviaran la señal por medio de protocolo Sure-Cross y se podrá registrar el nivel del líquido de cada uno de los tanques en la oficina.
- Visualización: Las señales transmitidas se visualizarán en la HMI y adicionalmente esta HMI permite conectar equipos en red local ethernet (EJ, Smart TV o computadores conectados a esta red local, y con router wifi a dispositivos móviles) donde se podrá obtener la visualización del nivel de llenado a través del servidor web HTTP, visualización a través del software de navegador de Internet estándar en todas las PC Ethernet, datos en porcentaje, altura, volumen o peso; visualización de tendencias, almacenamiento de datos, exportación a través de un archivo .csv que luego se podrá convertir a Excel.

Al ingresar la dirección IP en el navegador (según la configuración del servidor web) se inicia la visualización; después de un inicio exitoso, aparece la página de resumen "Inicio". Al hacer clic en un tanque en la página de descripción general (inicio), se abre la vista única del tanque, el nivel se muestra en la unidad definida en "Cálculo de volumen" además de un porcentaje, los puntos de colores muestran la detección de lleno, demanda y vacío.

- Alarmas: Las señales para las balizas se comunicarán directamente al controlador DXM700 por medio de los puertos de salidas digitales, donde se configurarán las distintas alarmas dependiendo del nivel del tanque como se muestra en la tabla rangos de alarmas.

El diseño de instalación y conexionado de la sección del controlador y visualización se llevará a cabo dentro de un gabinete donde se encontrarán instalados el controlador DXM700, la pantalla HMI/PLC y la fuente de poder; en el exterior del gabinete se instalarán las dos balizas.

