



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E
INSTRUMENTACIÓN**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA E
INSTRUMENTACIÓN**

**TEMA: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
MONITOREO PARA AGUAS RESIDUALES CON TRASMISIÓN
INALÁMBRICA Y ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS
VARIABLES EN UN SISTEMA HMI PARA REGISTRO DE
HISTÓRICOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES DEL GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN SALCEDO
UBICADO EN EL BARRIO CHIPUALÓ.”**

**AUTORES: RICARDO OMAR PORRAS NARANJO
VÍCTOR HUGO TERCERO TERCERO**

DIRECTOR: ING. CÉSAR NARANJO

LATACUNGA

2016



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y
ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E
INSTRUMENTACIÓN
CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación, **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO PARA AGUAS RESIDUALES CON TRASMISIÓN INALÁMBRICA Y ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES EN UN SISTEMA HMI PARA REGISTRO DE HISTÓRICOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN SALCEDO UBICADO EN EL BARRIO CHIPUALÓ.”** realizado por los señores **PORRAS NARANJO RICARDO OMAR y TERCERO TERCERO VÍCTOR HUGO**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar a los señores **PORRAS NARANJO RICARDO OMAR y TERCERO TERCERO VÍCTOR HUGO** para que lo sustenten públicamente.

Latacunga, 28 de Abril del 2016

Atentamente,

Director
Ing. César Naranjo



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y
ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E
INSTRUMENTACIÓN**

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **PORRAS NARANJO RICARDO OMAR y TERCERO TERCERO VÍCTOR HUGO**, con cédula de identidad N° 0503378655 y N° 0502665029 respectivamente, declaramos que este trabajo de titulación **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO PARA AGUAS RESIDUALES CON TRASMISIÓN INALÁMBRICA Y ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES EN UN SISTEMA HMI PARA REGISTRO DE HISTÓRICOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN SALCEDO UBICADO EN EL BARRIO CHIPUALÓ.”** ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaramos que este trabajo es de nuestra autoría, en virtud de ello nos declaramos responsables del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, 28 de Abril del 2016

RICARDO PORRAS NARANJO

C.C. 0503378655

VÍCTOR HUGO TERCERO TERCERO

C.C. 0502665029



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y
ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA
E INSTRUMENTACIÓN**

AUTORIZACIÓN

Nosotros, **PORRAS NARANJO RICARDO OMAR y TERCERO TERCERO VÍCTOR HUGO**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución la presente trabajo de titulación “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO PARA AGUAS RESIDUALES CON TRASMISIÓN INALÁMBRICA Y ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES EN UN SISTEMA HMI PARA REGISTRO DE HISTÓRICOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN SALCEDO UBICADO EN EL BARRIO CHIPUALÓ.**” cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra autoría y responsabilidad.

Latacunga, 28 de Abril del 2016



RICARDO PORRAS NARANJO

C.C. 0503378655



VÍCTOR HUGO TERCERO TERCERO

C.C. 0502665029

DEDICATORIA

La obtención de este título va dedicado a dos seres nobles, responsables de mi formación académica que son mis padres Lorenzo y Lucinda, los cuales con su inmensa preocupación de convertirme en un hombre de bien, destinaron sus recursos económicos junto a su fuerza laboral para direccionarme hacia un mundo científico humano actual, apostándole a la vida a un hijo que responsable de sus ideales continua en el camino del conocimiento, para sin duda alguna cosechar éxitos en su vida profesional.

Mi dedicatoria también están dirigidos a mi hermana Isabel quien es como mi segunda madre, impulsadora de mis anhelos estudiantiles, también a mis hermanos Holguer y Ariel quienes me han dado ánimos de continuar en este camino de tan difícil trayectoria; además a aquellos maestros que aplicaron su molde de conocimiento, cada uno de ellos, convirtiéndome en un ser lleno de metas y aspiraciones.

Víctor.

AGRADECIMIENTO

El agradecimiento infinito va dirigido, a la universidad de las Fuerzas Armadas ESPE por dotarme de los medios necesarios para mi formación intelectual y profesional, al brindarme todo un templo de doctrinas que han enmarcado en mí los deseos de luchar por el camino de la verdad.

De la misma manera mis más sinceros agradecimientos a los profesores de esta inmensa institución educativa que ha más que educadores son amigos y maestros; me honra citar el nombre de dos personajes especiales: Ing. César Naranjo, Ing. Franklin Silva por implantar en mí, la dedicación, perseverancia y esfuerzo para conquistar una meta.

Víctor

DEDICATORIA

A la memoria de mi mamita Colombia por haberme criado más que una madre, con su presencia en todos los actos que he realizado en mi vida de estudiante desde la escuela y colegio, su inmenso cariño que demostraba por mí, este proyecto de tesis lo dedico a la memoria de mi abuelita Colombia Torres porque jamás me ha dejado solo.

Ricardo

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de tesis se realizó gracias al apoyo incondicional de mis padres, hermanos mis tíos Washington y esposa, William Naranjo, Luis Porras y mis Suegros por su colaboración de hacer posible esta tesis.

A Dios por darme la vida y culminar mi carrera. A mi Padre por su esfuerzo en España para sacar adelante a sus hijos y verlos profesionales.

A mi Madre por no dejarme solo en mis fracasos y triunfos. A mi Hermano Eddy que siempre se ha preocupado que tenga lo necesario para estudiar, mis Hermanos Danny y Amanda por sus apoyos incondicionales.

A mi esposa por creer en mí y apoyarme moralmente que si podemos salir adelante y permanecer a mí lado, a mi Jonás que es el motivo principal de superación en mi vida.

Ricardo

ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA	i
CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
AGRADECIMIENTO	viii
ÍNDICE DE CONTENIDO	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xii
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES	1
1.1. Introducción.....	1
1.1.1 Antecedentes.	1
1.2 Red Inalámbrica.....	2
1.2.1 Introducción.....	2
1.2.2 Concepto.	3
1.2.3 Clasificación.....	3
1.3 Protocolo de comunicación.	5
1.3.1 Protocolo TCP/IP	5
1.3.2 Ethernet IP	8
1.3.3. Redes de comunicación Ethernet.....	8
1.3.4. Topologías Ethernet.....	8
1.3.5. Medios de transmisión	9
1.4 Topología de Redes Inalámbricas	13
1.5 Módulos Inalámbricos.....	15
1.5.1 Antena Ubiquiti Nano Station M2.....	15
1.6 Sensores y Transductores Utilizados en Aguas Residuales.	17
1.6.1. Sensor Ultrasónico Industrial MB 7389.	17

1.6.2. Sensor de Temperatura PT100.	19
1.6.3. Transmisor de Temperatura.....	19
1.6.4. Sensor pH/ORP-1110.....	20
1.6.5. Transductor de pH/ORP	22
1.7 Tarjetas de Adquisición de Datos	23
1.7.1. Tarjeta Arduino Uno.	23
1.7.2 Tarjeta Arduino Mega	25
1.8 Software labview para el desarrollo.....	26
1.9 Comunicaciones Inalámbricas.	27

CAPÍTULO II

2. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN	29
2.1 Descripción de Variables Físicas.....	29
2.1.1. ORP (Potencial de Reducción - Oxidación).....	29
2.1.2. Temperatura del Agua.	30
2.1.3. Nivel del Tanque de Agua.....	30
2.2 Adquisición de las variables físicas	32
2.2.1 Adquisición del ORP.....	32
2.2.2 Adquisición de la temperatura.	34
2.2.3 Adquisición de nivel.	35
2.2.4 Adquisición en el cliente de la red	36
2.3 Configuración de módulos inalámbricos	37
2.3.1. Antena Access point en la planta de tratamiento Chipualó.....	38
2.3.2. Antena Station en JosCar.	43
2.3.3. Antena Access Point en el JosCar.	44
2.3.4. Switch.	46
2.3.5. Antena Station en el GAD de Salcedo.	46
2.4 Implementación de la red inalámbrica.....	48
2.6 Integración del sistema.....	60
2.7 Pruebas de comunicación.....	61

CAPÍTULO III

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS	63
--	-----------

3.1	Prueba de conectividad de los equipos.....	63
3.2	Prueba de transmisión de datos de las variables.	66
3.3	Pruebas y resultados experimentales del sistema de monitoreo completo.....	68

CAPÍTULO IV

4.	ANÁLISIS ECONÓMICO	70
4.1	Análisis económico del proyecto implementado	70
4.2	Proyectos futuros	74

CAPÍTULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	75
5.1	CONCLUSIONES	75
5.2	RECOMENDACIONES	77

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78
---	-----------

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Características técnicas sensor pH/ORP	21
Tabla N° 2: Características técnicas Arduino Uno.....	24
Tabla N° 3: Características técnicas Arduino Mega.....	26
Tabla N° 4: Indicadores de LabView.....	53
Tabla N° 5: Indicadores de LabView	54
Tabla N° 6: Costo total del tablero de monitoreo de aguas residuales.	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Clasificación de redes inalámbricas	3
Figura N° 2: Modelo TCP/IP en analogía con el modelo OSI.....	5
Figura N° 3: Servicios y protocolos del modelo TCP/IP.....	6
Figura N° 4: Encapsulación en el modelo TCP/IP.....	7
Figura N° 5: Asignación de pines RJ-45 macho	9
Figura N° 6: Cable RJ-45 recto.....	10
Figura N° 7: Arquitectura peer-to-peer	13
Figura N° 8: Arquitectura basada en Puntos de Acceso	14
Figura N° 9: Antena ubiquiti NanoStation M 2.....	15
Figura N° 10: Diagrama de tecnologías inalámbricas.....	16
Figura N° 11: Puerto Ethernet de Antena Ubiquiti NanoStation M 2.....	16
Figura N° 12: Conexión de PC en el Switch.....	17
Figura N° 13: Sensor ultrasónico industrial MB 7389.....	17
Figura N° 14: Conexión del sensor de nivel industrial MB 7389Sensor.....	18
Figura N° 15: RTD PT 100.....	19
Figura N° 16: Transmisor de temperatura.....	20
Figura N° 17: Sensor pH/ORP – 1110.....	21
Figura N° 18: Controlador de pH/ORP.....	23
Figura N° 19: Sistema de Adquisición de Datos.....	23
Figura N° 20: Arduino Uno.....	24
Figura N° 21: Arduino Mega.....	26
Figura N° 22: Diagrama de Bloques de la variable ORP.....	29
Figura N° 23: Diagrama de Bloques de la variable temperatura.....	30

Figura N° 24: Diagrama de Flujo de la variable nivel.	31
Figura N° 25: Diagrama de bloques del sistema de monitoreo.	31
Figura N° 26: Diagrama de flujo servidor de la comunicación inalámbrica. ...	33
Figura N° 27: Diagrama de conexión thernet y la touch screen inalámbrica. 34	
Figura N° 28: Diagrama de bloques de la adquisición y la touch screen.	35
Figura N° 29: Diagrama de bloques de la adquisición, la red en su HMI 36	
Figura N° 30: Sistema de comunicación, enlace de antenas.....	37
Figura N° 31: Configuración del módulo inalámbrico	38
Figura N° 32: Configuración del módulo inalámbrico	39
Figura N° 33: Configuración del módulo inalámbrico	39
Figura N° 34: Configuración del módulo inalámbrico	40
Figura N° 35: Configuración del módulo inalámbrico	40
Figura N° 36: Configuración del módulo inalámbrico	41
Figura N° 37: Configuración del módulo inalámbrico	41
Figura N° 38: Configuración del módulo inalámbrico	42
Figura N° 39: Configuración del módulo inalámbrico	42
Figura N° 40: Configuración del módulo inalámbrico	43
Figura N° 41: Configuración del módulo inalámbrico	44
Figura N° 42: Configuración del módulo inalámbrico	44
Figura N° 43: Configuración del módulo inalámbrico	45
Figura N° 44: Configuración del módulo inalámbrico	45
Figura N° 45: Configuración del módulo inalámbrico	46
Figura N° 46: Configuración del módulo inalámbrico	47
Figura N° 47: Configuración del módulo inalámbrico	47
Figura N° 48: Configuración del módulo inalámbrico	48
Figura N° 49: Conexión servidor de la red con la antena Access Point.....	48
Figura N° 50: Conexión antena Station con el cliente de la red.	49
Figura N° 51: Diseño de la red inalámbrica cliente-servidor	50
Figura N° 52: Panel Frontal de LabView	51
Figura N° 53: Diagrama de Bloques de LabView	51
Figura N° 54: Controladores e indicadores de LabView	52
Figura N° 55: Indicadores de LabView en el panel frontal	52
Figura N° 56: Objetos de LabView en la pantalla de diagrama de bloques.53	
Figura N° 57: TCP Open Connection Function	55

Figura N° 58: TCP Written Function.....	55
Figura N° 59: TCP Read Function.....	56
Figura N° 60: Decimal String To Number Function	56
Figura N° 61: TCP Close connection function.....	56
Figura N° 62: Case Structure	56
Figura N° 63: While Loop Structure	57
Figura N° 64: Insert Into Array Function.....	57
Figura N° 65: Aplicación de Excel en LabView.....	57
Figura N° 66: Tabla de control en LabView.	58
Figura N° 67: Diagrama de Flujo del HMI en LabView.	58
Figura N° 68: Objetos de LabView.....	59
Figura N° 69: HMI elaborado en LabView	59
Figura N° 70: Registro de datos elaborado en LabView	60
Figura N° 71: Nivel de alarmas elaborado en LabView.....	60
Figura N° 72: Nivel enlace de la antena station en el GAD de Salcedo.	61
Figura N° 73: Nivel enlace de la antena station en el GAD de Salcedo.	62
Figura N° 74: Simulador en línea Air Link.....	63
Figura N° 75: Enlace inalámbrico entre un Access Point y una Station.	64
Figura N° 76: Enlace inalámbrico entre un Access Point y una Station.	65
Figura N° 77: Enlace inalámbrico entre una Station y un Access Point.	66
Figura N° 78: Prueba de comunicación entre Station y un Access Point. ...	67
Figura N° 79: Prueba de comunicación entre Station y un Access Point. ...	67
Figura N° 80: Documentación de datos históricos.....	68
Figura N° 81: Documentación de datos históricos de variables medidas ...	69
Figura N° 82: Equipos del sistema de monitoreo de aguas residuales.....	73

RESUMEN

Este proyecto es un sistema para monitoreo de variables químicas en aguas residuales, mediante la implementación de una red de comunicaciones para transmisión de datos inalámbricos, los sensores para cada variable que se mide es un nodo sensor, estas variables químicas son: PH (Potencial de Hidrógeno), Orp (potencial de oxidación – reducción), nivel y temperatura; instalados a la entrada y salida de la planta de tratamiento, la adquisición de datos de los sensores se realiza a través del módulo arduino mega, los mismos que son empaquetados y mostrados en un display que se encuentra en el gabinete con conexiones eléctricas en la planta de tratamiento de Chipualó; finalmente los datos entregados por los sensores son almacenados en otro módulo que actúa como servidor para ser enviados a través de la red de comunicaciones hasta una interfaz HMI realizada en un computador ubicado en el municipio de salcedo en el departamento de agua potable.

PALABRAS CLAVE:

- **COMUNICACIONES INALÁMBRICAS**
- **SENSORES ELECTRÓNICOS**
- **ANTENAS UBIQUITI**
- **TRANSMISORES ELECTRONICOS**

ABSTRACT

This project is a chemical monitoring system variables wastewater by implementing a network of antennas for wireless data transmission, sensors for each variable measured is a sensor node as pH, ORP, level and temperature placed at the entrance and exit of the treatment plant, the acquisition of sensor data is performed through Mega Arduino thereof which are packaged and displayed on a display located in the cabinet with electrical connections in the treatment plant of Chipualó; finally the data delivered by the sensors are checked in another Arduino acting as a server to send to a transmitting antenna and the data of the variables mentioned above to the department of water located in the GAD Salcedo at a distance of more than one kilometer.

KEYWORDS:

- **WIRELESS COMMUNICATIONS**
- **ELECTRONIC SENSORS**
- **ANTENNA UBIQUITI**
- **ELECTRONIC TRANSMITTERS**

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

1.1. Introducción

1.1.1 Antecedentes

El agua es un elemento que permite originar vida de distintas especies, por ello es un componente importante para mantener el ciclo de vida. Nuestro planeta está conformado por tres cuartas partes de agua, y resulta curioso que el cuerpo humano esté constituido de agua en esta misma relación, concluyendo que este elemento es indispensable para nuestra evolución. No obstante el mundo entero no ha concientizado el uso de este elemento vital, lo que ha traído consigo desperdicios que han provocado estragos en nuestro ambiente natural.

Hay varias causas por las cuales se desperdicia el agua: Deficiencias en captación y distribución del agua, malos hábitos de consumo, la falta de la cultura de uso, separación y aprovechamiento de agua de lluvia y el escaso tratamiento de aguas residuales. Para evitar el aumento progresivo de la pérdida del agua, en la actualidad nuestro país, bajo parámetros legales (carta magna) ha estipulado que este elemento sea un patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida (Constitución De la República del Ecuador, Art12, 2008)

El Estado a posee 64.300 concesiones de agua dulce en nuestro país. Las concesiones para el uso doméstico del agua son numerosos, la cifra para este uso es de 21.281 (33,1%), pero representan apenas 1,22% del caudal concesionado. La población campesina, sobre todo indígena, con sistemas comunales de riego, representa el 86% de los usuarios. Sin embargo, este grupo apenas tiene el 22% de la superficie regada y accede apenas al 13% del caudal. Tal es la deficiencia de este

servicio que llegan aguas contaminadas que no han sido tratadas, a ríos, acequias, canales de riego que perjudican la matriz productiva de nuestro país (FLACSO. Ministro de Energía y Minas, 2007).

A nivel internacional el impacto ambiental ha incrementado la elaboración de proyectos y estudios referentes a la conservación y tratamiento del agua entre ellos: usando sensores de polímeros conductores para la detección de pesticidas (Consolin N., Medeiros S.), aplicación de la teledetección, sistemas de información geográfica, para mejorar la calidad del agua en Alabama (Sheppard D., Tsegaye, T., Tadesse W.), medición de la carga residual utilizando voltajes de pulso para agua (Takashi K., Tatsuki O. 2014), estudios del proceso de tratamiento de agua, con el uso de descarga de corriente eléctrica alterna pulsada en agua entre otros. (M-Y Lee, B-K Min)

Este trabajo presenta la implementación de un sistema de monitoreo de variables químicas del agua residual en los cuales se consideró las variables (nivel, pH, ORP y temperatura) en un HMI con transmisión inalámbrica en una piscina de aguas residuales del Cantón Salcedo, para tener un diagnóstico de las aguas servidas antes de devolverlas al río, lo cual es una medida preventiva para reducir la contaminación del río Cutuchi.

1.2 Red Inalámbrica.

1.2.1 Introducción.

En los últimos años las redes de área local inalámbricas (WLAN, Wireless Local Area Network) están ganando mucha popularidad, que se ve acrecentada conforme sus prestaciones aumentan y se descubren nuevas aplicaciones para ellas. Las WLAN permiten a los usuarios acceder a información y recursos en tiempo real sin necesidad de estar físicamente conectados a un determinado lugar.

Con las WLANs, la red por sí misma es móvil, elimina la necesidad de usar cables y establece nuevas aplicaciones añadiendo flexibilidad a la red; y lo más importante, incrementa la productividad y eficiencia en las empresas donde están instaladas. Un usuario dentro de una red WLAN puede transmitir y recibir voz, datos y vídeo dentro de edificios, entre edificios o campus universitarios e incluso sobre áreas metropolitanas a velocidades de 11 Mbit/s o superiores.

1.2.2 Concepto.

Una red inalámbrica es aquella en la que dos o más terminales se pueden comunicar sin la necesidad de una conexión por cable.

1.2.3 Clasificación.

Al igual que las redes tradicionales cableadas se va a clasificar a las redes inalámbricas en tres categorías Figura 1:

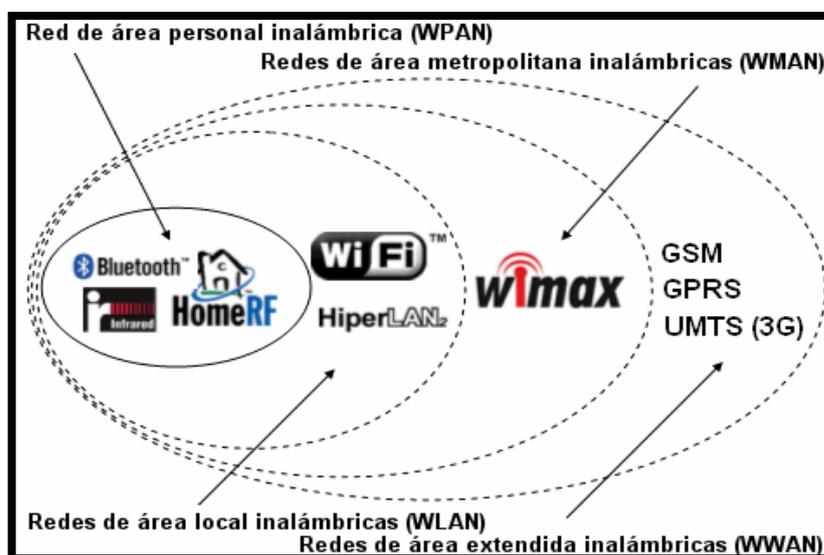


Figura N° 1: Clasificación de redes inalámbricas
Fuente: AG, S. (2012). Basic Panels. (Siemens) 2015.

WAN/MAN (Wide Area Network/Metropolitan Area Network): En la primera categoría, se considera a las redes que cubren desde decenas hasta miles de kilómetros, cuya finalidad es la constitución de redes globales

de comunicación móvil. Como ejemplo de estas redes se encuentran los siguientes sistemas:

GSM (Global System for Mobile Communications): Sistema global de comunicaciones móviles de la segunda generación (2G) que permite comunicaciones de hasta 9,6 Kbps.

GPRS (General Packet Radio Service): Estándar de comunicaciones móviles que permite velocidades de hasta 115 Kbps.

UMTS (Universal Mobile Telecommunications System): Tecnología de comunicaciones móviles de tercera generación (3G) que ofrece velocidades desde 144 Kbps hasta 2 Mbps.

LAN (Local Area Network): En la segunda categoría LAN, se encuentran las redes que comprenden de varios metros hasta decenas de metros. Permiten la creación de redes locales sin cables, realizando la comunicación por ondas de radio. La tecnología más conocida es el estándar 802.11 (o WiFi) que opera dentro de los 2.4 GHz (5 GHz 802.11a) y provee un ancho de banda de hasta 54 Mbps.

PAN (Personal Area Network): Por último, en la categoría PAN se tiene a las redes que comprenden desde muy poca distancia hasta 30 metros. Se trata de redes personales que tienen como principal fin eliminar los cables de comunicación con todos los dispositivos electrónicos (PC con periféricos o accesorios, teléfonos móviles, cámaras...). Su principal exponente es la tecnología Bluetooth, pero existen otras como WPAN.

1.3 Protocolo de comunicación.

1.3.1 Protocolo TCP/IP

El modelo TCP/IP, fue definido en los años 70 por DARPA (que es acrónimo en Inglés de Defense Advanced Research Projects Agency o Agencia de Investigación de Proyectos Avanzados de Defensa).

TCP/IP describe un conjunto o familia de protocolos de red, primordialmente porque hace referencia a los dos protocolos más importantes y utilizados de esta familia los cuales son: el Protocolo de Control de Transmisión (TCP) y Protocolo de Internet (IP).

El modelo en esta arquitectura de protocolos es más simple que el modelo OSI, en esta arquitectura se ha agrupado diversas capas para formar una sola, incorporando sus funciones, de esta manera el modelo TCP/IP está conformado por 4 capas, a continuación se presenta en la Figura 2, el modelo TCP/IP en analogía con el modelo OSI.

Modelo PTC/IP	Modelo OSI
Capa de Aplicación	Capa de Aplicación
	Capa de Presentación
	Capa de Sesión
Capa de Transporte	Capa de Transporte
Capa de Internet	Capa de Red
Capa de acceso a la red (NAL)	Capa de Enlace de Datos
	Capa Física

Figura N° 2: Modelo TCP/IP en analogía con el modelo OSI.

Los tipos de servicios realizados y los protocolos utilizados en cada nivel del modelo TCP/IP se describen con más detalle en la Figura 3.

NIVEL	DESCRIPCIÓN	PROTOCOLOS
Aplicación	Define los protocolos de aplicación TCP/IP y cómo se conectan los programas de host a los servicios del nivel de transporte para utilizar la red.	HTTP, Telnet, FTP, TFTP, SNMP, DNS, SMTP, X Windows y otros protocolos de aplicación
Transporte	Permite administrar las sesiones de comunicación entre equipos host. Define el nivel de servicio y el estado de la conexión utilizada al transportar datos.	TCP, UDP, RTP
Internet	Empaqueta los datos en datagramas IP, que contienen información de las direcciones de origen y destino utilizada para reenviar los datagramas entre hosts y a través de redes. Realiza el enrutamiento de los datagramas IP.	IP, ICMP, ARP, RARP
Interfaz de red	Especifica información detallada de cómo se envían físicamente los datos a través de la red, que incluye cómo se realiza la señalización eléctrica de los bits mediante los dispositivos de hardware que se conectan directamente con un medio de red, como un cable coaxial, un cable de fibra óptica o un cable de cobre de par trenzado.	Ethernet, Token Ring, FDDI, X.25, Frame Relay, RS-232, v.35

Figura N° 3: Servicios y protocolos del modelo TCP/IP.

