

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA:
INGENIERÍA CIVIL**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIERO CIVILES**

**TEMA:
“REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL BARRIO DOÑA
ANA UBICADO EN LA PARROQUIA GUAYLLABAMBA, CANTÓN QUITO
(PICHINCHA)”**

**AUTORES:
COMINA TUBÓN JORGE JEFFERSON
ORTIZ MENDOZA RONALD ALEJANDRO**

**TUTOR:
BYRON ANDRÉS HEREDIA HIDALGO**

Quito, junio del 2021

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros JORGE JEFFERSON COMINA TUBÓN y RONALD ALEJANDRO ORTIZ MENDOZA con documentos de identificación N° 1723893812 y N° 1105499469 manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación intitulado: “REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL BARRIO DOÑA ANA UBICADO EN LA PARROQUIA GUAYLLABAMBA, CANTÓN QUITO (PICHINCHA)”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, junio del 2021



.....

Jorge Jefferson Comina Tubón

CI: 1723893812



.....

Ronald Alejandro Ortiz Mendoza

CI: 1105499469

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo, BYRON ANDRÉS HEREDIA HIDALGO, declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el proyecto técnico, con el tema: “REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL BARRIO DOÑA ANA UBICADO EN LA PARROQUIA GUAYLLABAMBA, CANTÓN QUITO (PICHINCHA)” realizado por el Sr. Jorge Jefferson Comina Tubón y el Sr. Ronald Alejandro Ortiz Mendoza obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerado como trabajo final de titulación.

Quito, junio del 2021



.....
Ing. Byron Andrés Heredia Hidalgo

CI: 1719147066

DEDICATORIA

Dedico esta tesis A MI FAMILIA, con quienes hemos luchado de manera incansable para cumplir este sueño. También a Dios la fuente de todas las bendiciones recibidas en mi hogar.

Dedico con todo mi corazón esta tesis a mis padres JORGE Y SANDRA quienes me han formado con más libertades que reglas, más sin embargo siempre enseñándome el camino correcto. Por eso les doy mi trabajo en ofrenda por su paciencia y amor. Los amo.

A mis hermanos MAYRA Y MATÍAS por todo su amor y apoyo incondicional aún en los momentos más difíciles. A mi novia ALEXANDRA por siempre tus motivaciones y esperanzas, diciéndome que lo lograría perfectamente. Una dedicatoria especial a la luz de mis ojos mi hija, AITANA, la más grande bendición que dios me ha dado en la vida.

En el cielo a mi abuelito PEDRO, por invitarme a soñar desde pequeño que podía convertirme en Ingeniero Civil de esos que el tanto admiraba y respetaba.

Jorge Comina

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis en primer lugar a Dios por haberme permitido cumplir un objetivo más en mi vida ya que sin él nada es posible, a mi madre Sulme quien me ha enseñado el valor de la responsabilidad y la dedicación para cumplir todo aquello que me proponga en la vida.

A mi tía Mayra quien me ha apoyado en todo momento, pues de no haber sido así este sueño más anhelado no se hubiera hecho realidad.

A mis hermanos Andrés, Jesica y Ariel y mi prima Leydi quienes siempre han estado ahí para apoyarme en situaciones difíciles.

A mis abuelos Luis y Luz y tías maternas quienes siempre me dieron todo su apoyo y me enseñaron a elegir siempre lo mejor para mí.

Finalmente, a mi querida Kathy y a todos mis familiares de Loja quienes me brindaron su apoyo incondicional.

Ronald Ortiz

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por todas las bendiciones vertidas sobre nosotros. A nuestras familias por dejar sus sueños y preocuparse por cumplir los nuestros.

Agradecemos a todos los buenos docentes de la carrera de ingeniería civil quienes nos compartieron sus conocimientos y experiencias para formarnos en el campo laboral y también para la vida.

Al Ing. Andrés Heredia por su guía académica y profesional a lo largo de este proyecto. Sobre todo, agradecemos su predisposición para siempre ayudarnos y guiarnos para alcanzar los objetivos planteados.

También agradecemos a la Junta Administradora de Agua y Saneamiento Doña Ana de Guayllabamba por la apertura para realizar este proyecto. En especial a la Srta. Adriana.

Jorge y Ronald

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I	1
1. GENERALIDADES	1
1.1. Introducción	1
1.2. Antecedentes	2
1.3. Justificación.....	3
1.4. Objetivos	4
1.4.1. Objetivo General	4
1.4.2. Objetivo Específico.....	4
CAPÍTULO II.....	5
2. ASPECTOS GENERALES	5
2.1. Proyección poblacional	5
2.2. Información predial actual	6
2.3. Descripción Geográfica.....	7
2.4. Descripción Hidrológica del sector	9
2.5. Descripción de la calidad de agua	9
2.6. Descripción del tipo de tratamiento realizado.....	11
2.7. Descripción del sistema de agua potable.....	12
2.7.1. Obra de captación.....	13
2.7.2. Línea de aducción	14
2.7.3. Tanque de almacenamiento.....	15
CAPÍTULO III.....	20
3. TRABAJOS EN CAMPO	20
3.1. Aforos.....	20
3.1.1. Tipo de aforo a realizar	20
3.1.2. Determinación de caudales de ingreso de las captaciones	22
3.2. Levantamiento topográfico	24
3.2.1. Equipos y programas utilizados	24
3.2.2. Trabajos de campo	24
3.2.3. Trabajo de gabinete.....	25
CAPÍTULO IV.....	28
4. ANÁLISIS HIDRAÚLICO	28
4.1. Diseño hidráulico de redes de abastecimiento	28
4.1.1. Bases y criterios de diseño para una red de abastecimiento de agua potable	28

4.1.2. Patrones de Consumo.....	36
4.1.3. Pérdidas de carga	38
4.2. Análisis y diseño de tanques de almacenamiento	41
4.2.1. Consideraciones para el diseño de un tanque.....	42
4.2.2. Diseño del tanque de almacenamiento.....	43
4.3. Modelamiento del sistema actual	51
4.3.1. Tanques de almacenamiento	51
4.3.2. Tuberías.....	52
4.3.3. Caudales medios de diseño	54
4.3.4. Demandas de los usuarios	54
4.3.5. Sistema de bombeo	55
4.3.6. Controles de bombeo	56
4.3.7. Definición de curva de consumo diaria.....	57
4.3.8. Escenarios de diseño	58
4.4. Análisis del sistema actual	58
4.4.1. Simulación en periodo estático	58
4.4.2. Simulación en periodo extendido.....	61
4.5. Modelamiento del sistema para escenarios futuros de diseño.....	66
4.6. Análisis del sistema para escenarios futuros de diseño.....	67
4.6.1. Simulación para 10 años	68
4.6.2. Simulación para 15 años	71
4.6.3. Simulación para 25 años	74
4.7. Optimización del sistema para periodo de diseño (25 años).....	76
4.7.1. Optimización de diámetros de tuberías.....	78
4.7.2. Optimización de tanques de almacenamiento.....	80
4.7.3. Resultados	80
4.8. Digitalización del sistema	84
CAPÍTULO V.....	85
5. VOLÚMENES DE OBRA Y ANÁLISIS ECONÓMICO.....	85
5.1. Volúmenes de obra.....	85
5.1.1. Tanques de almacenamiento	87
5.1.2. Red de distribución	88
5.2. Presupuesto del nuevo sistema de agua potable.....	90
5.3. Evaluación económica-financiera del nuevo sistema de agua potable	91
5.3.1. Introducción	91