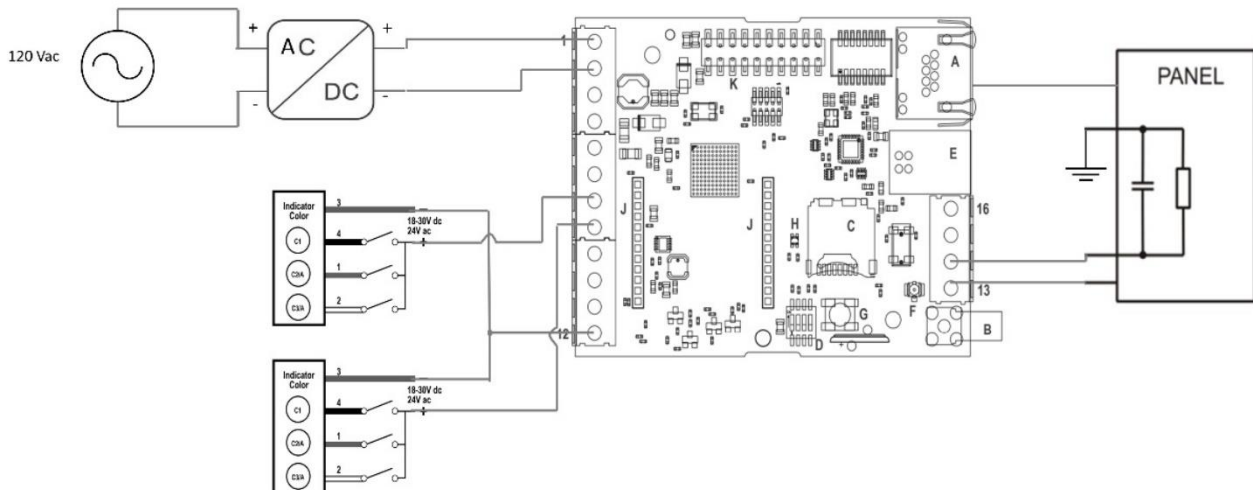


- 1. DXM700-B1R1
- 2. TL50GRA
- 3. ML60.241
- 4. TX707-P3CV01
- 5. BWA-AH864

## CONTROLADOR Y VISUALIZACIÓN

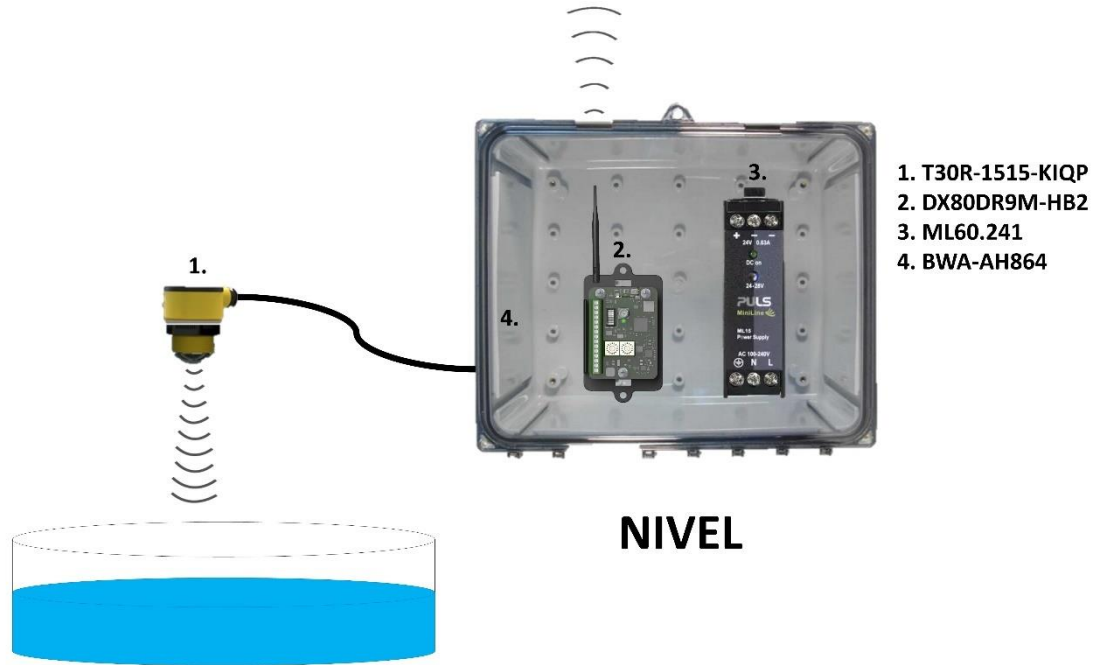
Diseño de instalación. Fuente: elaboración propia

### Controlador y Visualización

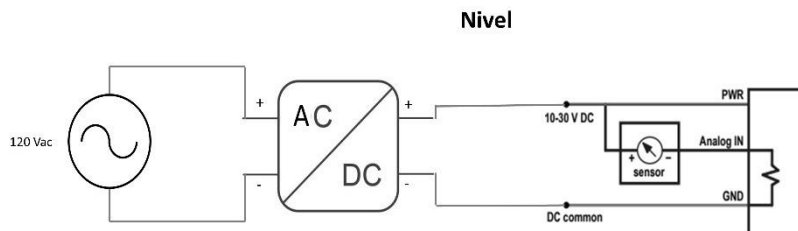


Diseño de conexionado. Fuente: elaboración propia

El diseño de instalación y conexionado de la sección de nivel se llevará a cabo dentro de un gabinete donde se encontraran instalados el radio de comunicación DX80 y la fuente de poder; en el exterior del gabinete en la parte superior de cada tanque se instalaran los sensores.