Semejante al modelo OSI, para el envío de datos, cada capa añade información de control a los datos, esta información se denomina Cabecera empleando encapsulación. Para la recepción se realiza el proceso inverso, por lo tanto cuando los datos ascienden atravesando cada capa, se elimina la cabecera correspondiente, como se presenta en la Figura 4.

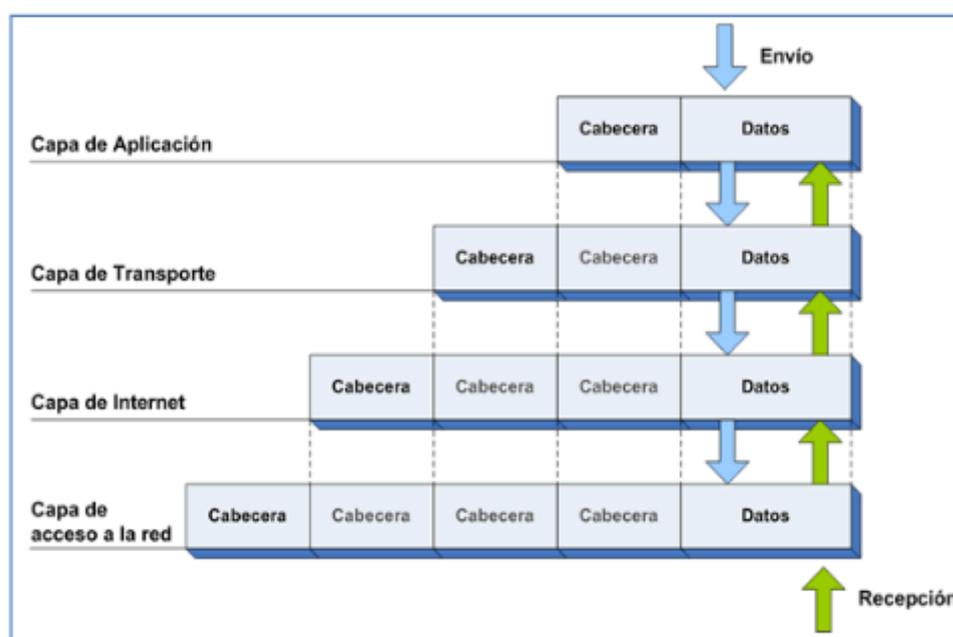


Figura N° 4: Encapsulación en el modelo TCP/IP.

Fuente: textos científicos. TCP/IP Y EL MODELO OSI.

Un inconveniente de TCP/IP es que es más difícil de configurar y de mantener; además, es algo más lento en redes con un volumen de tráfico medio bajo. Sin embargo, puede ser más rápido en redes con un volumen de tráfico grande donde haya que encaminar un gran número de tramas.

El conjunto TCP/IP se utiliza tanto en campus universitarios como en complejos empresariales, en donde utilizan muchos enrutadores y conexiones a mainframe o a computadoras UNIX, así como también en redes pequeñas o domésticas, en teléfonos móviles y en domótica.

1.3.2 Ethernet IP

El funcionamiento de Ethernet es diferente del resto de buses de campo clásicos (Profibus, AS-i, etc.) pues utiliza la topología en estrella, que facilita la detección de fallos de cableado, la comprobación se halla integrada en los HUB o repartidores.

Ethernet se ha convertido así en una red de comunicación ideal, fiable y de bajo costo, lo cual la hace muy interesante a los ojos industriales.

Las redes Ethernet transmiten datos a velocidades que van desde 10 Megabit a 1Gigabit usando el cable UTP (Unshielded Twisted Pair) de categorías 5 y 6.

1.3.3. Redes de comunicación Ethernet

Cualquier sistema de trabajo compuesto por dos o más ordenadores que abarquen desde una única oficina a múltiples equipos que intervengan en un proceso productivo, necesita unos medios que permitan la comunicación entre estos equipos y que se puedan intercambiar información.

La interconexión de estos equipos se realiza mediante las denominadas redes de comunicación que, tradicionalmente se denominan redes en el ámbito de gestión, y buses de comunicación en el ámbito industrial. En el caso de utilizar Ethernet, se habla de Redes de Área Local (LAN, Local Area Network) como aquellas que permiten la interconexión de equipos próximos (una oficina, una factoría).

1.3.4. Topologías Ethernet

Ethernet emplea todas las topologías de conexionado de sistemas de comunicación, apareciendo estructuras donde se ven conexiones en: bus, árbol, estrella y anillo.

1.3.5. Medios de transmisión

Ethernet presenta tres tipos de soporte habituales:

- Cable coaxial
- Cable de par trenzado
- Fibra óptica

1.3.6. Distancias

Ethernet alcanza distancias entre: 185 m para 10Base2 hasta 500 m para 10Base5. En el ámbito industrial la distancia de red es: Eléctrica 1.5 Km; Óptica: 4.3 Km.

1.3.7. El cable de par

Ethernet ha estandarizado el cable de cuatro pares y terminales RJ45.

La asignación de pines es fácil de recordar siguiendo la indicación: Sosteniendo el conector RJ45 macho de frente, con la pestaña de seguridad hacia arriba, el pin 1 corresponde al del lado izquierdo Figura 5.

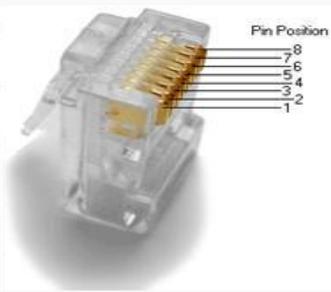
Pin	Función	568A	568B	Posición de los pines	Gigabit Ethernet (variante A)	Gigabit Ethernet (variante B)
1	TX+ Transceive data +					
2	Transceive data -					
3	RX+ Receive data +					
4	BDD+ Bi-directional data +					
5	BDD- Bi-directional data -					
6	RX- Receive data -					
7	BDD+ Bi-directional data +					
8	BDD- Bi-directional data -					

Figura N° 5: Asignación de pines RJ-45 macho

Fuente: Planificación y Administración de Redes.

En función de la conexión que se quiera realizar, hay dos tipos de cable Ethernet:

Cable directo: permite conectar dispositivos de diferentes categorías como por ejemplo un (HUB) con dispositivos de explotación de red (Ordenador). La distribución de los pines en los dos extremos del cable es idéntica, pin a pin, y está normalizada en cuanto al código de colores según las especificaciones EIA/TIA568A y EIA/TIA-568B Figura 6.

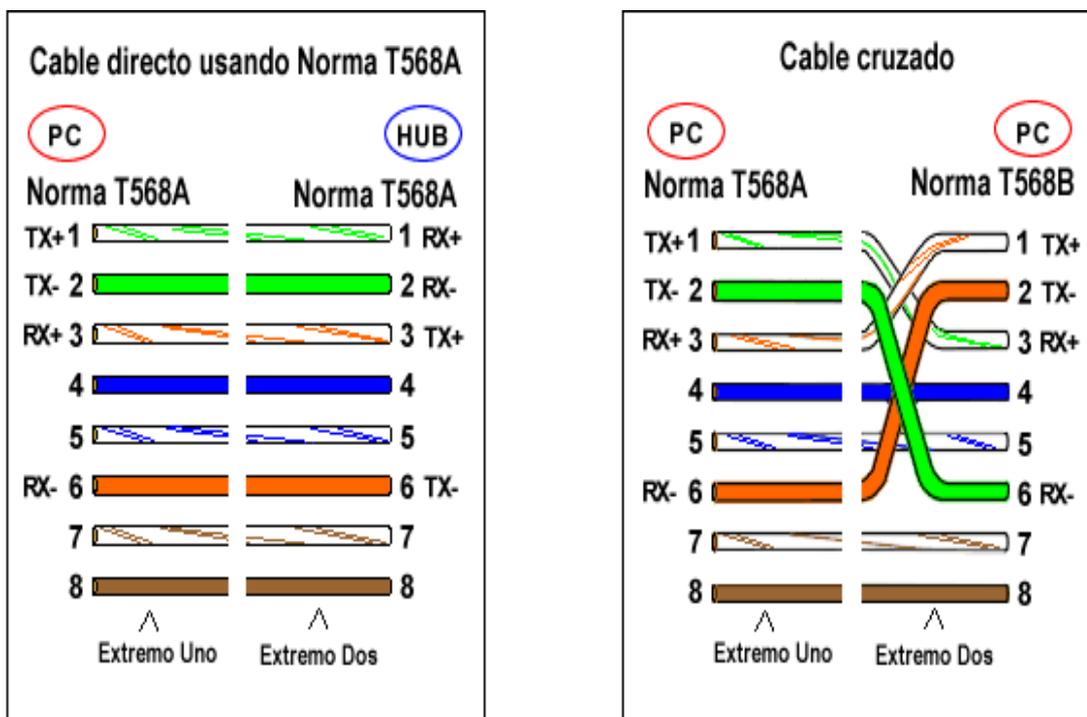


Figura N° 6: Cable RJ-45 recto

El cable cruzado: permite conectar dispositivos de categorías similares como, por ejemplo, dos ordenadores. La distribución de los pines en los dos extremos del cable realiza el cruce entre el par de emisión y el de recepción.

Está igualmente normalizada en cuanto al código de colores según las especificaciones EIA/TIA568A y EIA/TIA-568B (básicamente, un cable cruzado tiene la especificación 568A en un extremo y la 568B en el otro) Figura 6.

1.3.8. Dispositivos de red

A una red se pueden conectar dos tipos básicos de dispositivos:

Clientes: acceden a los recursos de la red (a nivel ofimático se denominan Estaciones de trabajo).

Servidores: permiten que los dispositivos conectados a la red puedan acceder a los recursos de ésta y pueden dedicarse únicamente a dar un tipo de servicio (por ejemplo, un servidor de alarmas dentro de un sistema Scada) o utilizar al mismo tiempo recursos de la red (servidores no dedicados, como un ordenador que realice tareas de monitorización mediante un sistema Scada y sirva de almacenamiento de archivos históricos).

1.3.9. Direcciones en Ethernet

Todos los dispositivos de una red tienen que poder identificarse de manera inequívoca. Para ello se pueden emplear dos tipos de dirección:

- **Dirección MAC (física)**

Se trata de un número de identificación único de 6 bytes que identifica al fabricante de los equipos de red. Todos los elementos de red tendrán una dirección MAC, o dirección física única. Su formato es del estilo:

08:00:20:09:E3:D8

- **Dirección IP (lógica)**

Se trata de un número de identificación de 4 bytes que sirve para identificar un equipo en una red local Ethernet, en Internet, o en una Intranet. Estas direcciones son variables dependiendo de la clase. Su formato es de estilo decimal, 192.158.125.202.

- **Direcciones IP privadas**

Son visibles únicamente desde los ordenadores de una red en concreto (por ejemplo, una red local de una oficina) y están aisladas de Internet, por lo que pueden repetirse en diferentes redes privadas y se pueden emplear a discreción de los usuarios sin necesidad de ningún permiso de organismos reguladores.

- **Direcciones IP especiales o publicas**

Se trata de rangos de direcciones IP reservadas para aplicaciones especiales como el multicasting o para fines experimentales.

Dentro del direccionamiento IP, aparecen dos tipos de dirección en función de su temporalidad:

- **Direcciones IP dinámicas**

Se trata de direcciones que se asignan en el momento de conectar un equipo a una red, y que pueden ir cambiando para el mismo equipo en base a unos criterios de tiempo o de conexión. (Por ejemplo, cuando un ordenador se conecta a Internet, el proveedor de servicios de Internet le asigna una dirección IP en ese momento. Esta dirección cambiará cada vez que el equipo se conecte).

- **Direcciones IP estáticas**

Son direcciones fijas y asociadas a equipos que prestan servicios en Internet (siempre debe ser la misma para cada servidor y poder así localizarlo).

1.4 Topología de Redes Inalámbricas

La versatilidad y flexibilidad de las redes inalámbricas es el motivo por el cual la complejidad de una LAN implementada con esta tecnología sea tremendamente variable. Esta gran variedad de configuraciones ayuda a que este tipo de redes se adapte a casi cualquier necesidad.

Estas configuraciones se pueden dividir en dos grandes grupos, las redes Peer to Peer y las que utilizan Puntos de Acceso.

1.4.1 Configuración Peer-to-Peer (AdHoc)

También conocidas como redes ad-hoc, es la configuración más sencilla, los únicos elementos necesarios son terminales móviles equipados con los correspondientes adaptadores para comunicaciones inalámbricas.

En este tipo de redes, el único requisito deriva del rango de cobertura de la señal, siendo necesario que los terminales móviles estén dentro de este rango para que la comunicación sea posible. Por otro lado, estas configuraciones son muy sencillas de implementar y no es necesario ningún tipo de gestión administrativa de la red.

Un ejemplo sencillo de esta configuración se muestra en la siguiente ilustración Figura 7.

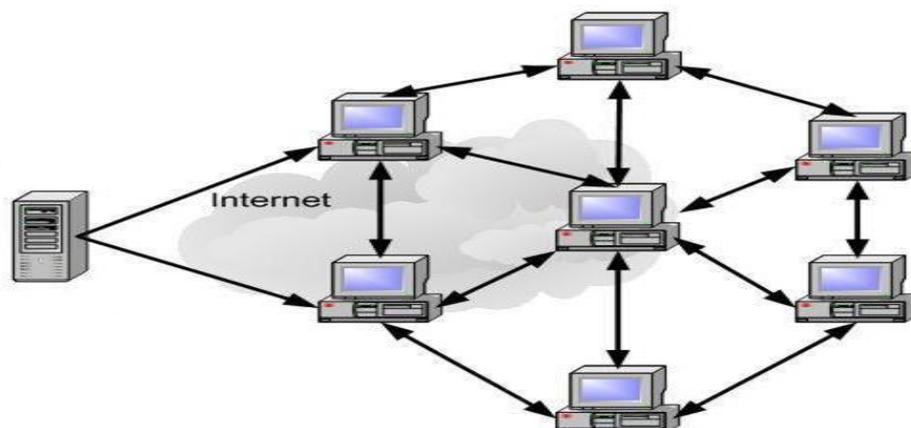


Figura N° 7: Arquitectura peer-to-peer

Fuente: P2PTV.

1.4.2 Configuración Infraestructura.

Utilizan el concepto de celda, ya utilizado en otros sistemas de comunicación inalámbrica como la telefonía móvil. Una celda podría entenderse como el área en el que una señal radioeléctrica es efectiva. A pesar de que en el caso de las redes inalámbricas esta celda suele tener un tamaño reducido, mediante el uso de varias fuentes de emisión, es posible combinar celdas para cubrir de forma casi total un área más extensa.

La estrategia empleada para aumentar el número de celdas, y por lo tanto el área de cobertura de la red, es la utilización de los llamados puntos de acceso, que funcionan como repetidores, y por tanto son capaces de doblar el alcance de una red inalámbrica, ya que ahora la distancia máxima permitida no es entre estaciones, sino entre una estación y un punto de acceso.

Los puntos de acceso son colocados normalmente en sitios estratégicos para que dispongan de la cobertura necesaria para dar servicio a los terminales que soportan. Un único punto de acceso puede soportar un pequeño grupo de usuarios y puede funcionar en un radio aproximadamente de treinta metros y hasta varios cientos de metros. Figura 8.

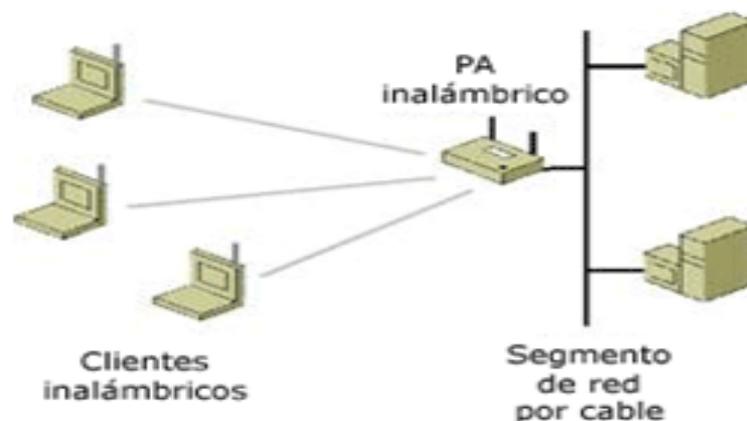


Figura N° 8: Arquitectura basada en Puntos de Acceso

Fuente: Atlantic Internatrional University.

1.5 Módulos Inalámbricos

Los avances de los sistemas de comunicaciones por medio no guiado ha evolucionado junto con la tecnología teniendo la facilidad de utilizar pocos cables por módulos inalámbricos en ámbito de redes industriales, las comunicaciones inalámbricas tienen grandes campos de aplicaciones como; la telefonía celular, esta es una de uso frecuente en la actualidad.

Estos módulos no necesariamente deben estar en una sola posición, pueden ser móviles cambiar de lugares constantemente o a conveniencia de la aplicación que tengan.

La Figura 9 muestra el tipo de antenas que se utiliza para este proyecto de comunicación.



Figura N° 9: Antena ubiquiti NanoStation M 2.

Fuente: Ubnt. (2016). NanoStationM.

1.5.1 Antena Ubiquiti Nano Station M2

Una red inalámbrica de área local (WLAN) Cisco (2015), es una red de área local pero sin cables, esto significa que las computadoras que se comunica no deben estar enlazadas físicamente entre sí para transmitir datos, la transmisión se realiza por medio de ondas de radio de alta frecuencia, para el presente proyecto se ocupa las antenas ubiquiti (Figura 9) que trabajan a una frecuencia de 2.4 GHz y que está dentro del rango de las WLANs que es una tecnología basada en Ethernet con el estándar IEEE 802.3 y WiFi (Wireless Fidelity) que sigue el estándar IEEE 802.11.

Estas antenas resultan particularmente adecuadas porque se integran a muchas aplicaciones como: proveer internet a hogares, oficinas, monitoreo con cámaras de dirección IP (Internet Protocol), repetidoras de internet, etc.

Esta tecnología a pesar que son menos seguras que las redes cableadas ofrecen comodidad y menos costo en la implementación, en la Figura 10 se indica un diagrama de tecnologías inalámbricas. Los enlaces entre los puntos remotos, se realizan mediante configuraciones de los módulos inalámbricos para la transmisión de datos.

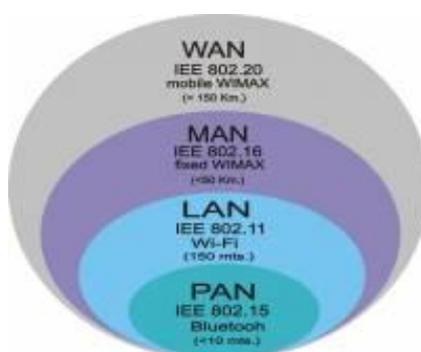


Figura N° 10: Diagrama de tecnologías inalámbricas.

Fuente: Cisco. Wireless, LAN (WLAN).



Figura N° 11: Puerto Ethernet de Antena Ubiquiti NanoStation M

2.

Fuente: Red Inalámbrica.

1.5.2 Switch.

Es un dispositivo de interconexión (Figura 12) utilizado para conectar equipos que están en la misma red siguiendo el estándar Ethernet (IEEE

802.3), en este proyecto se utiliza este dispositivo para conectar dos antenas en el Jos Car que cumplen la función de repetidora.

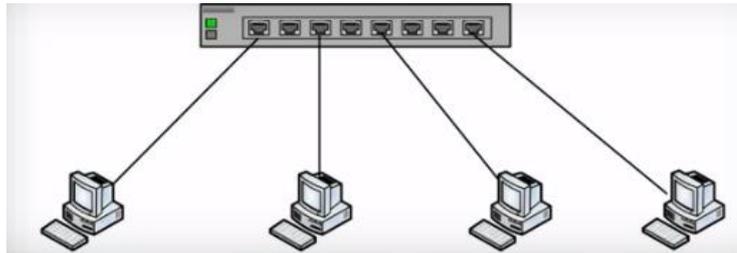


Figura N° 12: Conexión de PC en el Switch.
Fuente: Red Inalámbrica.

1.6 Sensores y Transductores Utilizados en Aguas Residuales.

A través de estos elementos se va a medir el nivel del tanque de la planta de agua residual, así como también otras variables tal como la temperatura, el PH y ORP de la misma.

1.6.1. Sensor Ultrasónico Industrial MB 7389.

El sensor ultrasónico MB 7389 Figura 13. (Anexo 1) tiene excelente aplicación en mediciones de nivel de líquido y sólidos en ámbito industrial y semi industrial, posee tres salidas: analógica, RS-232 y PWM (modulación por ancho de pulso), en la Figura 14. Indica cómo realizar las conexiones para estas salidas.



Figura N° 13: Sensor ultrasónico industrial MB 7389.
Fuente: Redestematicas. El Switch como funciona

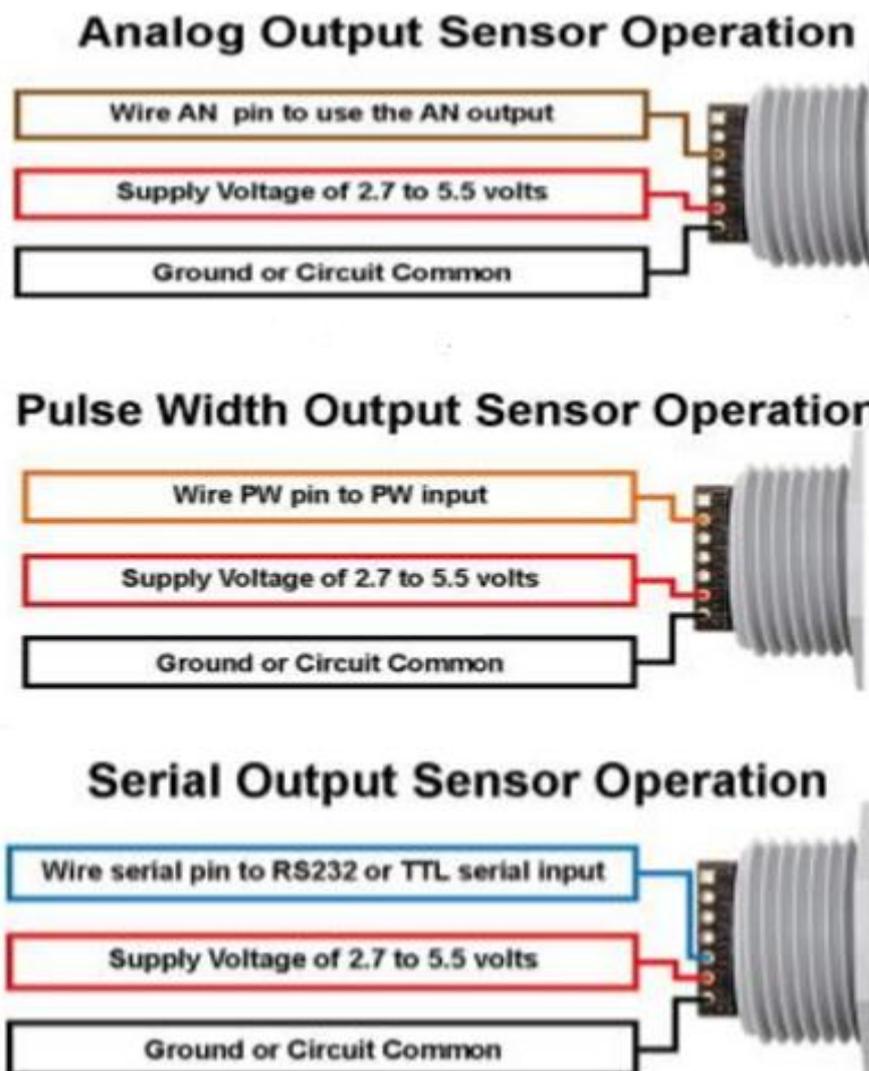


Figura N° 14: Conexión de las tres salidas del sensor de nivel industrial MB 7389Sensor.

Fuente: Redestematicas. El Switch como funciona

1.6.1.1. Características del sensor ultrasónico industrial MB 7389.

Redestematicas. El Switch como funciona:

- Telémetro ultrasónico de bajo coste.
- Detección a 5 metros o 10 metros.
- Resolución de 1 mm.
- Sensor de distancia de 30 cm a 5 metros o de 50 cm a 10 metros.
- Excelente tiempo medio entre fallos (MTBF).
- Se activa la operación y produce en tiempo real datos de rango.

- Rango de temperatura de funcionamiento de $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+65\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Tensión de funcionamiento de 2.7V a 5.5V.
- Consumo de corriente nominal de 2.3mA a 3.3V y 3.1mA a 5V.
- Calificación IP67.