5.3.2. Parámetros económicos y financieros.....	91
5.3.3. Flujo de caja.....	93
5.3.4. Ganancia por nuevo sistema de agua potable	94
CONCLUSIONES	95
RECOMENDACIONES.....	97
REFERENCIAS.....	98
ANEXOS	101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Población del sector Doña Ana de Guayllabamba.....	5
Tabla 2	Resultado de laboratorio para la muestra tomada en las vertientes	10
Tabla 3	Resultado de laboratorio para la muestra tomada en el tanque de almacenamiento.10	
Tabla 4	Requisitos microbiológicos de agua potable.....	11
Tabla 5	Características de pastillas para cloración	12
Tabla 6	Coordenadas puntos de captación.....	14
Tabla 7	Características tuberías de Aducción	14
Tabla 8	Capacidad de los tanques de almacenamiento	16
Tabla 9	Características de las tuberías que componen el sistema de Bombeo	18
Tabla 10	Mediciones del primer aforo	21
Tabla 11	Mediciones del segundo aforo	22
Tabla 12	Datos de aforo 1	23
Tabla 13	Datos de aforo 2	23
Tabla 14	Perforaciones exploratorias.....	26
Tabla 15	Población calculada a partir de los beneficiarios en 2017 y 2021	29
Tabla 16	Población calculada con tasa de crecimiento poblacional.....	29
Tabla 17	Población calculados a través de la densidad poblacional de Guayllabamba.....	30
Tabla 18	Población calculada a partir de densidad poblacional obtenidos analizando una manzana tipo	30
Tabla 19	Proyección poblacional para el sector de Doña Ana de Guayllabamba	31
Tabla 20	Caudales de diseño.....	34
Tabla 21	Diámetros mínimos de acuerdo al número de habitantes	36
Tabla 22	Consumo de sectores.....	37
Tabla 23	Datos de tanques de almacenamiento del sistema de agua de Doña Ana.....	46
Tabla 24	Caudales de salida del tanque 1 aplicando la ecuación de Bernoulli.....	46
Tabla 25	Capacidad de almacenamiento requerida en el tanque 1 para sistema actual.....	47
Tabla 26	Capacidad de almacenamiento requerida en el tanque 2 para sistema actual.....	48
Tabla 27	Capacidad de almacenamiento requerida en el tanque 2 para 25 años	50
Tabla 28	Resumen de diámetros de tuberías.....	53
Tabla 29	Caudales de diseño para escenario actual y escenarios de diseño	55
Tabla 30	Niveles máximos y mínimos en los tanques de almacenamiento para escenario actual.....	61
Tabla 31	Niveles máximos y mínimos en los tanques de almacenamiento para escenario de 10 años	68
Tabla 32	Niveles máximos y mínimos en los tanques de almacenamiento para escenario de 15 años	71
Tabla 33	Niveles máximos y mínimos en los tanques de almacenamiento para escenario de 25 años	74
Tabla 34	Diámetros requeridos para un diseño óptimo del sistema de agua de Doña Ana de Guayllabamba	79

Tabla 35 Modificación de capacidades de tanques de almacenamiento para periodo de diseño de 25 años	80
Tabla 36 Volumen de Derrocamiento en construcción de nuevos tanques	87
Tabla 37 Volumen de hormigón para la ampliación de los nuevos tanques.....	88
Tabla 38 Derrocamiento de adoquín y carpeta asfáltica	88
Tabla 39 Volumen de excavación y relleno de las zanjas excavadas	89
Tabla 40 Longitud de nuevas tuberías para el sistema optimizado.....	89
Tabla 41 Colocación de adoquín y carpeta asfáltica.....	89
Tabla 42 Presupuesto para la repotenciación del sistema de agua.....	90
Tabla 43 Costos de operación y mantenimiento para el sistema optimizado	93
Tabla 44 Ingresos con la implementación del sistema de agua optimizado	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Cantones de la provincia Pichincha.....	7
Figura 2 Parroquia Guayllabamba	8
Figura 3 Ubicación del sitio de estudio (Doña Ana)	8
Figura 4 Proceso de Cloración del agua en el Tanque 1.....	12
Figura 5 Ubicación de fuentes de captación y tanque de almacenamiento	15
Figura 6 Ubicación de tanques de almacenamiento.....	16
Figura 7 Red de distribución del sistema de agua	17
Figura 8 Esquema general del sistema.....	19
Figura 9 Realización de aforos	21
Figura 10 Excavación de pozos para identificación de tuberías	25
Figura 11 Registro de profundidades de tubería de red de agua potable	27
Figura 12 Dotaciones recomendadas	32
Figura 13 Caudal para incendios	34
Figura 14 Velocidades máximas de diseño en tuberías a presión.....	35
Figura 15 Patrón de consumo diario	38
Figura 16 Patrones de consumo diario para la determinación del máximo consumo horario	44
Figura 17 Volumen demandado y Volumen de ingreso para sistema actual.....	49
Figura 18 Volumen demandado y Volumen de ingreso para 25 años	51
Figura 19 Datos de tanques de almacenamiento.....	52
Figura 20 Propiedades de las tuberías.....	53
Figura 21 Curva de la bomba para una eficiencia de motor de 80%	56
Figura 22 Controles de bomba.....	56
Figura 23 Curva de consumo para el sistema de agua de Doña Ana de Guayllabamba.....	57
Figura 24 Presiones en los medidores para simulación actual.....	59
Figura 25 Presiones en los medidores para simulación actual.....	60
Figura 26 Volumen excedente que ingresa desde la captación al tanque 1	63
Figura 27 Presiones en los medidores para simulación actual (EPS).....	64
Figura 28 Velocidades en las tuberías para simulación actual (EPS).....	65
Figura 29 Creación de alternativas para la asignación de demandas.....	66
Figura 30 Ubicación de las nuevas tuberías.....	67
Figura 31 Presiones en los medidores para simulación 10 años.....	69
Figura 32 Velocidades en las tuberías para simulación 10 años.....	70
Figura 33 Presiones en los medidores para simulación 15 años.....	72
Figura 34 Velocidades en las tuberías para simulación 15 años.....	73
Figura 35 Presiones en los medidores para simulación 25 años.....	75
Figura 36 Velocidades en las tuberías para simulación 25 años.....	76
Figura 37 Modificación de diámetros para periodo de diseño de 25 años	78
Figura 38 Porcentajes de llenado del tanque 1 para periodos de diseño de 25 años	81

Figura 39 Porcentajes de llenado del tanque 2 para periodos de diseño de 25 años	81
Figura 40 Porcentajes de llenado del tanque 2 para periodos de diseño de 25 años	82
Figura 41 Rango de presiones generadas en el sistema optimizado para el periodo de 25 años	83
Figura 42 Rango de velocidades generadas en el sistema optimizado para el periodo de 25 años	84
Figura 43 Implantación actual Tanque de Almacenamiento 1	85
Figura 44 Nueva implantación Tanque de Almacenamiento 1.....	86
Figura 45 Implantación actual Tanque de Almacenamiento 2	86
Figura 46 Nueva implantación Tanque de Almacenamiento 2.....	87

RESUMEN

El objetivo es la repotenciación del sistema de agua potable de la Junta Administradora de agua y saneamiento Doña Ana de Guayllabamba que distribuye el recurso hídrico a los sectores Doña Ana 1, Doña Ana 2, Doña Ana 3 y San Nicolás. El sistema de agua potable actual no funciona de manera óptima pues se desperdicia el agua y, por otro lado, existen sectores de desabastecimiento de la misma esto a causa de conexiones ilícitas junto con el inexistente almacenamiento para abastecer en periodos de máximos consumos.

Se recopiló diferente información como información cartográfica, calidad del agua, poblacional, de consumo, de aforos, de las estructuras hidráulicas del sistema. Además, se realizó el levantamiento topográfico de todas las zonas de la red de agua potable. Con toda la información se analizó el sistema para la demanda actual, a 10 años, 15 años y 25 años. Posterior se realizó una optimización para un periodo de 25 años considerando un crecimiento poblacional obtenido en base a un análisis de habitabilidad de los últimos años en los sectores de estudio. En la optimización se cambiaron trazado y diámetros de tuberías, horarios de bombeo y capacidad de los tanques de almacenamiento.

Finalmente se cuenta con un presupuesto referencial para la optimización del sistema y su análisis económico, también se cuentan con planos que contienen el nuevo diseño de los tanques de almacenamiento, trazado de la red de distribución y demás estructuras hidráulicas con sus características.