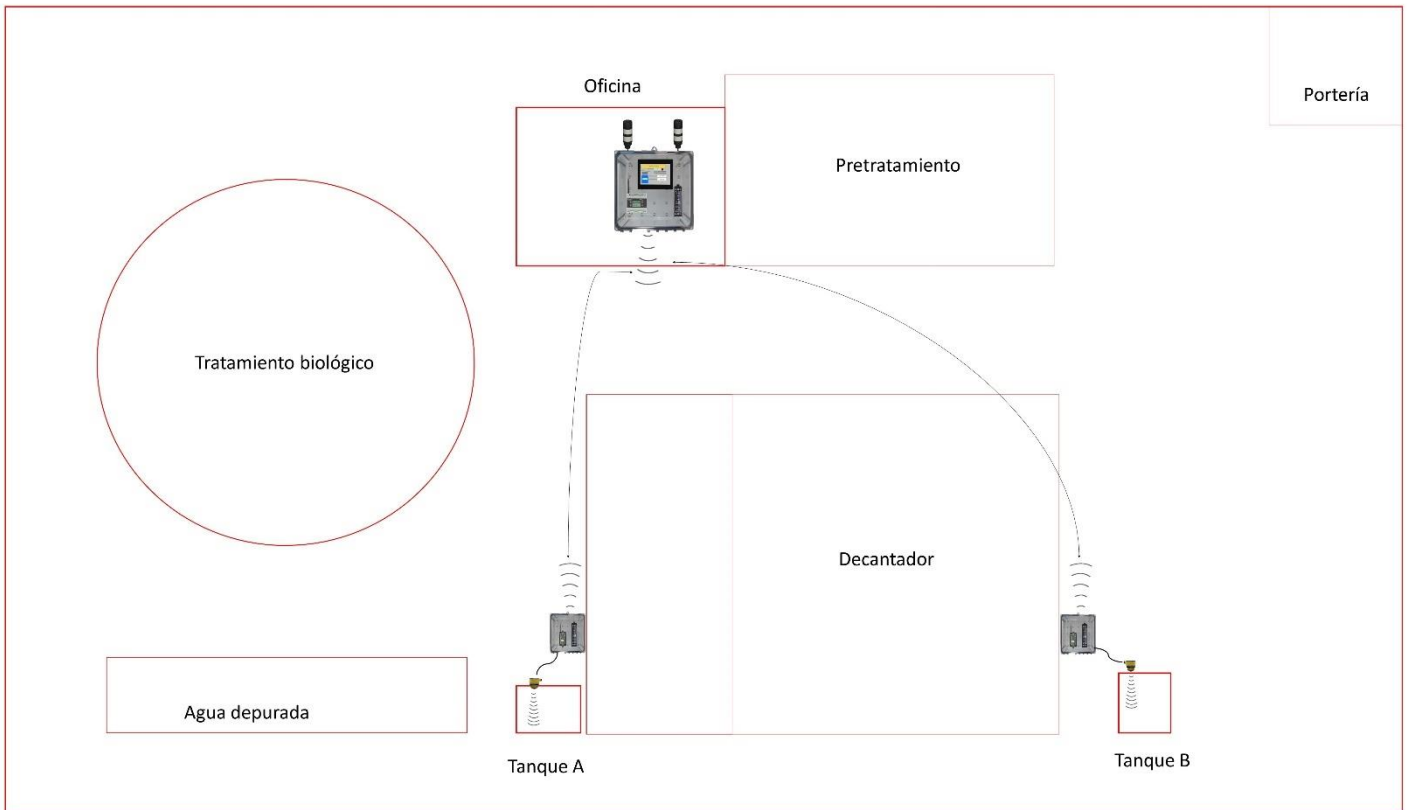


Diseño de instalación. Fuente: elaboración propia



Diseño de conexionado. Fuente: elaboración propia

Por último, se presentó el diseño de la ubicación geográfica para la instalación de los equipos, en la siguiente imagen se puede observar que en la oficina se instalara la sección de control y visualización, de igual manera a los dos costados del decantador se instalaran los gabinetes de nivel y por último en la parte superior de los dos tanques se instalaran los sensores de radar.



Diseño de la ubicación geográfica para la instalación de los equipos.

Fuente: elaboración propia

### 6.6. Prueba de funcionamiento.

Se realizó una visita presencial en planta para la realización de las pruebas con los equipos seleccionados anteriormente para conocer la efectividad del proyecto en cuanto a la medición de nivel continuo en el tanque A y B y la comunicación inalámbrica con el controlador.