1.6.1.2. Rango de Salida.

- Ancho de pulso, 1us / mm de resolución.
- Voltaje analógico, 5 mm de resolución (Sensores de 5 metros).
- Voltaje analógico, de 10 mm de resolución (Sensores de 10 metros).
- Serial, resolución de 1 mm.
- Disponible en RS232 (MB7360 serie) o TTL (serie MB7380).

1.6.2. Sensor de Temperatura PT100.

Es un sensor de temperatura con el principio de variar su resistencia a cambios de temperatura, la principal característica es que a cero grados centígrados entrega un valor de resistencia de cien ohmios (Figura15).



Figura N° 15: RTD PT 100.

Fuente: Omega. RTD PT100.

Este sensor tiene gran aplicación en la industria por su rango de trabajo (-100 a 200) $^{\circ}\text{C}$ y su confiabilidad (Anexo 2).

1.6.3. Transmisor de Temperatura.

Es un instrumento (Figura 16) que amplifica y acondiciona una señal del sensor de temperatura en ohmios o mili voltios y entrega una señal eléctrica

análoga de 4 mA a 20 mA proporcional al valor de la entrada de resistencia o voltaje que entrega el sensor, para el proyecto es la PT100.



Figura N° 16: Transmisor de temperatura.

Fuente: Aliexpress. Sensor Transmisor de Temperatura.

1.6.3.1. Características del transmisor de temperatura.

Aliexpress (2015).

- Sensor: PT100
- Rango de medida: -50 a 150 ° C
- Salida: 4-20mA
- Voltaje de funcionamiento: DC 24 V
- Precisión: más o menos el 0.2 por ciento FS
- Dimensiones: 45mm/1.77 pulgadas (diámetro)
- Material: de plástico
- Peso: 29g.

1.6.4. Sensor pH/ORP-1110.

En el monitoreo de aguas residuales se toma en cuenta la medida del ORP que es la **oxidación - reducción del agua** y el pH que es la **cantidad de hidrógeno** que posee la misma, estos cambios de ORP y pH vienen relacionados. Al proceso complementario de oxidación – reducción se le conoce como redox y el valor ORP es la medida de la actividad del electrón comparado con la actividad de un electrodo de referencia, que mantiene siempre el potencial constante.

En la desinfección del agua es importante la concentración de cloro libre y el tiempo de contacto con el agua así como el pH y la temperatura, un buen control del agua desinfectada exigirá la monitorización del potencial de oxidación – reducción (ORP) que en 1971 la Organización Mundial de la Salud adoptó un valor de 650 mV como valor adecuado para el agua potable. Si el pH aumenta se hace más alcalina, y si disminuye su acidez aumenta. (Elaguapotable. Potencial Redox).

En la actualidad se puede medir el pH y el ORP con un solo instrumento electrónico como es el de la serie pH/ORP – 1110 Figura 17.



Figura N° 17: Sensor pH/ORP – 1110.

Fuente: Alibaba. factory hot sell water PH sensor.

Este sensor se puede utilizar en varios campos de trabajo como: industrial, aguas residuales, piscinas, agua potable, etc. La Tabla 1, indica las características del sensor pH/ORP 1110.

Tabla N° 1

Características técnicas sensor pH/ORP

Modelo No.		pH/ORP-1110A/B pH-1120A/B	
Elemento de prueba		pH or ORP	
Rango de medición	pH	(2 ~ 12)PH	
	ORP	±1999Mv	
Equipotencial		7.00±0.25	
impedancia pH		≤3.5×108Ω	
Temperatura		(0 ~ 50)°C	

CONTINÚA

Porcentaje teórico de decantación	≥90%(25°C)
Presión	normal por debajo 0.4 MPa ,Max.0.6 MPa(≤1h)
Material	ABS+PC+ fibra de vidrio
Dimensión	Parte A / Parte B fijo con 3/4"NPT rosca cónica
Instalación	Recomendar: a) tubería medido por la circulación de la aguja de control P34A dispositivo de válvula; b) canal abierto / depósito de materiales / reactor medido por la instalación de inmersión; c) la piscina de aguas residuales / río / cría medida por una instalación de la cama flotante;
Conexión	Cable de bajo ruido conduce directamente
Longitud del cable	10m Estándar (límite de longitud ≤20m)
Nivel de Protección	IP65

Fuente: Alibaba. (2015)

1.6.5. Transductor de pH/ORP

El controlador de pH/ORP de la serie 3500, (Figura 18) recibe la señal del elemento primario (Figura 17) y acondiciona a una señal de salida eléctrica de 4 mA a 20 mA, proporcional al nivel de ORP o pH que mida el controlador mediante su configuración (ANEXO 4)



Figura N° 18: Controlador de pH/ORP.

Fuente: Ttkwater. PH-ORP 3500

1.7 Tarjetas de Adquisición de Datos

Es la toma de señales eléctricas provenientes de elementos primarios de medición (sensores) (Figura 19) para una etapa de acondicionamiento, para este proyecto se seleccionó la tarjeta arduino para adquirir los datos y mediante programación tener salidas acondicionadas y monitorear sus comportamientos físicos.

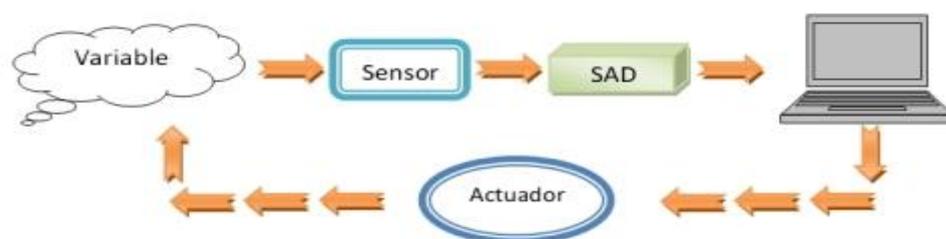


Figura N° 19: Sistema de Adquisición de Datos.

Fuente: Microelectrónicos. La resolución en los Sistemas de Adquisición de Datos.

1.7.1. Tarjeta Arduino Uno.

Es una placa electrónica basada en el ATmega328P, cuenta con 14 pines digitales de entrada / salida (de los cuales 6 se pueden utilizar como salidas PWM), 6 entradas analógicas, un cristal de cuarzo de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, un header ICSP (In Circuit Serial Programming), un botón de reinicio y un conector de USB (Tabla 2).



Figura N° 20: Arduino Uno.

Fuente: Comparativos de estrategias de control.

La programación de estas tarjetas se realiza con el software Arduino que coincide con el nombre de la tarjeta utilizando como interfaz entre la tarjeta y la computadora con el software un cable USB, lo siguiente es que se reconozca el puerto y se detecte el dispositivo (tarjeta arduino) y está lista para su uso.

1.7.1.1 Características técnicas.

Tabla N° 2

Características técnicas Arduino Uno.

Microcontroladores	ATmega328P
Tensión de funcionamiento	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12V
Voltaje de entrada (límite)	6-20V
Digital pines I / O	14 (de las cuales 6 proporcionan salida PWM)
PWM digital pines I / O	6
Pines de entrada analógica	6
Corriente DC por E / S Pin	20 mA
Corriente DC de 3.3V Pin	50 mA
Memoria flash	32 KB (ATmega328P) De los cuales 0,5 KB utilizado por el gestor de arranque
SRAM	2 KB (ATmega328P)

CONTINÚA

EEPROM	1 KB (ATmega328P)
Velocidad de reloj	16 MHz
Largo	68,6 mm
Anchura	53.4 mm
Peso	25 g

Fuente: Comparativos de estrategias de control.

1.7.2 Tarjeta Arduino Mega

Es una placa electrónica basada en el ATmega1280, cuenta con 54 pines digitales de entrada / salida (de los cuales 14 se pueden utilizar como salidas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UARTs (hardware puertos serie), un oscilador de cristal de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP, y un botón de reinicio. El ATmega1280 tiene 128 KB de memoria flash para almacenar el código, 8 KB de SRAM y 4 KB de EEPROM.

El Arduino Mega tiene una serie de instalaciones para la comunicación con un ordenador, otro Arduino, u otros microcontroladores. El ATmega1280 ofrece cuatro UART hardware para TTL (5V) de comunicación serie. Un FT232RL FTDI (Future Technology Devices International Ltd.) en los canales de mesa uno de ellos a través de USB y los drivers FTDI (incluido con el software de Arduino) proporcionan un puerto COM virtual para el software en el ordenador.

El software de Arduino incluye un monitor de serie que permite a los datos de texto simples para ser enviados hacia y desde la placa Arduino. Los Leds RX y TX de la placa parpadean cuando se están transmitiendo datos a través del chip y conexión USB FTDI al ordenador.

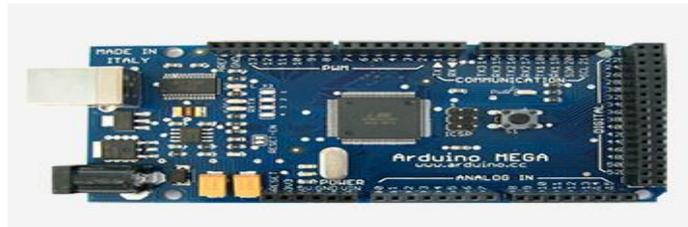


Figura N° 21: Arduino Mega.

Fuente: Arduino. Arduino Uno

1.7.2.1. Características técnicas.

Tabla N° 3

Características técnicas Arduino Mega.

Microcontrolador.es	ATmega1280
Tensión de funcionamiento	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12V
Voltaje de entrada (límites)	6-20V
Digital pines I / O	54 (de las cuales 15 proporcionan salida PWM)
Pines de entrada analógica	16
Corriente DC por E / S Pin	40 mA
Corriente DC de 3.3V Pin	50 mA
Memoria flash	128 KB de los cuales 4 KB utilizado por el gestor de arranque
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Velocidad de reloj	16 MHz

Fuente: Arduino. Arduino Uno.

1.8 Software labview para el desarrollo

Es un software que proporciona un potente entorno de desarrollo gráfico para el diseño de aplicaciones de Ingeniería de adquisición de datos, análisis de medidas y presentación de datos gracias a un lenguaje de programación, sin la complejidad de otras herramientas de desarrollo, se puede citar beneficios de este software:

- Intuitivo lenguaje de programación.

- Herramientas de desarrollo y librerías de alto nivel específicas para aplicaciones.
- Cientos de funciones para E/S, control, análisis y presentación de datos.
- Posibilidad de crear aplicaciones de medida genéricas sin programación.
- Depuración gráfica integrada y control del código fuente.
- Miles de programas de ejemplo, tanto en el software como por web. Ayuda contextual integrada y extensos tutoriales (Sdei 2015).

1.9 Comunicaciones Inalámbricas.

Es una comunicación entre dos o más equipos que estén dentro de una misma red sin necesidad de la utilización de un medio guiado, es decir sin cables, su conexión es por la propagación de ondas. Cuando se refiere a comunicación inalámbrica se tiene un emisor y un receptor, en el cual no importa la posición del receptor, este puede estar en distintos puntos geográficos es decir es móvil y el alcance del enlace dependería de la potencia que irradie el emisor. Con el avance de la tecnología este sistema inalámbrico ha evolucionado, tiene mayor alcance y su área de aplicación se expande día a día, se puede aplicar en sistemas comerciales, sistemas de seguridad en el ámbito industrial empleados para monitorear o controlar procesos.

Para implementar un sistema seguro se debe seguir estándares, como por ejemplo los que se empleó en este proyecto: estándar Ethernet (IEEE 802.11) y el estándar WiFi (IEEE 802.3), con un sistema inalámbrico se puede monitorear variables físicas en ambientes corrosivos (atmosféricos, temperaturas críticas, etc.), que no son aptas para la seguridad del ser humano y con un gabinete de monitoreo a distancias consideradas, por lo que se protegería la integridad del operario. Se debe considerar que esta comunicación no es en su totalidad segura, puede ser afectado su funcionamiento por la presencia de campos electromagnéticos, así como también puede ser interceptada por receptores ajenos a su proceso, por lo

que se debe considerar y solucionar estos inconvenientes para que el sistema sea confiable dentro de un proceso.

CAPÍTULO II

2. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

2.1 Descripción de Variables Físicas.

En este capítulo se describen detalladamente los sensores utilizados; su conexión a los dispositivos de adquisición, su configuración y su transmisión.

2.1.1. ORP (Potencial de Reducción - Oxidación)

El sensor de pH/ORP-1110 (Alibaba. 2015) realiza mediciones de niveles de pH y ORP en la entrada y salida de la planta de tratamiento de aguas residuales, las señales eléctricas entregadas por estos sensores son enviadas hacia su controlador para la estandarización de esta señal eléctrica (4-20 mA), luego esta señal es convertida a señal de voltaje para ser enviada al módulo arduino que a través del sistema de comunicación transmiten datos hacia una interfaz gráfica a un sitio remoto. A través de este proceso se puede conocer el porcentaje de tratamiento del agua residual antes de ser devuelta al río Cutuchi; además se puede visualizar los niveles de alarmas e indicadores en valores críticos de ORP y PH. En la Figura 22, se muestra un diagrama de bloques para indicar el proceso de funcionamiento de dichos sensores.

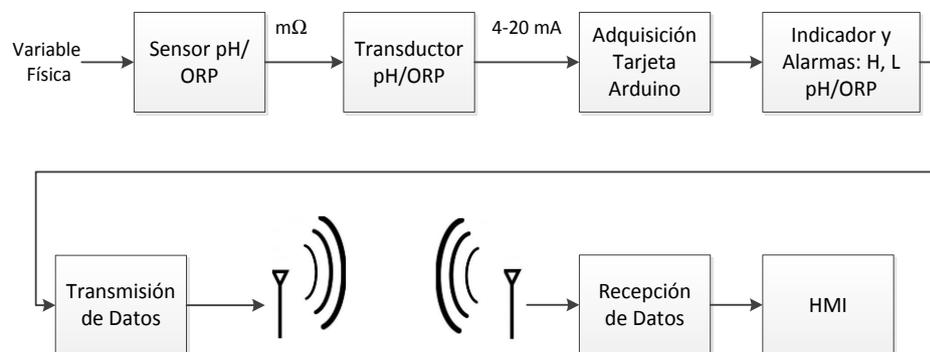


Figura N° 22: Diagrama de Bloques de la variable ORP.

2.1.2. Temperatura del Agua.

La medición de esta variable se realizó con un sensor RTD Pt 100 (Omega. 2015), para obtener una señal estándar de 4 a 20 mA se empleó un transmisor de temperatura (Alibaba. (2015), cuyo valor es proporcional al valor de entrada de la resistencia o voltaje que entrega el sensor, al igual que el sensor de PH-ORP el resto de etapas se repiten; en la Figura 23 se muestra un diagrama de bloques para indicar las etapas de trabajo de medición de la temperatura del agua.

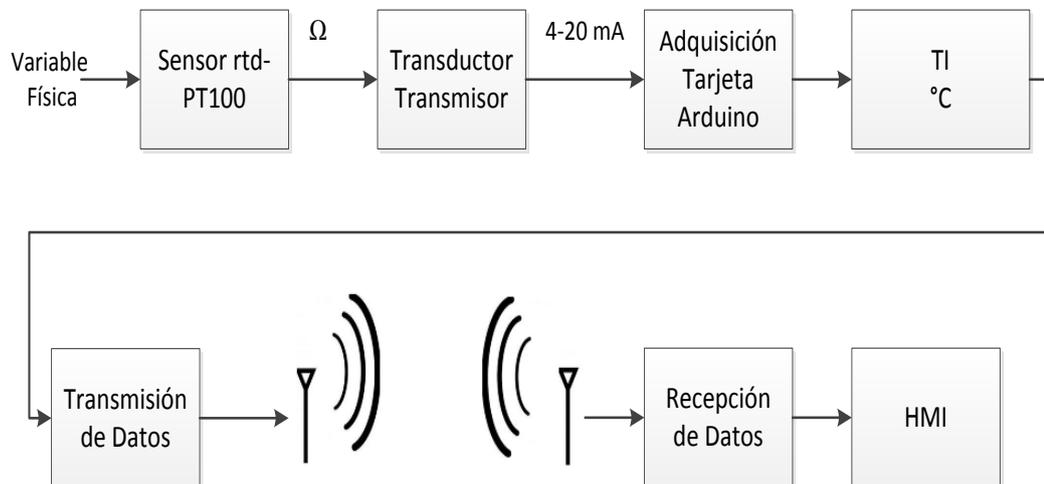


Figura N° 23: Diagrama de Bloques de la variable temperatura.

2.1.3. Nivel del Tanque de Agua.

El sensor botix mide el nivel de agua residual en el tanque de entrada de la planta de tratamiento de aguas residuales; junto a este sensor está el sensor de pH/ORP, su objetivo principal es detectar e indicar con alarmas Figura 24, que el nivel de agua residual no sobrepase la alarma H (nivel alto) y evitar una inundación en la planta, así como también la alarma en L (nivel bajo), para indicar escases de agua residual que afectaría al sensor de pH/ORP, ya que este sensor debe permanecer con líquidos caso contrario se podría quemar.

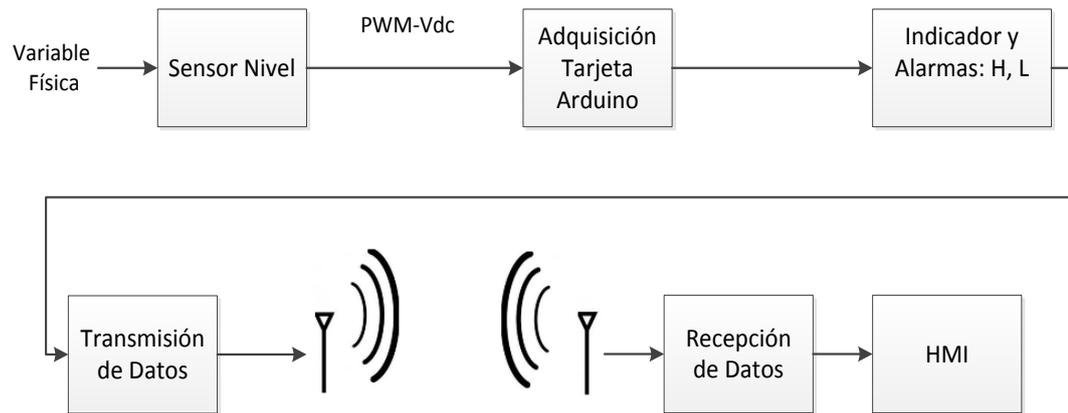


Figura N° 24: Diagrama de Flujo de la variable nivel.

El sistema completo es la integración de todos los sensores con datos para la transmisión, recepción y presentación de las variables en un sistema amigable y entendible para el usuario; en la Figura 25 se presenta el diagrama de bloques general del sistema constituido por lo siguiente; primera etapa: piscina de aguas residuales, segunda etapa: toma de datos a través de los sensores, tercera etapa: estandarización de la señal eléctrica de 4-20 mA, cuarta etapa: se tiene un gabinete que tiene concentrado indicadores y alarmas de cada variable medida, quinta etapa: transmisión de datos y finalmente sexta etapa: constituida por un HMI para la presentación de los datos.

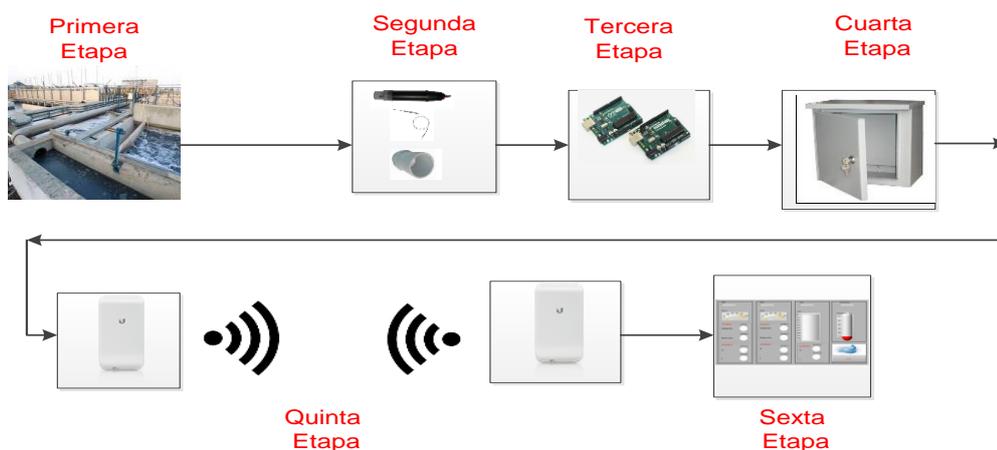


Figura N° 25: Diagrama de bloques del sistema de monitoreo.

2.2 Adquisición de las variables físicas

Los valores entregados por los sensores ubicados en la planta de tratamiento de agua residual son señales eléctricas que necesitan ser amplificadas y transformadas a señales análogas estándares de 4-20 mA, estos sensores al ser de aplicación industrial poseen sus respectivos transductores que facilitan este trabajo de acondicionamiento de la señal, para luego realizar la etapa de conversión de las señales eléctricas a señales de voltaje de uno a cinco voltios que acepta como entradas analógicas las tarjetas de adquisición de datos (arduinos).

Se utilizó dos arduinos (uno, mega), el primer arduino se encargará de adquirir los datos del ORP de entrada y salida, estados de temperatura por los pines analógicos A0, A1, A2, A3 respectivamente y enviar mediante el puerto virtual 8080 con el estándar IEEE 802.3 (Figura 2.5) los valores en rangos de 0 a 1023, esos datos se acondicionan en el software LabView para el respectivo tratamiento de la señal; el segundo arduino se encarga de leer las variables del ORP de salida, estado de temperatura y datos por los pines analógicos A0, A1, A2, A3 para mostrar en la touch screen que se encuentra en el gabinete. Este arduino mega no adquiere la señal del ORP de entrada ya que esta variable se muestra con su controlador en el gabinete, las variables son enviadas del mismo nodo a los dos arduinos (tarjetas de adquisición de datos).

2.2.1 Adquisición del ORP

La sonda del ORP entrega una señal cuyo potencial es medido ohmios, esta señal va al controlador de la misma la cual tiene una salida eléctrica de corriente de 4 a 20 miliamperios proporcionales a los valores de entrada que entrega la sonda. La etapa de acondicionamiento se diseñó con una resistencia de 250 Ω , para transformar la señal de corriente de 4 a 20 miliamperios a una señal de voltaje de 1 a 5 voltios, no se ocupó la señal eléctrica de corriente por que la tarjeta de adquisición solo tiene entradas para voltaje.

Con los datos de entrada a las tarjetas (arduino y mega) se linealiza los valores mediante programación a través de la ecuación de la recta para el valor de ORP, temperatura, nivel, PH y mostrar los valores medidos en el gabinete metálico.

El ORP de la salida se encuentra a 30 metros de distancia del gabinete, con cable UTP se transporta la señal de corriente del controlador de ORP de salida hacia la resistencia de 250 ohmios que se encuentra en el gabinete y se distribuye esta señal de voltaje tanto a la tarjeta de adquisición de la touch screen (arduino mega) como a la tarjeta con la comunicación Ethernet (arduino uno), (Figura 27), con el fin de tener las mismas medidas tanto en el gabinete metálico de la planta de tratamiento en el barrio Chipualó así como en el cliente que es la interfaz gráfica de monitoreo que se encuentra ubicado en el departamento de agua potable del GAD Salcedo.

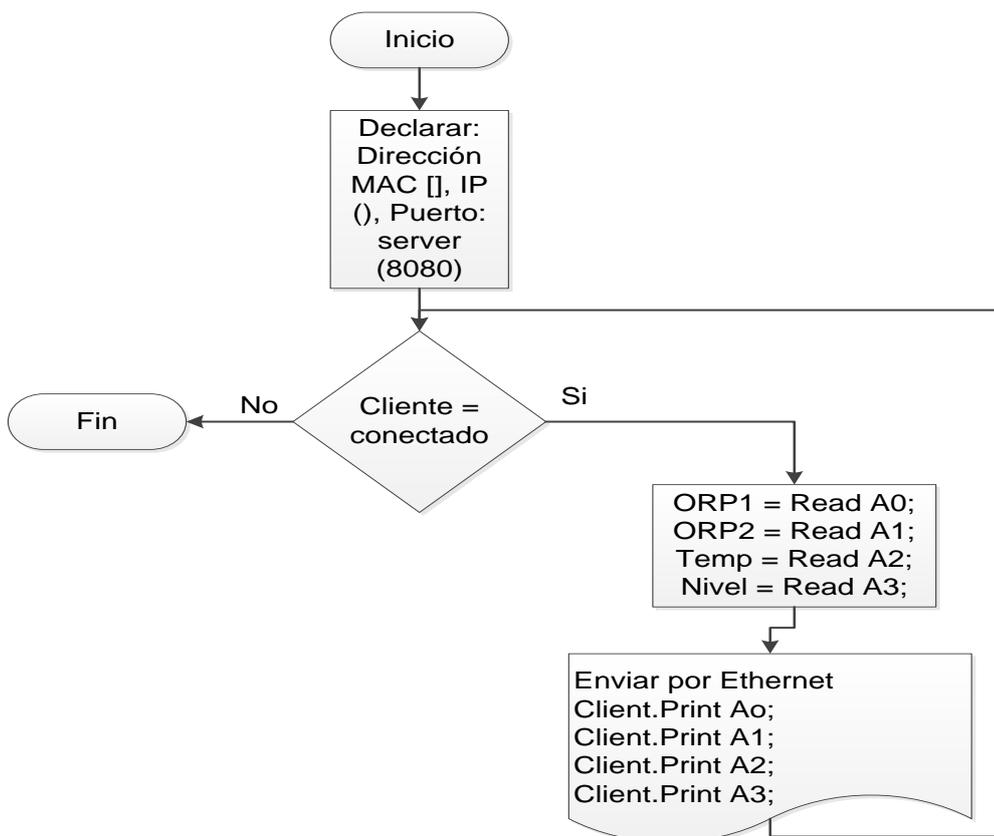


Figura N° 26: Diagrama de flujo de la adquisición y envío de datos desde el servidor de la comunicación inalámbrica.