Palabras clave: análisis, repotenciación, optimización, agua potable, aforos

ABSTRACT

The objective is the repowering of the drinking water system of the Doña Ana de Guayllabamba water and sanitation administration Council that distributes water resources to the Doña Ana 1, Doña Ana 2, Doña Ana 3 and San Nicolás sectors. The current drinking water system does not work optimally because water is wasted and on the other hand, there are sectors of shortage of the same this because of illegal connections together with the non-existent storage to supply in periods of maximum consumption.

Different information was collected such as: cartographic information, water quality, population, consumption, gauges, and the hydraulic structures of the system. In addition, a topographic survey of all areas of the drinking water network was carried out. With all the information, the system was analyzed for the current demand, at 10 years, 15 years and 25 years. Subsequently, an optimization was carried out for a period of 25 years considering a population growth obtained based on an analysis of habitability in recent years in the study sectors. In optimization, pipeline diameters and layout, pumping schedules and storage tank capacity were changed.

Finally, there is a referential budget for the optimization of the system and its economic analysis, there are also plans that contain the new design of the storage tanks, layout of the distribution network and other hydraulic structures with their characteristics.

Keywords: analysis, repowering, optimization, drinking water, capacity

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

1.1.Introducción

El agua es el principal componente de la vida, por consiguiente, todas las comunidades sin excepción alguna deben tener derecho a este recurso de mayor necesidad, disponiendo de una dotación suficiente para subsistir diariamente; por ello, la fuente de abastecimiento debe ser accesible sin ningún tipo de dificultad para la satisfacción de las necesidades de todos los usuarios. Dicha fuente de abastecimiento debe ser garantizada para el consumo humano, caso contrario debe ser sometida a un tratamiento con el fin de hacerla apta para el consumo de la población sin generar problemas de salud (Tandalla Guanoquiza, 2012).

El desabastecimiento de la población en cuanto al recurso hídrico tiende a ser un problema muy amplio de ahondar puesto que se analiza un sinnúmero de situaciones por las cuales no todos los usuarios de un sistema de agua potable cuentan con el recurso para satisfacer sus necesidades.

Algunas de las causas principales por la que se producen desabastecimientos en las comunidades suelen ser que los sistemas de agua potable ya han cumplido con su periodo de vida útil, en el diseño no se ha considerado el cálculo de la proyección poblacional o el sistema no se ha construido con la intervención de mano de obra calificada.

Un sistema de distribución de agua potable siempre se proyecta para suministrar un volumen suficiente de agua desde la fuente de captación hasta los consumidores a una presión adecuada, la misma que es establecida por las normativas de diseño de la localidad. El sistema básico de abastecimiento de agua potable, incluye la infraestructura necesaria para captar el agua de una fuente subterránea o superficial, realizar un tratamiento previo para luego conducirla, almacenarla y distribuirla a la comunidad en forma regular (López, 2009).

En este sentido el propósito del presente proyecto consiste en repotenciar el sistema de agua potable del barrio Doña Ana ubicado en la parroquia Guayllabamba en donde se garantice un funcionamiento óptimo para escenarios presentes y futuros de tal manera que en ninguna época del año se genere un desabastecimiento de agua a los usuarios, por otra parte, se debe verificar si las estructuras del sistema de agua actual cuentan con la capacidad suficiente para entregar la dotación de la población sin ningún tipo de interrupciones.

1.2. Antecedentes

En diversas situaciones se ha tratado de solucionar varios problemas en los sistemas de abastecimiento de agua potable, principalmente en las comunidades del sector rural, debido a que se produce un crecimiento amplio de las poblaciones, como también por el hecho de que las unidades del sistema ya han cumplido con su periodo de vida útil o por la razón de que proyectos de este tipo no han contado con el apoyo de ser realizados con la guía de una mano de obra calificada. Por lo que se acaba de mencionar, existen diversos trabajos que guardan amplia relación con el tema que se desarrolla, como por ejemplo el trabajo de Morales (2016) mismo que fue repotenciación del sistema de agua potable de Ulba, cantón Baños de Agua santa mediante el uso de energía alternativa. El autor en este trabajo propone como recomendación colocar un sistema de bombeo con equipos turbo bomba para entregar un caudal más grande que logre abastecer a la población del sitio de estudio. El trabajo mencionado servirá como referencia para determinar la potencia requerida por la bomba.

Por otra parte tenemos el proyecto realizado por Mariana & Taipe (2017), trabajo que hace referencia a estudios y diseños definitivos de la repotenciación del sistema de agua potable del centro poblado de la parroquia de San Carlos del cantón la Joya de los Sachas, provincia de Orellana, este hace referencia a la condición de las unidades del sistema de agua potable, donde obtuvieron como resultado el descubrimiento de algunos problemas de ciertas

estructuras del sistema. Los autores por otra parte proponen como solución al problema que se les presenta la creación de nuevas estructuras y no reciclar las mismas. El trabajo mencionado servirá como una guía para determinar si las estructuras del sistema de agua requieren ser diseñadas o seguir empleando las que se disponen en la actualidad.

1.3. Justificación

El sistema de agua potable que abastece a gran parte de la población del sector Doña Ana en la parroquia de Guayllabamba ha sido construido hace aproximadamente 40 años sin el asesoramiento de un personal calificado. Por tanto, en la actualidad este sistema está presentando problemas de abastecimiento por el incremento de la población, considerando que su diseño fue desarrollado empíricamente.

Debido a que el tanque principal no almacena toda el agua necesaria para abastecer a la población además el desconocimiento del trazado de la red y la presunción de la existencia de conexiones domiciliarias ilícitas se puede mencionar que el sistema de agua potable de la Junta Administradora Doña Ana de Guayllabamba no es óptimo.

Por las razones anteriores, repotenciar el actual sistema de agua potable es de suma importancia para los beneficiarios del sector ya que con esto se garantizará un servicio óptimo para los usuarios y además se asegurarán condiciones de servicio adecuadas para el crecimiento poblacional.

Por tanto, se quiere dimensionar el tanque de almacenamiento principal para cumplir con las exigencias de los usuarios actuales del sector durante todo el año además de ser óptimo para poblaciones futuras.

La digitalización del sistema de agua potable permitirá conocer datos técnicos que sean útiles para el análisis hidráulico correspondiente que aporte para una posterior optimización.

Como resultado se beneficiarán los habitantes del sector Doña Ana de Guayllabamba mejorando su calidad de vida. Actualmente el sector cuenta con aproximadamente 2000 habitantes, los mismos que se encuentran distribuidos en 242 predios en todo el sector mencionado.

1.4.Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Realizar un análisis, regulación y dimensionamiento para repotenciar el sistema de agua potable del sector Doña Ana localizada en la parroquia Guayllabamba, Cantón Quito en donde se garantice un funcionamiento óptimo para escenarios presentes y futuros.

1.4.2. Objetivo Específico

- Obtener la información base para la ejecución del proyecto.
- Digitalizar los datos del sistema de agua potable indicando sus respectivas características.
- Evaluar la capacidad del sistema de agua actual.
- Diseñar las estructuras de regulación del caudal y optimizar las estructuras hidráulicas necesarias en función de las necesidades actuales y futuras de la población.
- Realizar simulaciones para 10, 15, 25 años del sistema de agua para diferentes escenarios.
- Efectuar un análisis económico del sistema para conocer el valor de la inversión necesaria.

CAPÍTULO II

2. ASPECTOS GENERALES

2.1. Proyección poblacional

Los usuarios actuales de la red de agua potable de la Junta Administradora de Agua y Saneamiento Doña Ana de Guayllabamba son 1452 según la información proporcionada por la Junta.

Sin embargo, para la proyección poblacional se deberán considerar todos los habitantes de los sectores por donde atraviesa la red de agua potable, estos sectores son: Doña Ana 1, Doña Ana 2, Doña Ana 3 y San Nicolás. Esto debido a que en un futuro se puede dar el caso de que los usuarios actuales del agua de la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (EPMAPS) hagan uso del agua de la Junta Administradora de Agua y Saneamiento Doña Ana de Guayllabamba.