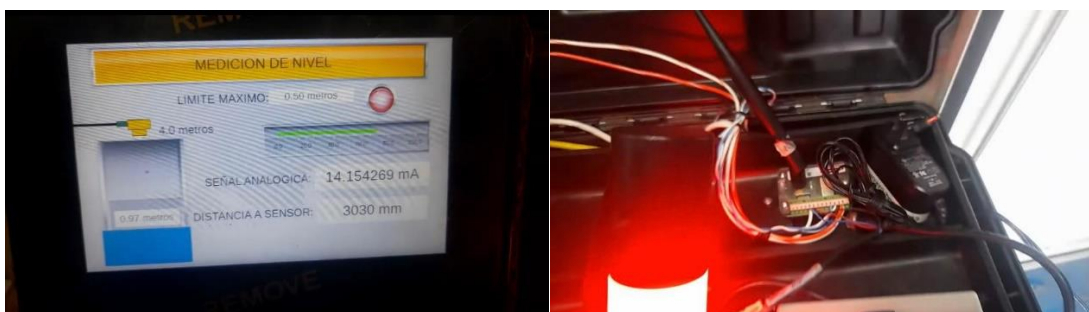
Planta de tratamiento de aguas residuales número 2 del municipio de Sesquilé Cundinamarca. Fuente: elaboración propia

Se instalaron los equipos en las posiciones que se presentaron en el diseño de instalación se logró obtener éxito en las pruebas, ya que con la precisión de los sensores que es de 1mm y los diferentes filtros que se le configuran al sensor se logra ignorar la espuma o pequeños objetos que se pueden generar en ocasiones sobre el líquido generando una la medición exacta del líquido con respecto al fondo del tanque.



Gabinete con sensor de radar T30R y radio de comunicación inalámbrica DX80 instalados en tanque A. Fuente: elaboración propia

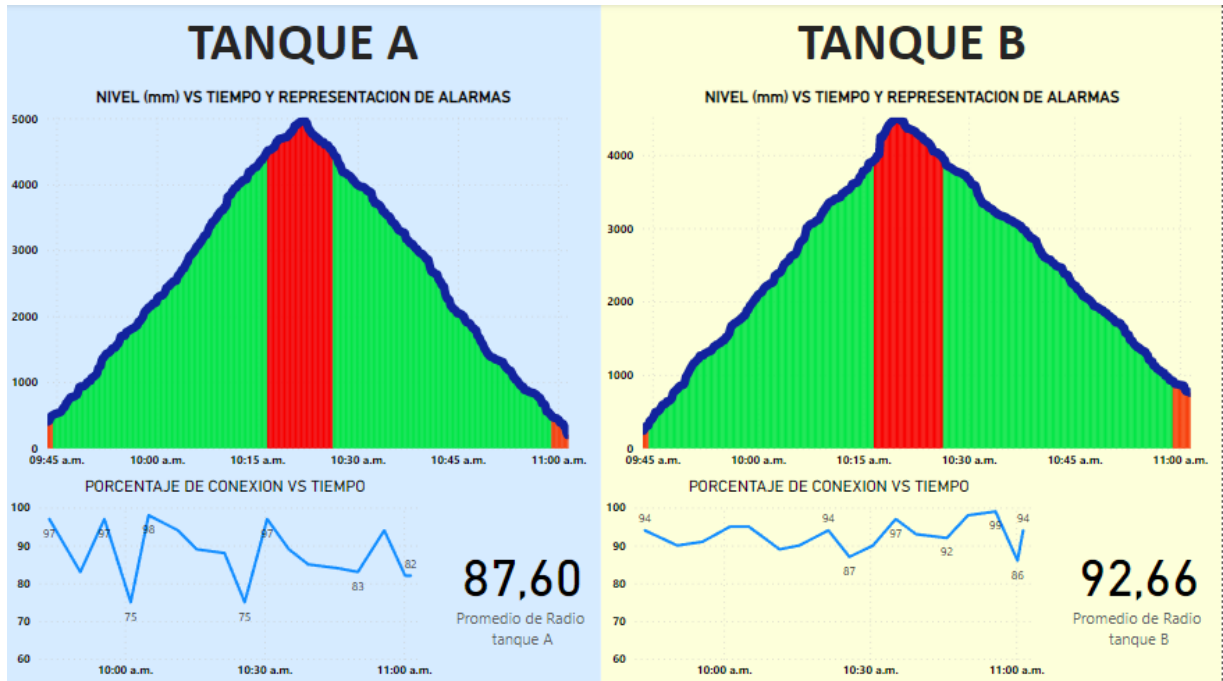
En la parte de comunicación se obtuvo un promedio en el tanque A 87,60% y tanque B 92,66% de conectividad entre los radios de comunicación y el controlador, el retraso en la señal entre el controlador y la HMI fue de 1s, de esta manera se obtuvo con éxito las pruebas para poder seguir con el proyecto y la aprobación para realizar la instalación final.