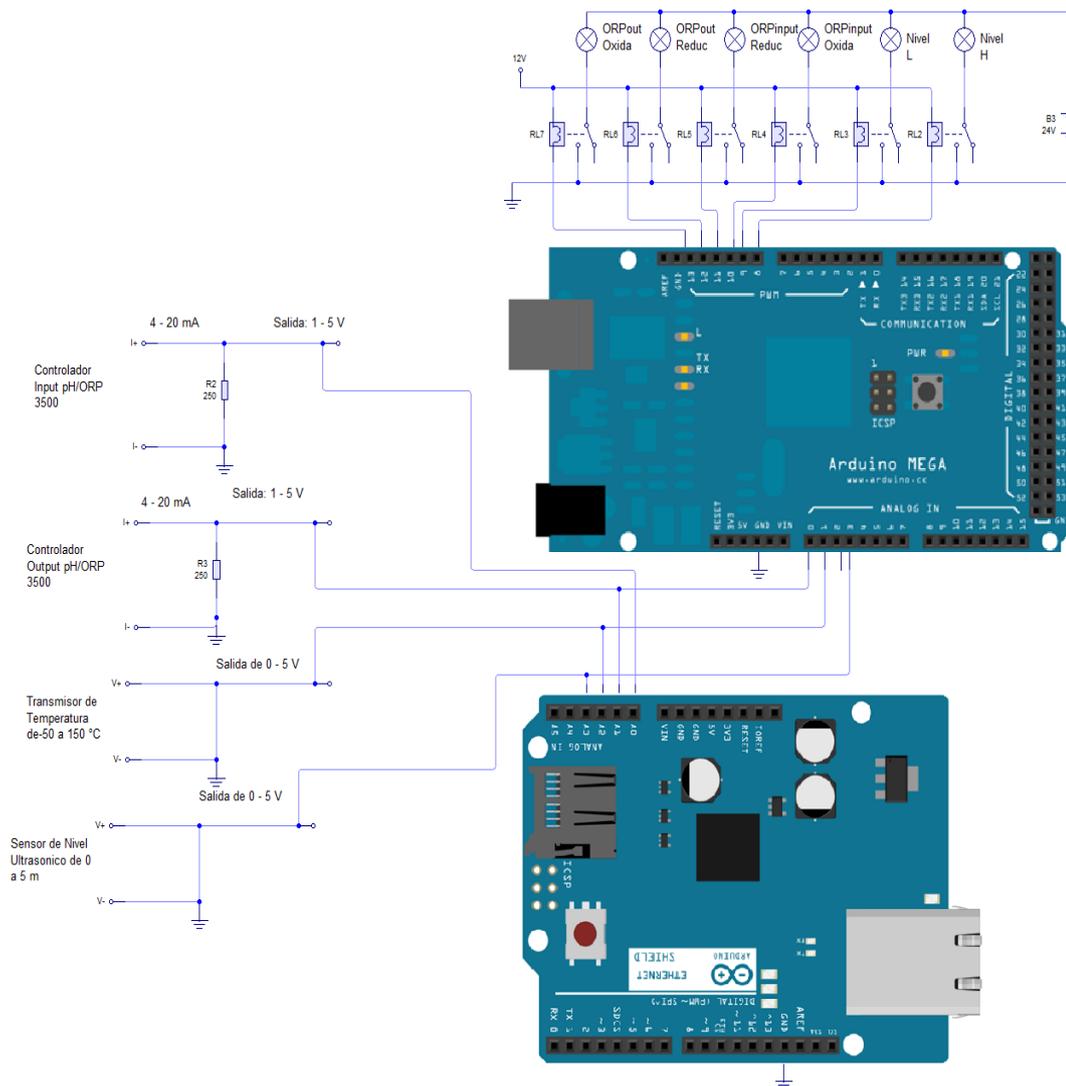


Figura N° 27: Diagrama de conexión eléctrica mediante ethernet y la touch screen inalámbrica.

2.2.2 Adquisición de la temperatura.

El sensor de temperatura rtd pt 100 de dos hilos tiene salida de resistencia (ohmios), esta salida se conecta al transmisor de temperatura el cual proporciona señal de voltaje de 0 a 5 voltios proporcionales a los valores de resistencia, esta salida se conecta a los pines de entrada de las tarjetas de adquisición (Figura 27) para su acondicionamiento tanto para enviar por Ethernet que es el servidor de la red (Figura 26) como para la visualización en la touch screen (Figura 28).

2.2.3 Adquisición de nivel.

Las salidas del sensor de nivel MB 7389 es de 0 a 5 voltios, este sensor no necesita un transductor, esta medida es (Figura 27) proporcional al alcance de 0-5 metros que es el nivel a la que debe estar el agua a la entrada de la planta del agua residual, es decir 1 voltio representa un metro, y 5 voltios representa 5 metros, con estos valores de voltaje se acondicionó en los módulos de arduino uno y mega respectivamente con el fin de mostrar estos valores en la touch screen (arduino mega) (Figura 28) y en la interfaz gráfica que se encuentra en el municipio de Salcedo(arduino uno) Figura 26.

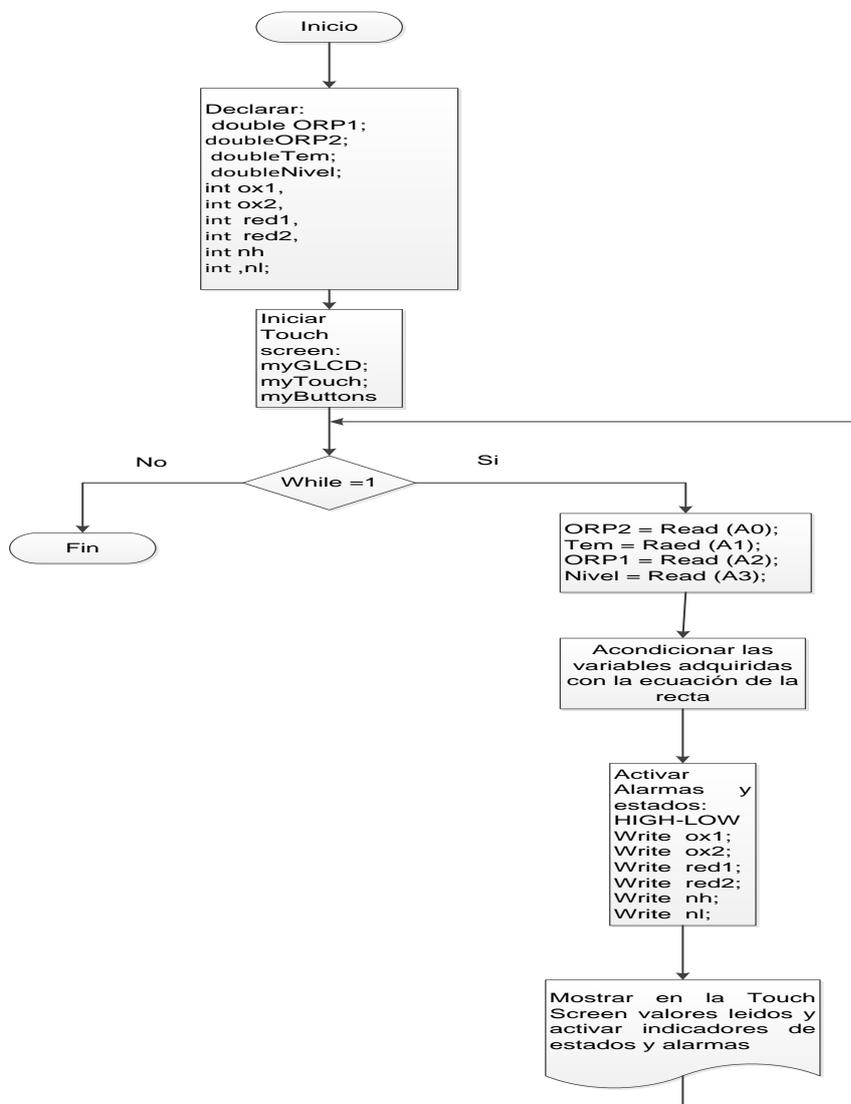


Figura N° 28: Diagrama de bloques de la adquisición, visualización y activación de estados, en el gabinete y la touch screen.

2.2.4 Adquisición en el cliente de la red

Cuando todas las variables son adquiridas en el servidor (arduino uno) de la red (Figura 26) la información se envía mediante el estándar IEEE 802.3 para comunicar el servidor con la antena, la comunicación de antena a antena se realiza mediante el estándar IEEE 802.11 direccionando las antenas mediante IP (internet protocol), el cliente de la red de igual manera se comunica con la antena mediante el estándar IEEE 802.3 seguidamente en el software LabView se lee el puerto virtual, la dirección IP del servidor (Figura 29) para visualizar los datos en el departamento de agua potable del GAD de Salcedo en tiempo real que proporcionan los sensores ubicados en la planta de tratamiento de aguas residuales.

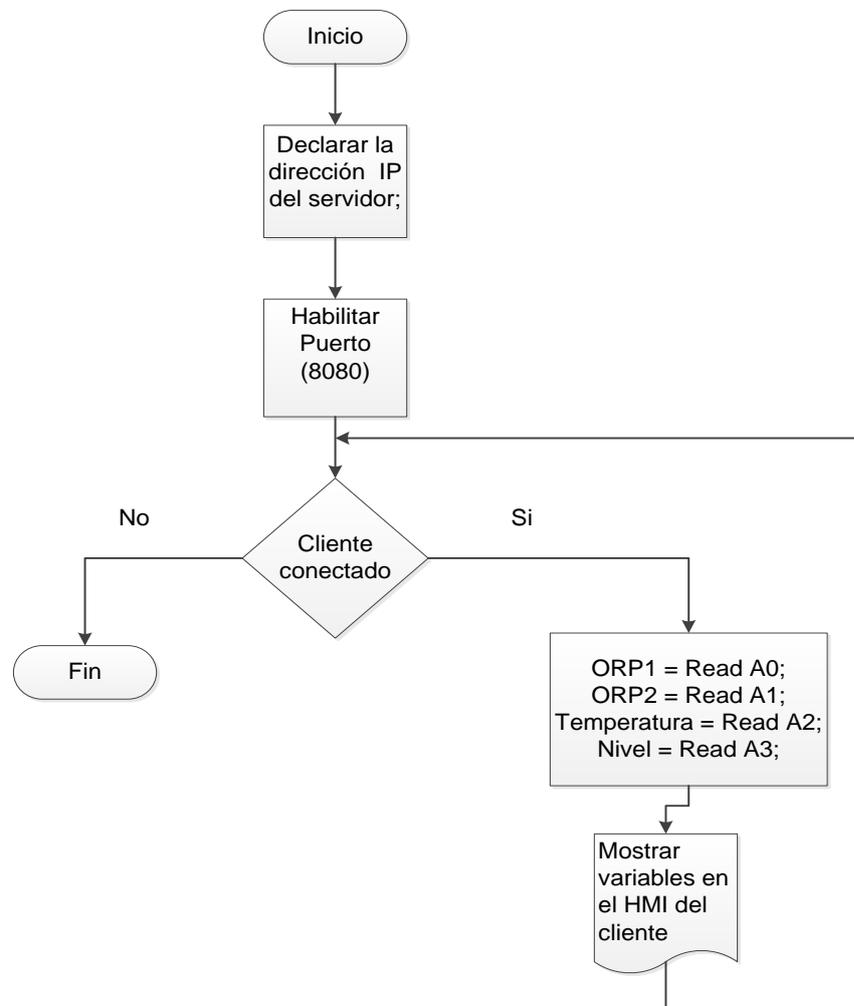


Figura N° 29: Diagrama de bloques de la adquisición, de datos en el cliente de la red en su HMI

2.3 Configuración de módulos inalámbricos

Como medio de transmisión se utiliza tanto un medio guiado (IEEE 802.3) como no guiado (IEEE 802.11), es decir el guiado es con cable Ethernet para comunicar el servidor con la antena y de la misma manera el cliente con la antena, la comunicación mayoritaria es de antena a antena por propagación de ondas, las antenas utilizadas en este proyecto son la ubiquiti nanostation M2, el enlace se lo puede ver en la Figura 30. Cuatro antenas son utilizadas de las cuales dos de ellas son configuradas como station y las dos restantes como Access Point, dos antenas que se encuentran en JosCar se emplean como repetidoras o revote de señal para garantizar la línea de vista como se observa en la Figura 30, las antenas como Station se enlazan con las antenas configuradas como Access Point, no se enlaza directamente el GAD con la planta Chipualó por no tener línea de vista.

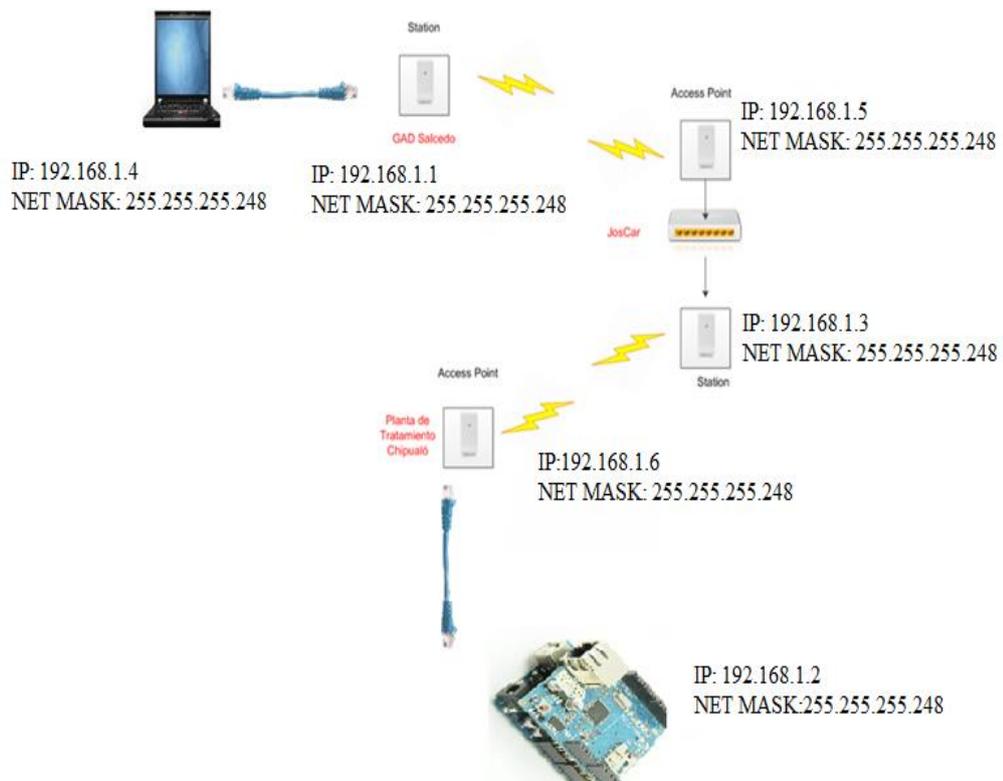


Figura N° 30: Sistema de comunicación, enlace de antenas

Finalmente se realiza las configuraciones para cada una de las antenas.

2.3.1. Antena Access point en la planta de tratamiento Chipualó.

Para esto se debe poner en red la computadora con la antena es decir cambiar la dirección IP de la pc en propiedades de conexión de área local seleccionando TCP/IPv4 para corregir la IP con la que se va a configurar las antenas como muestra la Figura 31.

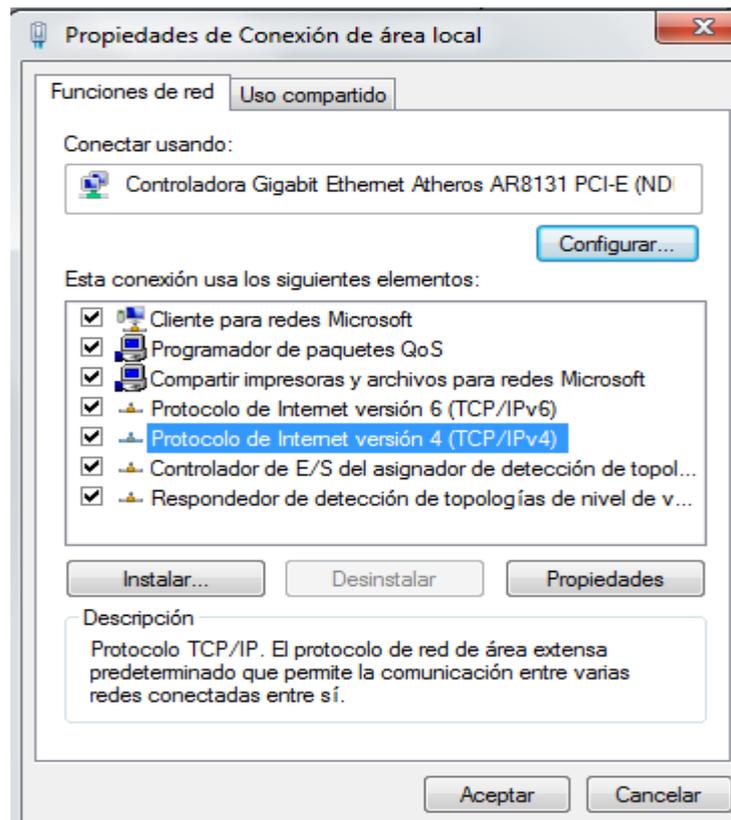


Figura N° 31: Configuración del módulo inalámbrico

La dirección IP 192.160.0.0 viene por defecto en las antenas, esta dirección se debe digitar en el navegador para ingresar a su configuración (Figura 32) si desea puede asignar en la pc una dirección variando el último dígito de la dirección IP como 192.168.0.20, que es una dirección dentro del rango, con esto se consigue poner en red los equipos para que se puedan comunicar entre sí como muestra la Figura 33 con todos los cambios que se realizó seleccione la opción aceptar.



Figura N° 32: Configuración del módulo inalámbrico

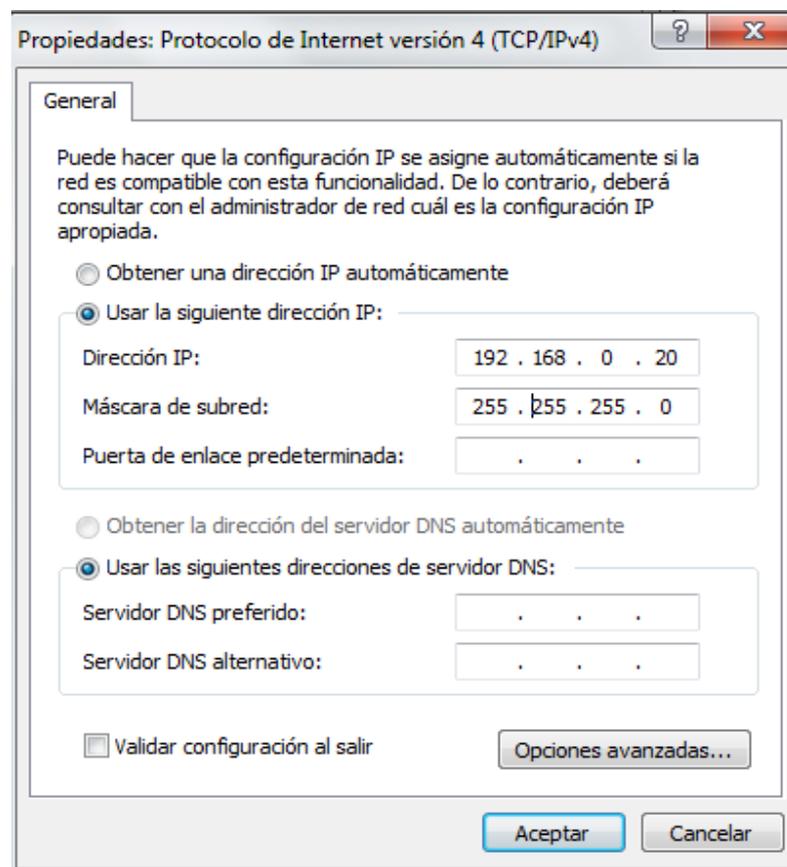


Figura N° 33: Configuración del módulo inalámbrico

Como se muestra en la Figura 32 se debe ingresar en el user name y password por defecto ubnt, finalmente la opción login para acceder a la configuración IP como se indica en la Figura 34.

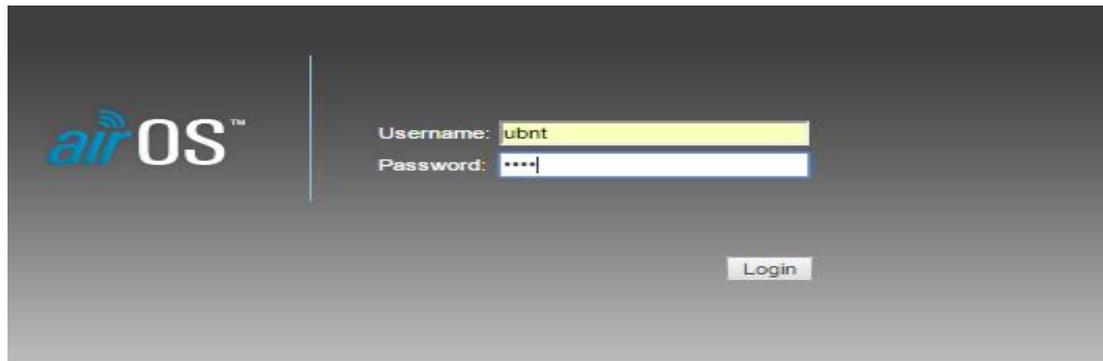


Figura N° 34: Configuración del módulo inalámbrico

La Figura 35, muestra las pestañas disponibles como: el Main, Wireless, Network, Advanced, Services, System, para la configuración según nuestra necesidad.

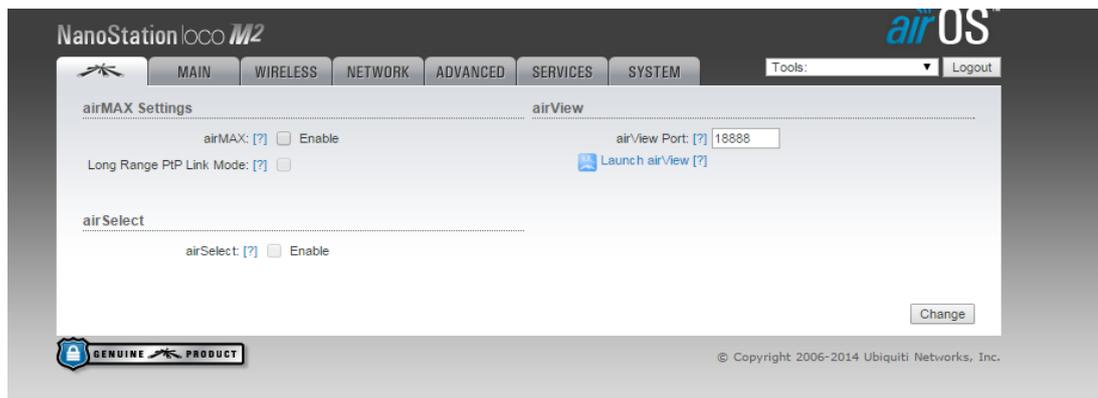


Figura N° 35: Configuración del módulo inalámbrico

En la pestaña Wireless en la opción mode seleccionar Access Point, en el SSI digitar el nombre de la antena, seleccionar el País, en output power elegir lo máximo en 12dBm para tener mayor potencia de propagación de señal y si se requiere se puede poner contraseña, estos cambios los muestra la Figura 36, para que todos los cambios que se realizó en la configuración de las antenas se guarden se debe seleccionar Change y Apply.