Un punto importante a considerar es el cálculo de la población futura ya que permite estimar el caudal requerido por los habitantes de una comunidad.

Tabla 1

Población del sector Doña Ana de Guayllabamba

Crecimiento poblacional	
Año	Habitantes
2017	1260
2020	1452

Nota: Población del sector Doña Ana de Guayllabamba. Elaborado por: Los autores con información proporcionada por la Junta Administradora de Agua y Saneamiento Doña Ana de Guayllabamba

Para el cálculo de la población futura se emplea el método geométrico, tal como se muestra a continuación:

$$Pf = Po * (e^{rt})$$

$$r = \frac{\log\left(\frac{Pt}{Po}\right)}{\Delta t * (\log(e))}$$

Donde:

Pf = Población futura o proyectada

Pt = población final

Po = Población inicial

r = Tasa de incremento

t = Tiempo en años

2.2. Información predial actual

La información predial es de suma importancia para conocer algunos aspectos que nos permitan proyectar de manera acertada la población. Estos aspectos son información de linderos, habitantes por predio promedio, posibles predios habitables en el futuro.

Para la zona de estudio no se cuenta con esta información ni en el GAD de Guayllabamba ni en el Municipio de Quito, por tanto, algunos aspectos requeridos para la información predial actual tuvieron que ser investigados directamente con los moradores del sector. Obteniéndose así que por cada socio existen 6 habitantes promedio en el predio, además que no existen intenciones claras de que se puedan habitar las zonas que actualmente están deshabitadas.

2.3.Descripción Geográfica

La parroquia Guayllabamba perteneciente al cantón Quito de la provincia Pichincha, en la cual se encuentra ubicado el sitio de estudio del proyecto a ejecutarse se localizada geográficamente en las siguientes coordenadas:

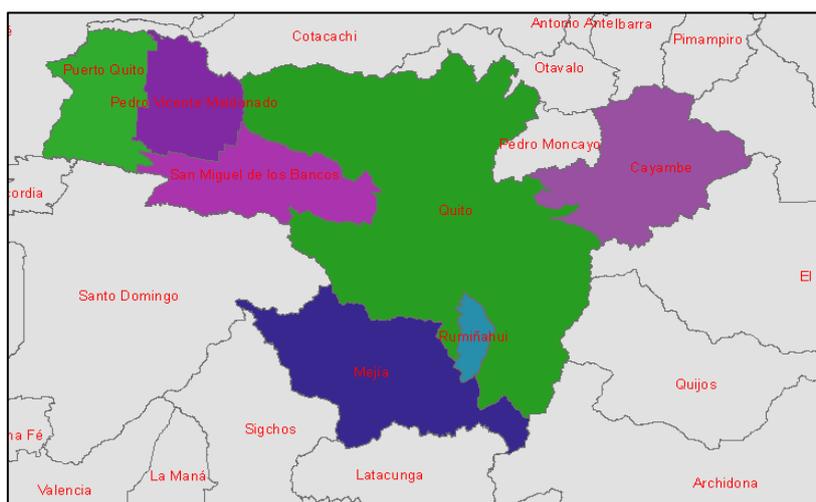
UTM WGS 84: 794203.49 E 9994136.72 S 17M

Y en la siguiente altitud respecto al nivel del mar:

Altitud: 2118 m.s.n.m.

Figura 1

Cantones de la provincia Pichincha



Nota: Cantones de la provincia Pichincha. Elaborado por: Los autores en ArcGIS

La parroquia Guayllabamba en donde se encuentra el sitio de estudio, limita con los siguientes puntos:

NORTE: con el cantón Pedro Moncayo,

SUR: con las parroquias El Quinche, Yaruquí y Tababela,

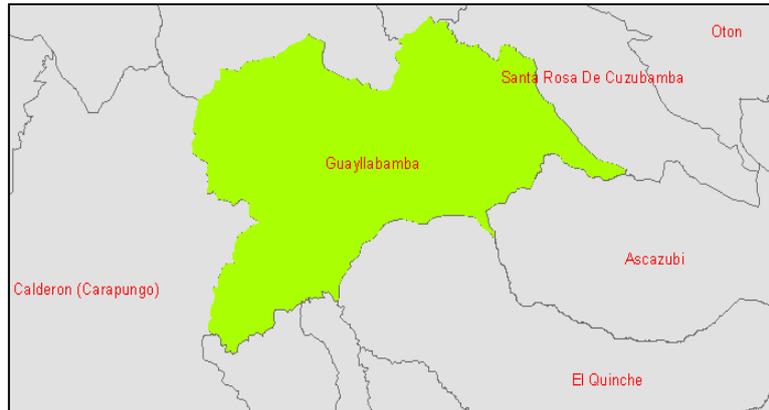
ESTE: el cantón Cayambe y

OESTE: Parroquia de Calderón.

La parroquia Guayllabamba dispone de un área aproximadamente de 5559.27 Ha. lo que corresponde a 55.59 Km².

Figura 2

Parroquia Guayllabamba

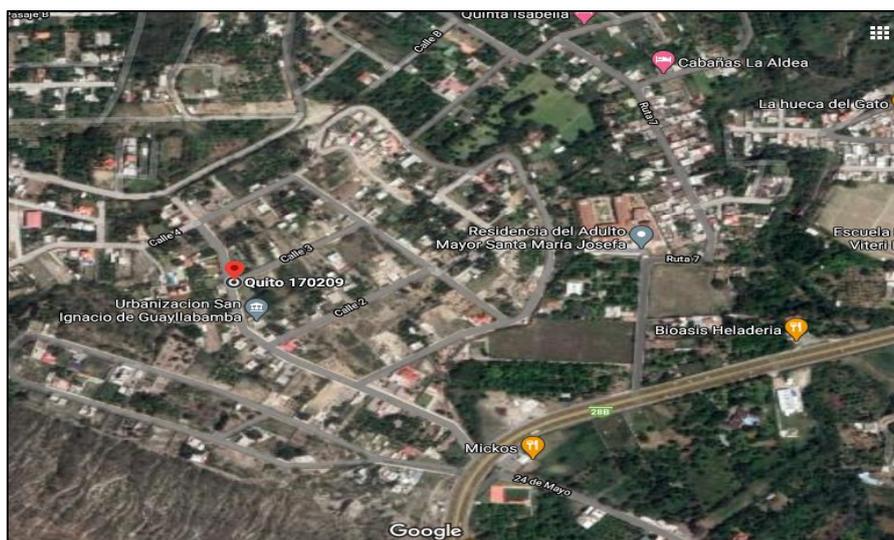


Nota: Localización de la Parroquia Guayllabamba. Elaborado por: Los autores en ArcGIS

A continuación, se muestra la ubicación exacta de Doña Ana de Guayllabamba, sitio de ejecución del proyecto.

Figura 3

Ubicación del sitio de estudio (Doña Ana)



Nota: Localización de Doña Ana de Guayllabamba, sitio de estudio. Fuente: Google Earth

2.4.Descripción Hidrológica del sector

Según Baroja (2012) en el Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia Guayllabamba 2012-2025 menciona que: “El territorio de la parroquia, cuenta con recursos hídricos importantes como los Ríos Guayllabamba, Urvia y el Pisque; así como varias vertientes que sirven a diferentes zonas, entre ellas: Santo Domingo de los Duques, Barrio El Molino; Cebauco, Doña Ana, El Paraíso, Pueblo Viejo, Barrio La Victoria, San Vicente Bajo” (Baroja, 2012, p. 36).

Específicamente en Doña Ana de Guayllabamba se puede apreciar en muchos predios de moradores la existencia de vertientes, que en algunos casos son aprovechados en diferentes actividades productivas lo que implica una ventaja muy favorable para su economía. La hidrología de Guayllabamba es muy amplia, por ende, gran parte de estos recursos son empleados para el cultivo, ganadería y piscicultura, siendo estas las principales actividades económicas del sector.