HMI controlador DXM700 y Baliza TL50 con audible instalado en oficina de control. Fuente: elaboración propia

Por último se descargaron los datos obtenidos en el controlador los cuales fueron la duración de las pruebas, el nivel de los tanques, la conectividad de los radios de comunicación y el estado de las alarmas; con estos datos se realizó un análisis visual

utilizando la herramienta de power bi donde se logra observar el comportamiento del nivel en cada tanque al igual que el estado de las alarmas con respecto al tiempo de y el estado del nivel; También logramos obtener el promedio de conectividad y el comportamiento con respecto al tiempo de los radios inalámbricos con el controlador.



Fuente: elaboración propia.

Para la aprobación del diseño se presentaron los resultados obtenidos en las pruebas al igual que los diseños de instalación y de conexonado de cada sección del sistema, donde el ingeniero Daniel Roa gerente de la planta de tratamiento número 2 del municipio de Sesquilé dio el visto bueno al diseño para el monitoreo y operación del proceso de recirculación de tanques para continuar con la implementación y poder replicarlo en la planta de tratamiento principal del municipio.

## 7. Conclusiones y recomendaciones.

En la realización del diseño para el monitoreo y operación del proceso de recirculación de tanques de la ptar del municipio de Sesquilé Cundinamarca, por medio de las pruebas exitosas realizadas en la planta con el sistema diseñado y por medio de la visualización de datos con la herramienta power bi logramos saber que se disminuirá la contaminación hacia el río Bogotá ya que por medio del sistema podemos obtener un control sobre los niveles de los tanques evitando el desbordamiento de estos líquidos.

En cuanto a los requerimientos para la aplicación del monitoreo y operación se da como recomendación saber exactamente que material se va a censar y en qué lugar se instalaran los equipos, ya que por medio de esta información se lograra saber qué tipo de especificaciones serán necesarias para la selección de equipos para cumplir con la necesidad, en este caso se optó por medición de nivel continuo tipo radar para evitar el contacto de la electrónica del sensor con el material a medir y en la parte de

comunicación se optó por radios inalámbricos para evitar extender cableado desde los tanques hacia el controlador y así evitar futuros desgaste y mala comunicación.

La propuesta del diseño para el monitoreo y operación del proceso de recirculación de tanques se planteó un sistema donde sea compatible con los equipos ya instalados en planta y evitar que se aumenten los costos, al igual se diseñó un sistema que a futuro por medio de más radios de comunicación hasta 47 que se podrán conectar al controlador con el cual podrán tener más variables de la planta como lo es vibración y temperatura de las motobombas y diferentes motores que se utilicen al igual que sensores de flujo y sensores de presión y todo esto se comunicara de manera inalámbrica al igual que los sensores de nivel, esto lo hace un sistema muy versátil y compatible con los demás equipos ya instalados en planta sin importar la marca de estos.

Como recomendación es realizar sistemas compatibles con diferentes protocolos industriales para no tener problemas de comunicación entre los diferentes equipos y para lograr tener acceso a realizar modificaciones en la programación de las variables que se quieran medir sin tener que cambiar todo un sistema que no tenga accesibilidad a la configuración interna para evitar costos mayores a la hora de cambiar o incluir algún equipo en el sistema.