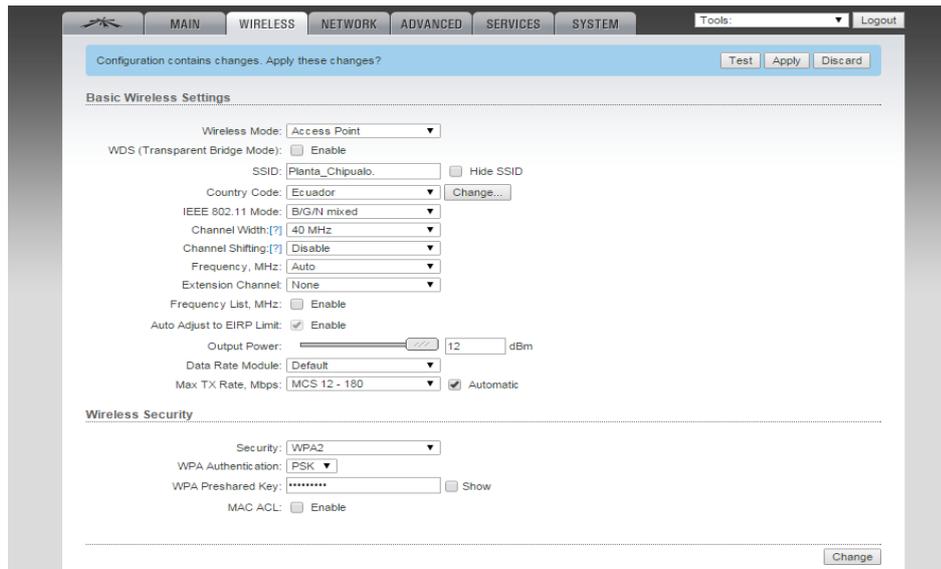


Figura N° 36: Configuración del módulo inalámbrico

En la pestaña Network opción mode seleccionar Bridge para el enlace además se debe modificar la dirección IP, para este proyecto se realizó una subred garantizando seis Host para la conexión y tener diferente dirección de la que viene por default, esta antena tendrá la dirección IP 192.168.1.6 con la netmask 255.255.255.248 la Gateway 192.168.1.5 como muestra la Figura 37.

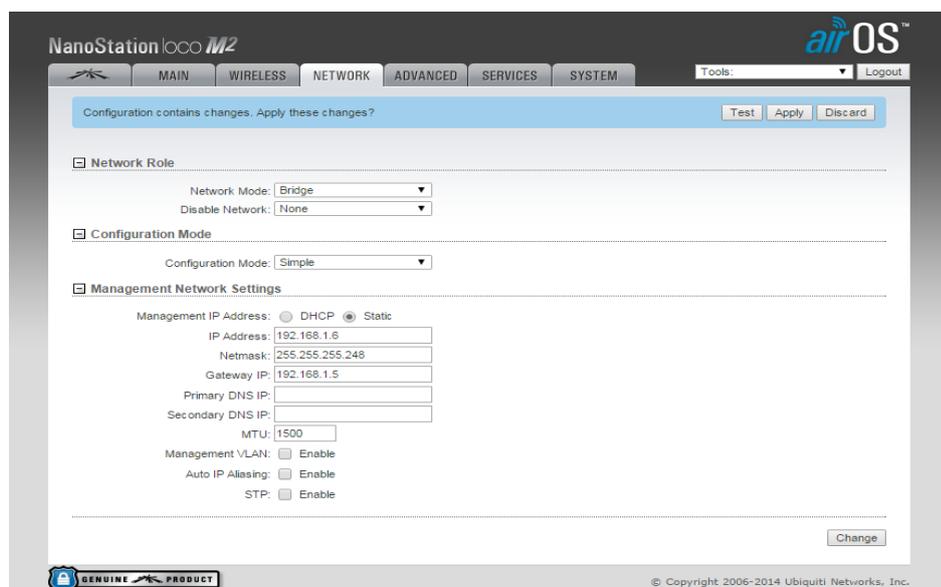


Figura N° 37: Configuración del módulo inalámbrico

Al momento de cambiar las opciones indicadas en la Figura 37 ya no se tendrá acceso a la configuración de la antena, debido a que se modificó el direccionamiento. Por lo tanto para tener acceso nuevamente se debe cambiar la dirección y la máscara del host para garantizar que estén en la misma subred Figura 38.

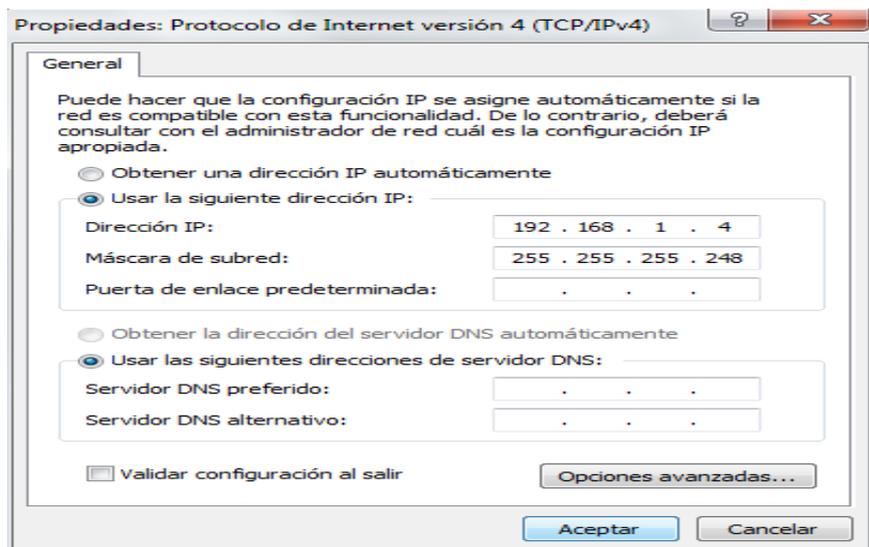


Figura N° 38: Configuración del módulo inalámbrico

En el navegador se digita la dirección modificada (Figura 37) que es la 192.168.1.6 para acceder nuevamente a las configuraciones, en la pestaña Advanced se puede modificar la distancia en millas o kilómetros (Figura 39) como requiera la aplicación.

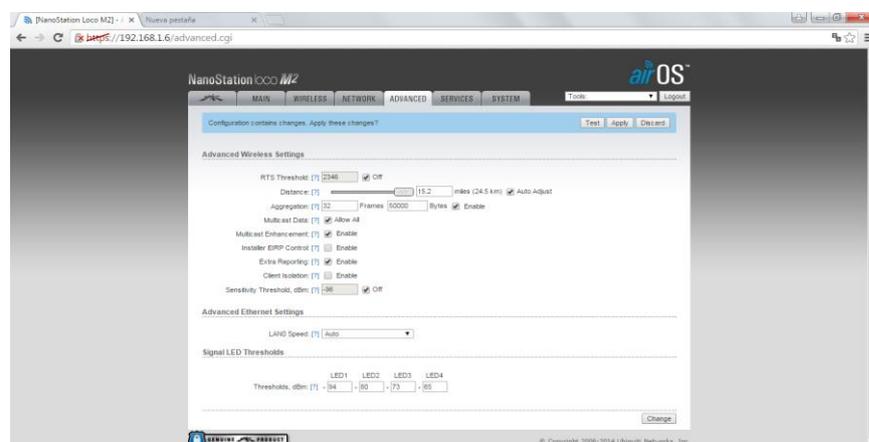


Figura N° 39: Configuración del módulo inalámbrico

Estos pasos son suficientes para la antena que esta como Access Point la cual está ubicada en la planta de tratamiento Chipualó.

2.3.2. Antena Station en JosCar.

Para la configuración de las demás antenas se debe seguir los mismos pasos indicados en 2.3.1 con diferencia que esta antena será de Wireless mode tipo Station (Figura 40), esta antena tiene línea de vista con la antena ubicada en la planta de tratamiento Chipualó.

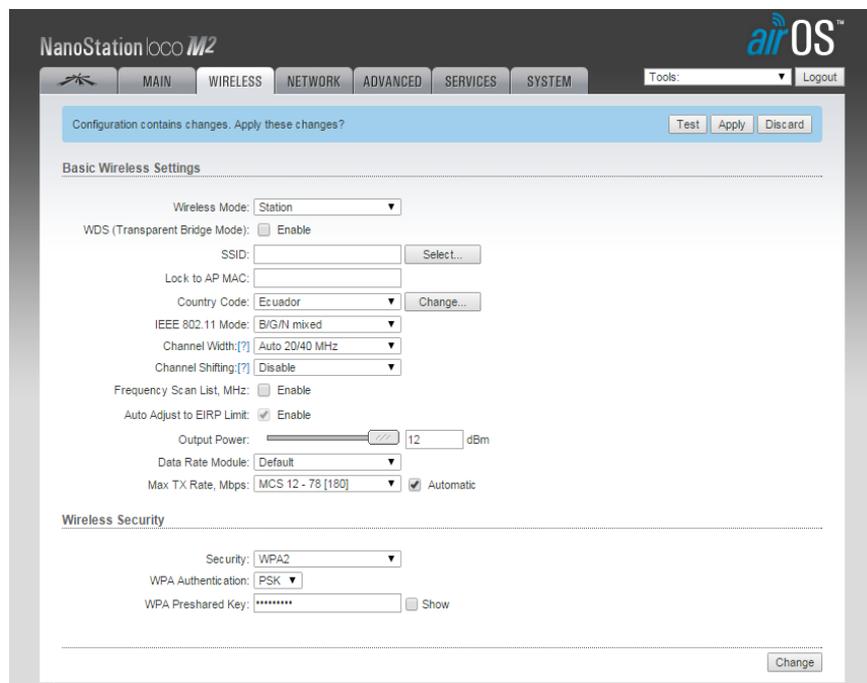


Figura N° 40: Configuración del módulo inalámbrico

En la pestaña Network se modificó la dirección IP, esta antena tiene la dirección 192.168.1.3 y con la misma máscara que la anterior antena para que estén enlazadas en la misma subred y la misma dirección en la Gateway (Figura 41).

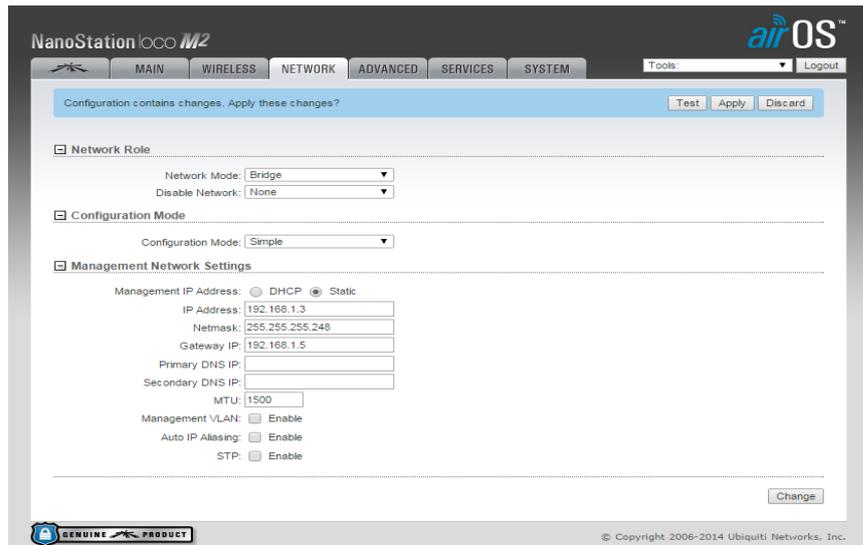


Figura N° 41: Configuración del módulo inalámbrico

En la pestaña Advanced se puede modificar la distancia de enlace (Figura 42). Para todas estas modificaciones se debe seleccionar change y apply para guardar los cambios realizados.

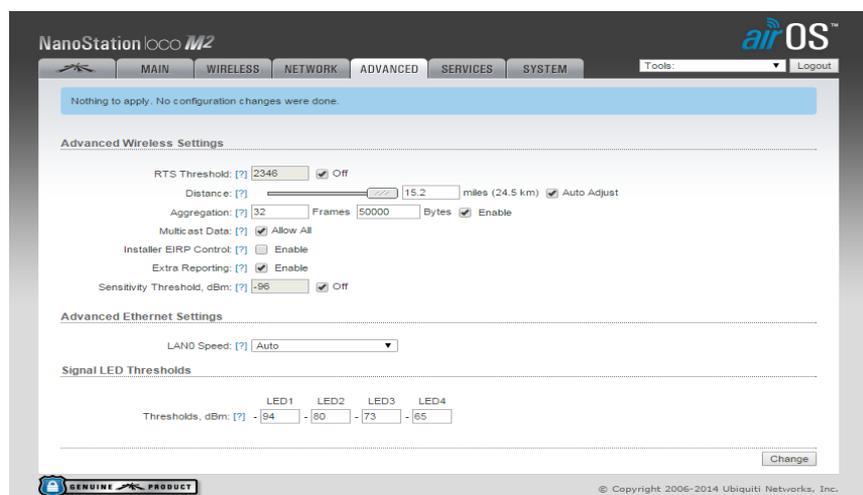


Figura N° 42: Configuración del módulo inalámbrico

2.3.3. Antena Access Point en el JosCar.

Esta antena debe estar apuntando su línea de vista al Municipio de Salcedo (Figura 30), siguiendo los pasos anteriores para ingresar a las configuraciones en la pestaña Wireless se modificó el modo que debe ser Access Point, el SSID que viene a ser el nombre de esta antena para este

proyecto será antena_jos_car (Figura 43). Para guardar los cambios realizados se debe seleccionar change y apply.

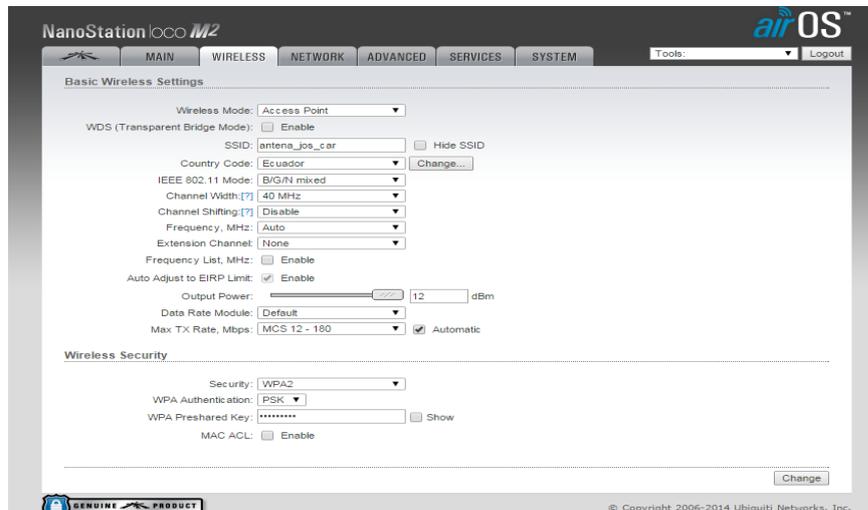


Figura N° 43: Configuración del módulo inalámbrico

En la pestaña de Network se asigna la dirección IP que es 192.168.1.5 con la misma Netmask y el Gateway que las demás antenas asegurando que se encuentren en la misma subred y se presiona change y apply para guardar los cambios resientes (Figura 44).

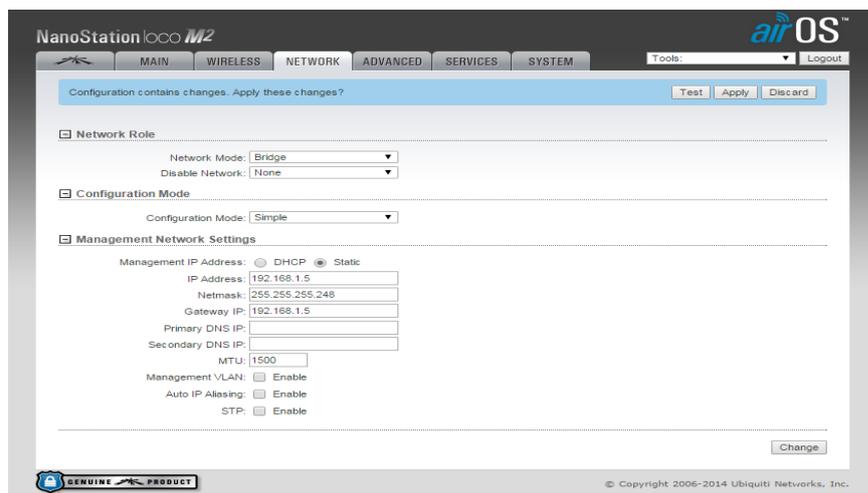


Figura N° 44: Configuración del módulo inalámbrico

En la pestaña Advanced se modificó la distancia ya sea en unidades de millas o kilómetros (Figura 45).

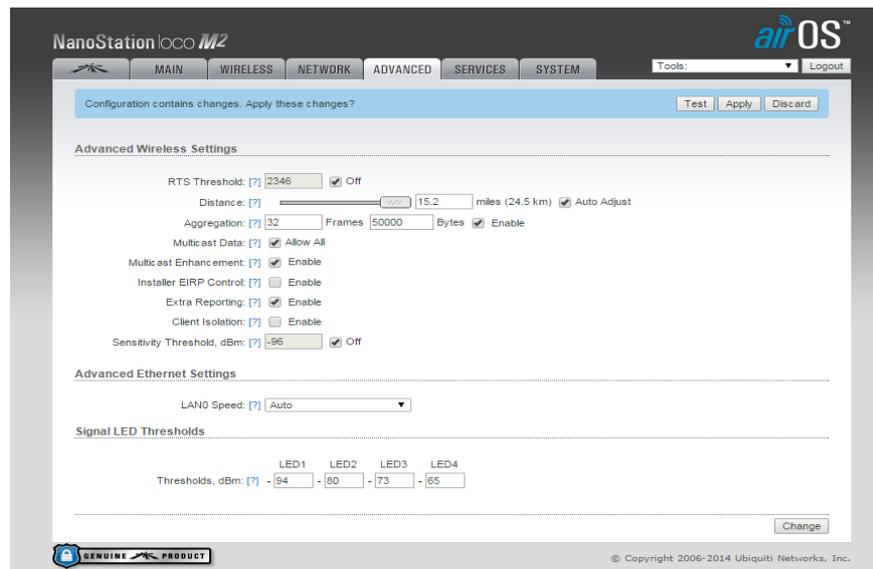


Figura N° 45: Configuración del módulo inalámbrico

2.3.4. Switch.

En esta etapa lo que se realiza es conectar las antenas que se encuentran en JosCar al módem Switch interconectando la antena configurada como Station (Figura 40) con la antena Access Point (Figura 43), con el fin de pasar la señal proveniente de la planta de tratamiento de Chipualó hacia el Municipio de Salcedo (Figura 30) en donde se encuentra la última antena.

2.3.5. Antena Station en el GAD de Salcedo.

Esta es la configuración de la última antena utilizada en el sistema de comunicación, para poner en funcionamiento se seguirá los mismos pasos de configuración que las antenas anteriores hasta acceder a su configuración; en la pestaña Wireless Mode se debe elegir el tipo "Station", en la opción Country Code escoger el País, output power debe estar en su máxima capacidad como lo muestra la Figura 46.

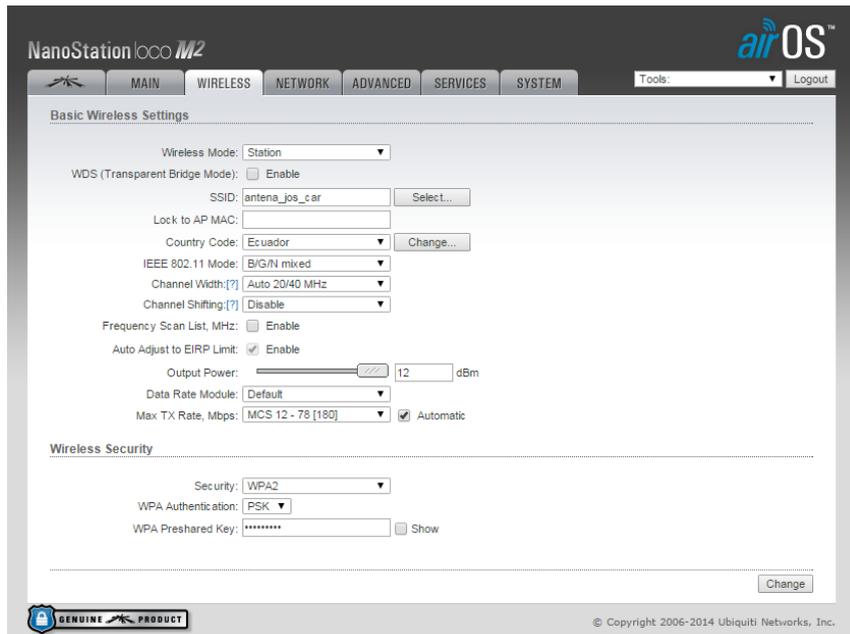


Figura N° 46: Configuración del módulo inalámbrico

En la pestaña Network se asignó las siguientes valores: dirección IP 192.168.1.1, su máscara Netmask 255.255.255.248, y la Gateway 192.168.1.5, para que se encuentren en la misma subred de enlace como lo muestra la Figura 47.

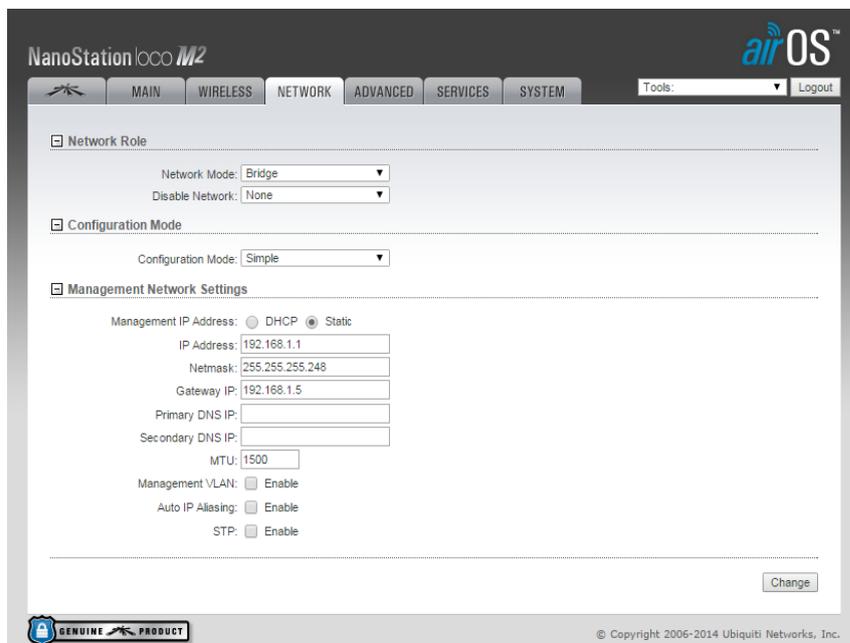


Figura N° 47: Configuración del módulo inalámbrico

En la pestaña Advanced se modificó la distancia ya sea en unidades de millas o kilómetros (Figura 48).

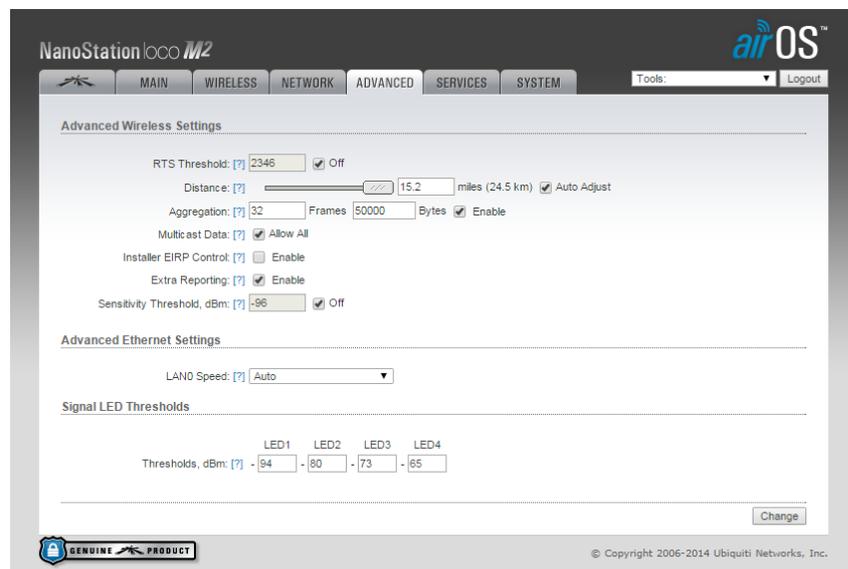


Figura N° 48: Configuración del módulo inalámbrico

2.4 Implementación de la red inalámbrica

Para la implementación de la red inalámbrica se debe direccionar el servidor de la red (arduino uno) (Figura 26) en el programa del servidor asignar la dirección 192.168.1.2 y mediante cable Ethernet se debe conectar el servidor con la antena que se encuentra en la planta de tratamiento de Chipualó (Figura 49).



Figura N° 49: Conexión servidor de la red con la antena Access Point

En la antena que se encuentra en el Municipio configurada como Station se debe conectar a la pc que será el cliente de la red mediante cable

Ethernet (Figura 50), para el cliente de la red que viene a ser la pc se tendrá que configurar la dirección IP y la máscara de la red, para esto la pc ya tiene su dirección y la máscara de la sub red, esto se modificó en el punto anterior (Figura 38) para poder entrar a las antenas, para este proyecto se tiene como dirección IP asignada la 192.168.1.4



Figura N° 50: Conexión antena Station con el cliente de la red.