2.5.Descripción de la calidad de agua

En la parroquia de Guayllabamba existe un sinnúmero de vertientes de tipo superficial y subterránea que pueden servir como fuente de abastecimiento de recurso hídrico para los distintos barrios de la parroquia. El sector Doña Ana, sitio de estudio, cuenta con un sistema de agua potable abastecido por dos captaciones donde llegan vertientes subterráneas.

Las captaciones del sistema de agua de Doña Ana de Guayllabamba conducen directamente el caudal proporcionado por las vertientes al reservorio o tanque de almacenamiento sin necesidad de conducirlo por un sistema de rejillas, ni una zona de sedimentación.

Según estudios realizados por la Junta Administradora de Agua y Saneamiento Doña Ana de Guayllabamba en diciembre de 2020 se analizaron dos muestras de agua: Una muestra tomada directamente en las vertientes y otra tomada en el tanque de almacenamiento. Ambas dieron resultados favorables para el consumo humano según parámetros permisibles en la norma NTE INEN 1108 (Quinta Revisión 2014-01) de Agua Potable, que establece los requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano.

Tabla 2

Resultado de laboratorio para la muestra tomada en las vertientes

Parámetro	Unidad	Método	Resultados
Recuento de Aerobios mesófilos	ufc/ml	PEEMi/LA/21 Estándar Methods 9215 B	1.4X10 ¹
Recuento de Coliformes totales	ufc/100m l	PEEMi/LA/19 Estándar Methods 9222 B	1.2X10 ²
Recuento de Coliformes fecales	ufc/100m l	PEEMi/LA/19 Estándar Methods 9222 D	<1

Nota: Resultado de la muestra tomada en las vertientes. Elaborado por: Los autores con información de la Junta Administradora de Agua y Saneamiento Doña Ana de Guayllabamba.

Tabla 3

Resultado de laboratorio para la muestra tomada en el tanque de almacenamiento

Parámetro	Unidad	Método	Resultados
Recuento de Aerobios mesófilos	ufc/ml	PEEMi/LA/21 Estándar Methods 9215 B	<1
Recuento de Coliformes totales	ufc/100ml	PEEMi/LA/19 Estándar Methods 9222 B	<1
Recuento de Coliformes fecales	ufc/100ml	PEEMi/LA/19 Estándar Methods 9222 D	<1

Nota: Resultado de laboratorio para la muestra tomada en el tanque de almacenamiento. Elaborado por: Los autores con información de la Junta Administradora de Agua y Saneamiento Doña Ana de Guayllabamba.

Tabla 4*Requisitos microbiológicos de agua potable*

	Máximo
Coliformes fecales (1): Tubos múltiples NMP/100 ml o Filtración por membrana ufc/100 ml	<1,1 <1
Cryptosporidium, número de ooquistes/litro	Ausencia
Giardia, número de quistes/ litro	Ausencia

Nota: Requisitos microbiológicos de agua potable. Fuente: NTE INEN 1108 (Quinta Revisión 2014-01) de Agua Potable

En las captaciones se logra observar que el nivel de turbiedad del agua es nulo, por lo que se aprecia un color cristalino; por otra parte, no existe la presencia de sedimentos que puedan generar un problema para el correcto funcionamiento del sistema de agua potable.

2.6.Descripción del tipo de tratamiento realizado

Como se había mencionado en el punto anterior, el agua que consume el Barrio Doña Ana de Guayllabamba no presenta peligros para la salud humana, por lo que el personal encargado del control del agua, realiza únicamente un tratamiento con pastillas de ácido tricloroisocianúrico que son colocadas en el tanque de almacenamiento para destruir pequeños microorganismos provenientes de la captación.

Figura 4

Proceso de Cloración del agua en el Tanque 1



Nota: Proceso de Cloración del agua en el Tanque 1. Elaborado por: Los autores

El tratamiento antes descrito se realiza cada cuatro días, se colocan 3 pastillas de 200 gramos cada una en el primer tanque de almacenamiento. Según los análisis del tratamiento por cloración de la Junta Administradora de Agua y Saneamiento Doña Ana de Guayllabamba Las características de las pastillas son las que se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5

Características de pastillas para cloración

Parámetro	Valor típico	Resultado
Cloro disponible %	90min	90.1
Humedad %	0.5max	0.43
PH, 1% Solución Acuosa	2.7 - 3.3	3.1

Nota: Características de pastillas para cloración. Elaborado por: Los autores con información de la Junta Administradora de Agua y Saneamiento Doña Ana de Guayllabamba

2.7.Descripción del sistema de agua potable

Un sistema de agua potable es aquel que está conformado por elementos como tuberías, tanques de almacenamiento, obras de captación, sistemas de bombeo, planta de tratamiento y

desarenadores que al actuar todos en conjunto se encargan de transportar el agua desde la captación hasta los hogares de los habitantes que son beneficiados con el sistema antes mencionado. (Ortiz, 2014, p. 17).

El sistema de agua potable de la Junta Administradora de Agua y Saneamiento Doña Ana de Guayllabamba consta de los siguientes elementos:

2.7.1. Obra de captación

La obra de captación se encarga de tomar el agua de la vertiente superficial o subterránea para abastecer a una población específica utilizando el recurso para consumo humano o para las actividades agrícolas. Estas vertientes son de agua dulce ya que es captada de ríos, quebradas y/o manantiales.

Las captaciones deben tener la capacidad de introducir el caudal máximo prácticamente constante requerido por los usuarios en cualquier época del año para garantizar un servicio óptimo principalmente en temporadas de estiaje (Zambrano Hidalgo, 2017, p. 20). Así mismo esta obra debe garantizar que el material sólido se quede retenido a la entrada de esta.

El sistema de agua potable de la Junta Administradora de Agua y Saneamiento Doña Ana de Guayllabamba es abastecido mediante la captación de dos vertientes subterráneas, las mismas que mantienen un caudal casi constante a lo largo de todo el año. La captación se la realiza a través de dos estructuras de hormigón armado tipo cajón en donde llega el agua directamente a las zanjias que se encuentran en el fondo de estos. Las características de los tanques son las siguientes:

Tabla 6*Coordenadas puntos de captación*

	Coordenadas	
	Este	Norte
Captación 1	795072.00 m E	9992776.00 m S
Captación 2	795083.00 m E	9992777.00 m S

Nota: Coordenadas puntos de captación. Elaborado por: Los autores

2.7.2. Línea de aducción

La línea de aducción es la tubería encargada de conducir el caudal procedente de la obra de captación hacia un desarenador o directamente a la planta de tratamiento.

Este elemento puede trabajar a gravedad o por bombeo, el primero cuando existe suficiente energía hidráulica para entregar el caudal requerido a un determinado punto, mientras que, el sistema por bombeo se desarrolla cuando el punto de entrega del caudal está por encima del punto de toma de agua o también cuando no la suficiente energía hidráulica para transportar el caudal a un punto requerido (Zambrano Hidalgo, 2017, p. 21).

En el sistema de agua potable analizado en el proyecto cuenta con dos líneas de aducción provenientes de las captaciones, las cuales tienen las siguientes características:

Tabla 7*Características tuberías de Aducción*

	Longitud (m)	Material	Diámetro (mm)
Aducción 1	32.9	PVC	160
Aducción 2	31.6	PVC y Acero	160

Nota: Características tuberías de Aducción. Elaborado por: Los autores

El caudal combinado que transportan las tuberías desde las dos captaciones en conjunto es 4.65 l/s.

Figura 5

Ubicación de fuentes de captación y tanque de almacenamiento



Nota: Ubicación de fuentes de captación y tanque de almacenamiento del sistema de agua.

Elaborado por: Los autores con ayuda de Google Earth

2.7.3. Tanque de almacenamiento

La función principal de este elemento es almacenar los volúmenes necesarios para abastecer el consumo de la población. Esta estructura debe ser de dimensiones suficientes para entregar el caudal necesario a los usuarios en las horas de máximo consumo.