## 8. Bibliografía.

1. problemática (2018) car. avaliadle at:  
[https://www.car.gov.co/rio\\_bogota/vercontenido/5#:~:text=qu%20genera%20la%20contaminaci%20del%20r%20do&text=la%20falta%20de%20optimizaci%20de,son%20salitre%20fucha%20y%20tunjelo](https://www.car.gov.co/rio_bogota/vercontenido/5#:~:text=qu%20genera%20la%20contaminaci%20del%20r%20do&text=la%20falta%20de%20optimizaci%20de,son%20salitre%20fucha%20y%20tunjelo). (Access Ed: december 13, 2022).
2. municipio de sesquile (2020) inicio. avaliadle at:  
<https://mapas.cundinamarca.gov.co/documents/municipio-de-sesquile/explore> (accessed: december 13, 2022).
3. r-gaga t30r sensor - banner engineering (2022) r-gaje® t30r sensor. banner engineering corp. avaliadle at:  
<https://info.bannerengineering.com/cs/groups/public/documents/literature/217047.pdf> (accessed: december 13, 2022).
4. sure cross multihop hb2 data radio board module - banner engineering (2022) sure cross® multihop hb2 data radio board module. banner engineering corp. available at:  
<https://info.bannerengineering.com/cs/groups/public/documents/literature/156853.pdf> (accessed: december 13, 2022).
5. datasheet - puls (2021) ml15.241. puls. available at:  
<https://products.pulspower.com/mx/mwdownloads/download/link/id/1419> (accessed: december 13, 2022).
6. banner engineering (2022) sure cross® dxm700-b1 and dxm700-b2 wireless controller. banner engineering corp. available at:

- <https://info.bannerengineering.com/cs/groups/public/documents/literature/207893.pdf> (accessed: december 13, 2022).
7. serie hmi/plc tx700 - turck.de (2020) serie hmi/plc tx700 pantalla de 10" - codesys v3 plc con target visu. hans turck gmbh & co.kg. available at: [https://www.turck.de/datasheet/\\_es/edb\\_100002031\\_esl\\_es.pdf](https://www.turck.de/datasheet/_es/edb_100002031_esl_es.pdf) (accessed: december 13, 2022).
  8. banner engineering (2019) tl50 tower light. banner engineering corp. available at: <https://info.bannerengineering.com/cs/groups/public/documents/literature/142406.pdf> (accessed: december 13, 2022).
  9. polycarbonate enclosures (2020). attabox llc. available at: [https://info.bannerengineering.com/cs/groups/public/documents/literature/b\\_3148225.pdf](https://info.bannerengineering.com/cs/groups/public/documents/literature/b_3148225.pdf) (accessed: december 13, 2022).
  10. s.a.s, a.m.de s. (2022) alcaldía municipal de sesquilé, información del municipio. available at: <https://www.sesquile-cundinamarca.gov.co/mimunicipio/paginas/informacion-del-municipio.aspx> (accessed: december 13, 2022).
  11. reher, o. (2007). medicion radar de nivel en condiciones de alta presión o temperatura. ingeniería química, (449), 103-105.
  12. measuring hopper fill levels with radar (2022). banner engineering. available at: <https://www.bannerengineering.com/us/en/solutions/measurement-and-inspection/measuring-hopper-fill-levels-with-radar.html> (accessed: december 13, 2022).
  13. automate data collection for on-site water treatment (2021) banner engineering. available at: <https://www.bannerengineering.com/mx/es/solutions/other/automating-data-collection-for-on-site-water-treatment.html> (accessed: december 17, 2022).
  14. iyca (2020) medición inalámbrica de nivel en tanques de materias primas - hexion, medición inalámbrica de nivel en tanques de materias primas - hexion. instrumentos y controles s.a. available at: <https://www.iyca.com.co/casos-de-exito/medicion-nivel-tanques-materias-primas> (accessed: december 17, 2022).
  15. telemetrik (2020) medición en tiempo real de caudal y de nivel en el acueducto municipal de anorí. telemetrik. available at: <https://telemetrik.co/project/aplicacion-medicion-tiempo-real-caudal-nivel-acueducto-municipal-anori/> (accessed: december 17, 2022).
  16. bohorquez, r. (2016) afectación en el municipio de sesquilé por la sentencia del consejo de estado sobre la accion popular del rio bogotá, afectación en el municipio de sesquile por la sentencia del consejo de estado sobre la accion popular del rio bogotá. raul mauricio bohórquez cruz. available at: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/15600/bohorquez%20cruz%20raul%20mauricio%202016.pdf?sequence=2&isallowed=y#:~:text=en%20cuanto%20al%20municipio%20de,los%20recursos%20h%c3%addricos%20del%20municipio.> (accessed: december 17, 2022).
  17. valle, o., & rivera, o. (2008). monitoreo e indicadores. idie guatemala. educación inicial y derechos de la infancia. sevilla: junta de andalucía.
  18. "localizacion de sesquile en cundinamarca" (2022). alcaldia de sesquile. available at: <https://www.sesquile->