Con las Figuras 49 y 50 se indican las conexiones entre: servidor y antena ubicada en la planta de tratamiento de las aguas residuales, cliente y antena receptora que se encuentra en el GAD de Salcedo. El sistema de comunicación completo entre el GAD Salcedo con el de la planta de tratamiento se obtiene enlazando las antenas que se encuentran en el JosCar (antenas repetidoras), como se encuentran en la misma subred todas las antenas utilizadas en este proyecto se puede enviar datos desde la planta hacia el Municipio de Salcedo. Figura 51.

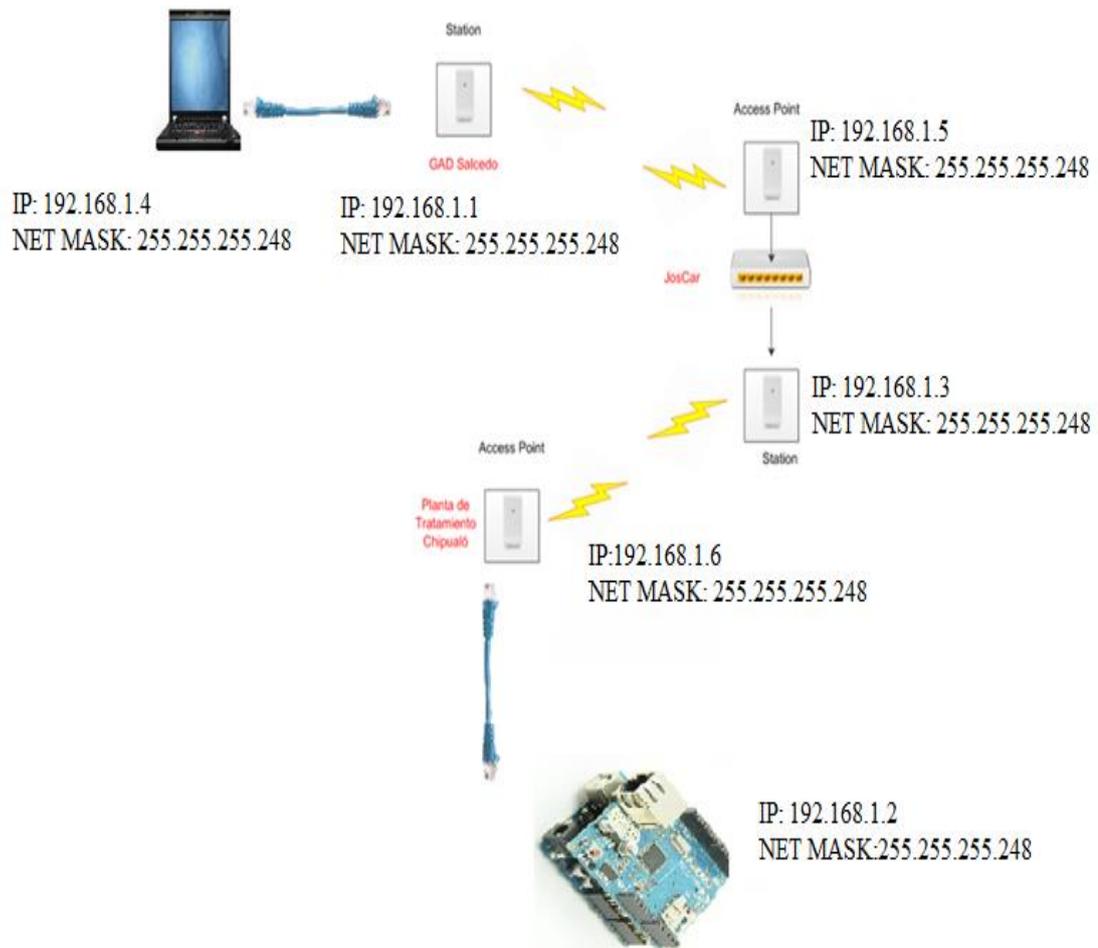


Figura N° 51: Diseño de la red inalámbrica cliente-servidor

Diseño del HMI

Un HMI (Interfaz Humano Máquina), es un entorno amigable y entendible para el usuario de la red que monitorea el sistema de comunicación, mediante la pantalla del HMI se puede ver cambios en las variables que ocurren remotamente en lugares distantes, el objetivo primordial de esta interfaz es que el usuario no tenga la necesidad de trasladarse al ambiente donde se encuentra los sensores en contacto con las variables que están midiendo, ya que estos ambientes pueden ser extremos o con aspectos corrosivos que afecte la salud del usuario.

Para desarrollar el HMI se eligió el software LabView de la National Instrument por su fácil manejo de programación y de su entorno que se puede diseñar acorde a la aplicación requerida. Para esto el software tiene

dos ventanas la una que es el panel frontal (Figura 52) donde va el diseño del sistema a implementar, y la otra ventana corresponde al diagrama de bloques donde se realiza la programación grafica del sistema a implementar (Figura 53).

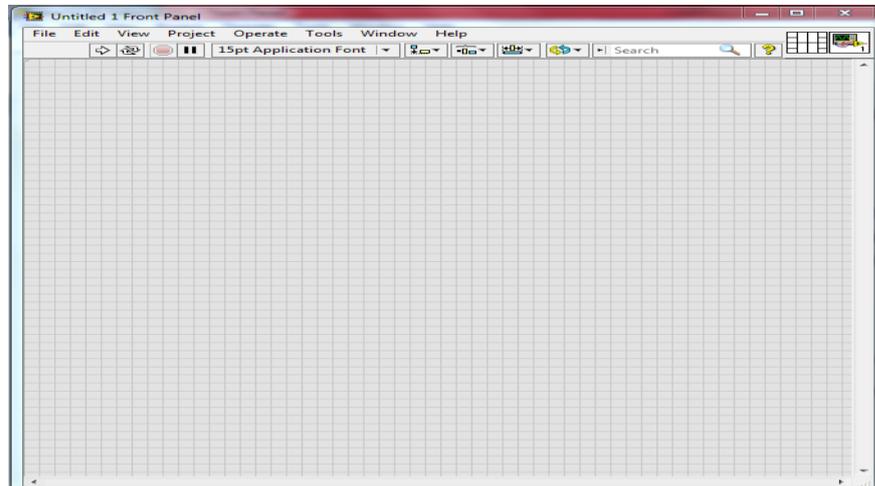


Figura N° 52: Panel Frontal de LabView

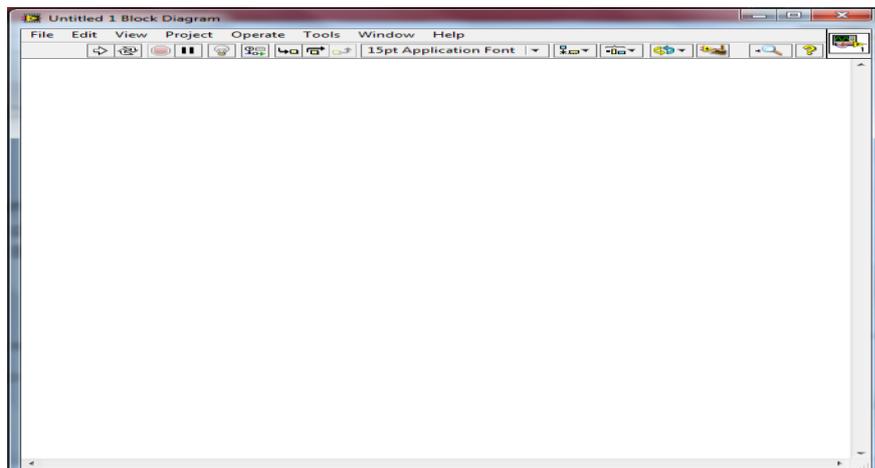


Figura N° 53: Diagrama de Bloques de LabView

Para iniciar la programación primeramente se arrastra al panel frontal los objetos que se va a ocupar como indicadores en el HMI organizando las alarmas e indicadores numéricos y gráficos. Con clic derecho sobre el panel frontal se puede elegir los objetos que se requiera usar (Figura 54)

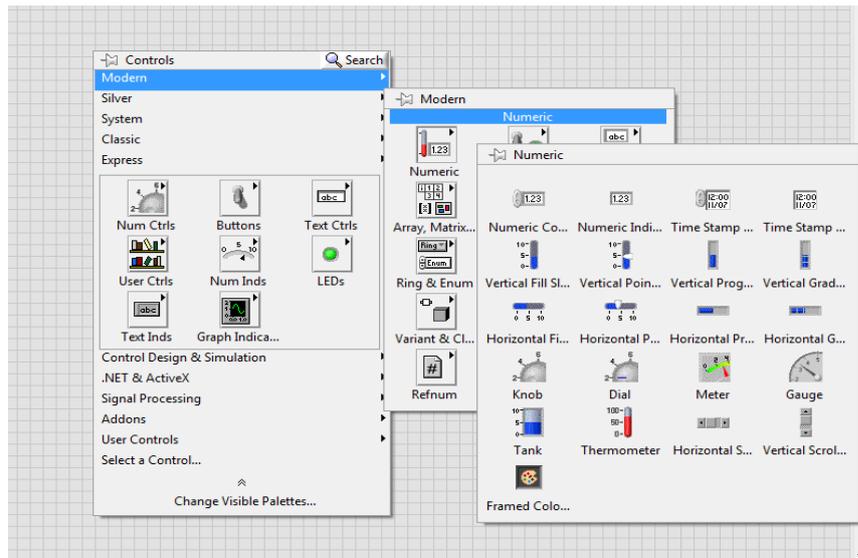


Figura N° 54: Controladores e indicadores de LabView

Cuando se elige los objetos a utilizar en el panel frontal (Figura 55), en el diagrama de bloques se tendrá la representación de cada objeto que se ha utilizado para el HMI, aquí se tiene que enlazar los objetos (Figura 56).

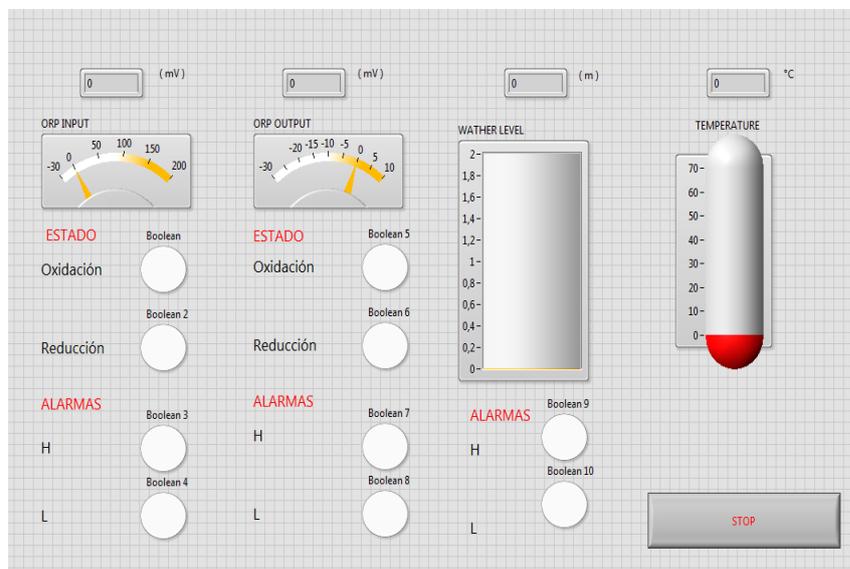


Figura N° 55: Indicadores de LabView en el panel frontal

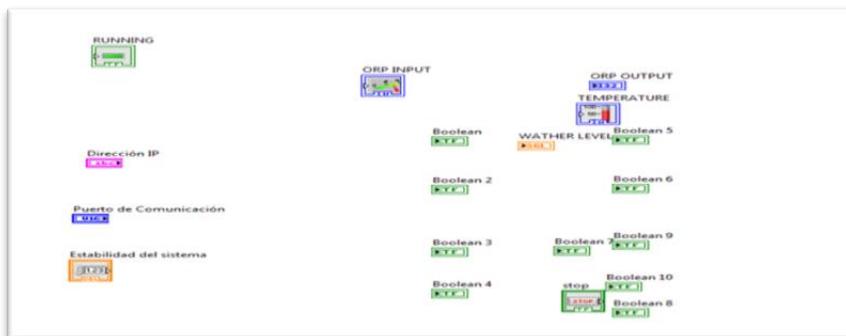


Figura N° 56: Objetos de LabView en la pantalla de diagrama de bloques.

Al igual que otros lenguajes de programación, el software NI LabView tiene diferentes tipos de datos y maneras de organizarlos. Estos datos pueden ser distinguidos por color y decoración (Tabla 4.) y cada uno es empleado para razones específicas. (Redestematicas. El Switch como funciona)

Tabla N° 4

Indicadores de LabView

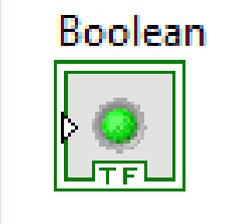
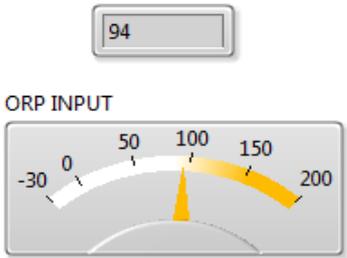
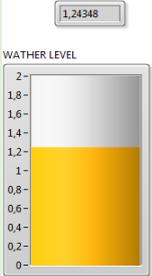
Estructuras de Labview

Tipo de Dato	Símbolo	Descripción
Cadena de Caracteres		Una cadena es una secuencia de caracteres ASCII visibles o no visibles, se usan en aplicaciones como crear mensajes de texto, utilizar comandos de textos para control de instrumento.
Dato Numérico		LabVIEW representa datos numéricos como números de punto flotante, números de punto fijo, números enteros, números enteros sin signo y números complejos. Precisión doble o simple, así como datos numéricos complejos son representados con el color naranja en LabVIEW. Todos los datos numéricos enteros son representados con el color azul.
Dato Booleano		Un Booleano puede ser usado en LabVIEW para representar un 0 ó 1 o un TRUE o FALSE.

Fuente: Estructuras de Labview

La Tabla 5. Muestra los tipos de indicadores utilizados, como indicadores luminosos de tipo booleano es decir que admite dos posibles respuestas, indicador analógico que se puede modificar su rango de medida a conveniencia de la aplicación, tanque que muestra el nivel de líquido y termómetro para la temperatura.

Tabla N° 5
Indicadores de LabView

Descripción	Simbología Panel Frontal	Simbología Diagrama de Bloques
Indicador luminoso tipo booleano.		
Indicador analógico con su indicador numérico.		
Indicador de nivel para líquidos en tanques o recipientes con su indicador numérico.		
Indicador de temperatura con su indicador numérico.		

Fuente: Estructuras de Labview

La Figura 57 muestra el objeto que abre la comunicación entre el cliente de la red mediante el protocolo TCP/IP que envía el servidor de la red al cliente que es la pc con el software LabView, en este objeto de LabView se define la dirección IP del servidor que se desea enlazar además del puerto virtual.



Figura N° 57: TCP Open Connection Function

Fuente: Arduino Uno.

En la Figura 58 se tiene el objeto que permite escribir los datos del servidor en el cliente de la red cuando estén conectados y habilitada la dirección IP correspondiente así como el puerto de comunicación.

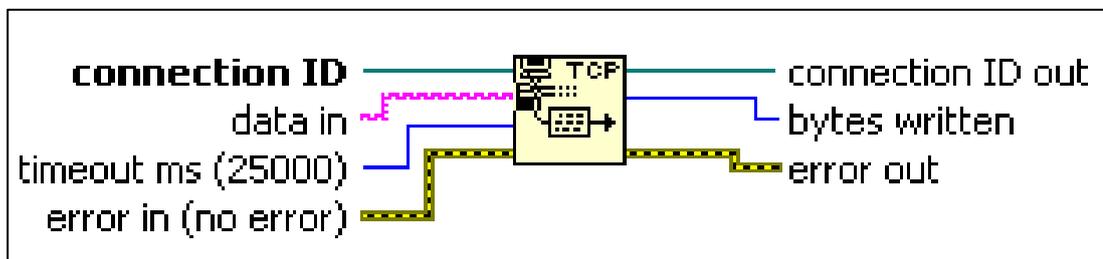


Figura N° 58: TCP Written Function

Fuente: Arduino Uno.

En la Figura 59 se tiene el objeto que permite leer los datos del servidor en el cliente de la red, con estos datos leídos se acondiciona según la aplicación y se debe tener en cuenta que entrega datos de tipo String (Cadena de caracteres) a estos datos se debe añadirle una etapa de transformación de estos datos a datos enteros esto se lo realiza con el objeto decimal string To number function (Figura 60).

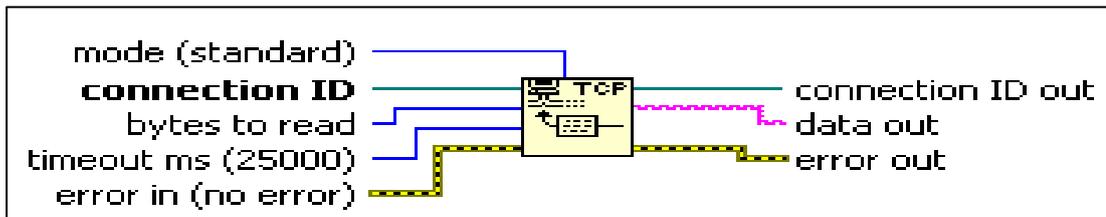


Figura N° 59: TCP Read Function

Fuente: Arduino Uno.

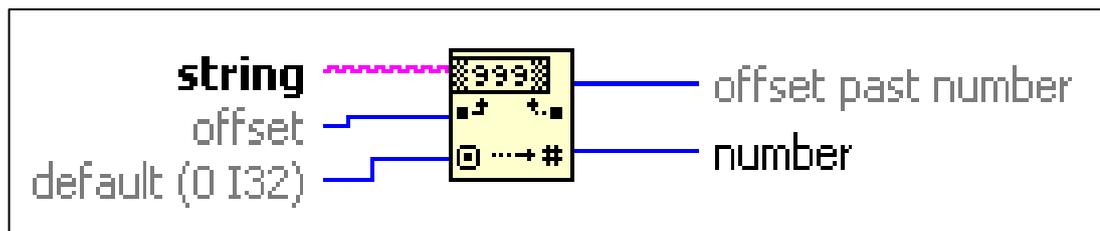
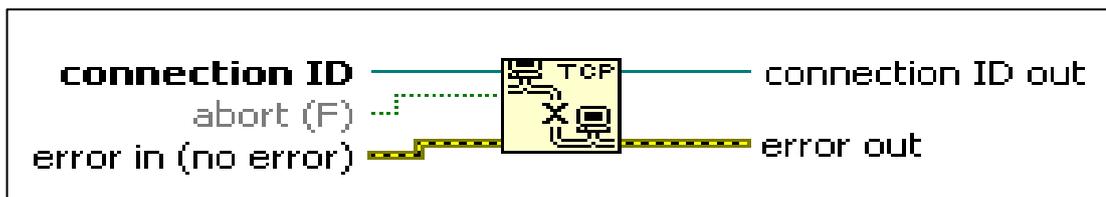


Figura N° 60: Decimal String To Number Function

Fuente: Arduino Uno.



Como cualquier comunicación que se realiza cuando se habilita se debe cerrar la misma, este punto ayuda a que el programa deje de ejecutarse si detecta algún error de comunicación (Figura 61).

Figura N° 61: TCP Close connection function

Fuente: Arduino Uno.

La estructura case permite entrar a alguno de sus casos cuando se compara todas sus opciones con el selector de la estructura (Figura 62).



Figura N° 62: Case Structure

Fuente: Arduino Uno.

La estructura while brinda un ciclo repetitivo hasta que una señal de un controlador booleano mande una señal para detener la ejecución del programa. (Figura 63).



Figura N° 63: While Loop Structure

Fuente: Arduino Uno.

Para agrupar los datos en una sola tabla y exportarlos a Excel se utiliza el objeto insert into array function (Figura 64) con esta función se presentan todos los datos que se monitoree en una tabla de registro.

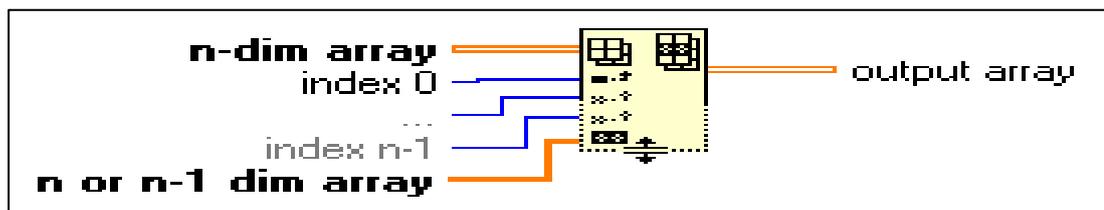


Figura N° 64: Insert Into Array Function.

Fuente: Arduino Uno.

Para guardar los datos en la hoja de Excel se utiliza los objetos que se indican en la Figura 65., a estos objetos llega el cable desde output array que se muestra en la Figura 64.

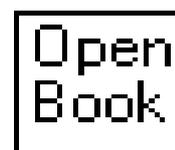


Figura N° 65: Aplicación de Excel en LabView.

Fuente: Arduino Uno.

Para la presentación en el Panel Frontal del software LabView se utiliza una tabla con viñetas (Figura 66) como menú para el usuario que tenga las opciones de la presentación del proyecto, el monitoreo del sistema, registro de los datos y la configuración de los niveles de alarmas.

Tab Control

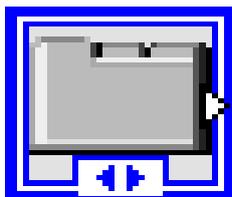


Figura N° 66: Tabla de control en LabView.

Fuente: Arduino Uno.

La Figura 67 muestra como reconoce los valores que envía el servidor de la red al cliente que es la pc con el software LabView.

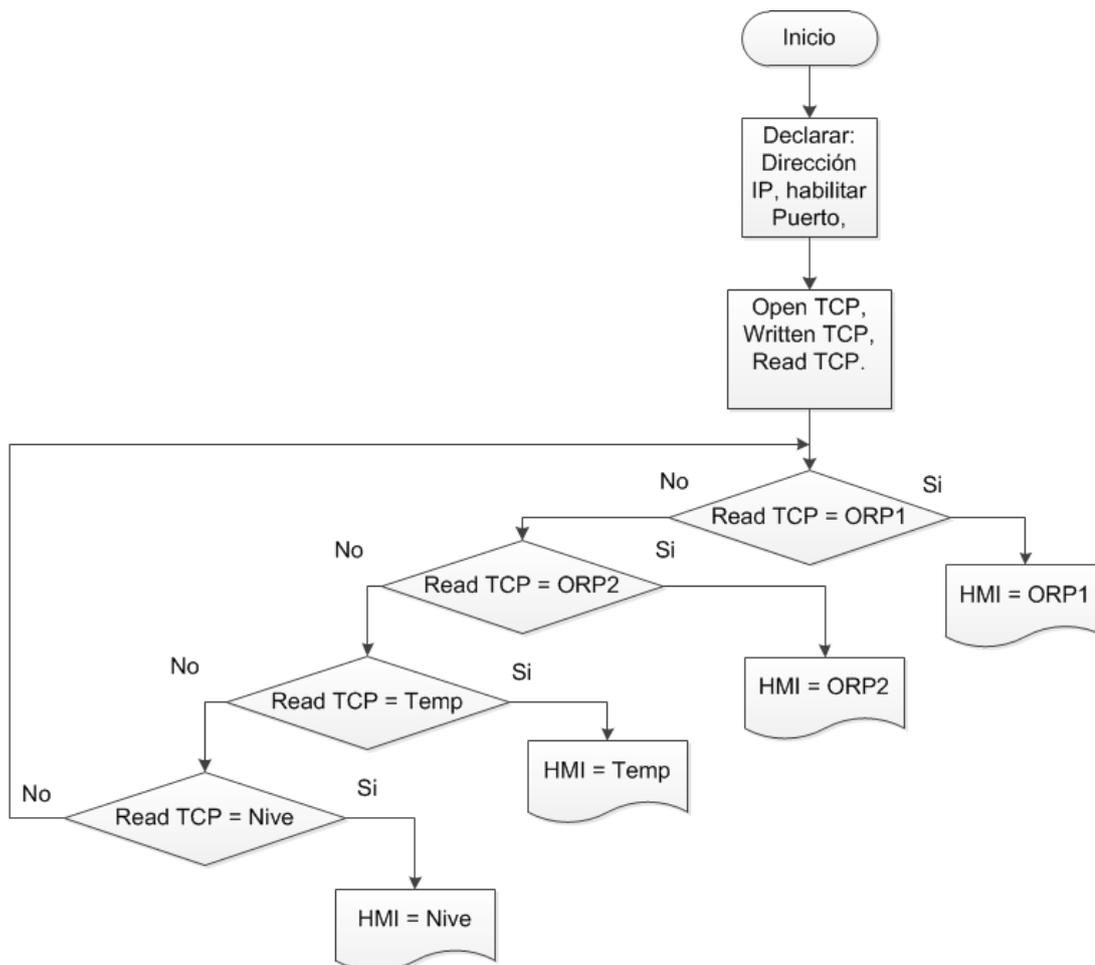


Figura N° 67: Diagrama de Flujo del HMI en LabView.