En el proyecto que se realiza, se conoce que el sistema de agua cuenta con 3 tanques de almacenamiento, en donde el tanque 1 ubicado en Cebauco sirve como abastecimiento para el tanque 2 y 3. El agua recorre la red por gravedad desde el tanque 1 hacia el tanque 2, mientras que a partir del tanque 2 al 3 se cuenta con un sistema de bombeo para generar la suficiente carga hidráulica con el fin de conducir el caudal requerido por los usuarios.

En la siguiente tabla se muestra la capacidad de cada uno de los tanques de almacenamiento del sistema de agua:

Tabla 8

Capacidad de los tanques de almacenamiento

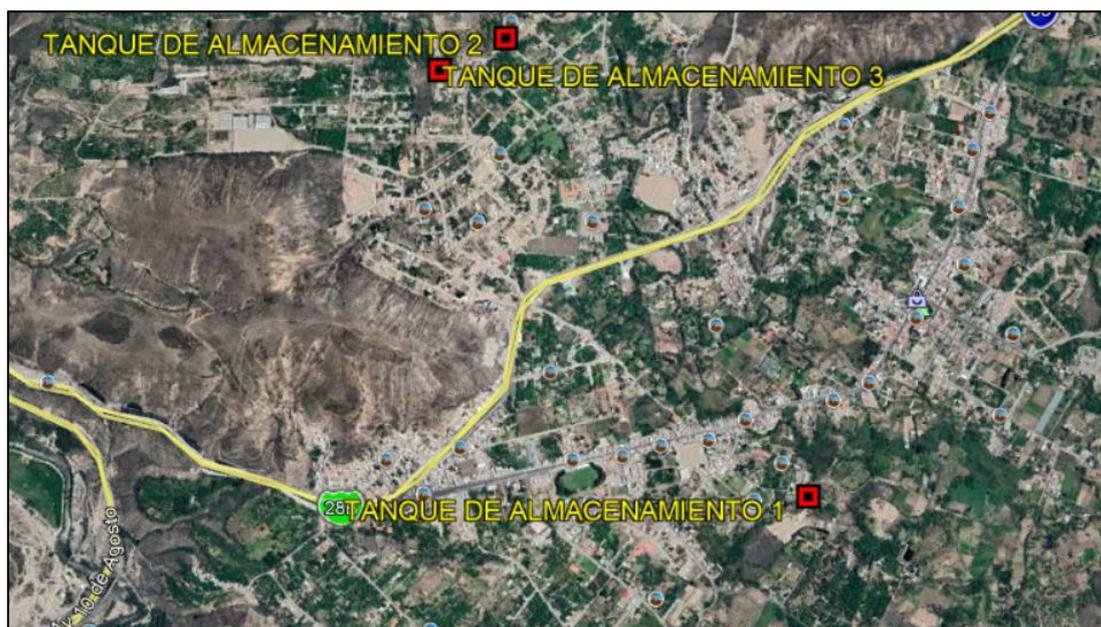
Tanques de Almacenamiento	Coordenadas		Dimensiones			Vol. (m ³)
	Este	Norte	Largo (m)	Ancho (m)	Prof. (m)	
1	795080.00 m E	9992808.00 m S	2.70	2.70	1.30	9.48
2	793938.00 m E	9994473.00 m S	6.60	3.70	2.00	48.84
3	793702.00 m E	9994346.00 m S	9.00	6.20	4.20	234.36

Nota: Capacidad de los tanques de regulación o de almacenamiento del sistema de agua potable de Doña Ana. Elaborado por: Los autores

En la siguiente Figura se muestra la localización de los tanques que forman parte del SAP de Doña Ana de Guayllabamba.

Figura 6

Ubicación de tanques de almacenamiento



Nota: Ubicación de tanques de almacenamiento. Elaborado por: Los autores con ayuda de Google Earth.

2.7.4. Red de distribución

Una red de distribución es un conjunto de tuberías que se encargan de llevar el caudal de agua potable hasta los medidores de los domicilios, se diseña considerando el caudal máximo horario más un caudal de incendios.

La configuración de la red puede ser abierta, cerrada o mixta. La red abierta es aquella que forma ramales originados de una tubería principal y termina en nudos ciegos por su parte la red cerrada es la que forma “mallas” o circuitos cuyos nudos colaboran entre sí para el equilibrio de caudales y presiones finalmente la red mixta es una combinación de las dos anteriores.

Por el trazado preliminar podemos mencionar que la red de distribución del sistema de la Junta de Administradora de Agua y Saneamiento de Guayllabamba es de tipo mixta.

Figura 7

Red de distribución del sistema de agua



Nota: Red de distribución del sistema de agua de Doña Ana de Guayllabamba. Elaborado por: Los autores con ayuda de Google Earth.

Las tuberías de la red de distribución atraviesan predios de algunos moradores, pero en su mayoría se ubica debajo de calles del sector. En resumen, se podría mencionar que el 5% atraviesa predios del sector, 9% atraviesa vías de pavimento flexible, 32% atraviesa vías de lastre y 54% vías de adoquín. Por estimaciones preliminares de la Junta Administradora de Agua y Saneamiento Doña Ana de Guayllabamba se tiene que la red es de 8 Km aproximadamente. Existen puntos limitados de la red que son de fácil acceso y se puede constatar detalles de las tuberías.

2.7.5. Estación de bombeo

Una estación de bombeo es el conjunto de estructuras, equipos y accesorios que permiten elevar el agua desde un nivel inferior a uno superior (aguas subterráneas o superficiales), o que introducen energía de presión en un sistema hidráulico. (Lárraga Jurado, 2016, p. 192).

La estación de bombeo del sistema se encuentra en el tanque de almacenamiento 2 y cuenta con las siguientes estructuras:

Tabla 9

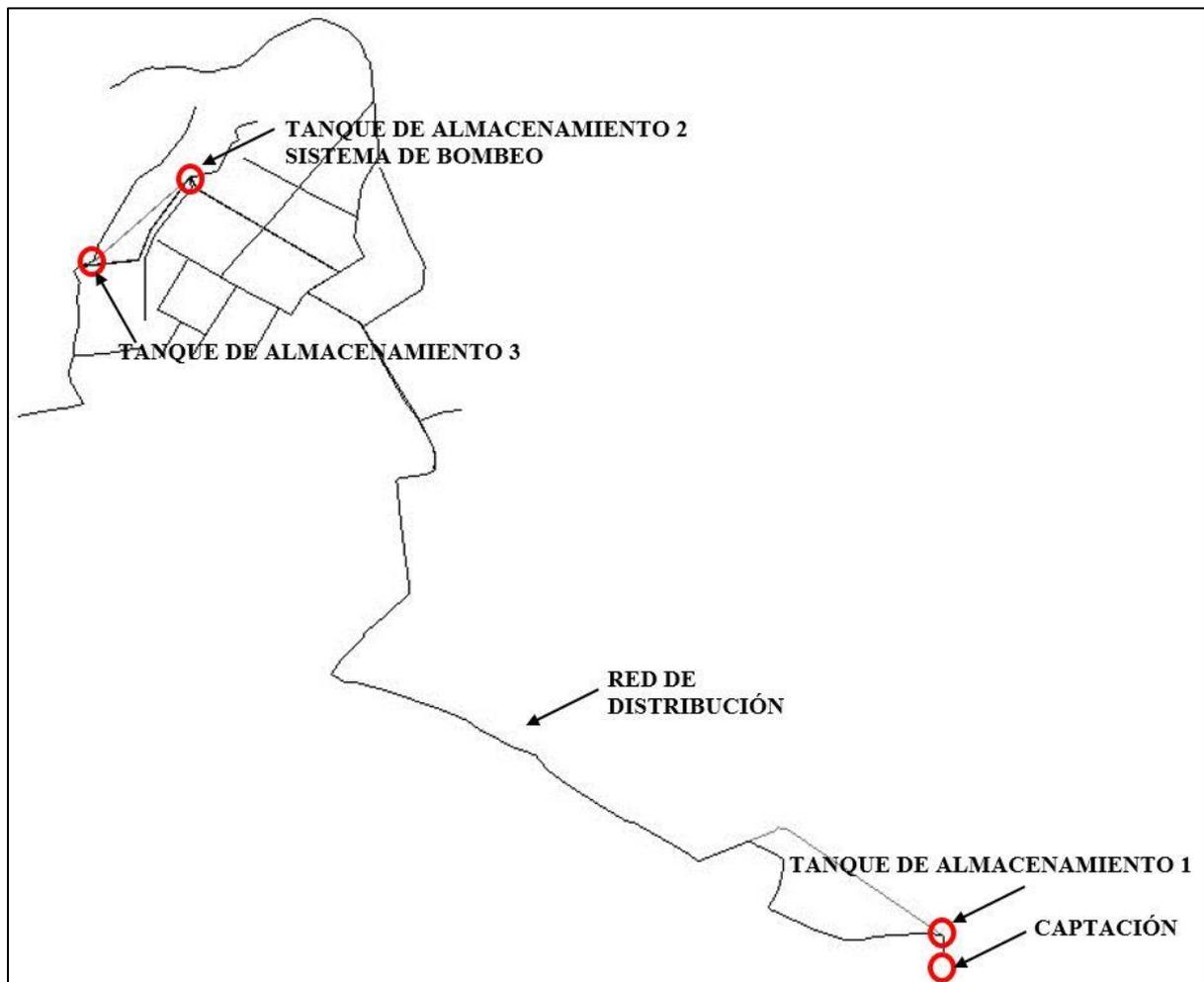
Características de las tuberías que componen el sistema de Bombeo

