

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**



**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN  
MECATRÓNICA**

**TEMA**

**“UNIDAD DE ADQUISICIÓN Y TRANSFERENCIA DE VARIABLES REMOTAS PARA  
EL MONITOREO EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE”**

**AUTOR: Michael David Salazar Vilañez**

**DIRECTOR: Ing. MSc. Daniel Álvarez**

**Ibarra – Ecuador  
2018**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE**  
**LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA.**

La Universidad Técnica del Norte dentro del Proyecto Repositorio Digital Institucional determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual se pone a disposición la siguiente información:

DATOS DEL AUTOR	
CEDULA DE IDENTIDAD	1003398144-4
APELLIDOS Y NOMBRES	SALAZAR VILAÑEZ MICHAEL DAVID
DIRECCIÓN	Barrio Girasoles del Bosque, Vía Santa Rosa del Tejar
E-MAIL	mdsalazarv@utn.edu.ec
TELÉFONO MÓVIL	0989422165
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO	UNIDAD DE ADQUISICIÓN Y TRANSFERENCIA DE VARIABLES REMOTAS PARA EL MONITOREO EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE.
AUTOR	SALAZAR VILAÑEZ MICHAEL DAVID
FECHA	06 DE MARZO DEL 2018
PROGRAMA	PREGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA	INGENIERO EN MECATRÓNICA
ASESOR	Ing. MSc. Daniel Álvarez



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

## **2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD**

Yo, Michael David Salazar Vilañez, con cédula de identidad Nro. 100339814-4, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el repositorio digital Institucional y uso del archivo digital en la biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

## **3. CONSTANCIAS**

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrollo sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original, y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, 06 de marzo del 2018

Michael David Salazar Vilañez

C.I: 100339814-4



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**DECLARACIÓN**

Yo, Michael David Salazar Vilañez, con cédula de identidad Nro. 100339814-4, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; y que éste no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional.

Ibarra, 06 de marzo del 2018

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Michael David Salazar Vilañez", is written over a horizontal dotted line.

Michael David Salazar Vilañez

C.I: 100339814-4



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico, que el presente trabajo de titulación **“UNIDAD DE ADQUISICIÓN Y TRANSFERENCIA DE VARIABLES REMOTAS PARA EL MONITOREO EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE”**, fue desarrollado en su totalidad por el Sr. Michael David Salazar Vilañez, con cédula de identidad: 100339814-4, bajo mi supervisión para lo cual firmo en constancia.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Daniel Álvarez", is written over a horizontal dotted line.

Ing. MSc. Daniel Álvarez

DIRECTOR DE PROYECTO

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE****FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS****AGRADECIMIENTO**

A Dios por guiarme en todo momento en el camino correcto, brindándome la fuerza y voluntad necesaria para continuar sin declinar.

A mis padres por el apoyo total prestado durante toda mi vida en las etapas más difíciles, a mi novia e hija por su comprensión y cariño incondicional.

Al Ing. Daniel Álvarez, director de Tesis por sus asesorías y aportes invaluable en el desarrollo de este proyecto.

Un agradecimiento especial a la Empresa de Agua Potable y Alcantarillado de Antonio Ante EPAA-AA, por ser la promotora y auspiciante de este proyecto, brindando las facilidades para el desarrollo del mismo.

Michael S.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**DEDICATORIA**

Dedico este proyecto a mi padre César, por guiarme y ser un ejemplo de superación un pilar fundamental en el cumplimiento de mis metas mi mentor. A mi novia y a mi hija, por brindarme las fuerzas y ánimos necesarios para seguir adelante. A todas las personas que me ayudaron con su buena voluntad a culminar con éxito este trabajo.

Michael S.

## ÍNDICE GENERAL

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.....	II
1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA.....	I
2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD .....	II
3. CONSTANCIAS.....	II
DECLARACIÓN .....	III
CERTIFICACIÓN .....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
DEDICATORIA.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XII
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	XIV
ÍNDICE DE TABLAS .....	XV
RESUMEN .....	XVI
ABSTRACT .....	XVII
CAPÍTULO I .....	1
1.1 INTRODUCCIÓN .....	1
1.2 ANTECEDENTES .....	1
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	3
1.4 ALCANCE DEL PROYECTO .....	3
1.5 OBJETIVOS .....	4
1.5.1 General.....	4
1.5.2 Específicos .....	4
CAPÍTULO II .....	5
MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 ESTACIÓN DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE.....	5

2.1.2	Tanque Reservorio de agua Potable .....	5
2.2	CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE .....	6
2.2.1	Módulos de entradas analógicas .....	7
2.3	INTERFAZ DE OPERADOR .....	7
2.4	MEDIDORES DE NIVEL .....	8
2.4.1	Instrumentos de Medida de Forma Directa.....	8
2.4.2	Instrumentos de Medida de Forma Indirecta .....	9
2.4.2.1	Medidores de Nivel por Ultrasonido .....	9
2.5	ANTENAS NANOSTATION M5 .....	10
2.6	RADIO ENLACE .....	11
2.6.1	Perdida de Propagación .....	11
2.6.1.1	Pérdidas en el Espacio Libre .....	11
2.6.1.2	Zona de Fresnel .....	12
2.7	PROTOCOLO TCP/IP .....	13
2.8	SEGURIDAD EN REDES INALÁMBRICAS .....	13
2.8.1	Tipos de encriptación o seguridad de datos. ....	14
2.8.2	Nuevas tecnologías de seguridad en redes inalámbricas .....	14
2.9	PROTECCIONES ELÉCTRICAS.....	15
2.9.1	Interruptor termomagnético .....	15
2.9.2	Supresor de transientes o Transitorios.....	15
2.9.3	Transformador de control .....	16
2.9.4	UPS .....	17
CAPÍTULO III .....		18
DESARROLLO DEL SISTEMA .....		18
3.1	DESCRIPCIÓN PLANTA DE TRATAMIENTO 20 DE JULIO.....	18

3.2	REQUERIMIENTOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN .....	21
3.2.1	Variables del sistema .....	21
3.3	SELECCIÓN DE MATERIALES.....	21
3.3.1	Controlador Lógico Programable.....	22
3.3.2	Interfaz Hombre-Máquina.....	24
3.3.3	Instrumentación .....	26
3.3.4	Sistema de telemetría.....	28
3.3.5	Sistema de alimentación ininterrumpida (UPS) .....	29
3.4	DIAGRAMA GENERAL DE CONSTRUCCIÓN.....	30
3.2.3	Diagrama P&ID del sistema.....	31
CAPÍTULO IV .....		33
PROGRAMACIÓN Y CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA.....		33
4.1	SOFTWARE.....	33
4.1.1	Simulación radio enlace.....	33
4.1.2	Programación del PLC DELTA .....	35
4.1.2.1	Nivel del líquido en el Tanque.....	37
4.1.2.2	Volumen de agua en el tanque .....	38
4.1.3	Elaboración y configuración pantallas HMI .....	39
4.2	CONFIGURACIÓN.....	43
4.2.1	Configuración Antena NanoStation Loco M5.....	43
4.2.2	Acceso a la Interfaz HMI a través de la Red.....	46
CAPÍTULO V .....		48
IMPLENTACIÓN Y RESULTADOS.....		48
5.1	IMPLEMENTACION.....	48
5.1.1	UNIDAD DE MONITORIZACIÓN .....	48

5.1.1.1 Montaje del tablero en campo.....	49
5.1.2 UNIDAD DE TRANSFERENCIA DE DATOS .....	50
5.1.2.1. Montaje de Unidad de Transferencia.....	51
5.1.3. INSTRUMENTACIÓN.....	52
5.1.3.1 Montaje.....	52
5.2 PRUEBAS DE VERIFICACIÓN.....	52
5.2.1 Verificación de las conexiones del sistema. ....	53
5.2.2 Funcionamiento parte lógica del sistema.....	53
5.2.2 Funcionamiento de la interfaz HMI. ....	53
5.2.3 Verificación del sistema de telemetría. ....	54
5.3 RESULTADOS.....	54
5.4. COSTO DE LA UNIDAD DE ADQUISICIÓN.....	55
5.4.1 Costos directos.....	55
5.4.2. Costos indirectos .....	56
5.4.4. Costo total.....	56
CAPÍTULO VI.....	57
CONCLUSIONES Y RECONMENDACIONES.....	57
6.1. CONCLUSIONES .....	57
6.2 RECOMENDACIONES.....	59
BIBLIOGRAFÍA .....	60
ANEXOS .....	66
ANEXO I: ARQUITECTURA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO.....	67
ANEXO II: RADIO ENLACE ENTRE LA PLANTA DE TRATAMIENTO 20 DE JULIO Y OFICINAS DE LA EPAA-AA .....	68
ANEXO III: DIAGRAMA ELÉCTRICO .....	69

ANEXO IV: DIAGRAMA DE CONTROL..... 70

ANEXO V: PLANOS TABLERO ..... 71

ANEXO VI: PROGRAMACIÓN DE LA UNIDAD DE MONITORIZACIÓN ..... 72

ANEXO VII: CÁLCULO DEL SUPRESOR DE TRANSIENTES ..... 74

ANEXO VIII: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL SENSOR ULTRASÓNICO ..... 76

ANEXO IX: DATASEET ANTENAS NANOSTATION..... 78

ANEXO X: MANUAL DE USUARIO ..... 79

**ÍNDICE DE FIGURAS**

<i>Figura 1. Estructura del PLC</i> .....	6
<i>Figura 2. Pantalla Touch Screen</i> .....	7
<i>Figura 3. Diagrama de un sistema de medida de ultrasonidos</i> .....	9
<i>Figura 4. Radio antenas NanoStation M_5</i> .....	11
<i>Figura 5. Zona de Fresnel</i> .....	12
<i>Figura 6. Arquitectura TCP/IP.</i> .....	13
<i>Figura 7. Interruptor termomagnético o breaker</i> .....	15
<i>Figura 8. Supresor de transientes</i> .....	16
<i>Figura 9. Transformador de control</i> .....	16
<i>Figura 10. UPS</i> .....	17
<i>Figura 11. Localización geográfica de la estación del proyecto</i> .....	18
<i>Figura 12. Tanque #1 de almacenamiento subterráneo de agua potable 1000m3.</i> .....	20
<i>Figura 13. Tanque #2 de almacenamiento subterráneo de agua potable 1000m3</i> .....	20
<i>Figura 14. Arquitectura en detalle del sistema a implementar</i> .....	31
<i>Figura 15. Diagrama P&amp;ID tuberías e instrumentación.</i> .....	32
<i>Figura 16. Coordenas de la EPAA-AA</i> .....	34
<i>Figura 17. Coordenadas de la planta 20 de Julio</i> .....	34
<i>Figura 18. Cuadro de detalle del radio enlace</i> .....	35
<i>Figura 19. Diagrama de Flujo adquisición de datos PLC.</i> .....	36
<i>Figura 20. Pantalla principal de acceso</i> .....	39
<i>Figura 21. Pantalla principal de acceso</i> .....	40
<i>Figura 22. Pantalla secundaria de parámetros</i> .....	40

<i>Figura 23. Pantalla de nivel y volumen de agua.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 24. Gráfica del nivel. ....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 25. Gráfica del volumen. ....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 26. Gráfico histórico .....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 27. Barra de direcciones del navegador.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 28. Pantalla principal de configuración airOS. ....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 29. Ventana de configuración Main.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 30. Ventana de configuración Wireless.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 31. Ventana de configuración Network. ....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 32. Ventana de configuración Advanced.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 33. Ventana de configuración Services.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 34. Ventana de acceso plataforma ERemote.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 35. Tablero de monitorización de la planta de tratamiento.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 36. Montaje del tablero.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 37. Fijación antenas. ....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 38. Instalación Antena.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 39. Montaje del sensor. ....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 40. Caja de revisión sensor.....</i>	<i>52</i>

**ÍNDICE DE ECUACIONES**

<i>Ecuación 1. Nivel del líquido en un Tanque. ....</i>	10
<i>Ecuación 2. Pérdida en el Espacio Libre a cualquier frecuencia. (ICTP, 2011) .....</i>	11
<i>Ecuación 3. Radio de la primera Zona de Fresnel. (ICTP, 2011).....</i>	12
<i>Ecuación 4. Interpolación de la señal.....</i>	37
<i>Ecuación 5. Distancia entre el sensor y el espejo de agua. ....</i>	37
<i>Ecuación 6. Volumen de agua en el tanque.....</i>	38

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Partes de un reservorio</i> .....	5
<i>Tabla 2. Métodos de medición directa</i> .....	8
<i>Tabla 3. Características constructivas</i> .....	19
<i>Tabla 4. Señales y variables.</i> .....	21
<i>Tabla 5. Análisis Cualitativo entre PLCs.</i> .....	22
<i>Tabla 6. Ponderación.</i> .....	23
<i>Tabla 7. Análisis Cuantitativo entre PLCs.</i> .....	23
<i>Tabla 8. Características técnicas del PLC</i> .....	24
<i>Tabla 9. Análisis Cualitativo entre interfaces HMI.</i> .....	25
<i>Tabla 10. Análisis Cuantitativo entre interfaces HMI</i> .....	25
<i>Tabla 11. Características técnicas de la interfaz HMI.</i> .....	26
<i>Tabla 12. Análisis cualitativo del sensor</i> .....	26
<i>Tabla 13. Análisis cuantitativo sensor.</i> .....	27
<i>Tabla 14. Características sensor SICK UM30-215113</i> .....	28
<i>Tabla 15. Características técnicas antena NanoBridge M5</i> .....	28
<i>Tabla 16. Sumatoria de corrientes.</i> .....	29
<i>Tabla 17. Características Eléctricas UPS</i> .....	30
<i>Tabla 18. Software de configuración y programación de dispositivos</i> .....	33
<i>Tabla 19. Valores adquiridos en el tanque 1000m3.</i> .....	54
<i>Tabla 20. Costos Directos.</i> .....	55
<i>Tabla 21. Costos indirectos.</i> .....	56
<i>Tabla 22. Costo total del proyecto</i> .....	56

## RESUMEN

La presente investigación detalla la construcción de una unidad de adquisición y transferencia de variables remotas para monitorear tanques de almacenamiento de agua potable. Tomando en cuenta requerimientos y disponibilidad de productos el desarrollo del proyecto se basa en la utilización de un PLC (Programmable Logic Control) un Touch Panel como HMI (Human-Machine Interface) y un sistema de telemetría los cuales integrarán la lógica del proyecto.

En el proyecto, el sistema de telemetría es vital para enviar y recolectar la información, que será captada por el personal de la empresa para la toma oportuna de decisiones, en caso de ocurrir alguna anomalía pudiendo brindar así un mejor servicio y de calidad.

Bajo esta concepción se integra la unidad de adquisición y transferencia de variables remotas en la planta de tratamiento de agua potable “20 de Julio”, de la empresa EPAA-AA (Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Antonio Ante) en la provincia de Imbabura, a través del cual se podrá monitorear y manipular todos los estados de la interfaz HMI desde cualquier lugar donde se cuente con señal de Internet.

## ABSTRACT

The present investigation details the construction of a unit for the acquisition and transfer of remote variables to monitor drinking water storage tanks. Taking into account requirements and availability of products, the development of the project is based on the use of a PLC (Programmable Logic Control), a Touch Panel as HMI (Human-Machine Interface) and a telemetry system which will integrate the logic of the project.

In the project, the telemetry system is vital to send and collect the information, which will be captured by the company's staff for timely decision making, in the event of any anomaly, thus providing a better service and quality.

Under this conception the unit of acquisition and transfer of remote variables is integrated in the drinking water treatment plant "20 de Julio", of the EPAA-AA company (Public Company of Potable Water and Sewerage of Antonio Ante) in the province of Imbabura, through which you can monitor and manipulate all the states of the HMI interface from any place where you have an Internet signal.

## CAPÍTULO I

### 1.1 INTRODUCCIÓN

El avance tecnológico en diferentes campos de la automatización y control permiten crear nuevas aplicaciones para controlar y monitorear variables de sistemas, gracias a la integración y aplicación de estas nuevas tecnologías se logra la obtención inmediata de la información, dando paso al personal técnico encargado hacer uso de estos datos pudiendo actuar de manera pertinente en caso de ocurrir algún percance.

En base a lo descrito centraremos el proyecto en desarrollar una unidad de adquisición y transferencia de variables remotas para monitorear tanques de almacenamiento de agua potable. Esta permitirá visualizar el proceso desde una interfaz HMI, a nivel local y desde cualquier lugar donde se disponga servicio de internet mediante el acceso a cualquier dispositivo compatible con nuestro sistema.

### 1.2 ANTECEDENTES

El monitoreo de variables remotas siempre ha sido un factor determinante en la optimización de un sistema o proceso en tal virtud, Diego Terán en el año 2012, realiza un sistema de Automatización de dos Zonas de Bombeo y Monitorea la Red Principal del Sistema de Agua Potable en Araque Otavalo, con la finalidad de ahorrar y disminuir pérdidas del agua, evitar accidentes de trabajo (TERÁN, 2013).

Más tarde Cintya Paspuezán , realiza el Monitoreo del Nivel de Agua en los Tanques de la Subestación Azaya de la Empresa EMAPA-I a través de una Red Inalámbrica Basada en IEEE.802.11, el que consiste en el desarrollo de un sistema de supervisión de nivel de agua, compuesto por una interfaz gráfica en computador

y un sistema de comunicación basado en el estándar IEEE802.11a; brindando así una alternativa más económica y confiable con respecto al sistema implementado anteriormente por TECNOHIDRO. (PASPUEZÁN, 2013)

De igual manera Santiago Guagalango realiza un estudio y determina mediante ingeniería básica y de detalle la implementación de un sistema de control y Monitoreo de Nivel y Flujo de Agua Potable en la estación de reserva y la Planta de Tratamiento de Azaya de la Emapa - Ibarra. El proyecto se desarrolla en dos sitios, la estación de reserva y la planta de tratamiento de las lomas de Azaya que se encuentran separadas 0.7Km de distancia (GUAGALANGO, 2015).

Para el presente proyecto nos centraremos en la Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Antonio Ante la que cuenta con una serie de subsistemas independientes, conformados por unidades, estructuras y elementos, que incluyen: estructuras de captación, plantas de tratamiento, tanques de reserva, tanques rompe presión, líneas de impulsión y conducción de redes de distribución cuyos sistemas se encuentran en proceso de automatización.

En tal virtud centraremos el desarrollo del proyecto en la planta de tratamiento “20 de Julio”, ubicada en la parroquia Andrade Marín la que cuenta con una estructura de dos tanques de almacenamiento de  $1000m^3$ , unidos por medio de vasos comunicantes los cuales a través de tubería PVC de 300 mm de diámetro suministran del líquido vital a toda la población de la ciudad de Atuntaqui.

Para monitorear los tanques la empresa hace la disposición de operadores en turnos distribuidos a lo largo del día para supervisar el nivel de agua potable en cada uno de los tanques, los cuales no poseen ningún sistema de señalización o

monitorización. La inoportuna presencia de la información genera inconvenientes que se reflejan en una mala prestación del servicio de agua potable a la población.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

En la actualidad la gestión sostenible e integrada de los recursos hídricos es uno de los problemas más complicados. Al presentar un crecimiento poblacional se está creando una fuerte presión sobre el recurso hídrico e infraestructura de suministro; lo que ha ocasionado que asegurar un suministro de agua seguro, suficiente y asequible ya sea en algunas zonas un verdadero problema.

Debido a la alta demanda de agua dulce, las empresas hacen uso de fuentes naturales cada vez más lejanas, por ende es imprescindible asegurar un servicio continuo y minimizar errores debido a fallas de operación y conocer en tiempo inmediato el estado de las variables de los sistemas. La EPAA-AA (Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado Antonio Ante) teniendo en cuenta los avances tecnológicos de modernización de sistemas, considera conveniente optimizar los sistemas de monitorización y registro del almacenamiento de agua potable, tomando en cuenta que los procedimientos actuales no cumplen requerimientos confiables y seguros.

### **1.4 ALCANCE DEL PROYECTO**

El proyecto se desarrolla con la construcción de una unidad de adquisición y transferencia de variables remotas para monitorear el nivel y volumen de agua potable en el tanque principal de almacenamiento de la planta de tratamiento “20 de Julio” de la EPAA-AA (Empresa de Agua Potable y Alcantarillado Antonio Ante).

La unidad de adquisición dispondrá de un PLC (Programmable Logic Control), un Touch Panel como HMI (Human-Machine Interface) y un sistema de telemetría,

mediante la integración de estos dispositivos se podrá llevar un monitoreo en tiempo inmediato del estado actual de los tanques de almacenamiento de agua potable no simplemente a nivel local, sino también a través de dispositivos compatibles con nuestra unidad que cuenten con acceso Internet.

De acuerdo al “Código Eléctrico Nacional - Artículo 408- Tableros de distribución-Especificaciones de Construcción”, la unidad dispondrá de las protecciones eléctricas necesarias para protección del personal y equipos.

## **1.5 OBJETIVOS**

### **1.5.1 General**

Diseñar y construir una unidad de adquisición y transferencia de variables remotas para el monitoreo en tanques de almacenamiento de agua potable.

### **1.5.2 Específicos**

- Realizar un análisis previo del estado actual de los Tanques de Agua en la Planta de Tratamiento.
- Diseñar una unidad de adquisición, transferencia y monitoreo de variables remotas.
- Construir el sistema de comunicación para la unidad de monitoreo.
- Validar el diseño y construcción del sistema de Telemetría.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 ESTACIÓN DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

Estación de tratamiento de agua potable se conoce al conjunto de reservorios y estructuras donde el agua captada de las estaciones de bombeo recibe diferentes tratamientos para alcanzar la calidad de agua potable (CONSTRUMÁTICA, 2016).

##### 2.1.2 Tanque Reservorio de agua Potable

Es un reservorio de concreto armado de sección circular o cuadrada, utilizado para almacenar y controlar el flujo de agua que se distribuye a la población, garantiza su disponibilidad continua en el mayor tiempo posible ("ITACA", s.f).