- cundinamarca.gov.co/mimunicipio/galeriademapas/localizaci%c3%b3n%20de%20sesquil%c3%a9%20en%20cundinamarca.png (accessed: december 17, 2022).
19. moreno, e. g. (2001). automatización de procesos industriales. valencia: alfaomega.
  20. merox, d. (2017). medición de nivel confiable en los tanques de la unidad (doctoral dissertation, universidad tecnológica de bolivar)
  21. rodríguez, a. (2008). comunicaciones industriales
  22. briceño, j. (2005). transmisión de datos. merida, venezuela.
  23. romero rojas, j. a. (2004). tratamiento de aguas residuales, teoría y principios de diseño. bogotá, co, escuela colombiana de ingenieros.
  24. rodríguez, a. (2007). sistemas scada 2da edición.
  25. astudillo bastidas, r. a. (2016). diseño e implementación de un prototipo de medidor de nivel de agua a través de un sensor ultrasónico para pasos deprimidos (bachelor's thesis, quito: universidad israel, 20146).
  26. méndez, m., & erazo, p. (2014). implementación de un banco de pruebas para el control de nivel de líquidos en el laboratorio de instrumentación industrial de la facultad de mecánica. pregrado, ing. de mtto., escuela superior politécnica de chimborazo, riobamba, ecuador.
  27. pérez, e. (2015). los sistemas scada en la automatización industrial
  28. hurtado, w. (2016). diseño e implementación de un dispositivo electrónico con interfaz de red industrial para integrarse a un sistema scada
  29. opc foundation. (2018). opc foundation. obtenido de poc foundation: <https://opcfoundation.org/about/what-is-opc/>
  30. io-link ifm (2021). ifm. available at: <https://www.ifm.com/ar/es/category/245> (accessed: december 19, 2022).
  31. pešović, um, mohorko, jj, benkič, k. y čučej, ž. f. (2010, noviembre). análisis de eficiencia energética de un solo salto frente a varios saltos en redes de sensores inalámbricos. en el xviii foro de telecomunicaciones, telfor.
  32. macias, j., pinilla, h., castellanos, w., alvarado, j., & sánchez, a. (2019, november). diseño e implementación de un gateway iot multiprotocolo (design and implementation of a multiprotocol iot gateway). in 14 congreso internacional de electrónica, control y telecomunicaciones. bogotá–colombia (vol. 13).
  33. ¿qué es hmi? - wonderware iberia (2017) wonderware software - powering the industrial world. available at: [https://www.wonderware.es/hmi-scada/que-es-hmi/#:~:text=el%20interfaz%20hombre%2dm%c3%a1quina%20\(hmi,procesos%20industriales%20y%20de%20fabricaci%c3%b3n.](https://www.wonderware.es/hmi-scada/que-es-hmi/#:~:text=el%20interfaz%20hombre%2dm%c3%a1quina%20(hmi,procesos%20industriales%20y%20de%20fabricaci%c3%b3n.) (accessed: december 19, 2022).
  34. autycom (2020) ¿para qué sirve un plc?, autycom. available at: <https://www.autycom.com/para-que-sirve-un-plc/> (accessed: december 19, 2022).
  35. cabús, j. r., navarrete, d. g., & porras, r. p. (2004). sistemas scada. comunicación, 1024, 64k.
  36. bosque, a.d. (2022) transistor pnp, industrias gsl. industrias gsl. available at: <https://industriasgsl.com/blogs/automatizacion/transistor-pnp> (accessed: december 19, 2022).