Cuando la programación se completa se tiene los enlaces de los objetos en la pantalla de diagrama de bloques como muestra la Figura 68 y la Figura 69 ilustra el HMI del sistema de monitoreo, en la Figura 70 indica los datos registrados y en la última pestaña de alarmas se puede modificar el nivel de activación de cada una de ellas para cada variable que se esté midiendo (Figura 71).

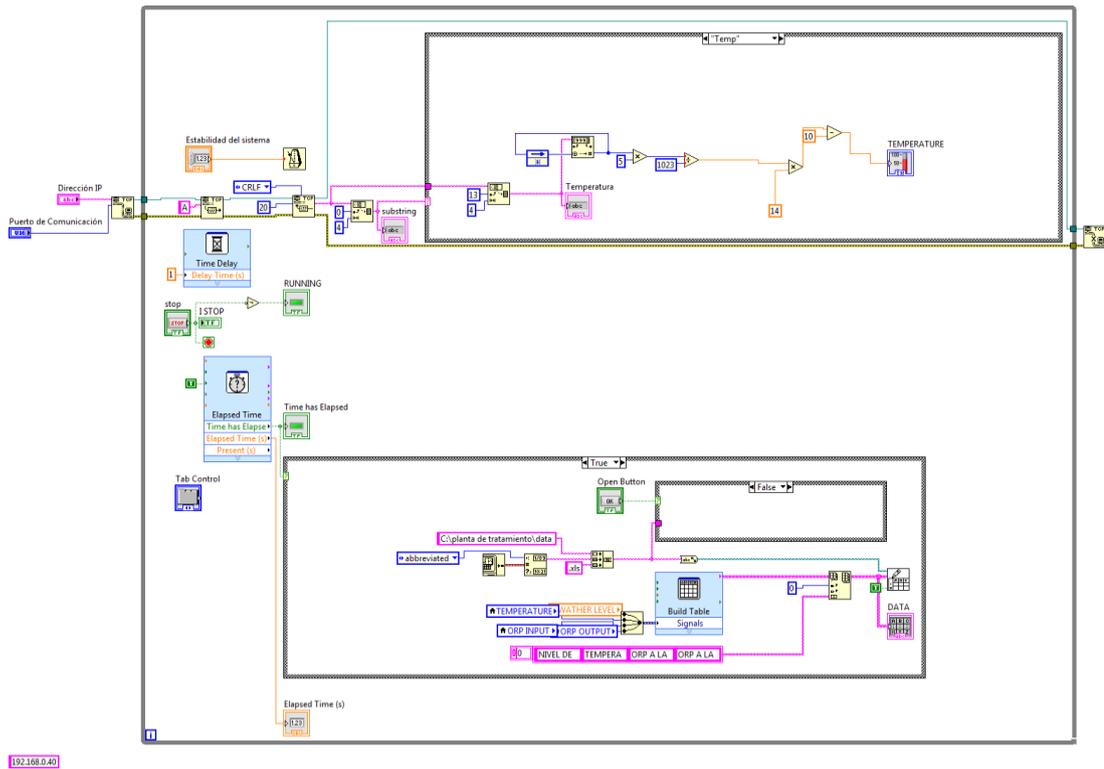


Figura N° 68: Objetos de LabView

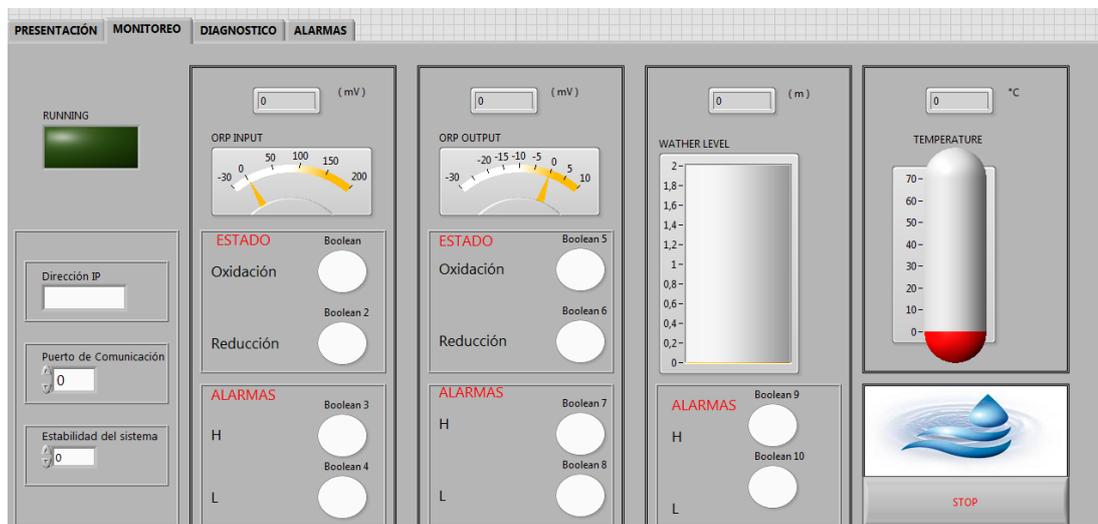


Figura N° 69: HMI elaborado en LabView

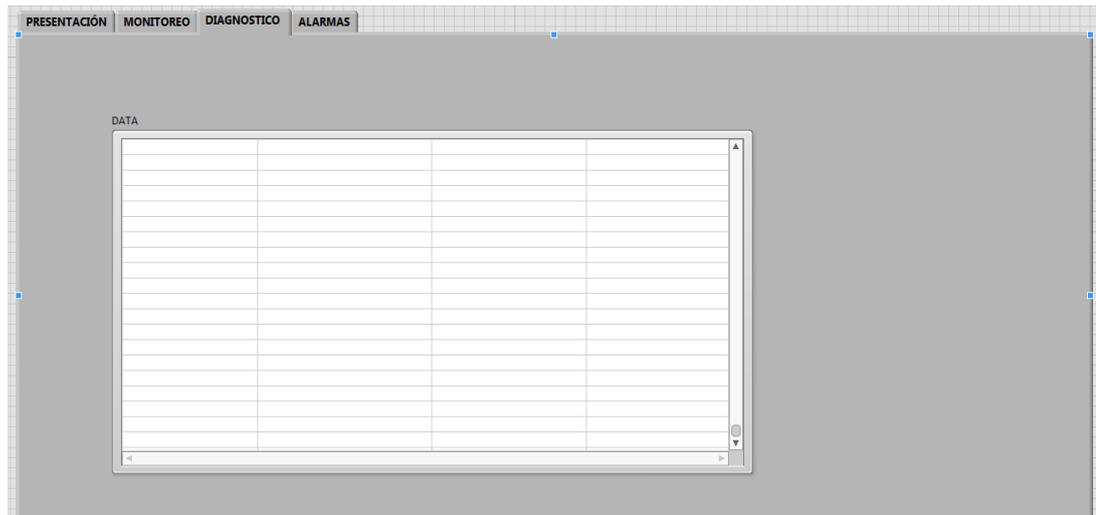


Figura N° 70: Registro de datos elaborado en LabView

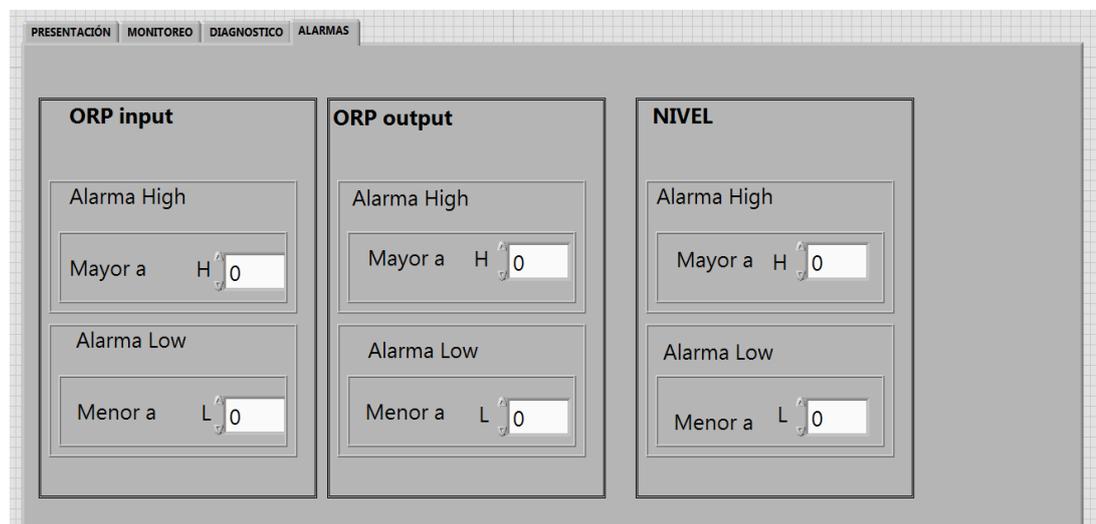


Figura N° 71: Nivel de alarmas elaborado en LabView

2.6 Integración del sistema

En este punto se integra las etapas diseñadas anteriormente, primeramente los sensores deben estar conectados y funcionando adecuadamente en la planta de tratamiento para poder utilizar sus salidas a la etapa de adquisición de las variables físicas medidas en el servidor de la red, estos datos ya están listos para ser propagados por medio de los módulos inalámbricos ya configurados mediante la red inalámbrica que utiliza el estándar IEEE 802.3 y el estándar IEEE 802.11 para el transporte

de los datos que son entregados al cliente en el HMI para su monitoreo de variables medidas, en la Figura 25 se puede ver la integración del sistema.

2.7 Pruebas de comunicación.

En las primeras pruebas se presentó problemas de enlace entre las antenas, se perdía la señal, esto se profundizará en el capítulo siguiente en la cual se realizó una sub red para mantener la señal, en la Figura 72 se puede observar la capacidad de enlace mediante colores, esto es posible observar cuando se ingresa a la antena mediante su dirección IP y en la pestaña Main, en la Figura 73 se tiene la pérdida de la señal. Estas antenas están direccionadas en todos los puntos de enlace, se puede ingresar en cualquier antena mediante su dirección IP correspondiente.



Figura N° 72: Nivel enlace de la antena station ubicada en el GAD de Salcedo.

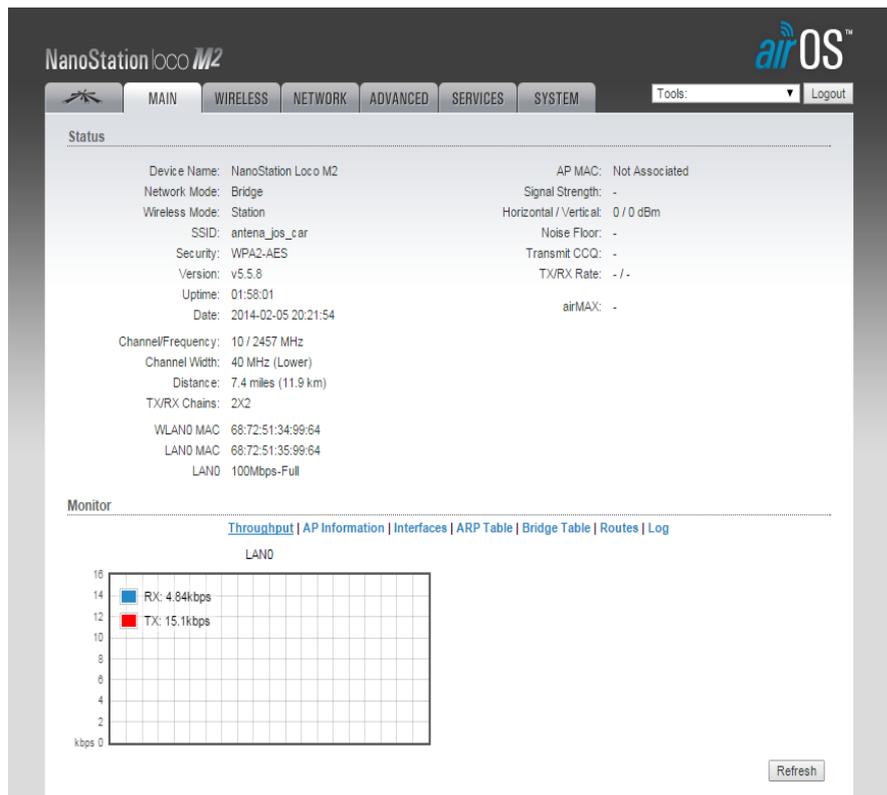


Figura N° 73: Nivel enlace de la antenna station ubicada en el GAD de Salcedo.

Se puede apreciar en esta pestaña la capacidad de enlace que representa las barras con colores entre más celeste es mejor el nivel de potencia de la señal, los mismos que deben estar en rango de -81 dBm que sería aceptable para la comunicación, mientras que el valor se acerque a 0 dBm la señal será excelente sin pérdidas, en este proyecto se tiene una señal de - 63 a - 70 dBm que resulta una señal aceptable sin pérdidas en la comunicación, en el SSID, se puede verificar que la antenna está enlazada y se comunica con la antenna ubicada en el JosCar que está configurada como Access Point.

CAPÍTULO III

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se presenta el análisis de resultados de este proyecto, tanto la parte del medio de transmisión como también de la adquisición de datos de las variables medidas.

3.1 Prueba de conectividad de los equipos

Para garantizar la conectividad de los equipos se realizó pruebas de enlaces entre los puntos donde están ubicadas las antenas, esta simulación entrega el comportamiento de la propagación de las antenas como: línea de vista, zona de Fresnel, y el porcentaje de la zona de liquidación de la propagación de señal proporcionada por las antenas utilizadas en este proyecto.

Para la simulación se escogió un simulador propio de las antenas ubiquiti como lo es el air link, para acceder a la simulación en el navegador de internet se digita <https://airlink.ubnt.com/>, se tiene acceso al mapa mundial con el fin de ubicar a las antenas en los lugares específicos donde se instalaron (Figura 74).

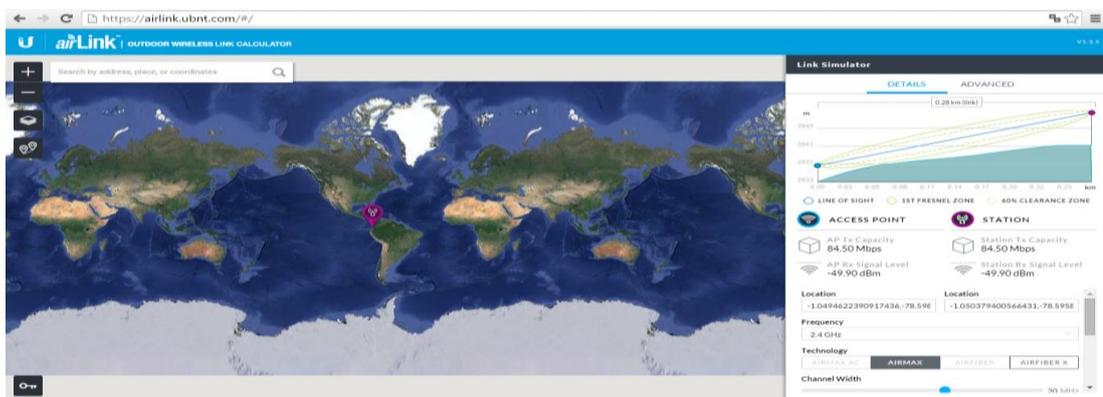


Figura N° 74: Simulador en línea Air Link.

Fuente: Airlink. (2016).

En la Figura 74 se aprecia el simulador tanto con el mapa mundial, así también como el cuadro de opciones que está ubicado en la parte derecha del mismo, con la lupa que se dispone en el simulador se puede ubicar el lugar exacto donde están ubicadas las antenas.

En el cuadro de opciones se escogió las antenas ubiquiti nano station M2, así como también, las alturas de cada una de ellas respectivamente, en este simulador solo se puede enlazar un access point con color celeste y una station con color purpura, cuando se ubica las antenas en los lugares específicos con sus alturas y la frecuencia adecuada, en la parte superior del cuadro de opciones se puede apreciar la línea de vista, zona de Fresnel y el porcentaje de la zona de liquidación del enlace.

En la Figura 75 se tiene el enlace directo entre la antena ubicada en el GAD de Salcedo configurada como Station y la antena en la planta de tratamiento configurada como Access Point, a través del propio software airlink.ubnt se puede considerar esta distancia que es de 1.1 Km. El enlace no es óptimo, la zona de Fresnel se encuentra obstaculizada en el trayecto, debido a esto que se realizó una repetición de señal para garantizar el enlace sin obstrucción, el JosCar es el lugar adecuado para repetir esta comunicación desde la planta de tratamiento al GAD de Salcedo.

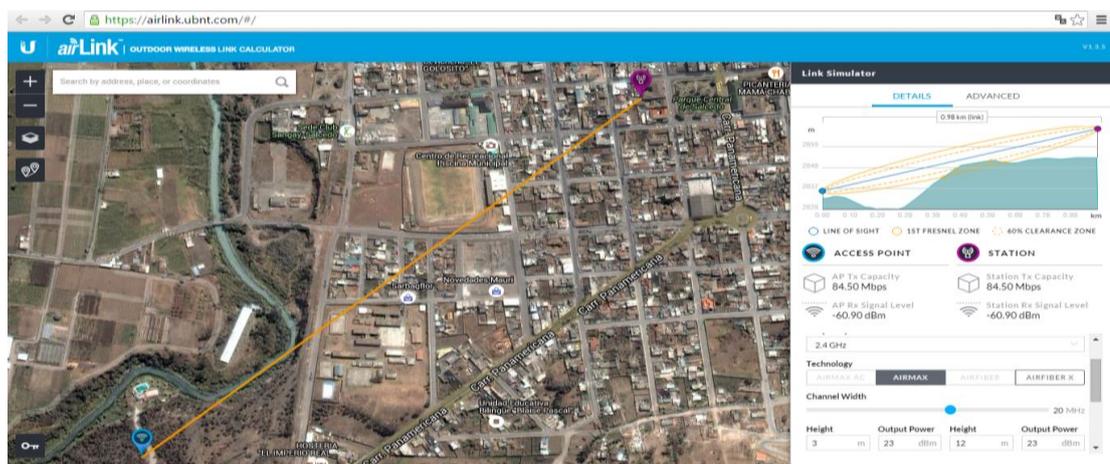


Figura N° 75: Enlace inalámbrico entre un Access Point y una Station.

En la Figura 76 se observa la comunicación entre las antenas ubicadas en la planta y la del JosCar, se puede verificar que no existe ningún parámetro de afectación en la propagación de la señal, en esta figura se puede observar en la parte derecha que es el cuadro de opciones del menú proyecto que las alturas de las antenas se las ubicó de 4 y 8 metros respectivamente, con la finalidad de tener una línea de vista directa y tener una buena comunicación; anteriormente las alturas estuvieron de 1 y 5 metros pero se tenía interferencia en la señal, debido a los árboles en el sector así como también las casas de los moradores del barrio; la antena que funciona como Access point está ubicado en la planta de tratamiento y la antena que funciona como Station está colocado en el JosCar, la distancia entre estas dos antenas es de 0.45 Km.

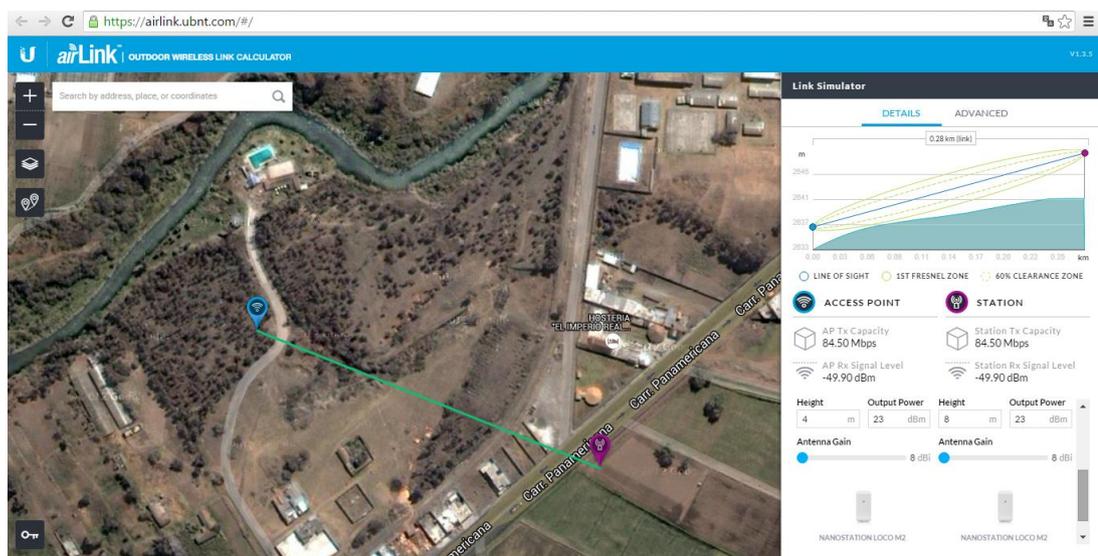


Figura N° 76: Enlace inalámbrico entre un Access Point y una Station.

En la Figura 77. Se observa la comunicación entre la antena instalada en el JosCar y la antena que se encuentra en el GAD de Salcedo, la distancia entre estas dos antenas es de 0.65 Km, como se puede observar no afecta ningún parámetro de la propagación de la señal, las alturas de las antenas en el Joscar de 8 metros y la antena ubicada en las instalaciones del GAD Salcedo es de 12 metros de altura.

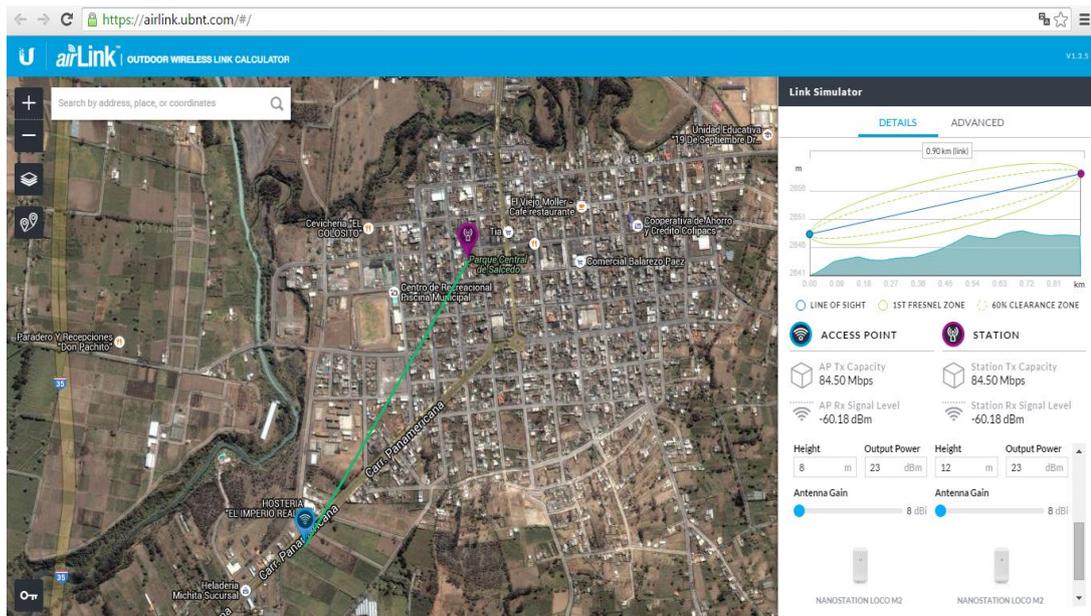


Figura N° 77: Enlace inalámbrico entre una Station y un Access Point.

3.2 Prueba de transmisión de datos de las variables.

Para la prueba de transmisión se realizó el empleo de los comandos, haciendo un ping a todas las direcciones de las antenas desde el GAD, con esto se verificó la conexión del alcance de los equipos y por ende la transmisión de datos.

En las primeras pruebas el enlace no funcionó correctamente, la señal se perdía debido a las direcciones IP que tenían las antenas por defecto, es lógico pensar que otros equipos inalámbricos tengan las mismas direcciones IP que se utilizaba y por eso la señal se pierda para otros equipos, es por esto que se realizó una subred que garantice el enlace de 6 Host, el desarrollo de la sub red se explicó en el capítulo 2 en el punto 2.3.