En la Tabla 1 se muestra las partes principales de un reservorio.

---

**Tabla 1.** Partes de un reservorio

- **Tubería de ventilación.** Permite la circulación del aire.
- **Tapa sanitaria.** Permite el ingreso al interior del reservorio, para realizar actividades de limpieza.
- **Tanque de almacenamiento.** Depósito de hormigón utilizado para almacenar agua.
- **Tubería de rebose.** Eliminan el agua excedente del tanque.
- **Tubería de salida.** Permite el flujo la salida del agua a la red de distribución.
- **Canastilla.** Evita el paso de elementos extraños al interior del depósito.
- **Cámara de válvulas.** Protege las válvulas de control del reservorio.

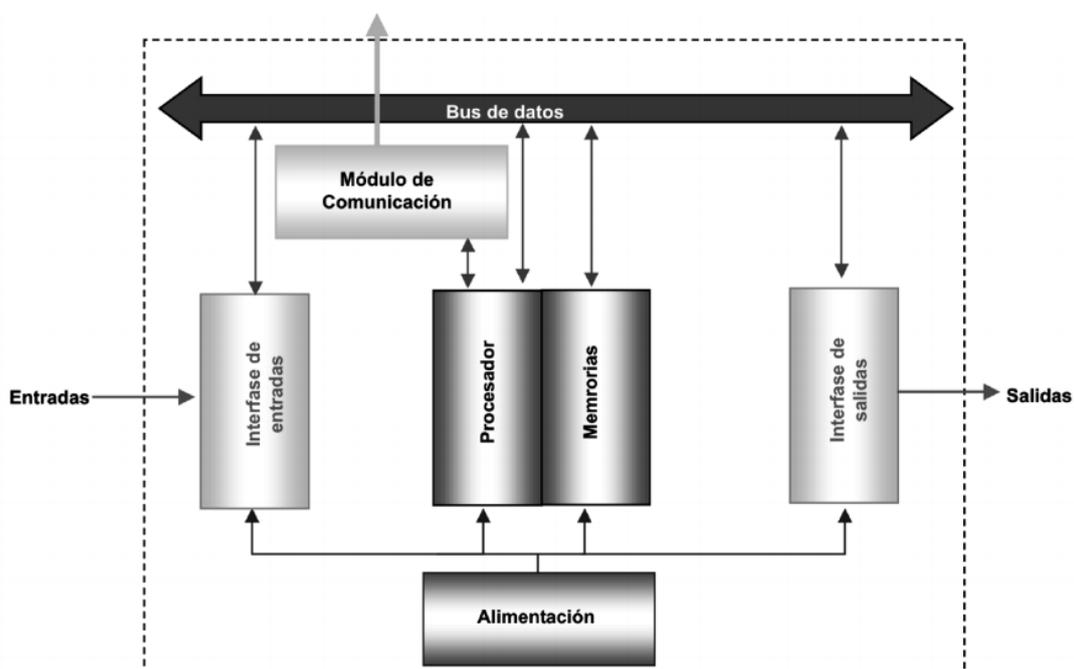
Fuente: ("ITACA", s.f)

## 2.2 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

Un PLC (Controlador Lógico Programable) es un dispositivo digital electrónico con memoria programable para el almacenamiento de instrucciones, que permite la implementación de funciones específicas como: lógicas, secuenciales, temporizadas, de conteo y aritméticas; con el objeto de controlar máquinas y procesos (Automación Micromecánica, s.a.i.c, 2016) .

La estructura básica de un PLC está compuesta por:

- La CPU
- Interfaces de entrada
- Interfaces de salida



**Figura 1.** Estructura del PLC

Fuente: (Automación Micromecánica, s.a.i.c, 2016)

### 2.2.1 Módulos de entradas analógicas

Es un dispositivo electrónico que admite como señal de entrada valores de tensión o corriente dentro de un rango, que puede ser de 4-20mA, 0-5 VDC o 0-10 VDC, convirtiéndola en un número. Este número es guardado en una posición de la memoria del PLC (Automación Micromecánica, s.a.i.c, 2016).

### 2.3 INTERFAZ DE OPERADOR

La interfaz Hombre-Máquina (HMI) es una plataforma que permite la interacción entre usuarios y equipos de automatización. La pantalla táctil permite el ingreso de parámetros y una variedad de formas de visualizar datos, incluyendo gráficos y elementos de alarma (ELCTRONICS, 2018).



**Figura 2.** Pantalla Touch Screen

Fuente: (IndiaMART InterMESH, 2017)

#### Funciones:

- **Monitoreo.** Obtiene y muestra datos en tiempo real.
- **Supervisión.** Posibilidad de ajustar condiciones de trabajo.
- **Alarmas.** Reporte de eventos a través de límites preestablecidos.
- **Control.** Aplicar algoritmos que ajustan valores del proceso.
- **Históricos.** Muestra y almacena datos del proceso.

## 2.4 MEDIDORES DE NIVEL

Los medidores de nivel de líquidos trabajan midiendo directamente la altura de líquido sobre una línea de referencia, la presión hidrostática o el desplazamiento producido por un flotador del líquido contenido en el tanque o aprovechando características eléctricas del líquido (Creus, 2010).

La elección del tipo de medidor de nivel a utilizar depende de la aplicación y las características del líquido a medir. En la actualidad la mayoría de transmisores de nivel trabajan con algún protocolo de comunicación hacia un ordenador.

### 2.4.1 Instrumentos de Medida de Forma Directa

Estos instrumentos utilizan la variación de la altura del líquido sobre una línea de referencia para su medición. En la Tabla 2 se muestra los principales métodos de medición directa.

**Tabla 2.** *Métodos de medición directa.*

<b>Indicadores Visuales</b>
Los indicadores visuales, permiten la visualización directa de la altura de la superficie libre del líquido sobre una escala graduada.
<b>Indicador de cristal</b>
El funcionamiento del indicador de cristal se basa en el principio de los vasos comunicantes: con igual presión, el líquido del tanque sube en el tubo de vidrio hasta que ambos niveles sean iguales. Cuando el nivel varía en el tanque, varía también en el tubo de vidrio obteniéndose así una indicación real de nivel del proceso.
<b>Instrumentos de flotador</b>
Se sumerge un flotador en el líquido, el cual se mueve hacia arriba y hacia abajo con los cambios en el nivel, este movimiento del flotador puede ser transformado por diversos medios, en el exterior del tanque, en una acción de indicación, registro o control.

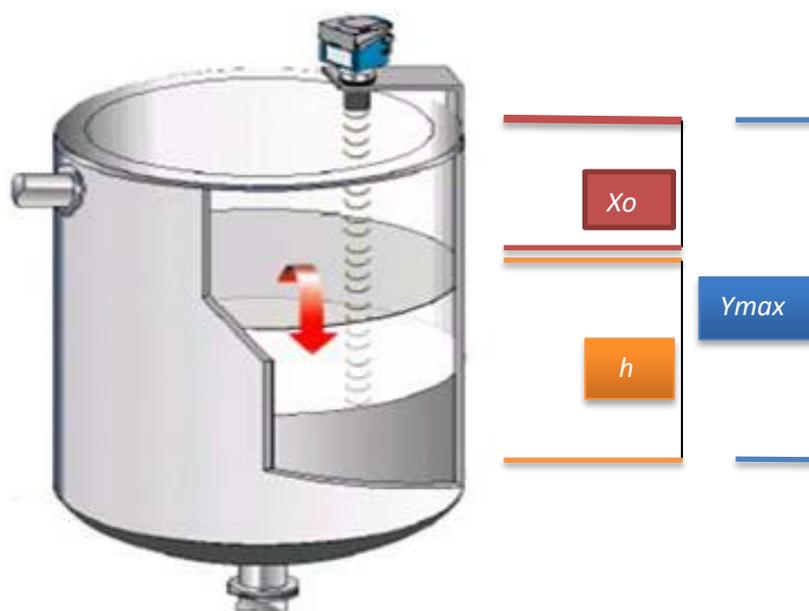
Fuente: (INDUSTRIALES, 2010)

## 2.4.2 Instrumentos de Medida de Forma Indirecta

Los instrumentos de medición indirecta en líquidos aprovechan el empuje producido por el propio líquido, la presión hidrostática y las características propias del líquido (INDUSTRIALES, 2010).

### 2.4.2.1 Medidores de Nivel por Ultrasonido

El sistema ultrasónico de medición de nivel basa su funcionamiento en emisión de un impulso ultrasónico a una superficie reflectante y la recepción del eco del mismo en un receptor. El retardo en la captación del eco depende del nivel del tanque, estos sensores trabajan a una frecuencia de 20 kHz – 200KHz. Estas ondas atraviesan con cierto amortiguamiento o reflexión, el medio ambiente de gases o vapores, aumentando o disminuyendo la velocidad del sonido y se reflejan en la superficie del sólido o del líquido (Creus, 2010).



**Figura 3.** Diagrama de un sistema de medida de ultrasonidos

Fuente: (Creus, 2010)

El nivel del tanque viene expresado por:

$$h = Y_{max} - X_o$$

***Ecuación 1. Nivel del líquido en un Tanque.***

Siendo:

*h = nivel del líquido*

*Y<sub>max</sub> = Altura máxima del tanque de hormigón*

*X<sub>o</sub> = Valor del sensor en relación a una variación de altura.*

**Las ventajas de los medidores ultrasónicos son las siguientes:**

- Adecuados para todos los tipos de tanques y líquidos.
- La exactitud de estos instrumentos es del  $\pm 0,25\%$  al  $\pm 1\%$ .
- Se desempeña muy bien en ambientes agresivos.
- No requieren mantenimiento.

## **2.5 ANTENAS NANOSTATION M<sup>5</sup>**

Son dispositivos inalámbricos que funcionan en base a ondas de radio, basadas en el estándar 802.11 para comunicaciones a largo alcance, opera con 100% línea de vista en frecuencias de 2.4GHz a 5.8GHz dependiendo del tipo de arquitectura ya sea está Punto a Punto o Punto a MultiPunto y la distancia de operación.

Estos dispositivos cuentan con un potente protocolo TDMA (Acceso Múltiple por División de Tiempo) ofrece velocidad y escalabilidad de red sobre distancias de enlaces de varios Kilómetros lo que se traduce a una tecnología de alto rendimiento a bajo precio.



**Figura 4.** Radio antenas NanoStation M\_5

*Fuente: (UBIQUITI, NETWORKS, 2016)*

## 2.6 RADIO ENLACE

Es una conexión que permite el intercambio de información entre dos puntos dentro de un enlace, usando ondas electromagnéticas. Existen parámetros primordiales que hay que tomar en cuenta al realizar un enlace las cuales describimos a continuación.

### 2.6.1 Pérdida de Propagación

Las pérdidas de propagación están relacionadas con la atenuación que ocurre en la señal cuando esta sale de la antena de transmisión hasta que llega a la antena receptora.

#### 2.6.1.1 Pérdidas en el Espacio Libre

La mayor parte de la potencia de una señal de radio se perderá en el aire, debido a que la energía se irradia en direcciones diferentes a la del eje de enlace. (PASPUEZÁN, 2013)

$$FSL(dB) = 20 \log(d) + 20 \log(f) + 32.45$$

**Ecuación 2.** Pérdida en el Espacio Libre a cualquier frecuencia. (ICTP, 2011)

Dónde:

$d$  = distancia en Km

$f$  = frecuencia en Ghz

### 2.6.1.2 Zona de Fresnel

La zona de Fresnel es el espacio alrededor del eje que contribuye a la transferencia de potencia entre la antena transmisora y la receptora. Lo ideal es que la zona no esté obstruida, pero es suficiente con despejar el 60% del radio para tener un enlace satisfactorio.

$$r = 17.31 * \sqrt{\frac{d1 * d2}{f * d}}$$

**Ecuación 3.** Radio de la primera Zona de Fresnel. (ICTP, 2011)

Dónde:

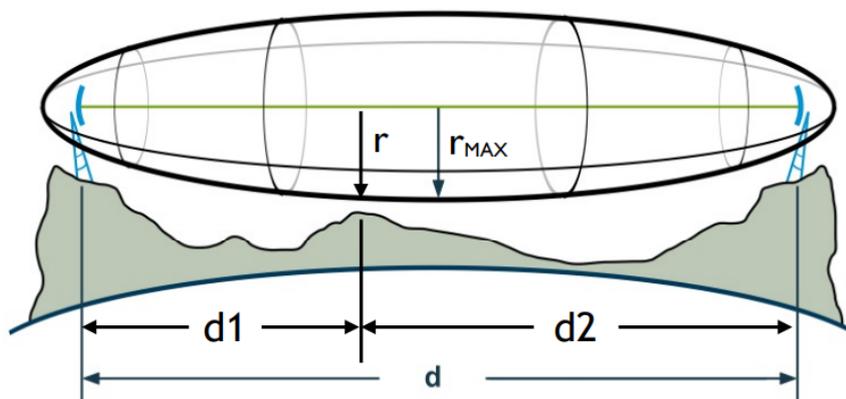
$d1$  = distancia al obstaculo desde el transmisor [km]

$d2$  = distancia al obstaculo desde el receptor [km]

$d$  = distancia total entre el transmisor y el receptor [km]

$f$  = frecuencia [MHz]

$r$  = radio [m]



**Figura 5.** Zona de Fresnel

Fuente: (ICTP, 2011)

## 2.7 PROTOCOLO TCP/IP

TCP/IP se refiere a un conjunto de protocolos para comunicaciones de datos. Este conjunto toma su nombre de sus protocolos más importantes, el protocolo **TCP** (Protocolo de Transmisión de Datos) donde se divide y une paquetes y el protocolo **IP** (Protocolo de internet) encargado de hacer llegar los paquetes de datos a su destino (McGraw-Hill Education, 2016).

El protocolo TCP/IP se descompone en cuatro niveles donde cada uno cumple funciones específicas como se muestra en la figura 6.



**Figura 6.** Arquitectura TCP/IP.

*Fuente: (McGraw-Hill Education, 2016)*

## 2.8 SEGURIDAD EN REDES INALÁMBRICAS

La seguridad en redes inalámbricas es una de las principales preocupaciones cuando se trata de implementar este tipo de enlaces, en la actualidad los dispositivos a través de los cuales se implementa este tipo de redes inalámbricas incorporan funciones completas de seguridad (CJP TELECOM, 2014).

### 2.8.1 Tipos de encriptación o seguridad de datos.

- **WEP (Privacidad Equivalente a Cableado):** cifra los datos en su red de forma que solo el destinatario deseado puede acceder a ellos. WEP codifica los datos mediante una “clave” de cifrado antes de enviarlo al aire. Si la clave de seguridad no cambia, es posible irrumpir en su red por lo es recomendable no usar este tipo de seguridad.
- **WPA (Acceso Protegido Wifi):** emplea el cifrado de clave dinámica, lo que significa que la clave está cambiando constantemente, provocando que las incursiones en la red inalámbrica sean más complejas.

### 2.8.2 Nuevas tecnologías de seguridad en redes inalámbricas

- **SSID (Conjunto Identificador de Servicios).**Esta opción oculta la red inalámbrica.
- **CHANNEL SHIFTING (Cambio de Canal).** Esta opción activa canales especiales que están fuera de la frecuencia de los canales estándares, es decir, que los equipos que no tengan implementada esta opción no pueden conectarse ya que no reconocen el rango de frecuencia de los canales.
- **MAC (Control de Acceso a Medios)** Esta opción proporciona la capacidad de negar o permitir a ciertos clientes conectarse a la red, de acuerdo a su dirección MAC. La dirección MAC es un valor numérico parecido a una dirección IP que permite reconocer al dispositivo dentro de una red de datos.

## 2.9 PROTECCIONES ELÉCTRICAS

### 2.9.1 Interruptor termomagnético

Creado bajo las normas IEC 60898 y el IEC 60947-2. Un interruptor termomagnético es un dispositivo que ofrece protección contra sobrecarga y cortocircuito en circuitos eléctricos. (SCHNEIDER, 2016)



**Figura 7.** Interruptor termomagnético o breaker

*Fuente: (WEG, 2015)*

### 2.9.2 Supresor de transientes o Transitorios

Dispositivo de protección de sobre voltajes del orden de los nano y micro segundos construido bajo norma ANSI/IEEE C62.41.2. Requeridos en instalaciones con equipos eléctricos sensibles. Los transientes o picos de voltaje pueden presentarse de manera repetida como picos debidos a la conmutación de voltaje, switcheo o conmutación de cargas inductivas, o de manera aleatoria como las descargas atmosféricas (rayos) provenientes de la red de alimentación (PQ GLOBAL, 2010). En el Anexo VII se muestra una hoja de cálculo de la capacidad del supresor a utilizar en el proyecto.



**Figura 8.** Supresor de transientes

Fuente: (PRO ELECTRIC S.A, 2015)

### 2.9.3 Transformador de control

Son transformadores monofásicos que brindan una aislación entre los circuitos conectados en el bobinado primario y los conectados al secundario. Resultan útiles, como medida de seguridad, cuando se requiere alimentar un aparato (eléctrico o electrónico) desde la red eléctrica, pero sin que exista conexión directa con ella, para proteger la integridad física de quienes deban entrar en contacto con sus circuitos (ELECTRÓNICOS.COM, 2018).



**Figura 9.** Transformador de control

Fuente: (GENERAL ELECTRIC, 2018)

## 2.9.4 UPS

La UPS (Fuente de Alimentación Interrumpida) es un dispositivo que gracias a una batería suministra energía eléctrica a los dispositivos conectados a él durante un corte en la red eléctrica. De la misma manera mejoran la calidad de la energía eléctrica, gracias a los dispositivos internos que la conforman (iPTECNO, 2012). En la figura 10 se muestra una fuente de alimentación interrumpida de 1000VA.



**Figura 10.** UPS

Fuente: (FORZA POWER TECHNOLOGIES, 2017)

## CAPÍTULO III

### DESARROLLO DEL SISTEMA

#### 3.1 DESCRIPCIÓN PLANTA DE TRATAMIENTO 20 DE JULIO

Se encuentra ubicada en el barrio San Miguel perteneciente a la parroquia Andrade Marín, a una altura de 2468,67 m.s.n.m., en las coordenadas Este: 810089,25 y Norte: 10035506,63.



**Figura 11.** Localización geográfica de la estación del proyecto

Fuente: (EARTH, 2018)

Da tratamiento al agua proveniente de la estación de bombeo 25 de Marzo con un caudal de 32 l/s, que llega con tubería de PVC de 200 milímetros y es descargada inicialmente en una estructura de hormigón, que permite que el agua se oxigene, para luego ser conducida mediante dos tuberías de 200 y 300 milímetros

hacia desarenadores y posteriormente pasar a los filtros de arena y desinfección, previo al almacenamiento y distribución del líquido.

La Planta de Tratamiento 20 de Julio cuenta con dos tanques de almacenamiento de hormigón armado, construidos de forma circular de una capacidad de 1000 m<sup>3</sup> cada uno, unidos por medio de vasos comunicantes. El agua una vez tratada es distribuida por tubería de PVC de 300 milímetros, a 1,40 metros de profundidad promedio, hasta llegar a la calle Junín donde se conectan mediante una unión en forma de “T” con la tubería de 300 mm de diámetro que llega de la Planta de Tratamiento de Andrade Marín la cual se distribuye a toda la ciudad de Atuntaqui (EPAA-AA, 2016). En el Anexo I se muestra la arquitectura general de la planta de tratamiento 20 de Julio.

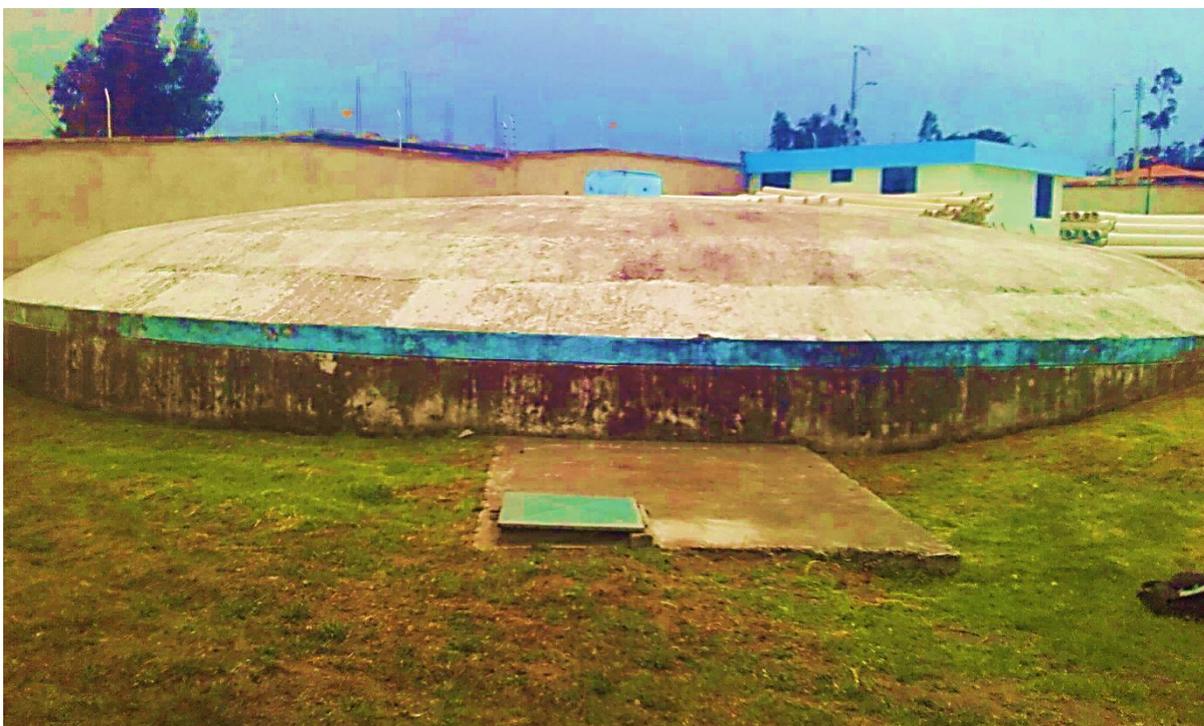
**Tabla 3.** *Características constructivas.*

TANQUE DE ALMACENAMIENTO 1 Y 2		
Descripción	Dimensión	Unidad
Radio	9.75	m
Altura	5.5	m
Volumen	1000	m <sup>3</sup>

En la Figura 12 y Figura 13 se observan los tanques de almacenamiento subterráneo de 1000 m<sup>3</sup> ubicados en la planta de tratamiento 20 Julio.