Elemento	Características
Tubería de succión	PVC, 63 mm de diámetro
Tubería de impulsión	PVC, 63 mm de diámetro
	Manguera de caucho, 50 mm de diámetro
Bomba	W22 Bomba JM Monofásico 5HP

Nota: Características de las tuberías que componen el sistema de Bombeo localizado en el tanque 2. Elaborado por: Los autores.

Figura 8

Esquema general del sistema



Nota: Esquema general del sistema. Elaborado por: Los autores.

CAPÍTULO III

3. TRABAJOS EN CAMPO

3.1. Aforos

Aforar es medir un caudal. En hidrología superficial puede ser necesario medir desde pequeños caudales (unos pocos l/s) hasta grandes ríos con caudales de centenares o miles de m^3/s . Se pueden tener dos tipos de aforos:

Aforos directos. Con algún aparato o procedimiento medimos directamente el caudal

Aforos indirectos o continuos. Medimos el nivel del agua en el cauce y a partir del nivel estimamos el caudal. (Sánchez, 2013, p. 4)

3.1.1. Tipo de aforo a realizar

Para determinar el caudal se utilizaron aforos directos en el tanque de almacenamiento principal debido a que es allí donde descargan directamente el agua las tuberías de aducción. El fondo y las paredes del tanque es de hormigón armado de forma regular lo que nos permitió conocer la variación del volumen de agua en determinados tiempos.

El procedimiento consistió en vaciar completamente el tanque a través de una válvula que al abrirse dirige el agua al sistema de alcantarillado, luego mientras el tanque se llenaba se tomó mediciones de la altura del agua y el tiempo que transcurrió para alcanzar esa altura.

Figura 9

Realización de aforos



Nota: Realización de aforos. Elaborado por: Los autores.

Los elementos utilizados fueron:

- ✓ Regleta
- ✓ Cronometro
- ✓ Libreta de apuntes

A continuación, mostramos los datos de dos aforos:

- **Aforo 1**

Tabla 10

Mediciones del primer aforo

Altura de agua (cm)	Tiempo en el que se tomó la medición (min)	Volumen de agua (m ³)	ΔT (min)	ΔV (m ³)
18.00	4.00	1.31	4.00	1.31
26.00	6.22	1.90	2.22	0.58
31.50	7.17	2.30	0.95	0.40
34.50	8.34	2.52	1.17	0.22
37.00	9.90	2.70	1.56	0.18
41.13	10.18	3.00	0.28	0.30

Nota: Mediciones del primer aforo en el tanque 1. Elaborado por: Los autores.

- **Aforo 2**

Tabla 11

Mediciones del segundo aforo

Altura de agua (cm)	Tiempo en el que se tomó la medición (min)	Volumen de agua (m³)	ΔT (min)	ΔV (m³)
14.26	3.00	1.04	3.00	1.04
22.93	5.25	1.67	2.25	0.63
29.28	7.00	2.13	1.75	0.46
34.52	8.50	2.52	1.50	0.38
39.63	10.00	2.89	1.50	0.37

Nota: Mediciones del segundo aforo en el tanque 1. Elaborado por: Los autores.

Los aforos 1 y 2 realizados para obtener el valor de los caudales que proporcionan las fuentes de captación se ejecutaron en el mes de diciembre del 2020 y enero de 2021.

Es pertinente mencionar que en el mes de enero no existieron lluvias que pudieran cambiar significativamente el caudal de las fuentes de captación subterráneas, por otro lado, en el mes de diciembre presentaron ligeras lluvias en horas de la tarde, sin embargo, el día en que se realizó el aforo no se presenció un evento de precipitación el todo el sector de estudio y sus alrededores.

3.1.2. Determinación de caudales de ingreso de las captaciones

Para la determinación de caudales se tomó los datos obtenidos de los aforos y se utilizó la siguiente expresión:

$$Q = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

Donde:

ΔV: Variación del volumen (m³)

Δt: Variación de tiempo (min)

Q: Caudal (m³/min)

Como resultado de los cálculos realizados se obtuvo el siguiente caudal:

- **Aforo 1:**

Tabla 12

Datos de aforo 1

Q (m³/min)	Q (l/s)
0.33	5.47
0.26	4.38
0.42	7.03
0.19	3.12
0.12	1.95
Promedio	4.39

Nota: Datos de aforo 1. Elaborado por: Los autores

- **Aforo 2:**

Tabla 13

Datos de aforo 2

Q (m³/min)	Q (l/s)
0.35	5.78
0.28	4.68
0.26	4.41
0.25	4.24
0.25	4.14
Promedio	4.65

Nota: Datos de aforo 2. Elaborado por: Los autores

$Q = \text{promedio de caudales aforo 1 y aforo2}$

$$Q = 4.52 \text{ lt/s}$$

3.2. Levantamiento topográfico

Un estudio topográfico el cual consiste en explorar la superficie terrestre en la cual se tienen en cuenta las características físicas, geográficas y geológicas del terreno es fundamental para todo tipo de proyecto u obra civil, por consiguiente, el trabajo a desarrollarse que corresponde a un proyecto de agua potable es primordial contar con un estudio de estos para la ejecución del mismo.

3.2.1. Equipos y programas utilizados

Para la realización del levantamiento topográfico se contó con la disposición de los siguientes equipos y programas:

Equipos:

- ✓ 2 estaciones totales
- ✓ GPS

Programas:

- ✓ CivilCAD
- ✓ AutoCAD
- ✓ Excel

3.2.2. Trabajos de campo

De los trabajos en campo realizados está el levantamiento topográfico para obtener las respectivas curvas de nivel del sitio de estudio, para ello, con la ayuda de la estación total se tomó todos los puntos necesarios en cada uno de las unidades del sistema como son las fuentes de captaciones, tuberías de conducción, tanques de almacenamiento y redes de distribución cubriendo el área de implantación de cada una de ellas.

3.2.3. Trabajo de gabinete

Respecto al trabajo de gabinete se ha procesado toda la información obtenida en campo, es decir en base a los puntos tomados de las áreas de implantación de las unidades del sistema de agua potable se ha exportado toda la información al software CivilCad. Todo esto con la finalidad de obtener las respectivas curvas de nivel, las mismas que servirán para la modelación del sistema de agua.