37. martín, l. p., & baños, j. c. g. (2012). comunicación serie maestro/esclavo. enginy, (01).
38. clarke, g., reynders, d., & wright, e. (2004). practical modern scada protocols: dnp3, 60870.5 and related systems. newnes.
39. cama-pinto, a., de-la-hoz-franco, e., & cama-pinto, d. (2012). las redes de sensores inalámbricos y el internet de las cosas. inge cuc.
40. magallón, r. (2020) señal digital y análoga ¿qué es?, decu soluciones s.a. de c.v. available at: <https://www.decu.com.mx/senal-digital-y-analoga-que-es/> (accessed: december 20, 2022).
41. micropilotes (2022) keller cimentaciones. available at: <https://www.keller.com.es/experiencia/tecnicas/micropilotes#:~:text=los%20micropilotes%20son%20elementos%20de,cargas%20al%20terreno%20en%20profundidad.> (accessed: december 20, 2022).
42. ramón, g. (2016). diseños experimentales apuntes de clase del curso seminario investigativo vi. recuperado el, 3.
43. hernández-sampieri, r., fernández collado, c., & baptista lucio, p. (2018). metodología de la investigación (vol. 4, pp. 310-386). méxico: mcgraw-hill interamericana.
44. funcion publica (2015) decreto 1594 de 1984 - gestor normativo. available at: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=18617> (accessed: december 21, 2022).
45. ministerio de vivienda (2020) resolución 1096 - 2000. available at: <https://minvivienda.gov.co/normativa/resolucion-1096-2000#:~:text=por%20la%20cual%20se%20adopta,potable%20y%20saneamiento%20b%20c%20a%20sico%20%20d%20ras.> (accessed: december 21, 2022).
46. ministerio de ambiente y desarrollo sostenible (2021) resolución 1433 de 2004. available at: <https://www.minambiente.gov.co/documento-normativa/resolucion-1433-de-2004/> (accessed: december 21, 2022).
47. función pública (2015) decreto 3930 de 2010 - gestor normativo. available at: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=40620> (accessed: december 21, 2022).
48. ministerio de ambiente y desarrollo sostenible (2018) resolución 631 de 2015 - fenavi. available at: <https://fenavi.org/wp-content/uploads/2018/05/resolucion-631-2015.pdf> (accessed: december 22, 2022).
49. ministerio de las tecnologías de la información y las comunicaciones (2022) resolución 964 de 2019, normograma del ministerio de tecnologas de la informacin y las comunicaciones [resolucion\_mintic\_0964\_2019]. available at: [https://normograma.mintic.gov.co/mintic/docs/resolucion\\_mintic\\_0964\\_2019.htm](https://normograma.mintic.gov.co/mintic/docs/resolucion_mintic_0964_2019.htm) (accessed: december 21, 2022).
50. agencia nacional del espectro (2022) resolución 105 de 2020, normograma del ministerio de tecnologas de la informacin y las comunicaciones [resolucion\_ane\_0105\_2020]. available at: [https://normograma.mintic.gov.co/mintic/docs/resolucion\\_ane\\_0105\\_2020.htm](https://normograma.mintic.gov.co/mintic/docs/resolucion_ane_0105_2020.htm) (accessed: december 21, 2022).



51. Vásquez, R. A. D., Espinoza, J. L. A., & Cabrera, M. A. C. (2022). Power bi como herramienta de apoyo a la toma de decisiones. *Universidad y Sociedad*, 14(S3), 195-207.
52. Loor, M. G. A. (2016). Estructura de Desglose de Trabajo como herramienta para la Planificación de Proyectos. *Revista de Investigaciones en Energía, Medio Ambiente y Tecnología: RIEMAT* ISSN: 2588-0721, 1(2), 1-4.