*Figura 12. Tanque #1 de almacenamiento subterráneo de agua potable 1000m<sup>3</sup>.*



*Figura 13. Tanque #2 de almacenamiento subterráneo de agua potable 1000m<sup>3</sup>.*

### 3.2 REQUERIMIENTOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN

El área establecida para implementar la unidad de adquisición y transferencia de variables remotas deben cumplir con ciertos requerimientos básicos que ayuden a establecer la viabilidad del proyecto.

Parámetros necesarios para implementar el sistema:

- Alimentación 220V /120V.
- Línea de vista para establecer comunicación.

#### 3.2.1 Variables del sistema

Las variables a intervenir en el sistema son el nivel y volumen de los tanques de almacenamiento. La señal de nivel es una señal analógica adquirida del sensor, y procesada por un Controlador Lógico Programable, en tanto que el volumen se obtiene de una relación del nivel y las características constructivas de los tanques como son el radio y la altura del tanque a monitorear. Cabe mencionar que los tanques se encuentran conectados por medio de vasos comunicantes lo permite conocer el estado de los mismos de manera simultánea.

**Tabla 4.** *Señales y variables.*

VARIABLE	UBICACIÓN	SEÑAL
Nivel del Tanque 1	Planta de tratamiento	4-20 mA
Nivel del Tanque 2	Planta de tratamiento	4-20 mA
Volumen Tanque 1	Planta de tratamiento	
Volumen Tanque 2	Planta de tratamiento	

### 3.3 SELECCIÓN DE MATERIALES

Tomando en cuenta los requerimientos para la implementación de la unidad de adquisición y transferencia de variables remotas y haber analizado las variables a

Intervenir en el sistema procedemos a realizar la selección de los materiales a fin de seleccionar los más adecuados a la hora de su implementación.

### 3.3.1 Controlador Lógico Programable

Al existir en el mercado una amplia gama de marcas donde elegir procederemos a realizar un análisis comparativo y cualitativo de las características necesarias para la implantación de nuestro autómatas dentro del proyecto.

A continuación estableceremos los requerimientos que debe presentar nuestro controlador a fin lograr encontrar el más apto para nuestra aplicación. En la tabla 5 se muestra un análisis característico de tres Autómatas que cumplen con nuestros requerimientos.

**Tabla 5.** Análisis Cualitativo entre PLCs.

CARACTERISTICAS	PLC DVP16ES2	PLC S7-1200	PLC CONTROLLOGIX 5580
ENTRADAS/SALIDAS ANALÓGICAS 4-20 mA	MODULO EXTERNO	1	1
MODULO DE EXPANSIÓN ANALÓGICO	\$ 226.94	\$ 273,63	\$236,99
COMNICACION RS485	SI	SI	SI
COMUNICACIÓN ETHERNET	SI	SI	SI
FUENTE DE ALIMENTACION	NO REQUIERE 120V-220V CA	SI REQUIERE 24V DC	NO REQUIERE 120V-220V CA
MEMORIA DE ALMMANCENAMIENTO	55KB	75KB	40KB
SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN	GRATUITO	LICENCIA	LICENCIA
ESCALABILIDAD	SI	SI	SI
COSTO	\$ 202,75	\$ 473	\$ 407,33

Luego de ver cada propiedad de los Controladores Lógicos Programables, se realizó un proceso de ponderación de cada criterio de selección, dentro de una escala.

**Tabla 6.** Ponderación.

ESCALA PARA FACTOR DE RANGO R	
EXCELENTE	9-10
MUY BUENO	7-8
BUENO	5-6
POBRE	3-4
INSATISFACTORIO	0-2

En la tabla 7 se muestra el proceso de ponderación teniendo en cuenta las propiedades establecidas en la tabla anterior.

**Tabla 7.** Análisis Cuantitativo entre PLCs.

CRITERIO	PESO %	DELTA ELECTRONICS	SIEMENS	ALLEY BRADLEY
ENTRADAS/SALIDAS ANALÓGICAS 4-20mA	30	7	6	8
R X PESO		210	180	240
COMUNICACIÓN ETHERNET /RS 485	20	9	9	9
R X PESO		180	180	180
SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN	20	10	8	7
R X PESO		200	160	140
MEMORIA DE ALMACENAMIENTO	10	7	9	7
R X PESO		70	90	70
FUENTE DE ALIMENTACIÓN	10	10	6	7
R X PESO		100	60	70
COSTO	10	10	8	6
R X PESO		100	80	60
TOTAL	100	860	750	760

Al analizar la Tabla 7 podemos establecer que el PLC DVP16ES2 de la marca DELTA ELECTRONICS es la mejor opción, no solo por brindar todos los requerimientos establecidos sino que también posee una amplia gama de aplicaciones gratuitas que influyen de manera positiva a un mejor desarrollo de nuestro proyecto.

En la Tabla 8 se muestra las características técnicas requeridas para el controlador lógico programable.

**Tabla 8.** Características técnicas del PLC.

<b>Descripción</b>	<b>Eléctrica</b>	Voltaje de Alimentación	100...240 VCA
		Corriente	< 2.5 A
		Potencia	30 VA
		Comunicación	1 puerto serial RS-232 2 puerto serial RS-485
		Entradas /Salidas	8DI / 8DO 4-20 mA
	<b>Mecánica</b>	Medida	145x110x78
		Peso	0.5 Kg
		Montaje	Gabinete/ Riel DIN
	<b>Norma</b>	Protección	IP65

Fuente: (DELTA ELECTRONICS, 2017)

### 3.3.2 Interfaz Hombre-Máquina.

De igual manera que en la selección del Controlador Lógico Programable citamos las características que debe presentar este dispositivo al mismo tiempo consideramos ventajas adicionales que complementen a la unidad.

En la Tabla 9 se muestran las características técnicas requeridas para la Interfaz Hombre Máquina.

**Tabla 9.** *Análisis Cualitativo entre interfaces HMI.*

CARACTERÍSTICAS	DELTA DOP-B3E211	OMRON NB3Q-TW01B	SIEMENS KTP-400
PANTALLA TOUCH	TFT LCD 4,3"	TFT LCD 3,5"	TFT LCD 4,3"
COMUNICACIÓN RS232- RS485	SI	SI	SI
COMUNICACIÓN ETHERNET	SI	SI	SI
SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN	GRATUITO	LICENCIA	LICENCIA
PROTECCIÓN	IP65	IP65	IP65
GESTION DE ALARMAS	SI	NO	SI
VISUALIZAR GRÁFICAS	SI	SI	SI
COSTO	\$ 419,19	\$556,56	\$ 721,05

Luego de realizar un análisis cualitativo, se realizó un proceso de ponderación de cada criterio de selección, teniendo en cuenta la Tabla 6.

**Tabla 10.** *Análisis Cuantitativo entre interfaces HMI.*

CRITERIO	PESO %	DELTA ELECTRONICS	OMROM	SIEMENS
PANTALLA TOUCH	30	10	8	10
R X PESO		300	240	300
COMUNICACIÓN	20	10	10	10
R X PESO		200	200	200
SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN	20	10	7	7
R X PESO		200	140	140
PROTECCIÓN IP	10	10	10	10
R X PESO		100	100	100
GESTIÓN DE ALARMAS	10	9	8	10
R X PESO		90	80	100
COSTO	10	10	8	6
R X PESO		100	80	60
TOTAL	100	990	840	900

Al realizar un análisis de la Tabla 10 podemos concluir que la mejor opción a elegir es la pantalla HMI DELTA DOP-B3211 la cual nos ofrece las mejores prestaciones en cuanto a una óptima e inmediata visualización de parámetros, software de programación gratuito el cual es una gran ventaja en cuanto al tema de licencias al momento de adquirir un dispositivo.

En la tabla 11 se detalla las características técnicas de la interfaz seleccionada.

**Tabla 11.** Características técnicas de la interfaz HMI.

Descripción	Eléctrica	Voltaje de Alimentación	+ 24VDC	
		Corriente	< 500 mA	
		Display	4.3 "	
		Resolución	480 x 272 pixeles	
	Mecánica	Comunicación		1 puerto Ethernet
				1 puerto USB
				3 puertos Seriales
			RS-232/RS -422/RS-485	
		Medida	480 x 272	
		Peso	0.5 Kg	
Norma	Protección	Montaje	Gabinete	
			IP65	

Fuente: (DELTA ELECTRONICS , 2015)

### 3.3.3 Instrumentación

Para la selección del sensor del nivel de agua potable toma en cuenta ciertas características que se describen en la tabla 12.

**Tabla 12.** Análisis cualitativo del sensor.

CARACTERISTICAS	SICK UM30 215113	FLOWLINE LU29-01
RANGO	10000mm	80000mm
ALIMENTACIÓN	9V...30V DC	24V DC
SALIDA ANALÓGICA	4-20 mA / 0V...10V	4-20 mA
GRADO DE PROTECCIÓN	IP67	IP65
COSTO	\$ 979	\$ 990

Luego de realizar un análisis cualitativo, se realizó un proceso de ponderación de cada criterio de selección, teniendo en cuenta los valores de la Tabla 6. En la tabla 13 se muestra el proceso de ponderación teniendo en cuenta las propiedades establecidas en la tabla anterior.

**Tabla 13.** *Análisis cuantitativo sensor.*

CRITERIO	PESO %	SICK	FLOWLINE
<b>TECNOLOGÍA</b>	30	10	10
R X PESO		300	300
<b>RANGO</b>	20	10	9
R X PESO		200	180
<b>ALIMENTACIÓN</b>	20	10	9
R X PESO		200	180
<b>SALIDA ANALÓGICA</b>	10	10	9
R X PESO		100	90
<b>GRADO DE PROTECCIÓN</b>	10	10	9
R X PESO		100	90
<b>COSTO</b>	10	10	9
R X PESO		100	90
<b>TOTAL</b>	100	1000	930

El sensor a elegir de acuerdo al puntaje obtenido en la tabla comparativa es el sensor de la marca SICK UM30-215113 el cual gracias a grado de protección IP67 soporta el agua clorada lo que permite que el dispositivo tenga mayor perdurabilidad en el tiempo.

Otra ventaja que ofrece este modelo de sensor es que contiene un visualizador display que admite configuraciones de acuerdo a la aplicación. Además no presenta mayor variación en el valor de los datos obtenidos cuando se genera una capa de espuma en la superficie del agua. El datasheet del sensor se muestra en el anexo IX.

**Tabla 14.** Características sensor SICK UM30-215113

<b>Descripción</b>	<b>Eléctrica</b>	Voltaje de Alimentación	10....30 VCC
		Corriente	< 60 mA
		Frecuencia del ultrasonido	65 kHz
		Resolución	0.35 mm
		Rango de operación	400...6000mm
	<b>Mecánica</b>	Comunicación/salidas	4-20 mA
		Medidas(largo x ancho)	106x73mm
		Peso	165 g
		Tipo de conexión	Conector M12 x 1 , 5 polos
		<b>Norma</b>	Protección

Fuente: ( SICK SENSOR INTELLIGENCE, 2017)

### 3.3.4 Sistema de telemetría.

Actualmente en el mercado local encontramos un sistema sencillo, pero extraordinariamente robusto ideal para realizar transmisión de datos de un lugar a otro, presente con diversas características las que se acoplan exitosamente a los requerimientos que se presenten .Para llevar a cabo la trasmisión de datos obtenidos en la planta de tratamiento a la oficina central de la EPAA-AA se establece el uso de antenas NanoBridge M5 las cuales se encuentran dimensionadas de acuerdo a nuestra necesidad. El datasheet de la antena de radio enlace se muestra en el Anexo VIII.

**Tabla 15.** Características técnicas antena NanoBridge M5.

<b>Descripción</b>	<b>Eléctrica</b>	Voltaje de Alimentación	120VCA
		Corriente	0.5A
		Frecuencia	5250MHz - 5825MHz
		Ganancia	16 dBi
		Rango de operación	15 Km
	Comunicación	2 puerto Ethernet	

	Peso	0.65 Kg
Mecánica	Temperatura de funcionamiento	-30°C a 75°C
	Montaje	Poste
Norma	Grado de Protección	IP65

Fuente: (UBIQUITI, NETWORKS, 2016)

### 3.3.5 Sistema de alimentación ininterrumpida (UPS)

Realizada la selección de los dispositivos electrónicos a intervenir en el sistema realizamos un análisis de la corriente eléctrica que utiliza cada elemento a fin de seleccionar la UPS más acorde a nuestra necesidad de carga, pudiendo de esta manera sustentar la energía en caso de que ocurrir una suspensión del servicio o presentar niveles de voltaje inaceptables.

En la tabla 16 se muestra la suma de corrientes de los equipos que intervienen en el sistema.

**Tabla 16.** Sumatoria de corrientes.

Descripción	Corriente de entrada
<b>PLC</b>	2.5 A
<b>HMI</b>	0.5 A
<b>SENSOR</b>	0.06 A
<b>ANTENA</b>	0.5 A
<b>SUB TOTAL</b>	3.56 A
<b>TOTAL</b>	$3.56 \times 25 \% = 4.45 \text{ A}$

En base al análisis de la suma de corrientes seleccionamos una unidad de alimentación ininterrumpida modelo NT-1001 de la marca FORZA que ofrece las características necesarias para el sistema. En la tabla 17 se muestra las características técnicas la unidad seleccionada.

**Tabla 17. Características Eléctricas UPS**

<b>CAPACIDAD</b>	<b>VA</b>	<b>1000VA/500W</b>
<b>ENTRADA</b>	Tensión nominal	120V
	Margen de tensión	89-145V
	Corriente	11A
	Frecuencia	50/60 Hz
	Tipo de enchufe	1 NEMA 5-15P
<b>SALIDA</b>	Tensión nominal	120V +/- 10 %
	Forma de onda	Onda sinusoidal
	Corriente	7.5 A
	Frecuencia	50/60 Hz
	Tipo de enchufe	4 NEMA 5-15R
<b>BATERIA</b>	Tipo de baterías	12V 9Ah (1)
	Tiempo de autonomía	25 min
	Tiempo de recarga	Hasta el 90% de su capacidad en 6 horas
	Tiempo de transferencia	2-6 ms
<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS</b>	Longitud del cable	1.2 m
	Dimensiones del producto	279 x 101 x142 mm
	Peso del producto	4.9 kg

### 3.4 DIAGRAMA GENERAL DE CONSTRUCCIÓN.

Una vez seleccionado los elementos a intervenir en el proyecto se desarrolla en detalle la construcción del sistema, empezamos con el sensor ultrasónico de nivel ubicado en la parte superior del tanque principal de almacenamiento cuya señal es adquirida directamente por PLC, que se encuentra en el tablero de monitorización al igual que la interfaz Hombre-Máquina, el switch Ethernet crea un acceso a la red local desde la cual se lograra monitorear el estado de los tanques a una frecuencia de 5.2 GHz.

En la figura 14 se muestra el diagrama general donde se encuentra la ubicación de los dispositivos principales a ser implementados en la unidad. Instalados bajo el propósito común de integrar la unidad de adquisición. En el Anexo III Y IV se muestra el diagrama de conexión eléctrica y de control de la unidad de

adquisición y transferencia de variables remotas para el monitoreo en tanque de almacenamiento de agua potable de la planta de tratamiento 20 de Julio

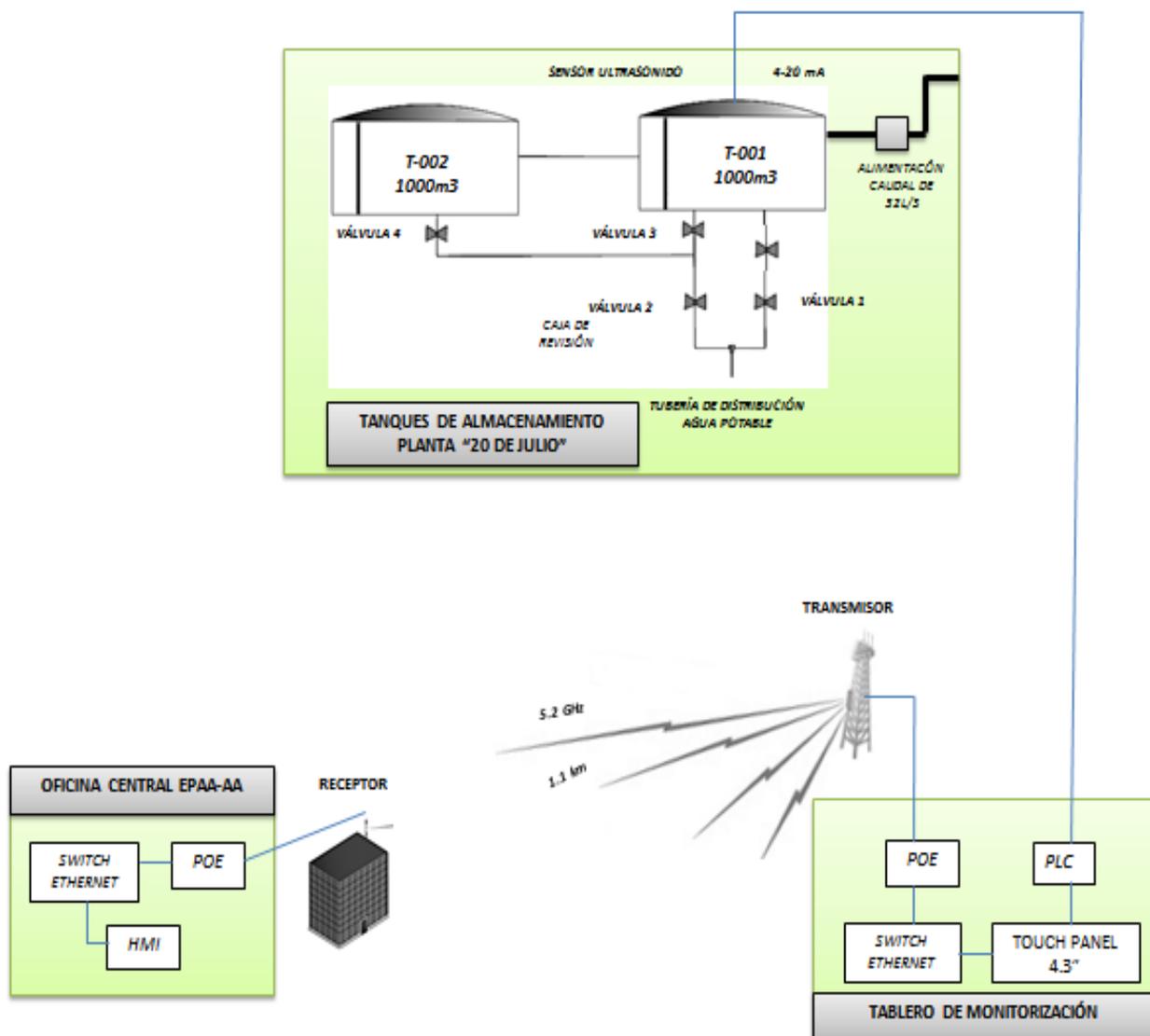


Figura 14. Arquitectura en detalle del sistema a implementar.

### 3.2.3 Diagrama P&ID del sistema.

Basado en la Norma ISA 5.1 para diagramas P&ID de tuberías e instrumentación se muestra en detalle el proceso de flujo de almacenamiento y distribución de agua potable de la planta de tratamiento “20 de Julio”, Atuntaqui.

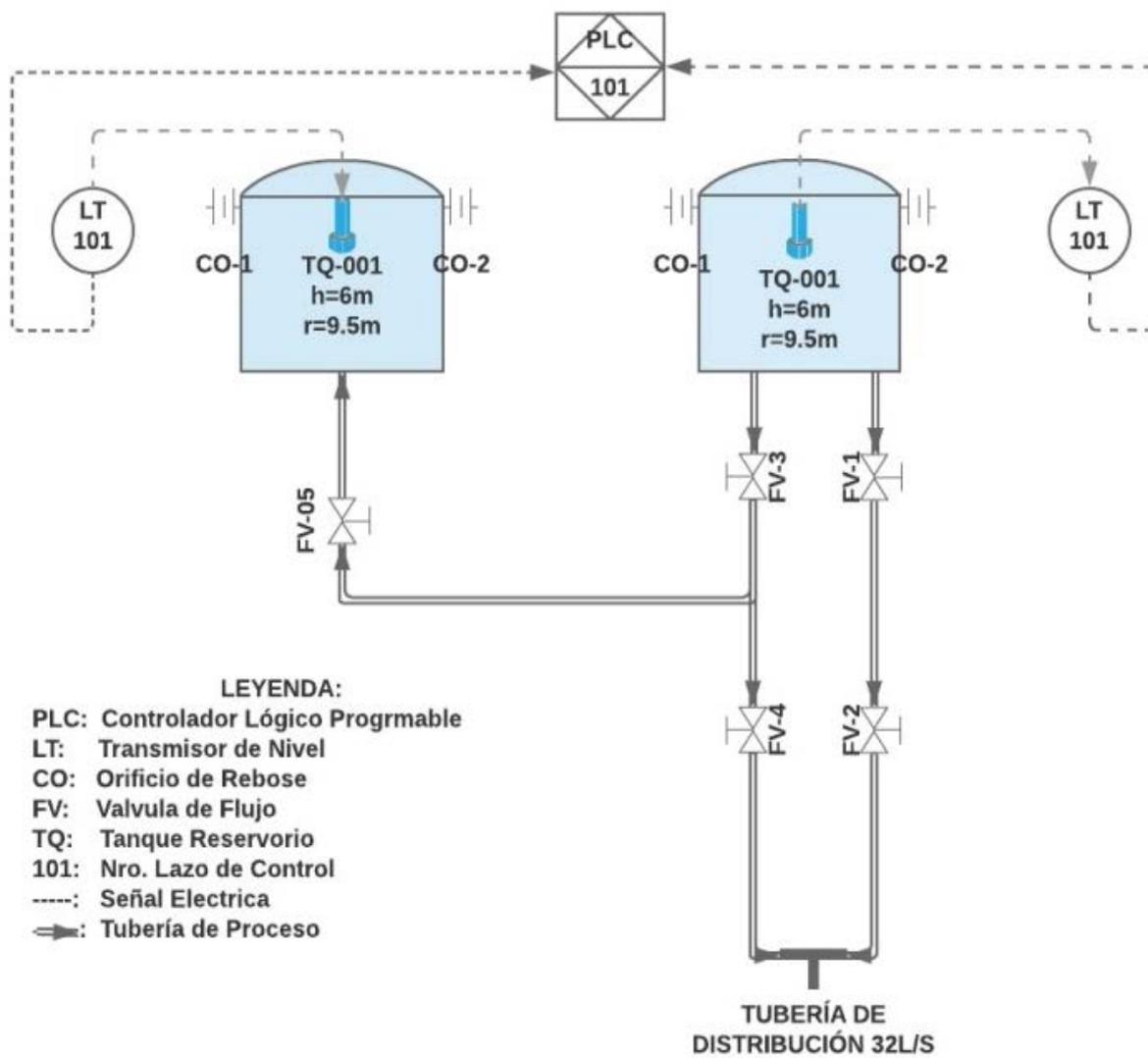


Figura 15. Diagrama P&ID tuberías e instrumentación.