En la Figura 78, se tiene las respuestas de un ping realizado desde el GAD de Salcedo hacia el JosCar con la dirección por defecto que tenía la antena, observándose que no tiene respuestas de enlace.

```

C:\Users\Personal>ping 192.168.0.22

Haciendo ping a 192.168.0.22 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.0.24: Host de destino inaccesible.
Tiempo de espera agotado para esta solicitud.
Tiempo de espera agotado para esta solicitud.
Tiempo de espera agotado para esta solicitud.

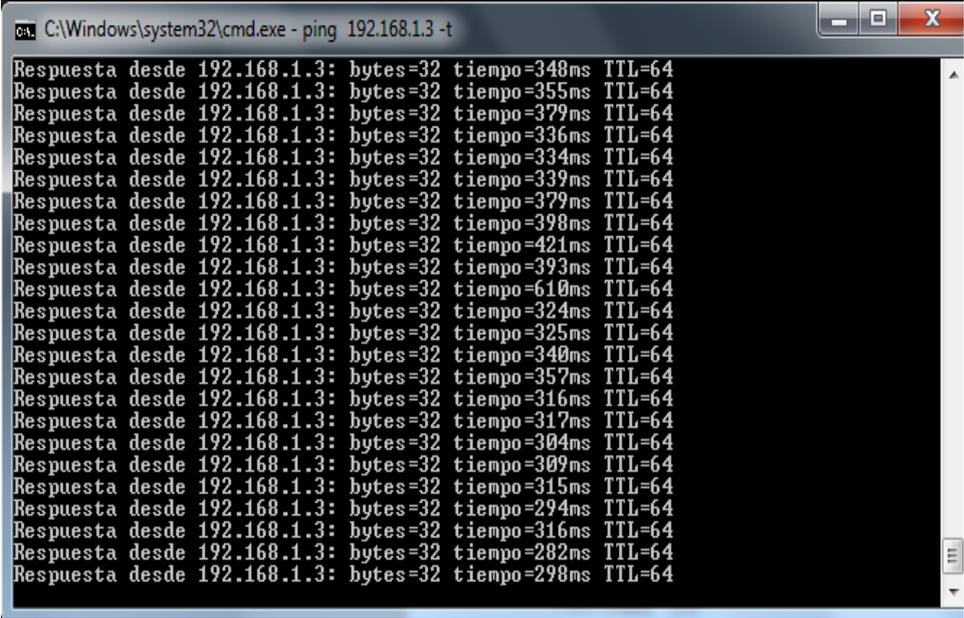
Estadísticas de ping para 192.168.0.22:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 1, perdidos = 3
    (75% perdidos),

C:\Users\Personal>_

```

Figura N° 78: Prueba de comunicación entre una Station y un Access Point.

En la Figura 79. Una vez modificada la dirección IP en la sub red se tiene la respuesta de un ping con el fin de analizar el comportamiento del enlace entre estas antenas, como se observa, la respuesta es rápida y sin pérdidas, por lo tanto la comunicación es segura para todas las antenas que estén dentro de la sub red creada.



```

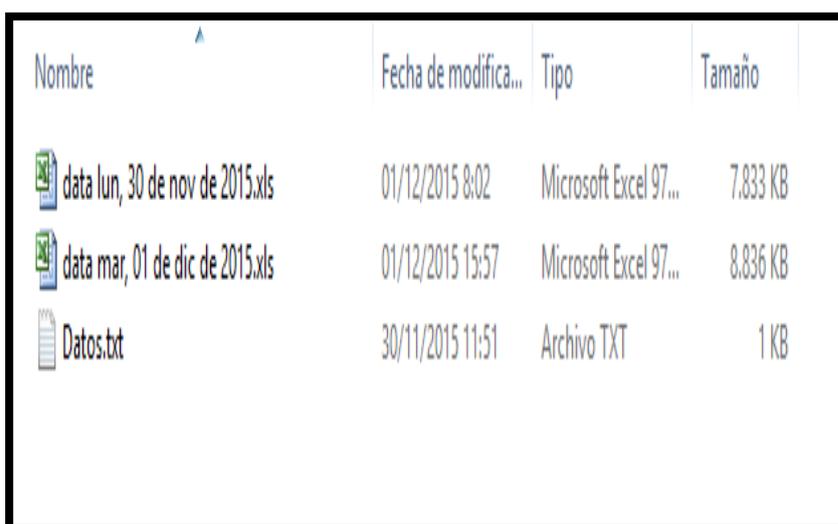
cmd. C:\Windows\system32\cmd.exe - ping 192.168.1.3 -t
Respuesta desde 192.168.1.3: bytes=32 tiempo=348ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.3: bytes=32 tiempo=355ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.3: bytes=32 tiempo=379ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.3: bytes=32 tiempo=336ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.3: bytes=32 tiempo=334ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.3: bytes=32 tiempo=339ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.3: bytes=32 tiempo=379ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.3: bytes=32 tiempo=398ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.3: bytes=32 tiempo=421ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.3: bytes=32 tiempo=393ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.3: bytes=32 tiempo=610ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.3: bytes=32 tiempo=324ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.3: bytes=32 tiempo=325ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.3: bytes=32 tiempo=340ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.3: bytes=32 tiempo=357ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.3: bytes=32 tiempo=316ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.3: bytes=32 tiempo=317ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.3: bytes=32 tiempo=304ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.3: bytes=32 tiempo=309ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.3: bytes=32 tiempo=315ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.3: bytes=32 tiempo=294ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.3: bytes=32 tiempo=316ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.3: bytes=32 tiempo=282ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.3: bytes=32 tiempo=298ms TTL=64

```

Figura N° 79: Prueba de comunicación entre una Station y un Access Point.

3.3 Pruebas y resultados experimentales del sistema de monitoreo completo

Con el sistema de adquisición una vez terminado e instaladas las antenas en los lugares adecuados, se pudo enviar los datos reales medidos por los sensores ubicados en la planta de tratamiento de aguas residuales hacia el HMI que se encuentra en la oficina del departamento de agua potable en el GAD de Salcedo, estos datos enviados se guardan en hojas de Excel como históricos para su documentación del comportamiento de las variables observadas en el agua, en la Figura 80, se muestra como se están guardando los archivos en Excel según la fecha y el otro documento que observa (datos, textos) el archivo que recién se está creando.



Nombre	Fecha de modifica...	Tipo	Tamaño
 data lun, 30 de nov de 2015.xls	01/12/2015 8:02	Microsoft Excel 97...	7.833 KB
 data mar, 01 de dic de 2015.xls	01/12/2015 15:57	Microsoft Excel 97...	8.836 KB
 Datos.txt	30/11/2015 11:51	Archivo TXT	1 KB

Figura N° 80: Documentación de datos históricos.

Con estos datos guardados se puede acceder a ellos para revisar las medidas adquiridas, la Figura 81, muestra los datos que se almacenarán en un archivo de Excel.

	A	B	C	D	E
	NIVEL DE AGUA A LA ENTRADA	TEMPERATURA DE AGUA A LA ENTRADA	ORP A LA ENTRADA (mV)	ORP A LA SALIDA (mV)	
91276	0,391466	19	-27	-17	
91277	0,391466	19	-27	-17	
91278	0,391466	19	-27	-17	
91279	0,391466	19	-27	-17	
91280	0,391466	18	-27	-17	
91281	0,391466	19	-26	-17	
91282	0,391466	19	-27	-17	
91283	0,391466	19	-26	-17	
91284	0,391466	19	-26	-17	
91285	0,391466	19	-26	-17	
91286	0,391466	19	-26	-17	
91287	0,391466	19	-27	-17	
91288	0,391466	19	-26	-17	
91289	0,391466	19	-27	-17	
91290	0,391466	19	-26	-17	
91291	0,391466	19	-26	-17	
91292	0,391466	19	-27	-17	
91293	0,391466	19	-26	-17	
91294	0,391466	19	-26	-17	
91295	0,391466	19	-27	-17	
91296	0,391466	19	-26	-17	
91297	0,391466	19	-26	-17	
91298	0,391466	19	-26	-17	
91299	0,391466	19	-27	-16	
91300	0,391466	19	-26	-17	
91301	0,391466	19	-26	-17	
91302	0,391466	18	-27	-17	
91303	0,391466	19	-26	-17	
91304	0,391466	19	-26	-17	
91305	0,391466	19	-27	-17	
91306	0,391466	19	-26	-17	
91307	0,391466	19	-26	-17	
91308	0,391466	19	-26	-17	

Figura N° 81: Documentación de datos históricos de las variables medidas, importadas desde Labview hasta la hoja de excel.

Los datos de la Figura 82, son los medidos por los sensores, adquiridos por las tarjetas arduino, enviados por medio de las antenas ubiquiti y por último, recibidos por el cliente con el HMI el cual se encarga de guardar los datos.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS ECONÓMICO

4.1 Análisis económico del proyecto implementado

El monitoreo de variables químicas de aguas residuales en la planta del GAD Salcedo se desarrolló para solucionar la pérdida de tiempo debido a la demora en obtener resultados de las variables más relevantes como lo son el PH-ORP, temperatura y nivel del agua residual tanto a la entrada como a la salida y así obtener resultados al instante.

El departamento de agua potable del GAD Salcedo utiliza dos trabajadores para visualizar todos los días el nivel de agua residual a la entrada y salida de la planta de tratamiento, así como también, el departamento tiene que esperar más de un mes para conocer los resultados de algunas variables químicas de agua residual de esta planta.

Las características del tablero de adquisición de datos son las siguientes:

- Visualización de valores de las variables químicas de aguas residuales como: PH-ORP, temperatura, nivel.
- Seguridad de ingreso.
- Pantalla de visualización de ORP-PH y su respectivo cambio de rango de medida.
- Transmisión inalámbrica de estas variables y visualización en un HMI, en el departamento de agua potable del GAD Salcedo.
- Control de fallo.
- Operación modo manual o automático.

A continuación se coloca el detalle económico del tablero de monitoreo de variables químicas de aguas residuales.

Tabla N° 6

Costo total del tablero de monitoreo de variables químicas de aguas residuales.

CANTIDAD	REFERENCIA	VALOR(\$)	VALOR(\$)
		UNITARIO	TOTAL
2	INDICADOR DE PH-ORP INDUSTRIAL 4-20 MA	380,85	761,7
1	SENSOR ULTRASÓNICO INDUSTRIAL MB 7389	380	380
4	ANTENA UBIQUITI NANOSTATION M 2	98,40	393,6
1	ROLLO DE MANGUERA ¾ LISA	23,21	23,21
2	TARJETA ARDUINO UNO	50,0	100
1	PANEL HMI BASIC PANEL KTP400 PNMONOCROMÁTICO PANTALLA 3.8" TACTIL	600	600
1	SIGNAL BOARD 1 AI RTD PT100/PT1000	187	187
100	METROS DE ALAMBRE UTP	0,50	50
1	FUENTE UNO IN100-240 OUT 24VDC 2.5 A/60W.	84	84
1	GABINETE METAL CSP-64X20 I-0317	68,95	68,95
1	BREAKER SOBREPUESTO TERMOMAGNÉTICO PARA MONTAJE EN RIEL DIN CORRIENTE 2 AMP. 2 POLOS	26,86	26,86
2	REGLETA DE CONEXIÓN ELÉCTRICA	5,5	11
1	PLACA DIVISOR DE TENSION ACONDICIONADO 1 A 5 VDC	12	12
SUBTOTAL		0,00%	2698,32
IVA		0,12	323,7984
TOTAL1			3022,1184

SUBTOTAL 1: 3022,1184

1	TRANSPORTE PLANTA DE TRATAMIENTO	500	500
30	HORAS DE INGENIERÍA	900	900
SUBTOTAL		0,00%	650
IVA		IVA12%	168
TOTAL2			1568

SUBTOTAL 2: 728

1	TOTAL 1	3022,1184	3022,1184
1	TOTAL 2	728	1658
TOTAL: 4590,1184			

El costo de implementación de este proyecto es muy económico en relación a la inversión económica que resulta en el envío de personal a tomar muestras y enviar a los laboratorios a su análisis, también ayuda a los trabajadores en que no tengan un contacto directo con el agua residual ya que de hacerlo, puede ocasionar enfermedades que afecten su estado de salud.

Desde el enfoque ambiental se estaría conociendo los valores reales de grado de contaminación a la entrada y salida de la planta de agua residual antes de ser devuelta al río Cutuchi. Todos estos aspectos hacen que este proyecto sea muy económico en relación a la inversión de su monitoreo tradicional.

A continuación en la Figura 82, se indica el sistema de monitoreo utilizado en este proyecto, en la planta de Chipualó, Jos Car y finalmente en el municipio.



Figura N° 82: Equipos del sistema de monitoreo de aguas residuales.

4.2 Proyectos futuros

A un futuro se puede aplicar este sistema a las seis plantas restantes de aguas residuales ubicadas en el Cantón Salcedo, a este sistema se puede aplicar normativas de seguridad industrial para dar cumplimiento a las leyes dadas por el Ministerio del Medio Ambiente.

También se puede implementar dosificadores para tener un control absoluto del grado de contaminación de agua residual y así devolver al río porcentajes admisibles para una idea de descontaminación en las riberas del río Cutuchi.

Todo este proceso de monitoreo de variables químicas de aguas residuales puede ser implementado en los tanques de agua potable pudiendo tener agua de calidad para la colectividad.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- El proyecto de tesis cumplió con el principal objetivo planteado, diseñar e implementar un sistema de monitoreo para variables químicas de aguas residuales en la planta de tratamiento ubicada en el barrio Chipualó del cantón Salcedo, con transmisión inalámbrica y visualización de los valores de dichas variables a través de una interfaz gráfica ubicado en el departamento de agua potable del GAD Salcedo.
- La implementación del tablero de visualización de datos de las variables químicas de agua residual: ORP-PH, temperatura, nivel, en la planta de tratamiento del barrio Chipualó, permite a los trabajadores o cualquier persona conocer el porcentaje de tratamiento del agua residual porque se tiene datos de monitoreo a la entrada de la piscina y también a su salida.
- El diseño de un HMI, permite tener un monitoreo continuo del proceso de la planta de tratamiento desde un sitio determinado.
- La buena ubicación de las antenas de comunicación, es decir su buen direccionamiento y altura adecuada evitan que se tengan interferencia en la transmisión de datos desde la planta de tratamiento ubicado a las riveras de río Cutuchi en el barrio Chipualó hasta las instalaciones de agua potable del GAD Salcedo a una distancia de 1.1. Km., con bosques y casas de los moradores del barrio.
- La implementación de los equipos industriales en este proyecto permitió tener una buena sensibilidad al cambio de niveles de contaminación del agua residual, estos cambios es debido a la variación de caudal que ingresa a la planta, entre mayor cantidad de caudal el porcentaje de tratamiento es menor y a menor cantidad de caudal el porcentaje de tratamiento es mayor.

- Tener un sistema de monitoreo en aguas residuales ayudó a realizar mejoras de la planta de tratamiento con el fin de devolver al río por lo menos valores de ORP cercanos a los valores positivos, y cumplir con parámetros ambientales y de salud.
- La implementación de este proyecto permitió que el operador encargado no esté en contacto directo con el ambiente contaminante de la planta de tratamiento en los instantes de verificar sus estados de funcionamiento, ya que los datos medidos se pueden revisar en los históricos del HMI, el cual está en un lugar alejado de este ambiente evitando así el tiempo de exposición de los trabajadores a las agentes contaminantes que se encuentran en la piscina.
- El sistema implementado ahorra tiempo en los procedimientos para conocer el grado de contaminación del agua, que normalmente con un análisis en un laboratorio químico del agua podría tardar de 30 a 40 días; el sistema lo hace diariamente cada instante de tiempo.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se debe contar siempre con el suministro de energía eléctrica, porque a falta de este recurso el monitoreo se perdería y no se tendría el aviso de alarmas, dañando incluso a elementos de monitoreo como es el caso del bulbo del sensor de PH-ORP se quema de manera inmediata sin estar sumergido en agua.
- Para implementar el sistema de monitoreo de aguas residuales se debe conocer el funcionamiento de la planta y las variables que se van a medir, con la finalidad de determinar los puntos críticos altos y bajos con el fin de hallar los correctivos.
- Las antenas transmisoras y receptoras deben estar libres de techos luminosos como el zinc, porque la luminosidad causa la desviación y por tanto la pérdida de la señal de transmisión, afectando de esta manera el monitoreo desde el municipio de Salcedo.
- Se debe realizar el mantenimiento preventivo periódicamente a los sensores, actuadores, transmisores del sistema de monitoreo del agua residual para precautelar la vida útil de estos elementos electrónicos.
- La colocación de dosificadores sería exitoso para tener un control absoluto del agua residual antes de ser devuelta al río.
- Para la complementación de este proyecto se requiere medir la contaminación del ambiente producido por los gases de la planta de tratamiento de la piscina de Chipualó, estos malos olores afectan a la salud de los moradores del barrio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABB. (2013). KVC. Obtenido de KVC wedshop:
<https://ez.kvc.com.my/products/SH202L-C06A-4.5KA-2POLE-MCB/1222>
- Acebes, L. F. (2002). *tema1_trasp Introducción a los sistemas de control*. Recuperado el 26 de 04 de 2015, de Universidad de Valladolid Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática:
http://www.isa.cie.uva.es/~felipe/docencia/ra12itielec/tema1_trasp.pdf
- AG, S. (2012). *Basic Panels*. (Siemens) Recuperado el 05 de 03 de 2015, de https://cache.automation.siemens.com/dnl_iis/DM/DM1NjU1NQAA_31032678_HB/hmi_basic_panels_operating_instructions_es-ES_es-ES.pdf.
- Atariguana, C., & Mosquera, W. (2002). *Diseño de un sistema de control para las variables de proceso de cocción*. Recuperado el 22 de 02 de 2015, de Repositorio Digital Universidad politécnica Salesiana:
- Automation, R. (2014). *Allen-Bradley*. Recuperado el 04 de 03 de 2015, de Rockwell Automation:
- Baite. (2012). Instruction for burner. *Instruction for burner model BT180LRF*. China. Recuperado el 8 de 07 de 2015
- Bizorg. (25 de 06 de 2015). *Simatic SB 1231 RTD*. Obtenido de Bizorg:
- Camsco. (2015). *Selectores*. Obtenido de Camsco:
<http://www.camscointernational.com/productos/selectores.html>
- component, T. e. (2015). *MY2 24VDC*. Obtenido de TME electronic component: <http://www.tme.eu/en/details/my2-24dc/industrial-electromagnetic-relays/omron/my2-24vdc-s/>
- Disensa. (03 de 07 de 2015). *electro_cables*. Obtenido de Disensa Ecuador:
http://disensa.com/main/images/pdf/electro_cables.pdf
- Domingo, P. J., Gámiz, C. J., Grau, S. A., & Martínez, G. H. (2003). *Introducción a los autómatas programables*. UOC. Recuperado el 19 de 07 de 2015
- Duque, J. E. (08 de 01 de 2002). *Controladores y acciones de control*. Obtenido de Geocities Controladores y acciones de control:
<http://www.geocities.ws/joeldupar/control2/pid>

- Enriquez Haper, G. (2012). *El ABC de la instrumentación en el control de procesos industriales*. México: LIMUSA, S.A. DE C.V. GRUPO NORIEGA EDITORES. Recuperado el 22 de 07 de 2015
- García, R. P. (2003). *Apuntes de sistemas de control*. CLUB UNIVERSITARIO. Recuperado el 24 de 07 de 2015
- Granda, M., & Laines, C. (01 de Abril de 2013). *Programación en STEP7*. Recuperado el 08 de 03 de 2015, de Repositorio Digital de la Universidad de Cuenca:
dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/670/1/te344.pdf
- INGECO. (13 de 8 de 2013). *Sensor de temperatura por resistencia PT100*. Obtenido de INGECO Z.S.: <http://www.ingecozs.com/pt100.pdf>
- Jesús, L., Carlos, G., Benito, Z., Alex, M., Daniel, M., & Antonio, G. (04 de 02 de 2010). *Sensores de temperatura*. (S. Die, Productor) Recuperado el 02 de 03 de 2015, de Universidad Politecnica de Valencia: h
- Kalpakjian Serope, S. S. (2002). *Manufactura, Ingeniería y Tecnología*. México: PEARSON EDUCACIÓN. Recuperado el 22 de 07 de 2015
- Koyo. (2013). *Koyo Electronics Industries*. Recuperado el 04 de 03 de 2015, de Koyo: <http://www.koyoele.co.jp/english/product/plc/>
- López, B. S. (2012). *procesos-industriales*. Recuperado el 26 de 04 de 2015, de INGENIEROS INDUSTRIALES:
- Marco Pérez, J. V. (2005). *Control Lógico Programable*. México. Recuperado el 28 de 07 de 2015
- Miranda, C. V. (2012). *Sistemas de control continuos y discretos*. Madrid: Paraninfo. Recuperado el 25 de 02 de 2015
- Montbrun, J. (11 de 03 de 2010). *Sintonización de controladores*. Recuperado el 01 de 03 de 2015, de Universidad Simón Bolívar:
- Morales, F. J. (2012). *Instalación y puesta en marcha de aparatos de calefacción y climatización de uso doméstico*. Málaga: INNOVACIÓN Y CUALIFICACIÓN, S.L. Recuperado el 04 de 07 de 2015
- Ogata, K. (2010). *Ingeniería de control moderna*. Madrid: PEARSON. Recuperado el 05 de 07 de 2015
- Quiroga, E. M.-J.-C.-J. (2009). *Autómatas programables y sistemas de automatización*. Barcelona: MARCOMBO, S.A. Recuperado el 28 de 03 de 2015

- Rocatek. (05 de 10 de 2010). *Proporcional Integral Derivativo*. Recuperado el 26 de 02 de 2015, de
- Salgado, J. G. (2001). *Teoría de control Diseño Electrónico*. Catalunya: Grupo Artiplan-Artympres S.A. Recuperado el 05 de 07 de 2015
- Sanchez, Y., & Montbrun, J. (11 de 03 de 2010). *REGLAS PARA LA SINTONIZACIÓN DE CONTROLADORES PID*. Recuperado el 01 de 03 de 2015, de Universidad Simón Bolívar:
- Siemens. (2010). *logo_power*. Obtenido de Siemens Osakeyhtiö:
http://www.siemens.fi/pool/products/industry/iadt_is/tuotteet/automaatio/teknikka/teholahteet/logo_power.pdf
- Siemens. (2014). *Controladores SIMATIC S7*. Recuperado el 04 de 03 de 2015, de <http://www.automation.siemens.com/mcms/programmable-logiccontroller/en/simatic-s7-controller/Pages/Default.aspx>
- Siemens. (03 de 06 de 2014). *datasheet 6ES7212-1BE40-0XB0*. Obtenido de ENCON KOSTER: <http://encon-koester.com/wp-content/uploads/2014/07/6es7212-1be40-0xb0.pdf>
- Siemens. (2014). *Lista de precios Ecuador Siemens*. Recuperado el 04 de 03 de 2015, de <http://www.siemens.com.co/sitrainecuador>
- Siemens. (02 de 03 de 2015). *flame detector QRB1*. Obtenido de SCC Inc.:
- Siemens. (24 de 06 de 2015). *katalog_6ES7231_5QA30_0XB0*. Obtenido de NES Nová Dubnica s.r.o.:
- Siemens. (06 de 03 de 2015). *KTP400_20Basic*. Obtenido de Siemens:
http://w3.siemens.com/mcms/human-machine-interface/en/operator-interfaces/basic-panel/devices-second-generation/pages/default.aspx#KTP400_20Basic
- UPC. (AGOSTO de 2015). *COMPARATIVOS DE ESTRATEGIAS DE CONTROL*. Recuperado el 19 de AGOSTO de 2015, de *COMPARATIVOS DE ESTRATEGIAS DE CONTROL*:
http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/9772/01_Mem%20Oria.pdf;jsessionid=1B55E2EFF5FC0F3160CF88CD5523C253?sequence=2

LINGKOGRAFÍA

<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/219/6/Capitulo%205.pdf>

<http://ab.rockwellautomation.com/es/Programmable-Controllers>

<http://bizorg.su/programmiruemye-kontrollery-r/p3194322-simatic-sb-1231-hrtid-6es72315pa300xb0-6es7-2315pa300xb0-6es72315pa300xb0>

<http://server-die.alc.upv.es/asignaturas/LSED/2003->

[04/0.Sens_Temp/ARCHIVOS/SensoresTemperatura.pdf](http://server-die.alc.upv.es/asignaturas/LSED/2003-04/0.Sens_Temp/ARCHIVOS/SensoresTemperatura.pdf)

<http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/procesos-industriales/>

<http://prof.usb.ve/montbrun/sintonizacion%20controladores%20sep07.pdf>

http://es.wikipedia.org/wiki/Proporcional_integral_derivativo

<http://prof.usb.ve/montbrun/Sintonizacion%20de%20Controladores.pdf>

http://www.sccccombustion.com/ce_approvals/QRB%20n7714en%2002-03-2015.pdf

http://www.nes.sk/documents/product/original/727/katalog_6ES7231_5QA30_0XB0.pdf



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y
ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN
ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN**

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por los señores:
**PORRAAS NARANJO RICARDO OMAR Y TERCERO TERCERO VÍCTOR
HUGO.** En la ciudad de Latacunga a los 29 días del mes de abril del 2016.



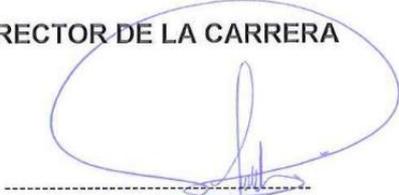
Ing. César Naranjo

DIRECTOR DEL PROYECTO



Ing. Franklin Silva

DIRECTOR DE LA CARRERA



Dr. Rodrigo Vaca

SECRETARIO ACADÉMICO