## CAPÍTULO IV

### PROGRAMACIÓN Y CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA

#### 4.1 SOFTWARE

A continuación se establece una lista del software a utilizar en la programación y configuración de los dispositivos de control, monitoreo e instrumentación de la unidad de adquisición y transferencia de variables remotas a ser implementado en la planta de tratamiento “20 de Julio”.

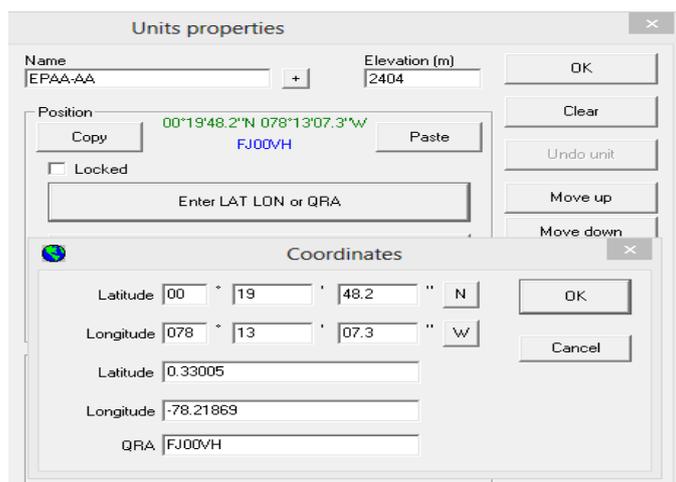
**Tabla 18.** *Software de configuración y programación de dispositivos.*

ITEM	SOFTWARE	VERSIÓN	DESCRIPCIÓN
1	Radio Mobile	11.6.3	Simulador Radio Enlace
2	WPLSoft	2.04	Programación del PLC DELTA
3	DOPSoft	1.01	Programación de pantallas HMI DELTA
4	eRemote	2.00.23.15	Revisión y Control HMI vía internet
5	Android eRemote	1.0.0.20	Revisión y Control HMI vía internet
6	eServer	1.00.21.09	Recolección y transferencia de información vía internet
7	AirOs	5.5	Configuración de las Antenas Ubiquiti

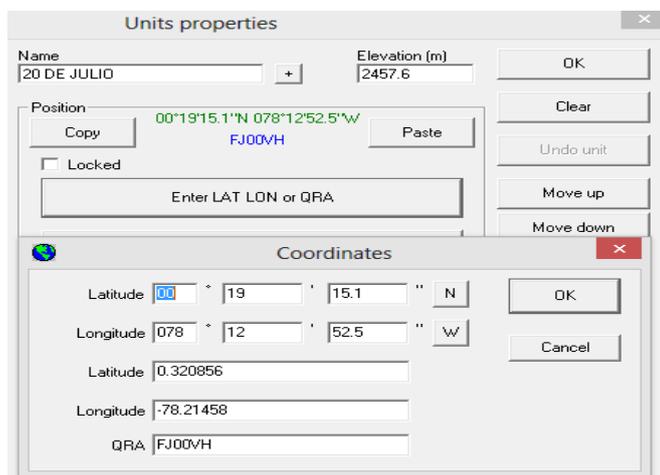
##### 4.1.1 Simulación radio enlace

Utilizando datos de longitud y latitud de puntos en un determinado terreno creamos mapas virtuales y mediante la inserción de parámetros de la antena tales como; potencia de transmisión, umbral de recepción y ganancia se puede establecer un análisis y simulación del área de cobertura entre los puntos de interés, todo este proceso se lo realiza a través de un software denominado Radio Mobile.

En la figura 16 y 17 se muestra las coordenadas de los puntos para el radio enlace entre la planta de tratamiento 20 de Julio y la oficina central de la Empresa Pública de Agua potable y Alcantarillado de Antonio Ante (EPAA-AA).

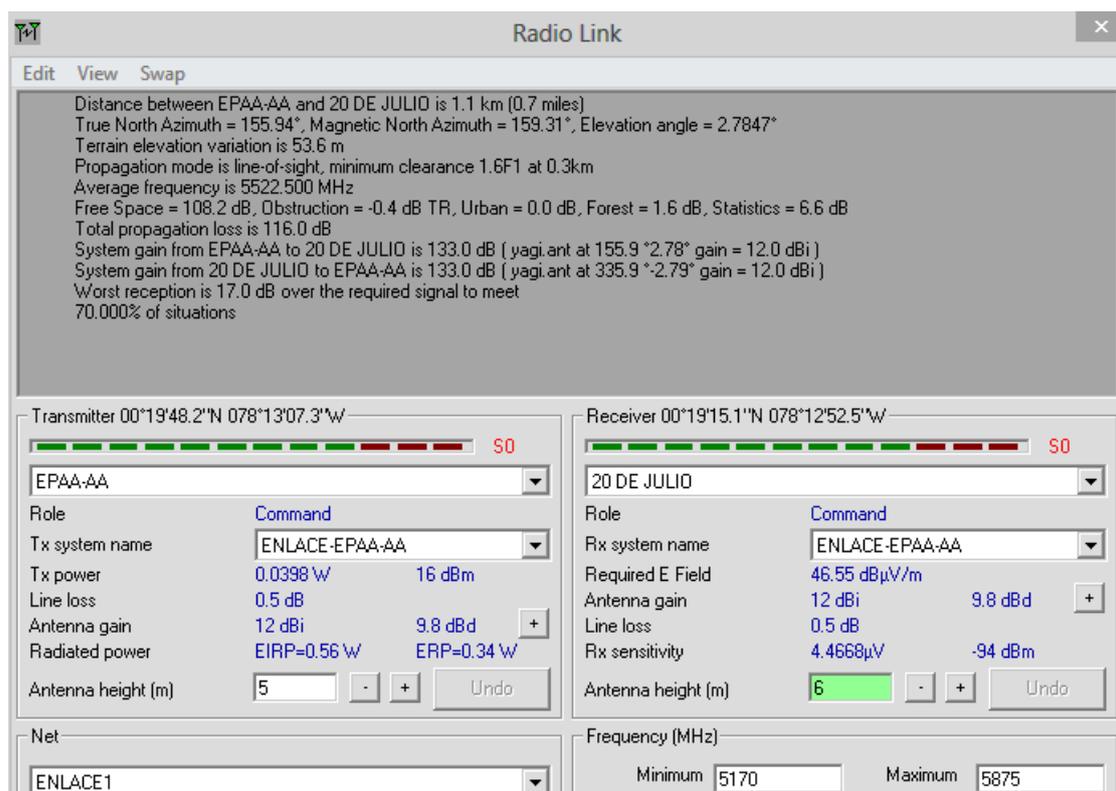


**Figura 16.** Coordenas de la EPAA-AA



**Figura 17.** Coordenadas de la planta 20 de Julio

Una vez establecidas las Coordenas y posterior a direccionar las antenas dentro de un enlace se obtiene los siguientes parámetros de conexión; distancia entre los puntos de enlace, variación de altura en el terreno, frecuencia, espacio libre, perdidas de propagación etc. En la figura 18 se muestra un cuadro de detalle del radio enlace y en el Anexo III se muestra un diagrama del radio enlace entre los puntos de comunicación. En el Anexo II se muestra un diagrama del radio de enlace de los puntos a intervenir en la unidad.

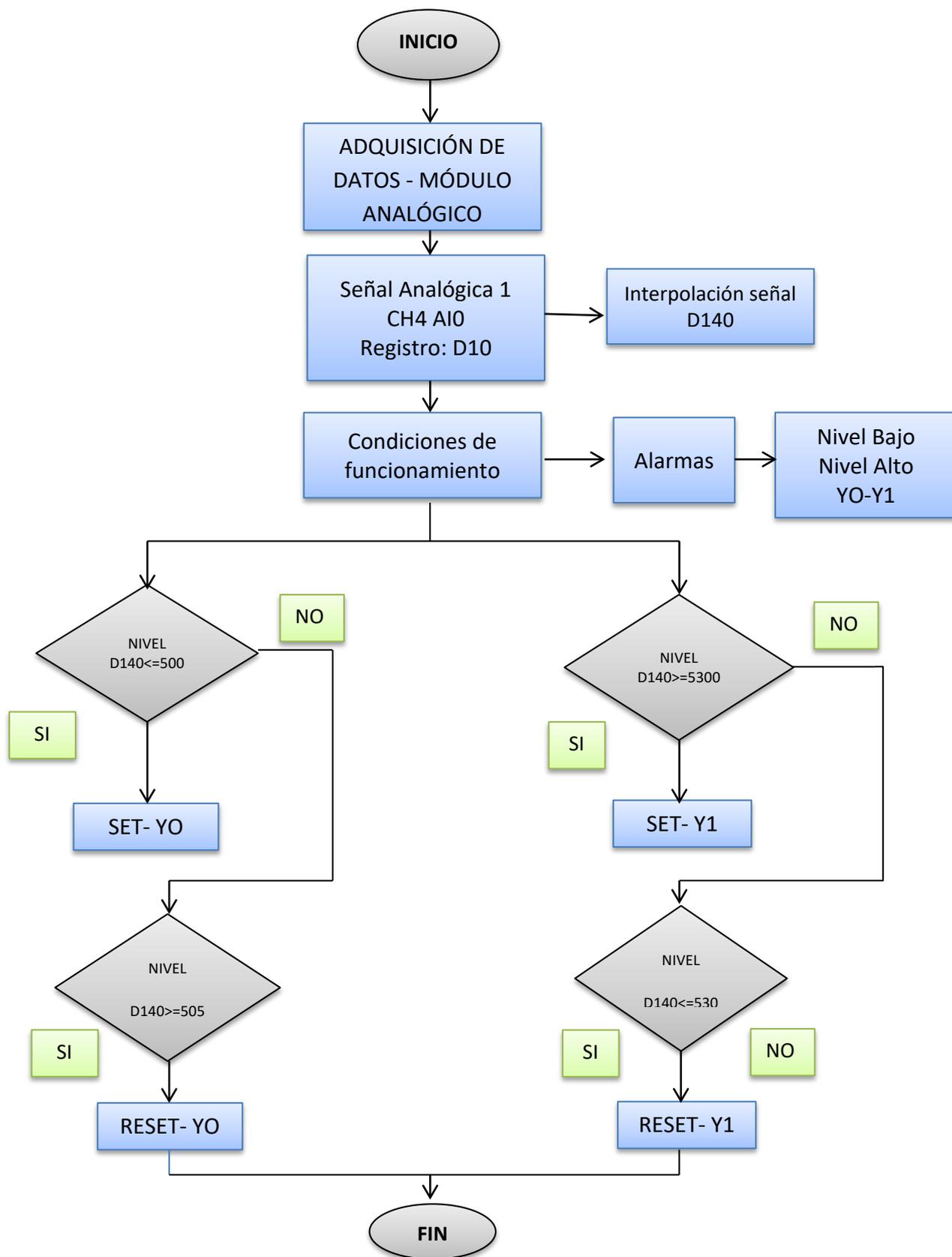


**Figura 18.** Cuadro de detalle del radio enlace

#### 4.1.2 Programación del PLC DELTA

WPLSoft es un editor de programación del PLC, mediante el cual realizaremos la parte lógica de la unidad de adquisición y transferencia de variables remotas. En la figura 16 se muestra un diagrama de flujo de la adquisición de datos al PLC.

La lógica del programa empieza con la adquisición de la señal analógica obtenida desde un sensor ubicado en uno de los tanques, esta señal es interpolada y entra en un proceso de condición de funcionamiento para gestionar alarmas por niveles altos o bajos.



**Figura 19.** Diagrama de Flujo adquisición de datos PLC.

#### 4.1.2.1 Nivel del líquido en el Tanque

A continuación se muestra la ecuación general de interpolación utilizada para encontrar la distancia entre el sensor y el espejo de agua en el tanque de almacenamiento de agua potable.

$$Y_0 = \left[ \left( \frac{Y_{max} - Y_{min}}{X_{max} - X_{min}} \right) * (X_0 - X_{min}) \right] + Y_{min}$$

#### **Ecuación 4.** Interpolación de la señal.

Dónde:

*Y<sub>0</sub>* = Distancia entre el sensor y espejo de agua

*Y<sub>max</sub>* = Altura máxima del tanque de hormigón.

*Y<sub>min</sub>* = Altura mínima del tanque de hormigón.

*X<sub>max</sub>*

= Valor máximo del sensor en referencia a la altura superior del tanque de hormigón.

*X<sub>min</sub>*

= Valor mínimo del sensor en referencia a la altura mínima del tanque de hormigón.

*X<sub>0</sub>* = Valor del sensor en relación a una variación de altura.

Posterior a realizar la interpolación de la señal del sensor reemplazamos los valores que se conoce de la estructura del tanque, obteniendo de esta manera la distancia entre el sensor y el espejo de agua. La ecuación es adquirida con el fin de poder ingresar estos valores en la programación del PLC. A continuación se muestra la ecuación encontrada una vez se ha reemplazado las variables conocidas.

$$Y_0 = \left[ \left( \frac{5.400}{31.780} \right) * (X_0 - 220) \right] + 600$$

#### **Ecuación 5.** Distancia entre el sensor y el espejo de agua.

Dónde:

$Y_0$  = Distancia entre el sensor y espejo de agua

5.400 = Rango entre altura del tanque

31.780 = Rango entre lectura del sensor

220 = Valor mínimo lectura del sensor

600 = Valor mínimo altura del tanque de hormigón

$X_0$  = Valor del sensor en relación a una variación de altura.

Una vez realizada la interpolación de la señal y haber obtenido la distancia entre el sensor y el espejo de agua aplicamos la fórmula de la ecuación 1 para obtener el nivel del líquido en el tanque.

Posterior al análisis realizado se procede a realizar la programación en el software WPLSoft la cual se muestra en el ANEXO VI.

#### 4.1.2.2 Volumen de agua en el tanque

Para obtener el volumen de agua en el tanque utilizamos la fórmula del volumen de un cilindro, la cual es ingresada en la programación del PLC. El volumen obtenido se encuentra en relación del nivel de agua y del radio del tanque los cuales son valores propios de la estructura del sistema.

$$V = \pi \times r^2 \times h$$

**Ecuación 6.** Volumen de agua en el tanque

Dónde:

$V$  = Volumen de agua en el tanque

$\pi$  = Constante

$r$  = Radio del tanque de hormigón

$h$  = Nivel del líquido

Posterior al análisis realizado se procede a realizar la programación en el software WPLSoft la cual se muestra en el ANEXO V.

#### 4.1.3 Elaboración y configuración pantallas HMI

Para crear las pantallas de interfaz de la unidad de monitorización, se utiliza la plataforma DOPSoft que ofrece gran versatilidad para el diseño de puntos de interacción. Empezamos determinando diferentes puntos de acceso a través de ventanas a las cuales gobiernan parámetros de acción encaminadas a conocer en tiempo inmediato el estado de los tanques de almacenamiento de agua potable de la planta de tratamiento 20 de Julio.

A continuación se muestra en detalle un grupo de ventanas establecidas dentro de la interfaz HMI. En la ventana principal tenemos un visualizador con la fecha, hora y un botón de acceso a los parámetros de configuración del sistema.



**Figura 20.** Pantalla principal de acceso.

Cabe mencionar que se introduce una clave de acceso como seguridad a la unidad.



*Figura 21. Pantalla principal de acceso.*

En la ventana de acceso número dos tenemos a disposición cuatro botones de acceso secundarios, los cuales contienen los principales parámetros involucrados en el proceso.



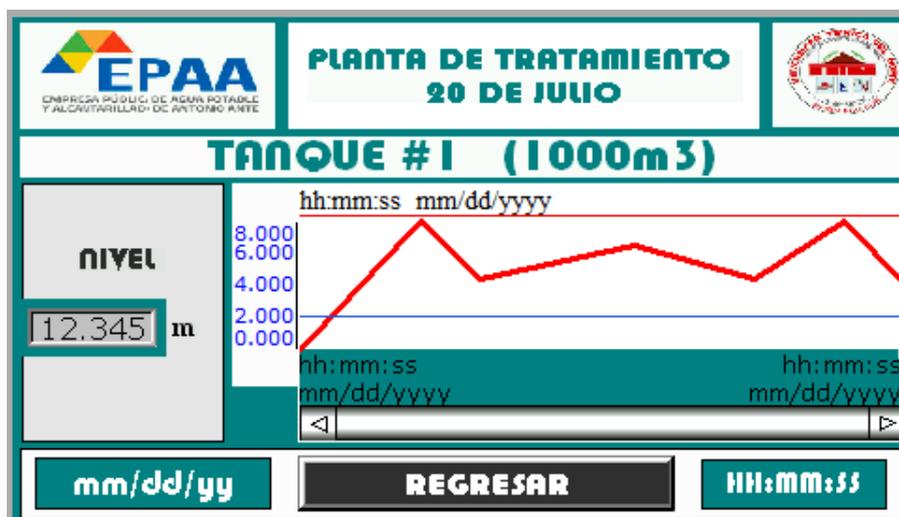
*Figura 22. Pantalla secundaria de parámetros.*

En la ventana de acceso al nivel de agua, observamos de manera gráfica la variación del nivel en relación al flujo que entra y sale del tanque, además dispone de alarmas con indicadores que muestran el nivel alto y bajo.



*Figura 23. Pantalla de nivel y volumen de agua.*

En las pantallas siguientes se hace un análisis mediante gráficas del nivel y volumen en relación al tiempo para tener una visión general del comportamiento del sistema.



*Figura 24. Gráfica del nivel.*

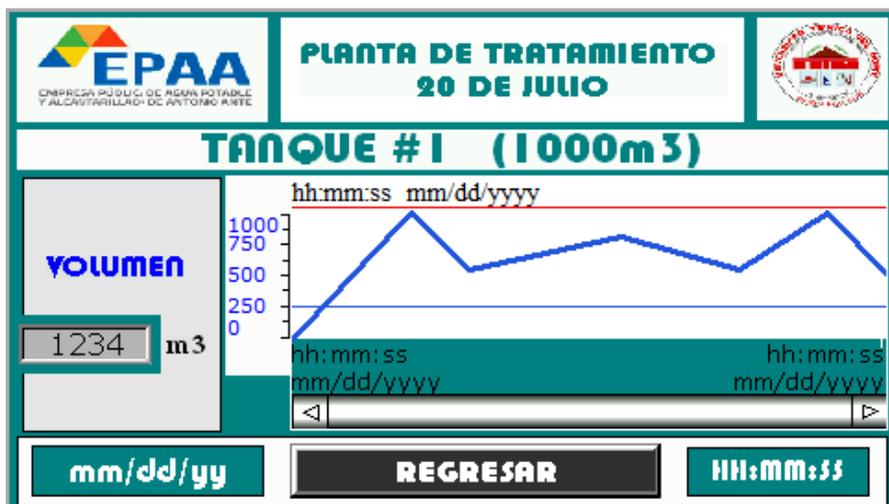


Figura 25. Gráfica del volumen.

En la siguiente ventana tenemos un registro histórico del nivel de agua en el cual podemos observar la fecha y la hora en el que el tanque presenta niveles bajos o altos.



Figura 26. Gráfico histórico

## 4.2 CONFIGURACIÓN

### 4.2.1 Configuración Antena NanoStation Loco M5

Pasos a seguir para acceder a la configuración de las antenas que implementan el sistema de transmisión entre la planta de tratamiento 20 de Julio y el edificio principal de la EPAA-AA. a través del software AirOs de la marca Ubiquiti Networks.

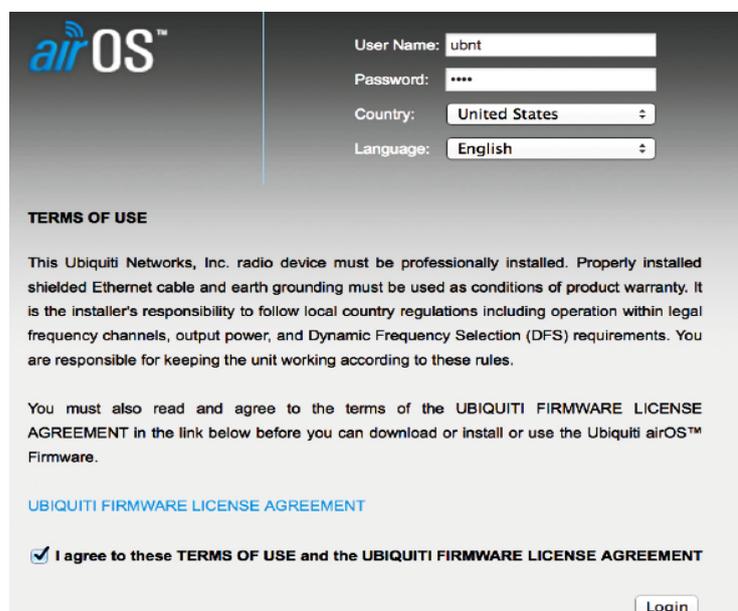
**Paso1:** Abrir el navegador de internet e ingresar a la dirección IP 192.168.1.20.



**Figura 27.** Barra de direcciones del navegador.

*Fuente: (Ubiquiti Networks, 2016)*

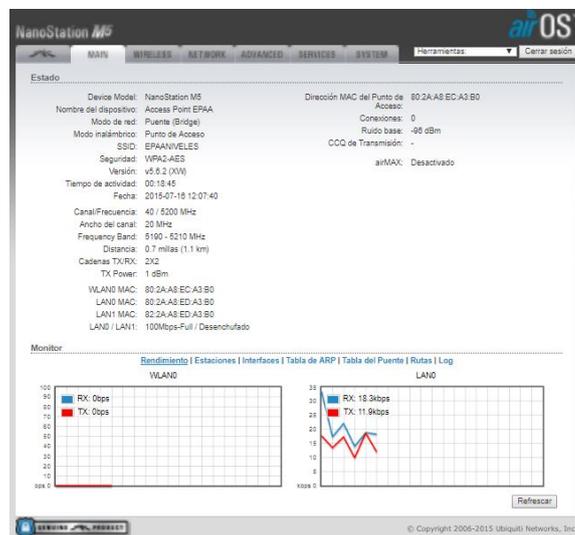
**Paso2:** La pantalla de inicio de sesión solicitará un usuario “**admin**” y contraseña “**admin**” posterior presione el botón “**Login**” del equipo.

A screenshot of the Ubiquiti AirOS login interface. The top left corner features the "airOS" logo. On the right side, there are four input fields: "User Name:" with the value "ubnt", "Password:" with four asterisks, "Country:" with a dropdown menu set to "United States", and "Language:" with a dropdown menu set to "English". Below these fields is a section titled "TERMS OF USE" containing two paragraphs of text. The first paragraph states that the device must be professionally installed and that users are responsible for following local regulations. The second paragraph states that users must agree to the Ubiquiti Firmware License Agreement. Below the text is a blue link for "UBIQUITI FIRMWARE LICENSE AGREEMENT". At the bottom of the terms section, there is a checked checkbox followed by the text "I agree to these TERMS OF USE and the UBIQUITI FIRMWARE LICENSE AGREEMENT". A "Login" button is located at the bottom right of the form.

**Figura 28.** Pantalla principal de configuración AirOs.

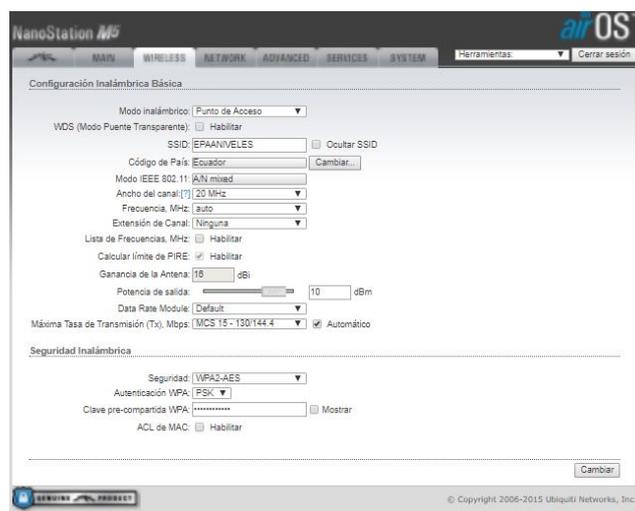
*Fuente: (Ubiquiti Networks, 2016)*

**Paso3:** En la pestaña **MAIN** se muestra las condiciones generales del enlace como el nivel de señal, nivel de ruido, calidad de la señal, capacidad del sistema, ancho de canal, frecuencia de operación, nombre del enlace, distancia, entre otras.



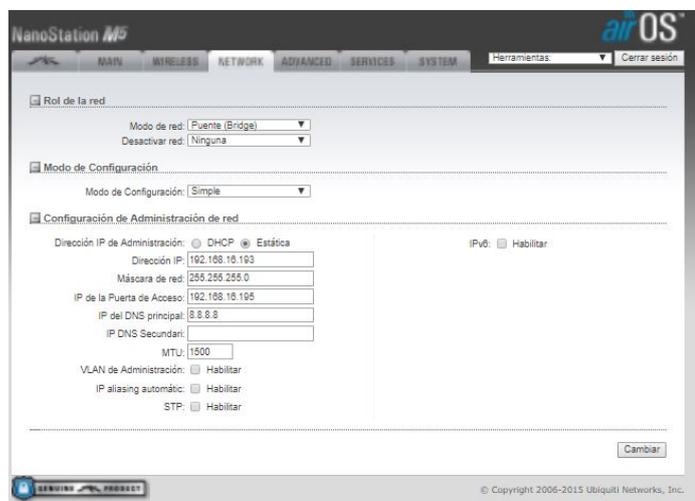
**Figura 29.** Ventana de configuración Main.

**Paso4:** En la pestaña **WIRELES** se encuentra la configuración principal del radio, ya que permite ajustar el modo de conexión inalámbrico, modificar el nombre de la red, establecer el código de país, muestra el ancho del canal, la ganancia de la antena, en esta ventana también se establece la seguridad del enlace inalámbrico, entre otros parámetros de configuración.



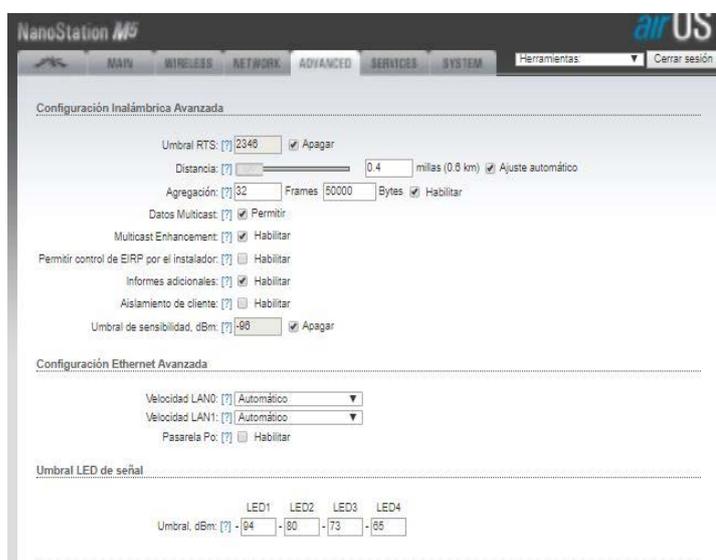
**Figura 30.** Ventana de configuración Wireless.

**Paso5:** En la ventana **NETWORK** básicamente establecemos las direcciones IP de la red a migrar o establecer.



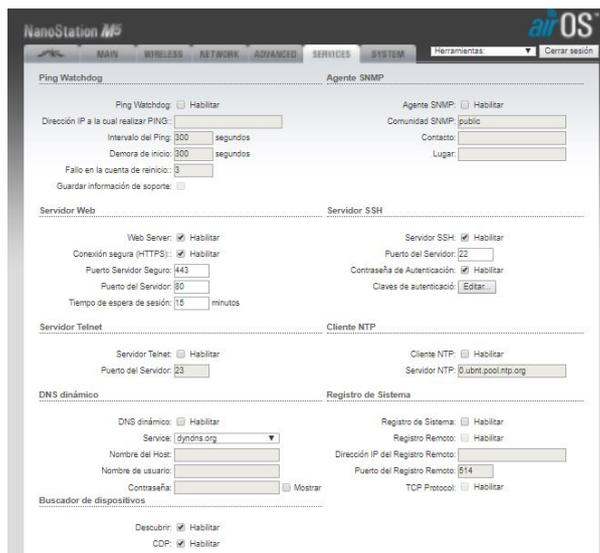
**Figura 31.** Ventana de configuración Network.

**Paso6:** En la sección **ADVANCED** lo más relevante es la distancia del enlace, tamaño de los paquetes, la velocidad del puerto de red (LAN0 / LAN1), entre otros.



**Figura 32.** Ventana de configuración Advanced

**Paso7:** La ventana **SERVICES** contiene funciones que permiten al equipo monitorear a otros sistemas; entre las funciones configurables, tenemos las siguientes: conexión segura (HTTPS) entre otras la cuales podemos configurar dependiendo del usuario y la aplicación.



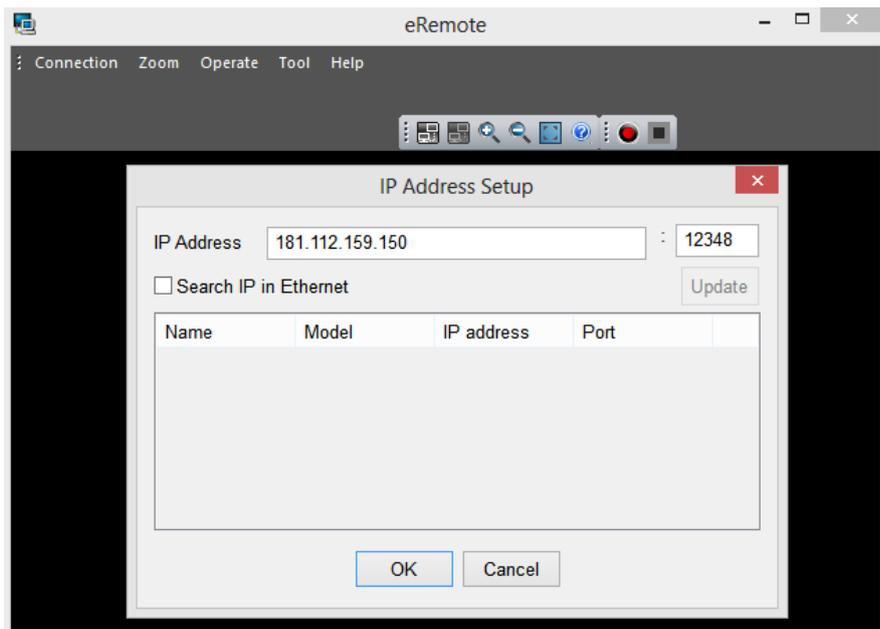
**Figura 33.** Ventana de configuración Services

**Paso8:** La ventana **SYSTEM** contiene la versión de firmware del equipo, permite actualizarlo a versiones más recientes liberadas por fábrica, permite activar una cuenta de sólo lectura, cambiar la contraseña del administrador del equipo, activar/desactivar el botón “reset”, reiniciar el equipo o regresarlo a valores de fábrica, etc.

#### 4.2.2 Acceso a la Interfaz HMI a través de la Red

Para acceder a la interfaz HMI se utiliza el software ERemote, que permite el acceso mediante una dirección IP: 181.112.159.150 y una contraseña a la interfaz HMI de la unidad ubicada en la planta de tratamiento “20 de Julio.” Con estas condiciones aseguramos el acceso a la información logrando que solo el personal autorizado haga uso de la misma.

El acceso a la interfaz se puede realizar de manera local, pero también se puede acceder desde cualquier lugar donde se disponga el servicio de internet y el software se encuentre instalado previamente en el dispositivo.



**Figura 34.** Ventana de acceso plataforma ERemote

## **CAPÍTULO V**

### **IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS**

#### **5.1 IMPLEMENTACION**

La implementación de la unidad de adquisición y transferencia de variables remotas en la Planta de Tratamiento “20 de Julio” se la realizó una vez se terminó el tablero con sus respectivos elementos electrónicos, eléctricos y luego de haber culminado con la programación y configuración de los elementos del sistema

##### **5.1.1 UNIDAD DE MONITORIZACIÓN**

Para la elaboración del tablero de monitorización se utilizó un gabinete metálico, norma ASTM A569 con pintura electrostática con tratamiento de desengraso, grado de protección IP64.

En el tablero se realizan perforaciones, una en el centro de la puerta del tablero para colocar la pantalla de operador de 4.3 pulgadas y otras en la parte inferior del mismo para insertar prensaestopas PG 1 tanto para las acometidas de alimentación, adquisición y transferencia de datos de la unidad.

En la figura 35 se muestra la distribución de los diferentes elementos que se utilizaron para elaborar el tablero de monitorización de la unidad de adquisición y transferencia de variables remotas.

En el Anexo V se muestra el plano del tablero con la distribución de todos los elemento a implementar. El Anexo X se muestra un manual con indicaciones generales para realizar un correcto mantenimiento y manipulación.



**Figura 35.** Tablero de monitorización de la planta de tratamiento.

#### 5.1.1.1 Montaje del tablero en campo

El montaje del tablero de la unidad de adquisición y transferencia de variables remotas fue instalado en la planta de tratamiento “20 de Julio” en un lugar estratégico en el cual se puede visualizar fácilmente las lecturas adquiridas por nuestro sistema.

El tablero fue empotrado a una altura de 1.40 metros cuidando esta sea una altura correcta para manipulación del usuario. Para la fijación se utilizaron tacos fisher F10, la acometida del tablero se lo realiza con cable TTU 3x12 AWG con un voltaje de alimentación 220V.



*Figura 36. Montaje del tablero.*

### 5.1.2 UNIDAD DE TRANSFERENCIA DE DATOS

Para realizar la unidad de transferencia de datos se utilizó dos antenas NanoStationM5 Indoor/Outdoor 5GHz, 16dBi AirMax, con una base metálica de 15x15cm y tubería circular de acero galvanizado de 3m de altura cada una, amarras plásticas de 20cm para la fijación sobre la tubería y conexión alámbrica a un switch mediante conectores RJ45.



**Figura 37.** Fijación antenas.

*Fuente: (UBIQUITI NETWORKS, 2018)*

#### **5.1.2.1. Montaje de Unidad de Transferencia**

La unidad de transferencia de datos consta de dos antenas ubicadas respectivamente en la planta de tratamiento “20 de Julio” y en el edificio central de la Empresa Pública de Alcantarillado y Agua potable de Antonio Ante (EPAA-AA), enlazadas inalámbricamente a través de una conexión Ethernet.



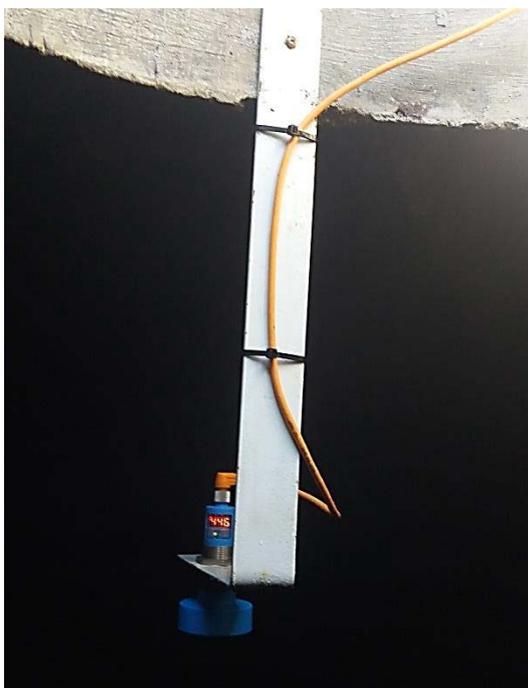
**Figura 38.** Instalación Antena.

### 5.1.3. INSTRUMENTACIÓN

La implementación de elementos de instrumentación se base específicamente en la instalación de un sensor ultrasónico en el tanque de almacenamiento de agua potable, teniendo en cuenta las normas de conexión y protección del equipo.

#### 5.1.3.1 Montaje

Se elabora un soporte para el sensor en una estructura tipo “L” de acero galvanizado de 4mm de espesor y se realiza el montaje de la misma sobre la parte superior del tanque con tornillos M8 de acero galvanizado. De igual forma se empotra al tanque una caja de revisión de las líneas que alimentan y envían la señal del sensor al tablero de monitorización como se muestra en la figura 31 y 32 respectivamente.



*Figura 39. Montaje del sensor.*



*Figura 40. Caja de revisión sensor.*

## 5.2 PRUEBAS DE VERIFICACIÓN

Las pruebas se realizan con respecto al correcto funcionamiento de todos los elementos que integran el sistema.

### **5.2.1 Verificación de las conexiones del sistema.**

Para realizar la verificación de la unidad se comprobó cada una de las conexiones del tablero:

- Alimentación mediante el uso de un multímetro.
- Comunicación utilizando un tester LAN para revisar los conectores RJ45.
- Transferencia de datos se utiliza el intérprete de comando de Windows para ejecutar un ping a las direcciones establecidas a las antenas de comunicación de la unidad.

### **5.2.2 Funcionamiento parte lógica del sistema.**

Con el equipo en funcionamiento se procede a revisar si el programa cargado en el Controlador Lógico Programable (PLC) está ejecutándose de manera correcta, supervisando que el PLC recibe las señales de acuerdo a la variación de corriente en relación a la medición del sensor. Esta comparación también se la realiza de manera manual, tomando medidas del nivel del tanque y comparando con los valores arrojados por el sistema.

### **5.2.2 Funcionamiento de la interfaz HMI.**

Se procede a copilar la configuración de las pantallas del HMI mediante el uso del software DOPSoft y se verifica que las operaciones en cada una de las pantallas programadas cumplan con la función que se estableció, caso se comprueba y se modifica la causa del error y se procede nuevamente con los mencionado anteriormente hasta estar satisfecho con los resultados.

### 5.2.3 Verificación del sistema de telemetría.

La verificación del sistema de telemetría se la realiza a través del software de configuración AirOs de NanoStation, el que logra establecer el estado de la conexión y ruido en dBm (decibelios – milivoltio) del enlace de la unidad de adquisición. El rango de señal presente en el enlace se puede mejorar realizando un redireccionamiento entre las antenas de comunicación hasta lograr el nivel más óptimo.

## 5.3 RESULTADOS

Posterior a realizar la instalación y configuración de los equipos realizamos un análisis de los valores de nivel de los tanques de  $1000m^3$ .

En relación de los valores de nivel tomados de manera manual con un flexómetro y los valores adquiridos por la unidad, en la tabla 18 se muestra una tabla comparativa de los valores obtenidos en el transcurso del día.

**Tabla 19.** Valores adquiridos en el tanque  $1000m^3$ .

MUESTRA	HORA	LECT. MANUAL	LECT. DE LA UNID.	% ERROR
1	8H00	1000	997	0.03
2	9H00	750	735	0.15
3	10H00	400	394	0.06
4	11H00	750	743	0.08
5	12H00	1340	1313	0.27
6	13H00	1500	1470	0.30
7	14H00	930	911	0.19
8	15H00	1020	1035	-0.15
9	16H00	1150	1127	0.23
10	17H00	1500	1470	0.30
11	18H00	1350	1400	-0.50
12	19H00	1400	1372	0.28
13	20H00	1550	1535	0.15
14	21H00	1700	1666	0.34
15	22H00	1100	1078	0.22
16	23H00	1325	1324	0.01
17	24H00	1550	1600	- 0.50

18	1H00	1700	1666	0.34
19	2H00	2000	2015	-0.15
20	3H00	2165	2122	0.43
21	4H00	2300	2360	-0.60
22	5H00	3070	3009	0.61
23	6H00	2300	2310	-0.10
24	7H00	1875	1838	0.38
<b>PROMEDIO</b>				<b>0.098</b>

Con el análisis realizado en la tabla anterior podemos determinar que el porcentaje de error promedio es de 0.098%, pudiendo afirmar que los valores adquiridos por la unidad son próximos a los valores reales. En general, las pruebas de funcionamiento de la unida muestran que la unidad es confiable. Lo que da lugar a que su implementación sea apropiada.

## 5.4. COSTO DE LA UNIDAD DE ADQUISICIÓN

### 5.4.1 Costos directos

Se detalla los costos por cada rubro que interviene de manera directa en la elaboración del sistema.

**Tabla 20.** *Costos Directos.*

DETALLE	CANT.	VALOR UNIT.	SUB TOTAL
Supresor de transientes /140V 40KA	1	30.27	30.27
Transformador de aislamiento 120V 0.375 KVA	1	119.70	119.70
Breaker RIEL DIN 1P-10A	1	6.03	6.03
Fusible10x38 rápido 10A	3	0.67	2.00
Base para Fusible 6x32mm	3	2.39	7.17
PLC DELTA DVP20EX200R	1	213.43	213.43
Módulo de Entradas y Salidas Analógicas DVP06XA-E2	1	238.88	238.88
Switch Ethernet 4 puertos de salida	1	70.00	70.00
Fuente Q&W24VDC-5ª	1	50.89	50.89
Pantalla HMI Delta DOP-BO3E211 4.3"	1	440.00	440.00
UPS 120v /60Hz	1	86.40	86.40
Tablero Metálico Sbox 60x60x25	1	98.72	98.72
Antenas NanoStationLocoM5	2	150.00	300.00
Sensor UM30-215113 marca sick	1	981.00	981.00
Materiales Varios	1	50.00	50.00
		<b>TOTAL</b>	<b>\$ 2694.49</b>

### 5.4.2. Costos indirectos

En la tabla 20 se detalla los costos indirectos que intervienen en la elaboración del sistema. El rubro de ingeniería se refiere al costo del técnico como honorario tanto por selección de materiales y por la fabricación del tablero. El montaje, configuración del tablero y la red de transmisión tiene otro costo al igual que el transporte y alimentación por los días que se tarda en instalar el sistema.

**Tabla 21.** *Costos indirectos.*

DETALLE	CANT.	VALOR UNIT.	SUB TOTAL
Ingeniería	1	1150.00	1150.00
Montaje y configuración	1	210.00	210.00
Transporte	1	80.00	80.00
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 1440.00</b>

### 5.4.4. Costo total

Para tener un valor final como costo total del sistema realizamos una sumatoria de los costos directos y los costos indirectos que intervienen en la elaboración de la unidad de monitorización.

**Tabla 22.** *Costo total del proyecto.*

DETALLE	CANT.	SUB TOTAL
Costos Directos	1	2694.49
Costos Indirectos	1	1440.00
Depreciación a 10 años	1	714.18
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 4848.67</b>

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES Y RECONMENDACIONES

#### 6.1. CONCLUSIONES

- Posterior a realizar un análisis del estado de los sistemas de automatización empleados en los tanques de la planta de tratamiento, se establece la implementación de un sistema de monitoreo constante, al no presentar algún sistema manual o automático de monitoreo que supervise el proceso de almacenamiento y distribución del recurso hídrico, siendo este un punto clave a través del cual se puede establecer la capacidad de abastecimiento, cierre y apertura de válvulas e históricos del volumen del líquido en el transcurso del día.
- Para el diseño de la unidad de adquisición y transferencia de variables remotas, fue importante tener conocimiento para la selección de los materiales en cada una de las etapas del sistema pudiendo de esta manera elegir los que puedan ser encontrados fácilmente en el mercado y dentro de ellos elegir los que puedan desempeñar la función requerida siendo estos fácilmente adaptables a los elementos del sistema.
- La unidad de adquisición y transferencia de variables remota construida bajo normas eléctricas de construcción y protección no solo responde a la aplicación actual, sino también a la integración de nuevas variables o aplicaciones debido a la escalabilidad de sus componentes.
- Para concluir este proyecto, se puede apreciar que el objetivo planteado de monitorear los tanques de almacenamiento de agua potable se cumple satisfactoriamente gracias a la unificación de los dispositivos y en virtud de

que los valores visualizados en el sistema se asemejan con un margen de error de 0.0075 % a los valores reales, otro punto a verificar es el acceso a la información la cual se pudo constatar mediante el uso del software ERemote desde donde se tuvo el acceso inmediato a la información desde diferentes lugares.

## 6.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda seguir desarrollando el trabajo en cuanto a la integración del control de dispositivos y variables, teniendo en cuenta que la unidad de monitoreo presenta la posibilidad de escalabilidad de nuevos procesos modificando únicamente el software del sistema.
- Es recomendable que se posea conocimientos de programación de Controladores Lógicos Programables y pantallas HMI, para realizar cualquier tipo de modificación y lograr la correcta integración de nuevas variables.
- Tener cuidado de direccionar correctamente las antenas al momento de realizar el enlace para la transmisión de datos, buscando siempre tener un nivel de señal alto para evitar errores en la transmisión de datos.
- Asignar direcciones IP fijas a la pantalla y al ordenador desde el cual cargamos la programación para evitar conflictos en la red local y no poder subir nuestros archivos.
- Sobre dimensionar el transformador de aislamiento realizando un análisis de las cargas que tendremos en la unidad para evitar tener problemas corriente ya que el dispositivo alimenta a toda la unidad de monitoreo.
- Realizar mantenimiento de todos y cada uno de los elementos eléctricos, electrónicos, control y transmisión de datos de la unidad de monitoreo para garantizar el buen funcionamiento y durabilidad del mismos.

## BIBLIOGRAFÍA

SICK SENSOR INTELLIGENCE. (2017). Obtenido de

[https://www.sick.com/media/pdf/9/69/369/dataSheet\\_UM30-215113\\_6036920\\_es.pdf](https://www.sick.com/media/pdf/9/69/369/dataSheet_UM30-215113_6036920_es.pdf)

"ITACA". (s.f). Obtenido de

<http://www.itacanet.org/esp/agua/Seccion%202%20Gravedad/Manual%20Abastecimiento%20Agua%20Potable%20por%20gravedad%20con%20tratamiento.pdf>.

*Plasmas y LCD* . (2014). Obtenido de <http://www2.udec.cl/~rzunigac/pantallas.pdf>

UBIQUITI NETWORKS. (2018). Obtenido de

<https://www.ubnt.com/airmax/nanostationm/>

ABB, ECUADOR. (2017). *RCCB-Interruptores diferenciales sin protección contra sobrecorriente*. Obtenido de

<http://www.abb.com.ec/product/seitp329/e3496a26c6f5089bc1257054003e6bed.aspx>

AG, S. (2018). Obtenido de

[https://www.sick.com/media/docs/0/90/690/Operating\\_instructions\\_UM30\\_21\\_113\\_de\\_en\\_IM0030690.PDF](https://www.sick.com/media/docs/0/90/690/Operating_instructions_UM30_21_113_de_en_IM0030690.PDF)

Automación Micromecánica, s.a.i.c. (2016). *MiCRO*. Recuperado el 15 de 01 de 2017, de

<http://www.microautomacion.com/capacitacion/Manual061ControladorLgicoProgramablePLC.pdf>

CISCO. (2008). Recuperado el 2018, de

[http://www.ie.itcr.ac.cr/acotoc/CISCO/R&S%20CCNA1/R&S\\_CCNA1\\_ITN\\_Chapter5\\_Ethernet.pdf](http://www.ie.itcr.ac.cr/acotoc/CISCO/R&S%20CCNA1/R&S_CCNA1_ITN_Chapter5_Ethernet.pdf)

CJP TELECOM. (12 de 2014). *Seguridad en Redes Inalambricas* . Obtenido de [bog.cpj.mx](http://bog.cpj.mx)

CONSTRUMÁTICA. (2016). *METAPORTAL DE ARQUITECTURA, INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN* . Recuperado el 18 de 12 de 2016, de [http://www.construmatica.com/construpedia/Estaci%C3%B3n\\_de\\_Tratamiento\\_de\\_Agua\\_Potable](http://www.construmatica.com/construpedia/Estaci%C3%B3n_de_Tratamiento_de_Agua_Potable)

Creus, A. (2010). *Instrumentación Industrial*. México: Alfaomega Grupo Editor, S.A de C.V.

DELTA ELECTRONICS . (03 de 2015). *PANTALLA HMI*. Obtenido de <http://www.deltaww.com/Products/CategoryListT1.aspx?CID=060302&PID=331&hl=en-US&Name=DOP-B03E211>

DELTA ELECTRONICS. (2017). Obtenido de <http://www.deltaww.com/Products/CategoryListT1.aspx?CID=060301&PID=45&hl=en-US&Name=DVP-ES2/EX2%20Series>

EARTH, G. (2018). <https://www.google.com.ec/maps/@0.3206623,-78.2141897,167m/data=!3m1!1e3>.

Eibar, U. d. (2011). *Cursos en Internet, Autómatas Programables*.

ELCTRONICS, D. (2018). Obtenido de <http://www.deltamericas.com/IndustrialAutomation/Touch-HMI>

ELECTRÓNICOS.COM. (2018). Obtenido de

<http://www.comunidadelectronicos.com/proyectos/transformador-aislador.htm>

ELECTRONICS, D. (2015). *DELTA ELECTRONICS*. Obtenido de [www.infoPLC.net](http://www.infoPLC.net)

EPAA-AA, E. P. (2016). *SUB – SISTEMA DE AGUA POTABLE ATUNTAQUI*.

Recuperado el 2016, de <http://www.epaa.gob.ec/sub-sistema-de-agua-potable-atuntaqui/>

FORZA POWER TECHNOLOGIES. (2017). Obtenido de

[http://www.forzaups.com/ec/downloads/dl/file/id/252/nt\\_1002c\\_ds\\_spa\\_lr.pdf](http://www.forzaups.com/ec/downloads/dl/file/id/252/nt_1002c_ds_spa_lr.pdf)

GENERAL ELECTRIC. (2018). Obtenido de

<http://la.geindustrial.com/productos/transformadores/transformador-ip-maquinas-herramienta>

Gilfillan, I. (2010). *MySQL*. Anaya Multimedia.

GUAGALANGO, G. J. (2015). *REPOSITORIO INSTITUCIONAL ESPE*. Recuperado

el 23 de 11 de 2016, de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/10831>

ICTP, I. C. (9 de 10 de 2011). *Cálculo del Presupuesto de Potencia*. Recuperado el

12 de 12 de 2017, de [http://www.eslared.org.ve/walc2012/material/track1/07-Presupuesto\\_de\\_potencia-es-v1.14-Notes.pdf](http://www.eslared.org.ve/walc2012/material/track1/07-Presupuesto_de_potencia-es-v1.14-Notes.pdf)

IMPULSORA. (2015). Obtenido de

<http://www.impulsora.com/images/SCHEIDER/DuctoCuadrado/Transformadores-de-control.pdf>

IndiaMART InterMESH, L. (23 de 12 de 2017). *IndiaMART InterMESH Ltd.*

Recuperado el 15 de 01 de 2017, de <https://4.imimg.com/data4/AX/RL/MY-3069658/hmi-operator-panels-250x250.jpg>

INDUSTRIALES, C. S. (05 de 05 de 2010). Obtenido de

[http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/oscaror/CursosDictados/web%20instrumentacion%20industrial/1%20transductores%20para%20procesos%20industriales/libro%20pdf/CAP%203%20Medicion\\_nivel\\_2009\\_n.pdf](http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/oscaror/CursosDictados/web%20instrumentacion%20industrial/1%20transductores%20para%20procesos%20industriales/libro%20pdf/CAP%203%20Medicion_nivel_2009_n.pdf)

INSHT. (2004). *Pantallas de Visualización: Tecnologías (I)*. Obtenido de Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales España:

[http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp\\_678.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp_678.pdf)

International, P. S. (2005). *Seguridad en Redes Inalámbricas*. Obtenido de

[http://ocw.upm.es/teoria-de-la-senal-y-comunicaciones-1/comunicaciones-moviles-digitales/contenidos/Documentos/WP\\_wifi\\_PSE.pdf](http://ocw.upm.es/teoria-de-la-senal-y-comunicaciones-1/comunicaciones-moviles-digitales/contenidos/Documentos/WP_wifi_PSE.pdf)

iPTECNO. (06 de 2012). *TIPOS DE SAIS*. Obtenido de

<http://www.iptecno.com/noticias/284-tipos-de-sais>

McGraw-Hill Education. (2016). *Protocolo TCP/IP*. Recuperado el 20 de 01 de 2017, de <http://assets.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448199766.pdf>.

PASPUEZÁN, G. C. (11 de 06 de 2013). *REPOSITORIO DIGITAL UTN*. Recuperado el 2 de 10 de 2016, de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/1950>

PEPPERL FUCHS. (2016). *Sensor Ultrasonico UC6000-30GM-IUEP-IO-V15*.

Obtenido de <https://www.pepperl->

fuchs.com/global/es/4507.htm?searchterm=UC6000-30GM-IUEP-IO-V15&start=0&rows=5&search=+&modifier=beginswith

PQ GLOBAL. (2010). *Supresores de Transientes*. Obtenido de [http://www.pqglobal.com/surge-protection-devices\\_sp.html](http://www.pqglobal.com/surge-protection-devices_sp.html)

PRO ELECTRIC S.A. (2015). *Supresor de Transiente CA*. Obtenido de <http://www.proelectric.com.gt/citel/>

SCHNEIDER. (2016). *COORDINACIÓN DE LAS PROTECCIONES BT*. Obtenido de [http://automata.cps.unizar.es/bibliotecaschneider/BT/Guia/2\\_CoordInterrup.pdf](http://automata.cps.unizar.es/bibliotecaschneider/BT/Guia/2_CoordInterrup.pdf)

Sebastian Buettrich, w. (10 de 2007). *Cálculo de Radioenlace*. Obtenido de [http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless\\_es/files/06\\_es\\_calculo-de-radioenlace\\_guia\\_v02.pdf](http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless_es/files/06_es_calculo-de-radioenlace_guia_v02.pdf).

SOLA - HD. (2017). *Transformers Non Ventilated* . Obtenido de <http://www.emerson.com/catalog/en-us/transformers#facet:&productBeginIndex:0&orderBy:&pageView:grid&minPrice:&maxPrice:&pageSize:&>

TERÁN, P. D. (09 de 01 de 2013). *REPOSITORIO DIGITAL UTN*. Recuperado el 18 de 11 de 2016, de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/996>

Ubiquiti Networks. (2016). *NanoStationLocoM5*. Obtenido de [www.ubnt.com](http://www.ubnt.com)

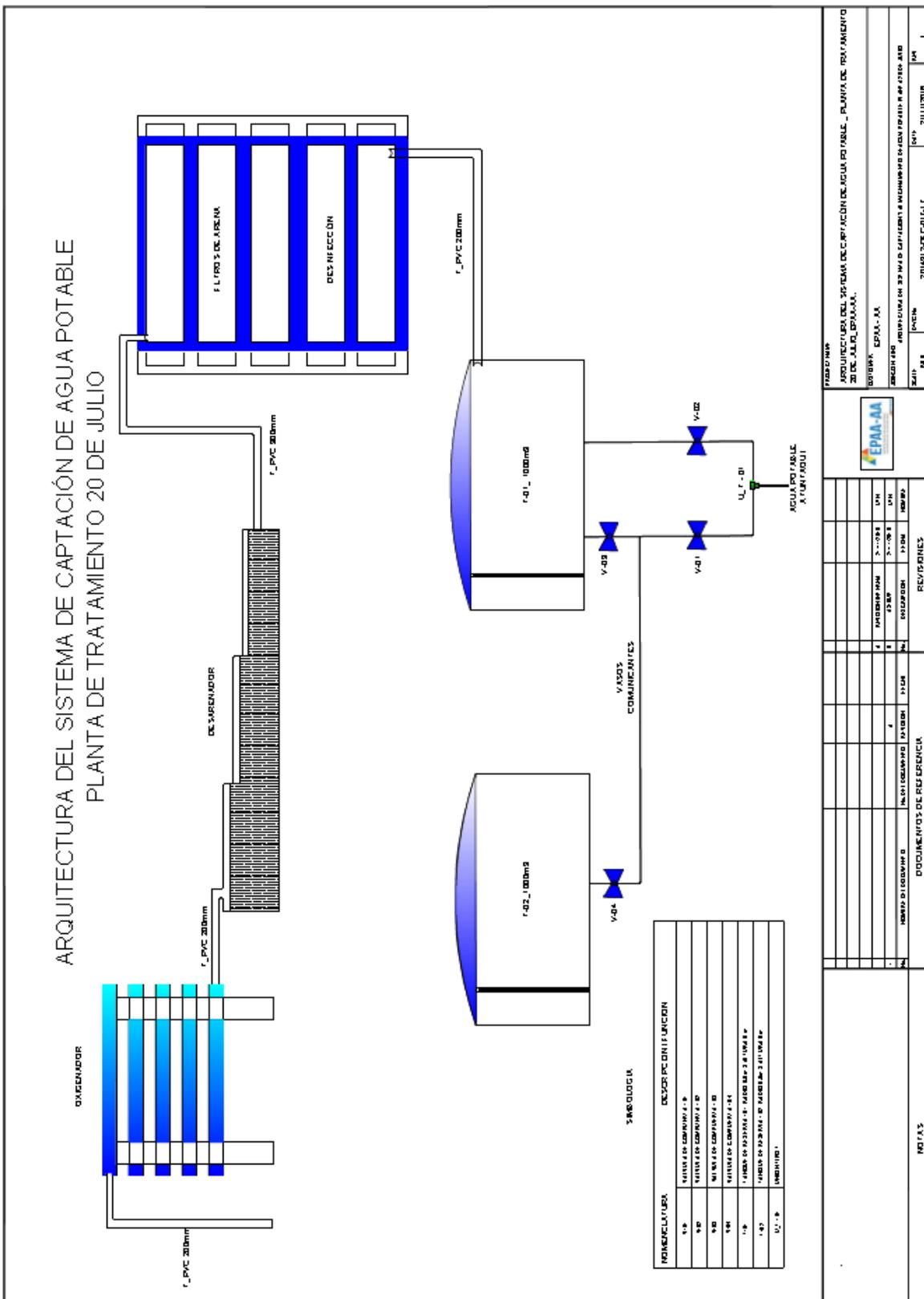
UBIQUITI, NETWORKS. (2016). *NanoBridge M5*. Recuperado el 11 de 1 de 2017, de [https://dl.ubnt.com/datasheets/nanostationm/nsm\\_ds\\_web.pdf](https://dl.ubnt.com/datasheets/nanostationm/nsm_ds_web.pdf)

WEG. (2015). *INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS*. Obtenido de

Descargas\Documents\WEG-interruptores-mdw-dwp-rdw-siw-spw-50022713-  
catalogo-espanol\_2.pdf

# ANEXOS

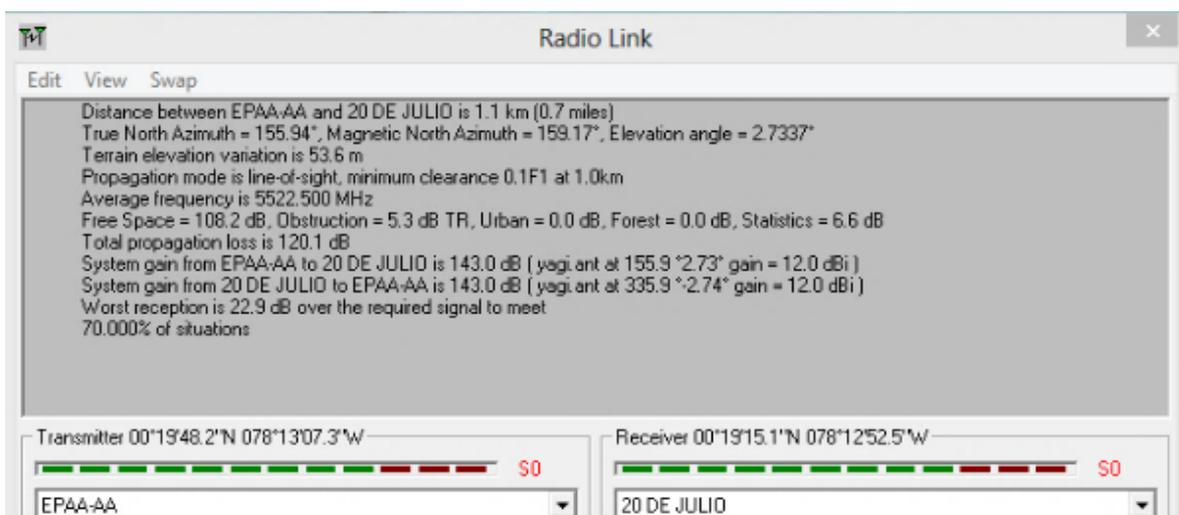
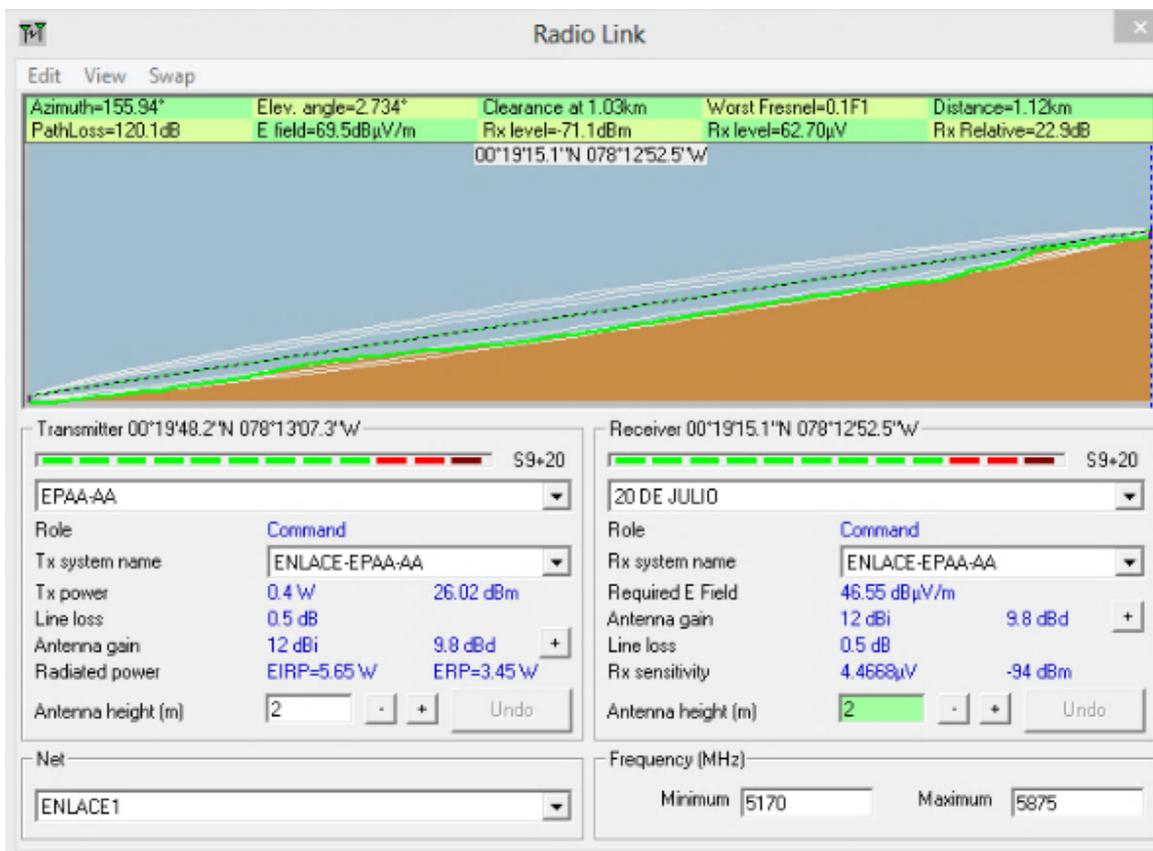
ANEXO I: ARQUITECTURA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO



NOMENCLATURA		DESCRIPCION/FUNCION	
V-01	VANILLA DE COMPARTIMIENTOS		
V-02	VANILLA DE COMPARTIMIENTOS		
V-03	VANILLA DE COMPARTIMIENTOS		
V-04	VANILLA DE COMPARTIMIENTOS		
V-05	VANILLA DE COMPARTIMIENTOS		
U.F.-01	UNIDAD DE FILTRACION		

<p>PROYECTO: ARQUITECTURA DEL SISTEMA DE CAPTACION DE AGUA POTABLE - PLANTA DE TRATAMIENTO 20 DE JULIO, EPAA-AA.</p> <p>BOGOTÁ, COLOMBIA</p> <p>CLIENTE: EPAA-AA</p> <p>FECHA: 20/07/2017</p>											
<p>AGUA POTABLE A FUENTE</p>											
<p>REVISIONES</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>NO.</th> <th>FECHA</th> <th>DESCRIPCION</th> <th>ELABORADO</th> <th>REVISADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>20/07/2017</td> <td>PROYECTO</td> <td>EPAA-AA</td> <td>EPAA-AA</td> </tr> </tbody> </table>		NO.	FECHA	DESCRIPCION	ELABORADO	REVISADO	1	20/07/2017	PROYECTO	EPAA-AA	EPAA-AA
NO.	FECHA	DESCRIPCION	ELABORADO	REVISADO							
1	20/07/2017	PROYECTO	EPAA-AA	EPAA-AA							
<p>DOCUMENTOS DE REFERENCIA</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>NO.</th> <th>FECHA</th> <th>DESCRIPCION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>20/07/2017</td> <td>PROYECTO</td> </tr> </tbody> </table>		NO.	FECHA	DESCRIPCION	1	20/07/2017	PROYECTO				
NO.	FECHA	DESCRIPCION									
1	20/07/2017	PROYECTO									
<p>NOTAS</p>											

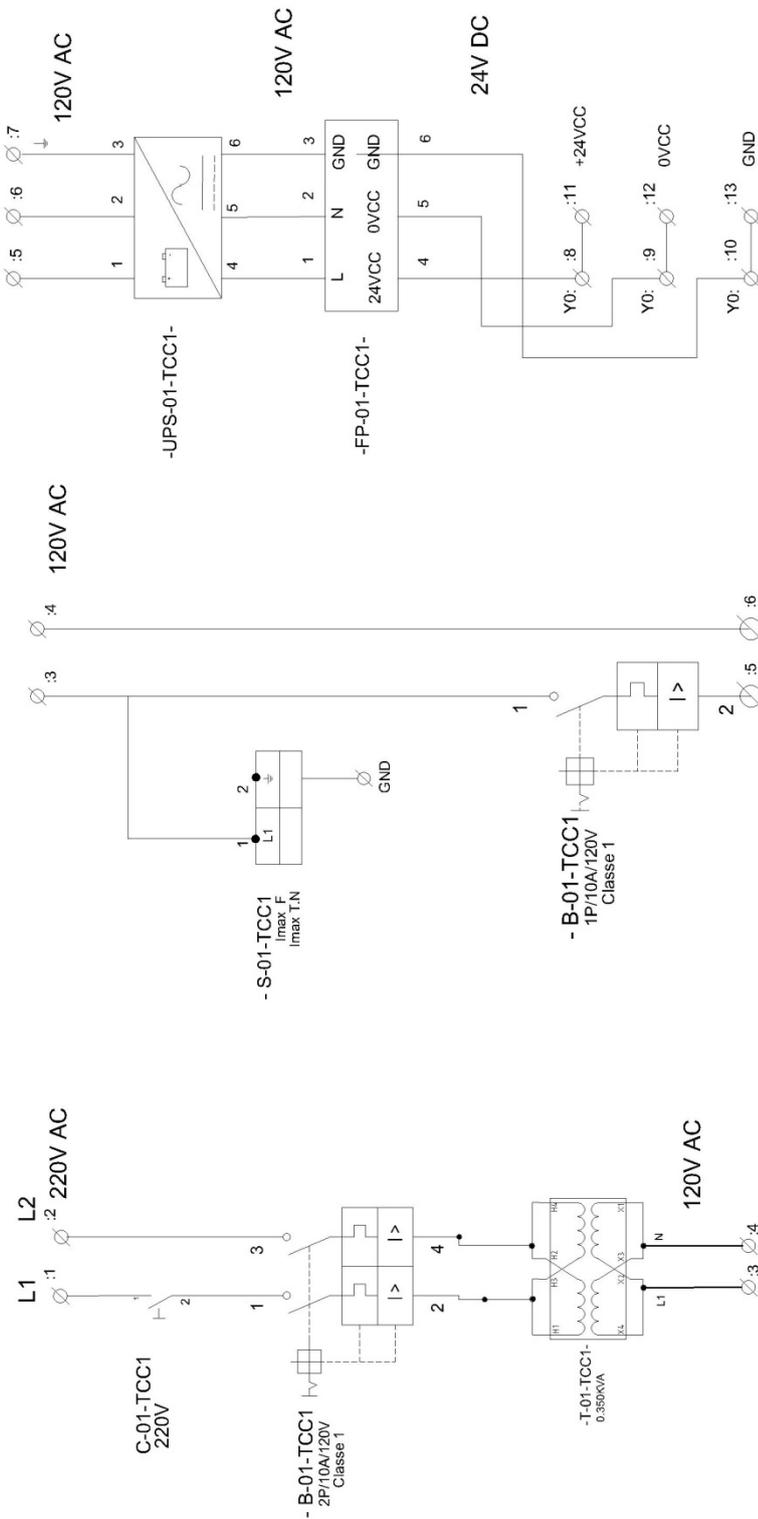
## ANEXO II: RADIO ENLACE ENTRE LA PLANTA DE TRATAMIENTO 20 DE JULIO Y OFICINAS DE LA EPAA-AA



ANEXO III: DIAGRAMA ELÉCTRICO

UNIDAD DE ADQUISICIÓN Y TRANSFERENCIA DE VARIABLES REMOTAS PARA EL MONITOREO EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE

DIAGRAMA ELÉCTRICO



NOMENCLATURA	DESCRIPCION / FUNCION
B-01-TPP	BREAKER MONOFASICO
C-01	CONTACTO-SELECTOR 2 POSICIONES
F-01	TRANSFORMADOR DE ALIMENTACION
FP-01	SUPRESOR DE TRANSIENTES ENTRADA PRINCIPAL 120VAC/24VDC
UPS-01	UNIDAD DE ALIMENTACION ININTERRUMPTA
LP-01	LUZ PILOTO 220V AC
SIMBOLOGIA	

DOCUMENTOS DE REFERENCIA		REVISIONES	
No.	NOMBRE DEL DOCUMENTO	No.	DESCRIPCION
A.	REVISION	A.	REVISION INTERNA
B.	REVISION	B.	AS-SUIT

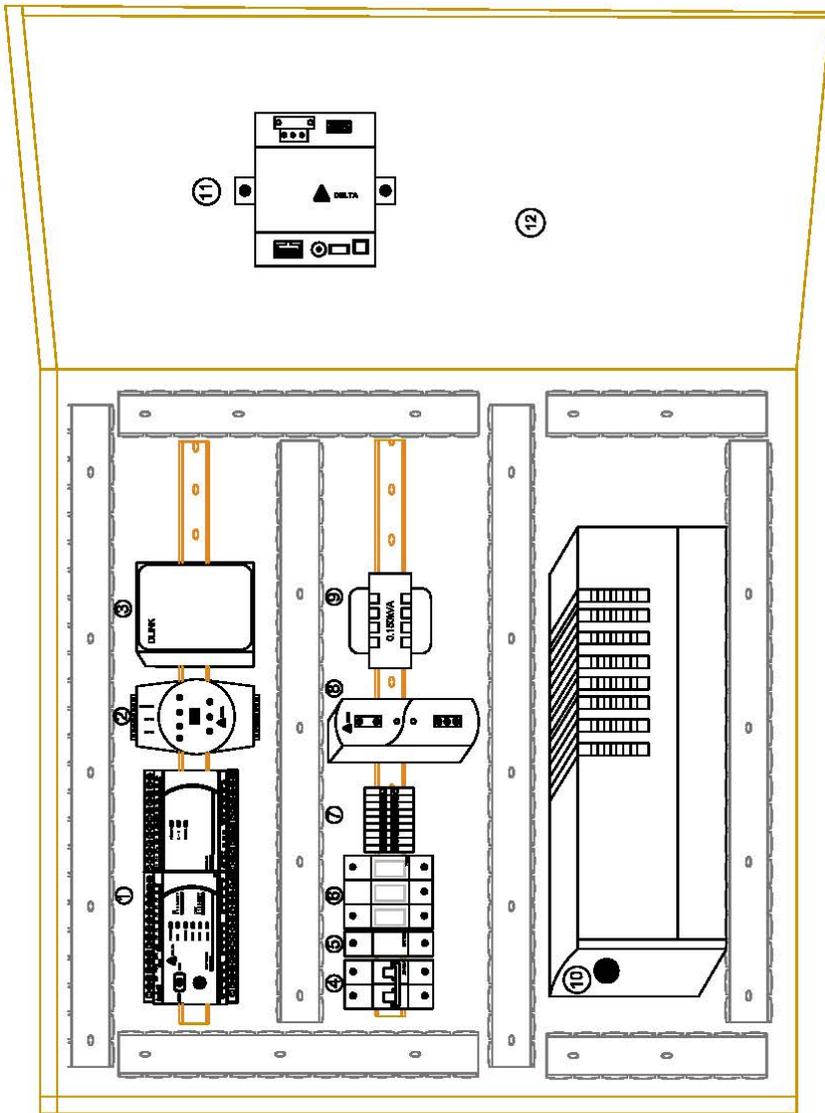
PROYECT NAME	UNIDAD DE ADQUISICIÓN Y TRANSFERENCIA DE VARIABLES REMOTAS PARA EL MONITOREO EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE
CLIENTE	ING. MSC. DANIEL ALVAREZ
PROYECT NUMBER	DIAGRAMA ELÉCTRICO TABLERO DE MONITOREACIÓN
SCALE	N/A
DWG No.	25/01/2018
DATE	25/01/2018
REV.	1



ANEXO V: PLANOS TABLERO

UNIDAD DE ADQUISICIÓN Y TRANSFERENCIA DE VARIABLES REMOTAS PARA EL MONITOREO EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE

DIAGRAMA DE CONTROL



UND.	DESCRIPCIÓN
①	PLC(Controlador Lógico Programable)
②	Convertidor Ethernet
③	Switch Ethernet
④	Breaker Termomagnético
⑤	Supresor de Transientes
⑥	Fusibles Rápidos
⑦	Bornas para Riel Din
⑧	Fuente 24V DC
⑨	Transformador de Aislamiento
⑩	UPS (Unidad de alimentación ininterrumpida)
⑪	HMI(Interfaz Hombre Máquina)
⑫	Tablero Eléctrico

REVISIONES		DOCUMENTOS DE REFERENCIA	
NO.	FECHA	NO. DEL DOCUMENTO	NOMBRE DEL DOCUMENTO
A	27/10/2018	A	REVISIÓN INTERNA
B	27/10/2018	B	ALBIER
C	27/10/2018	C	DISPOSICIÓN
D	27/10/2018	D	PRECIA

PROYECTO	UNIDAD DE ADQUISICIÓN Y TRANSFERENCIA DE VARIABLES REMOTAS PARA EL MONITOREO EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE
CUSTOMER	ING. MSc. DANIEL ALVAREZ
PROYECTANTE	ING. MSc. DANIEL ALVAREZ
REVISOR	ING. MSc. DANIEL ALVAREZ
APROBADO	ING. MSc. DANIEL ALVAREZ
FECHA	28/01/2018
NO.	1

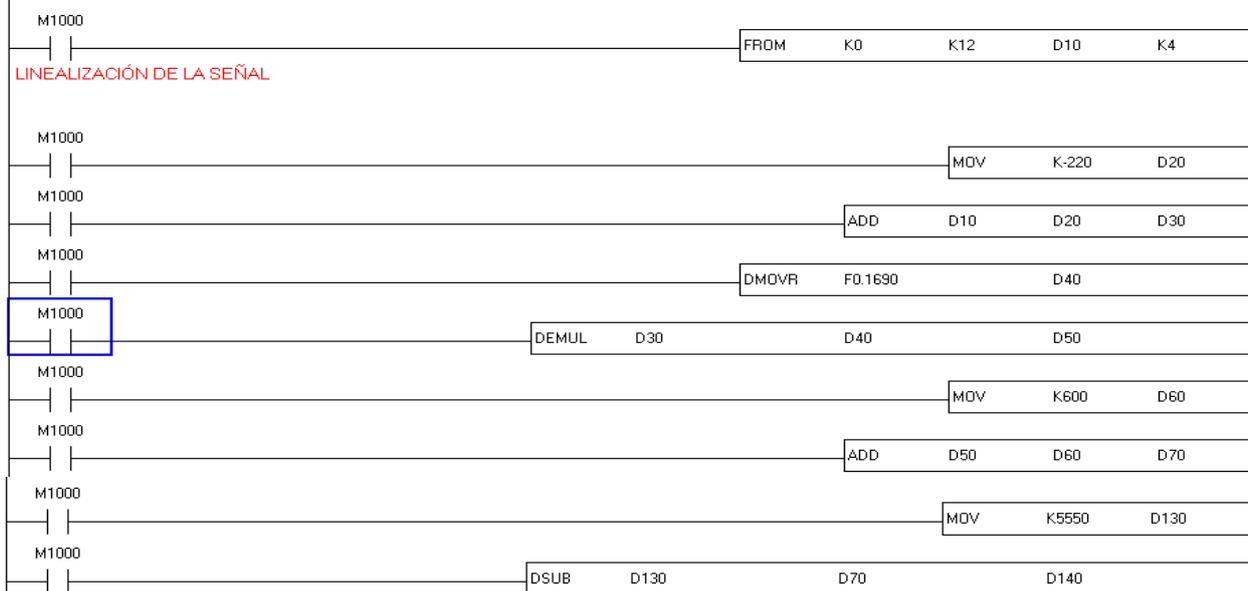
  

PROYECTO	UNIDAD DE ADQUISICIÓN Y TRANSFERENCIA DE VARIABLES REMOTAS PARA EL MONITOREO EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE
CUSTOMER	ING. MSc. DANIEL ALVAREZ
PROYECTANTE	ING. MSc. DANIEL ALVAREZ
REVISOR	ING. MSc. DANIEL ALVAREZ
APROBADO	ING. MSc. DANIEL ALVAREZ
FECHA	28/01/2018
NO.	1

SIEMBOLOGIA

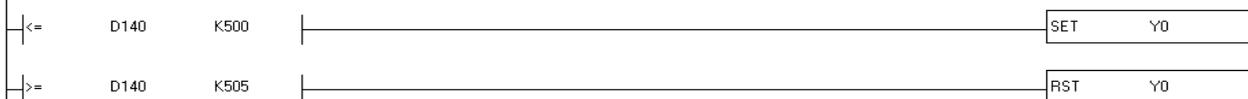
## ANEXO VI: PROGRAMACIÓN DE LA UNIDAD DE MONITORIZACIÓN

### LECTURA DEL SENSOR

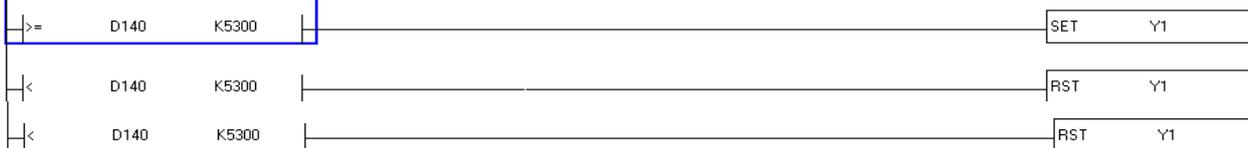


### CONDICIONES DE ALARMAS

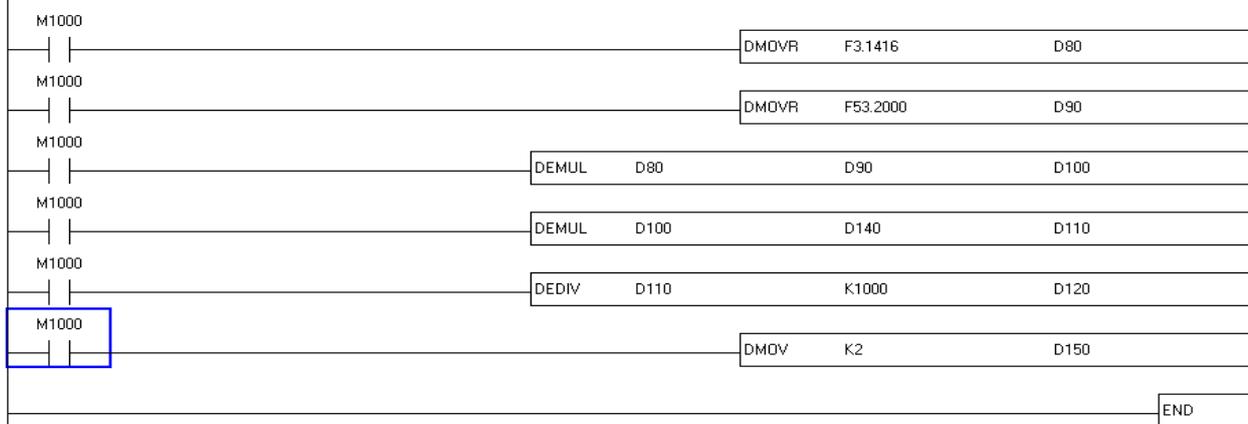
#### CONDICIÓN NIVEL BAJO TANQUE



#### CONDICION NIVEL ALTO TANQUE



### VOLUMEN DEL TANQUE



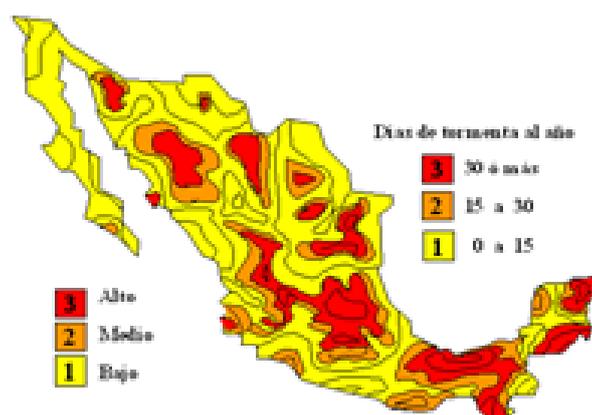
<b>TABAL DE VARIABLES</b>	
<b>VARIABLE</b>	<b>DESCRIPCION</b>
<b>M1000</b> M 1000	<b>Instrucción de entrada de dispositivo</b> Nombre del dispositivo Número del dispositivo
<b>FROM K0 K12 D10 K4</b> FROM K0 K12 D10 K4	<b>Leer dato CR desde módulos especiales</b> Nombre de la instrucción Número del módulo especial Número CR que se leerá en el módulo especial Dirección que almacenara la lectura de datos Numero de datos que se leerán en un tiempo
<b>MOV K-220 D20</b> MOV K-220 D20	<b>Mover</b> Nombre de la instrucción Origen del dato Destino del dato
<b>ADD D10 D20 D30</b> ADD D10 D20 D30	<b>Adición</b> Nombre de la instrucción Sumando Sumando Suma
<b>DMOV F0.1690 D40</b> DMOVR F0.1690 D40	<b>Mover un dato de punto flotante</b> Nombre de la instrucción Dirección de origen Dirección de destino
<b>DEMUL D30 D40 D50</b> DEMUL D30 D40 D50	<b>Multiplicación de punto flotante</b> Nombre de la instrucción Multiplicando Multiplicador Resultado de la multiplicación
<b>DSUB D130 D70 D140</b> DSUB D130 D70 D140	<b>Sustracción</b> Nombre de la instrucción Minuendo Substraendo Remanente
<b>SET Y0</b> SET Y0	<b>Activar contacto</b> Nombre de la instrucción Dispositivo indicado
<b>RST Y0</b> RST Y0	<b>Resetear registro o contacto</b> Nombre de la instrucción Dispositivo indicado
<b>&lt;= D140 K500</b> LD<= D140 K500	<b>Contacto de comparación de tipos</b> Nombre de la instrucción Dispositivo de origen 1 Dispositivo de origen 2
<b>DDIV K2 D150 D120</b> DDIV K2 D150 D120	<b>Divisor de punto flotante</b> Nombre de la instrucción Dividendo Divisor Resto
<b>END</b>	<b>Fin de instrucciones</b>

## ANEXO VII: CÁLCULO DEL SUPRESOR DE TRANSIENTES



## 1. ÍNDICE DE TORMENTAS EN LA REGIÓN.

Éste puede ser determinada consultando el mapa tricontinental y encontrando la posición de la instalación. El mapa tricontinental mostrará el número de días de tormentas experimentada para cualquier posición dada.



Nivel de incidencia	Valor
Baja	1
Medio	2
Alto	3
<b>Calificación</b>	<b>1</b>

**Baja**

## 2. LOCALIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN CON RELACIÓN A OTROS EDIFICIOS

Si la instalación está rodeada de otras instalaciones densamente pobladas, o si está en una zona poco poblada, como un parque industrial en crecimiento o si está en una zona aislada tipo rural o en una cima.

Área	Valor
Urbana	1
Sub-urbana	2
Rural	3
<b>Calificación</b>	<b>1</b>

**Urbana**

## 3. ESTRUCTURAS ADYACENTES

Si la instalación es más baja que otras estructuras cercanas, o si es de igual o regular tamaño de otras estructuras, o si es la más alta de la zona.

Estructura	Valor
Más Baja	1
Mediana	2
Más Alta	3
<b>Calificación</b>	<b>1</b>

**Más Baja**

## 4. LOCALIZACIÓN DE LA ACOMETIDA

La acometida es independiente y única para el cliente, o comparte la acometida con múltiples clientes, ej. condominio o parque industrial o comparte la acometida con múltiples clientes y éste es el último de la línea.

Acometida	Valor
Independiente	1
Múltiple Cliente	2
Último Cliente	3
<b>Calificación</b>	<b>2</b>

**Múltiple Cliente**

**5. HISTORIAL DE DISTURBIOS**

Se tienen pocas registros de dañar a las equipar electrónicas, así existe una cantidad importante de dañar a las equipar electrónicas, a ser muy alta la cantidad de registros de dañar a las equipar electrónicas que se relacionan con disturbios eléctricos.

Disturbios	Valor
Ercaramente	1
Ocasionalmente	2
Frecuentemente	3
<b>Calificación</b>	<b>1</b>

**Ercaramente**

**6. CATEGORÍA DEL PROCESO SI EL EQUIPO SUFRE DAÑOS**

El proceso no se ve afectada en gran medida si un equipo electrónico se daña, así se afecta el proceso hay una importante pérdida económica, a ser indispensable que el proceso no se detenga y si se detiene las pérdidas serían cuantiosas.

Importancia	Valor
Puede Esperar	1
Modoradamente Crítica	2
Crítica	3
<b>Calificación</b>	<b>1</b>

**Puede Esperar**

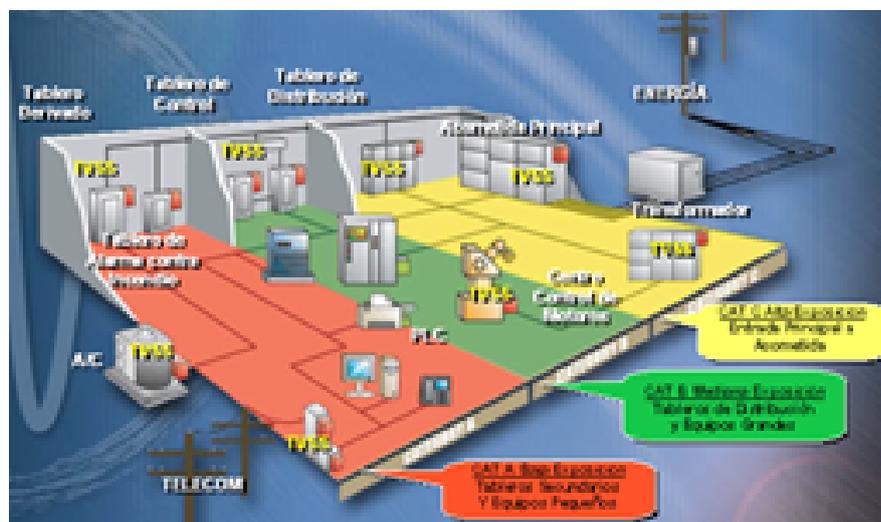
**7. COSTO DE REEMPLAZO DE EQUIPO DAÑADO**

En caso de dañarse un equipo, esto no impactaría económicamente, a el costo de las refacciones o reemplazo es importante y tardado, a el costo debido al daño resultaría de mucha cartara y tardado.

Costo	Valor
No tan cartara	1
Modoradamente Cartara	2
Muy Cartara	3
<b>Calificación</b>	<b>2</b>

**Modoradamente Cartara**

**8. CATEGORÍA DE LOCALIZACIÓN DEL EQUIPO SEGÚN IEEE 62.41**



Categoría	Valor
Baja	A
Mediana	E
Alta	C
<b>Calificación</b>	<b>A</b>

**Baja**

**9. RESULTADOS**

Nivel de Exposición Exterior Calculada **Baja Exposición**  
 Categoría de Exposición Interior Seles **A**  
 Clarificación del Tipo de Carga - **Encarga No Crítica**  
 Rango de Capacidad del Suprator Recomendada - **50 a 100 KA**

## ANEXO VIII: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL SENSOR ULTRASÓNICO

### UM30-215113 | UM30

SENSORES DE ULTRASONIDO



#### Información sobre pedidos

Tipo	N.º de artículo
UM30-215113	6036920

Otros modelos del dispositivo y accesorios → [www.sik.com/UM30](http://www.sik.com/UM30)

#### Datos técnicos detallados

##### Rendimiento

<b>Alcance de trabajo, alcance límite</b>	600 mm ... 8.000 mm, 8.000 mm
<b>Resolución</b>	≥ 0,18 mm
<b>Reproducibilidad</b>	± 0,15 % <sup>1)</sup>
<b>Exactitud</b>	± 1 % <sup>1) 2)</sup>
<b>Compensación de temperatura</b>	✓
<b>Tiempo de respuesta</b>	240 ms
<b>Tiempo de salida</b>	60 ms
<b>Frecuencia de ultrasonidos (típica)</b>	80 kHz
<b>Zona de detección (típica)</b>	Véanse los diagramas
<b>Función adicional:</b>	Salida analógica memorizable, Salida analógica con configuración de parámetros, Salida analógica invertible, Conmutación automática entre salida de corriente y de tensión, Compensación de temperatura, Sincronización de hasta 10 sensores, Multiplexado: ausencia de interferencia mutua de hasta 10 sensores, Filtros de medición ajustables: filtro de valores medidos, fuerza de filtro, sensibilidad ajustable, supresión del primer plano y campo de detección, Desconexión de la pantalla, Restablecimiento de los ajustes de fábrica <sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Relativo al valor medido actual.

<sup>2)</sup> Compensación de temperatura desconectable, sin compensación de temperatura: 0,17%/K.

<sup>3)</sup> Las funciones pueden diferir dependiendo de la variante de sensor.

##### Interfaz

<b>Salida analógica</b>	1 x 0 V ... 10 V (≥ 100 kΩ) <sup>1)</sup>
<b>Salida analógica</b>	1 x 4 mA ... 20 mA (≤ 500 Ω) <sup>1) 2) 3)</sup>
Resolución de la salida analógica	12 bit
<b>Entrada multifunción (MF)</b>	1 x MF

<sup>1)</sup> Conmutación automática entre salida de corriente y tensión en función de la carga.

<sup>2)</sup> Con 4 mA ... 20 mA y  $U_v \leq 20$  V carga máx. ≤ 100 Ω.

<sup>3)</sup> El filtrado posterior de la señal analógica puede incrementar el tiempo de respuesta hasta un 200%, en función de la aplicación.

## Mecánica/Electrónica

<b>Tensión de alimentación <math>V_3</math></b>	C.c. 9 V ... 30 V <sup>1)</sup>
<b>Consumo de energía</b>	$\leq 2,4 \text{ W}^{2)}$
<b>Tiempo de inicialización</b>	< 300 ms
<b>Ejecución</b>	Cilíndrico
<b>Material de la carcasa</b>	Latón niquelado, PBT Pantalla: TPU Transductor ultrasónico: espuma de poliuretano, resina epoxi con vidrio
<b>Tipo de conexión</b>	Conector macho, M12, 5 polos
<b>Indicador</b>	Pantalla LED, 2 x LED
<b>Peso</b>	270 g
<b>Salida de emisión</b>	Recto
<b>Grado de protección</b>	IP67
<b>Clase de protección</b>	III

<sup>1)</sup> 15 V ... 30 V si se usa la salida de tensión analógica.

<sup>2)</sup> Sin carga.

## Datos de ambiente

<b>Temperatura ambiente</b>	Funcionamiento: -25 °C ... +70 °C Almacenamiento: -40 °C ... +85 °C
-----------------------------	--

## Clasificaciones

<b>ECI@ss 5.0</b>	2727 0804
<b>ECI@ss 5.1.4</b>	2727 0804
<b>ECI@ss 6.0</b>	2727 0804
<b>ECI@ss 6.2</b>	2727 0804
<b>ECI@ss 7.0</b>	2727 0804
<b>ECI@ss 8.0</b>	2727 0804
<b>ECI@ss 8.1</b>	2727 0804

## ANEXO IX: DATASEET ANTENAS NANOSTATION



### NanoStation locoM

Model	Frequency	Gain
locoM2	2.4 GHz	8 dBi
locoM5	5 GHz	13 dBi

## Specifications

System Information			
Model	NanoStationM	locoM5/M2	locoM9
Processor Specs	Atheros MIPS 24KC, 400 MHz	Atheros MIPS 24KC, 400 MHz	Atheros MIPS 24KC, 400 MHz
Memory	32 MB SDRAM, 8 MB Flash	32 MB SDRAM, 8 MB Flash	64 MB SDRAM, 8 MB Flash
Networking Interface	(2) 10/100 Ethernet Ports	(1) 10/100 Ethernet Port	(1) 10/100 Ethernet Port

Regulatory/Compliance Information				
Model	NSM5/NSM2/locoM5/locoM2	NSM3	NSM365	locoM9
Wireless Approvals	FCC Part 15.247, IC RS210, CE	-	FCC Part 90Z	FCC Part 15.247, IC RS210
RoHS Compliance	Yes	Yes	Yes	Yes

Physical/Electrical/Environmental						
Model	NSM5	NSM3/365	NSM2	locoM5	locoM2	locoM9
Dimensions (mm)	294 x 31 x 80	294 x 31 x 80	294 x 31 x 80	163 x 31 x 80	163 x 31 x 80	164 x 72 x 199
Weight	0.4 kg	0.5 kg	0.4 kg	0.18 kg	0.18 kg	0.9 kg
Power Supply (PoE)	24V, 0.5A	24V, 0.5A	24V, 0.5A	24V, 0.5A	24V, 0.5A	24V, 0.5A
Max. Power Consumption	8 W	8 W	8 W	5.5 W	5.5 W	6.5 W
Gain	16 dBi	13.7 dBi	11 dBi	13 dBi	8 dBi	8 dBi
RF Connector	-	-	-	-	-	External RP-SMA
Polarization	Dual Linear					
Enclosure Characteristics	Outdoor UV Stabilized Plastic					
Mounting	Pole Mounting Kit Included					
Power Method	Passive Power over Ethernet (pairs 4, 5+; 7, 8 return)					
Operating Temperature	-30 to 75° C					
Operating Humidity	5 to 95% Condensing					
Shock & Vibration	ETSI300-019-1.4					

Operating Frequency Summary (MHz)					
Model	NSM5/locoM5	NSM365	NSM3	NSM2/locoM2	locoM9
Worldwide	5170 - 5875	3650-3675	3400-3700	2412-2462	902-928
USA	5725 - 5850				
USA DFS	5250 - 5850	-	-	-	-

**ANEXO X: MANUAL DE USUARIO****UNIDAD DE MONITOREO EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO  
DE AGUA POTABLE**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

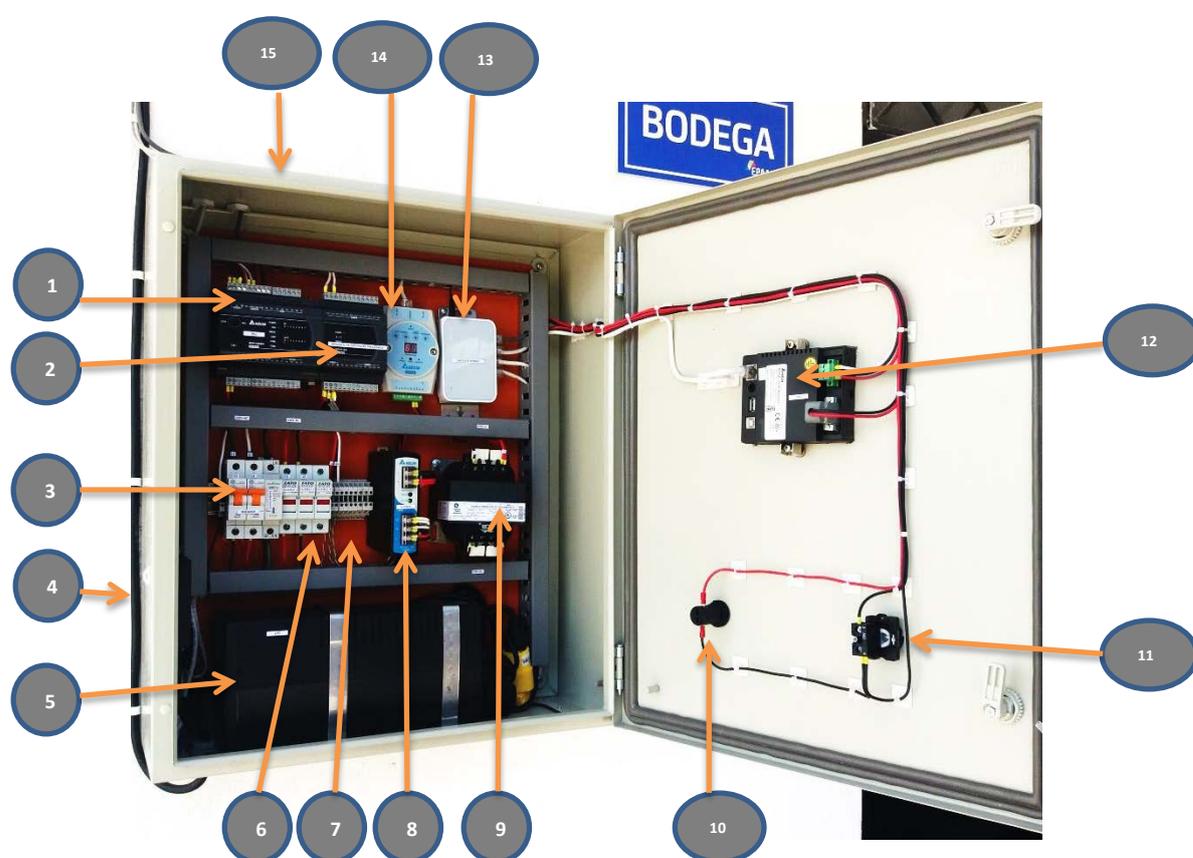
**INDICE**

1. Introducción .....	81
2. Componentes del sistema .....	81
3. Normas de seguridad .....	82
4. Funcionamiento .....	82
4.1. Ventana de principal de acceso.....	80
4.2 Ventana principal direccionamiento.....	81
4.3 Venta control de nivel en el tanque.....	81
4.4 Gráfica del nivel en el tanque.....	82
4.5 Gráfica del volumen en el tanque.....	82
4.6 Gráfica del volumen en el tanque.....	83
5. Mantenimiento .....	85

## 1. Introducción

El manual contiene la información necesaria acerca del funcionamiento y medidas precautelares para una correcta funcionalidad de la unidad de adquisición y transferencia de variables remotas para el monitoreo en tanques de almacenamiento de agua potable.

## 2. Componentes del sistema



- |                            |                             |
|----------------------------|-----------------------------|
| 1. PLC                     | 9. Transformador de control |
| 2. Módulo analógico        | 10. Luz piloto              |
| 3. Breaker termomagnético  | 11. Selector dos posiciones |
| 4. Alimentación 220V CA    | 12. Interfaz HMI            |
| 5. UPS                     | 13. Switch Ethernet         |
| 6. Fusibles                | 14. Convertidor Ethernet    |
| 7. Bornas señal del sensor | 15. Tablero Sbox            |
| 8. Fuente 24V DC           |                             |

### 3. Normas de seguridad



A pesar que el sistema se encuentra construido bajo normas de seguridad para los equipos y operarios, evite el contacto directo con los dispositivos de alimentación el sistema cuenta con voltajes de 220V - 120V en AC que pueden generar riesgos en el operador.



Para realizar cualquier tipo de intervención en el cableado y dispositivos internos del tablero, desconecte la alimentación principal mediante la desactivación de los breakers termomagnéticos y el selector de encendido de la unidad.

### 4. Funcionamiento

#### 4.1. Ventana de principal de acceso



- |  |                                    |
|--|------------------------------------|
| 1. Logotipo de la empresa                                | 2. Titulo General de las pantallas |
| 3. Ingreso a la unidad, pedirá al usuario una contraseña | 4. Ingreso de la clave             |

**Nota:** La clave de acceso a la unidad es "987654321"

## 4.2 Ventana principal direccionamiento



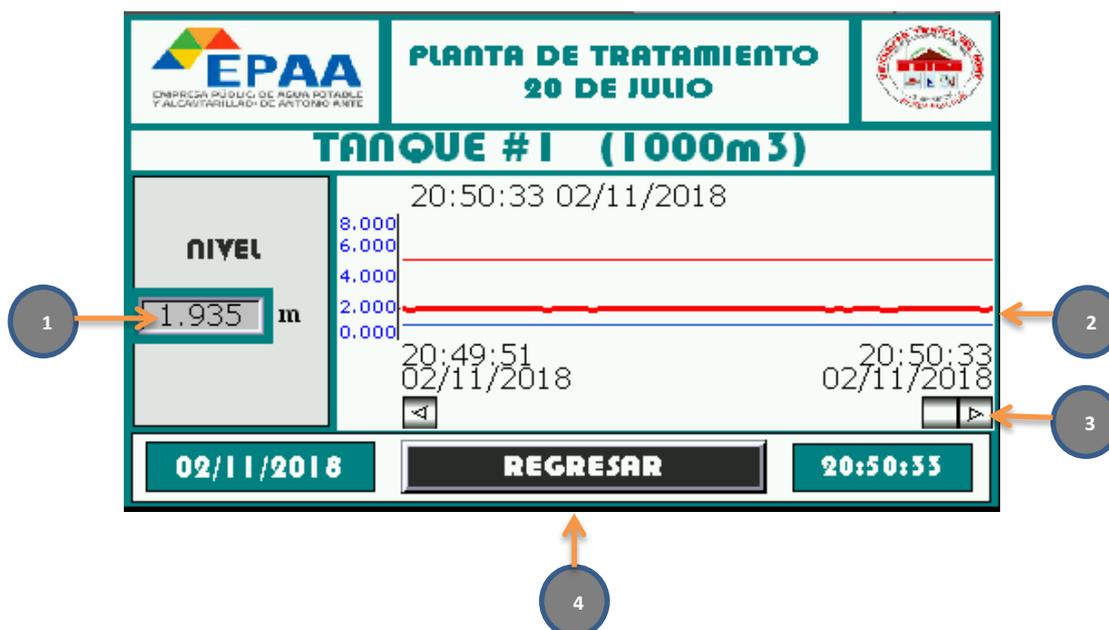
1. Indicativo de acción de la pantalla	2. Botón de acceso al nivel del tanque
3. Botón de acceso a los históricos	4. Botón acceso a las gráficas del volumen
5. Botón de acceso a las gráficas de nivel	6. Botón de regreso a la ventana principal

## 4.3 Venta control de nivel en el tanque



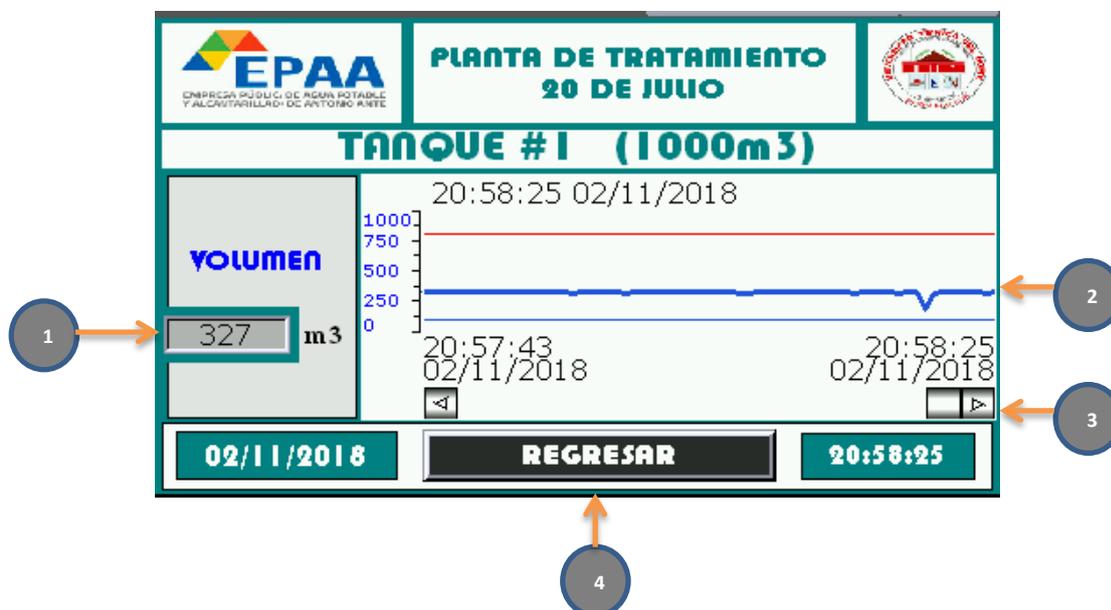
1. Indicador de nivel del tanque en m	2. Indicador de volumen del tanque en m3
3. Indicador visual del estado del tanque	4. Botón de regreso a la pantalla de direccionamiento
5. Indicador de nivel alto en el tanque	6. Indicador de nivel bajo en el tanque

## 4.4 Gráfica del nivel en el tanque



1. Nivel del tanque	2. Nivel en relación del tiempo
3. Slider del tiempo	4. Botón de regreso

## 4.5 Gráfica del volumen en el tanque



1. Volumen del tanque	2. Volumen en relación del tiempo
3. Slider del tiempo	4. Botón de regreso

#### 4.6 Gráfica del volumen en el tanque



1. Históricos de alarmas

2. Botón de regreso

### 5. Mantenimiento

- Revisar que el voltaje de alimentación de la unidad se encuentren en rangos aceptables de funcionamiento 220V-120V AC.
- Revisar y retorquear los bornes de alimentación de las señales del sensor ultrasónico.
- Revisar el estado del sensor ubicado dentro del tanque de hormigón, al encontrarse en un ambiente agresivo pudiese presentar algún inconveniente en su funcionamiento.
- Revisar la conexión de la interfaz HMI que se encuentre en los parámetros iniciales de configuración.
- Realizar un análisis visual de estado interno de los dispositivos de la unidad pudiendo identificar daños por algún factor externo al sistema.