3.3.Perforaciones exploratorias

3.3.1. Trabajos de campo

Las perforaciones realizadas son de tipo calicatas de aproximadamente de sección 30x50 cm y de profundidad variable, se las realizó en los sitios donde era posible ya que como la red de agua potable en su mayoría atraviesa vías del sector no se nos permitía levantar el adoquinado o asfalto de las calles.

Las perforaciones realizadas en su mayoría se realizaron en propiedad privada y en suelos de fácil remoción. El procedimiento consiste en utilizar herramientas manuales para remover el suelo hasta encontrar la profundidad a la que se encuentra la tubería.

Figura 10

Excavación de pozos para identificación de tuberías



Nota: Excavación de pozos para identificación de profundidades de tuberías. Elaborado por:
Los autores.

Las herramientas utilizadas fueron:

- ✓ Barras
- ✓ Picos
- ✓ Palas
- ✓ Cinta amarilla de peligro
- ✓ Flexómetro
- ✓ Libreta de apuntes

Se realizaron las siguientes perforaciones:

Tabla 14

Perforaciones exploratorias

Orden	Coordenadas		Dimensiones		
	Este	Norte	Largo (m)	Ancho (m)	Profundidad (m)
1	795083.40 m E	9992794.16 m S	0.50	0.50	0.60
2	795072.86 m E	9992829.74 m S	0.50	0.50	0.80
3	795071.81 m E	9992847.16 m S	0.50	0.40	0.80
4	794829.72 m E	9993056.40 m S	0.50	0.50	1.00
5	794218.06 m E	9993743.47 m S	0.40	0.40	0.30
6	794295.20 m E	9993850.10 m S	1.00	1.00	0.90
7	794331.87 m E	9994197.01 m S	0.50	0.50	0.80
8	793771.71 m E	9994786.06 m S	0.50	0.50	0.90
9	793664.56 m E	9994081.47 m S	0.50	0.50	0.60
10	793562.73 m E	9994076.76 m S	0.50	0.50	0.80

Nota: Perforaciones exploratorias para reconocimiento de tuberías. Elaborado por: Los autores.

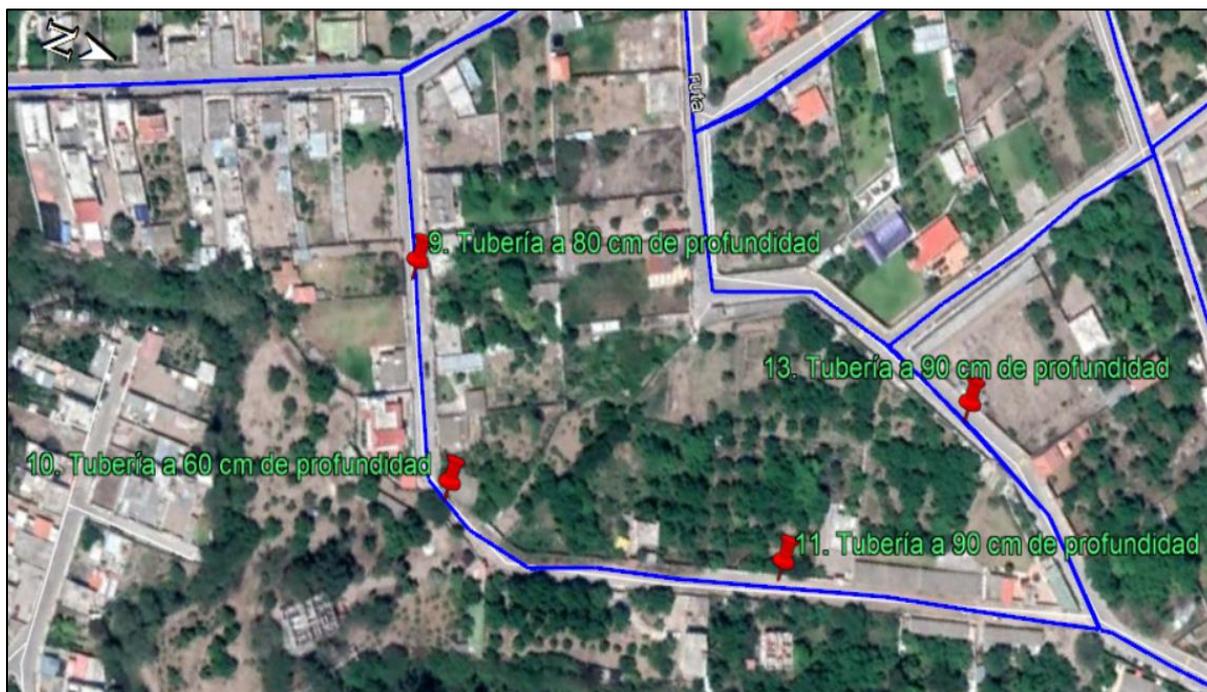
En los lugares que no era posible perforar se hicieron recorridos con miembros de la Junta Administradora de Agua y Saneamiento Doña Ana de Guayllabamba quienes indicaron la profundidad a la que se encontraban las tuberías.

3.3.2. Trabajos de gabinete

Una vez que se realizaron los trabajos de campo se recopiló toda la información de profundidades de la red de agua potable, esta información se ingresó en el programa Google Earth Pro.

Figura 11

Registro de profundidades de tubería de red de agua potable



Nota: Registro de profundidades de tubería de red de agua potable en Google Earth. Elaborado por: Los autores con la ayuda de Google Earth.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS HIDRAÚLICO

4.1. Diseño hidráulico de redes de abastecimiento

Para diseñar una red de abastecimiento de agua potable se deben tener algunas consideraciones en el diseño que le permitan funcionar de manera óptima.

4.1.1. Bases y criterios de diseño para una red de abastecimiento de agua potable

Para diseñar una red de agua potable se deben tener en cuenta cuatro parámetros fundamentales estos son: Población futura, Dotación, Caudales de diseño, Periodo de diseño.

✓ Población futura

Para determinar la población futura existen diferentes métodos, pero como se indicó en el capítulo 2 se empleará el método geométrico para los cálculos utilizando la siguiente expresión.

$$Pf = Po * (e^{rt})$$

$$r = \frac{\log\left(\frac{Pt}{Po}\right)}{\Delta t * (\log(e))}$$

Donde:

Pf = Población futura o proyectada

Pt = población final

Po = Población inicial

r = Tasa de incremento (adimensional)

t = Tiempo en años

Para la obtención de la población inicial y la tasa de crecimiento se analizaron diferentes situaciones, en cada una de ellas la población inicial se consideró con 6 habitantes por lote beneficiario del agua esto por recomendación de la Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento Doña Ana de Guayllabamba para compensar la existencia de conexiones ilícitas:

- Para la población inicial se consideró los usuarios actuales de la red, para obtener la tasa de crecimiento se consideró los usuarios de la red al año 2017 esta información fue proporcionada por la junta administradora de agua y saneamiento de Doña Ana de Guayllabamba.

Tabla 15

Población calculada a partir de los beneficiarios en 2017 y 2021

Pt	1452	hab
Po	1260	hab

Nota: Población calculada a partir de los beneficiarios en 2017 y 2021. Elaborado por: Los autores.

- Para la población inicial se consideró los usuarios actuales de la red, la tasa de crecimiento fue la que se menciona en el Plan de Ordenamiento Territorial de Guayllabamba 2025

Tabla 16

Población calculada con tasa de crecimiento poblacional

Pt	1452	hab
r	3.140	%

Nota: Población calculada con tasa de crecimiento poblacional obtenida del plan de desarrollo y ordenamiento territorial de Guayllabamba 2025. Elaborado por: Los autores.

- Para la población inicial se consideró la de densidad poblacional proyectada de Guayllabamba y para la tasa de crecimiento se consideró la población al año 2010 obtenida con la densidad poblacional para ese año.

Tabla 17

Población calculados a través de la densidad poblacional de Guayllabamba

Pt	247	hab
Po	198	hab

Nota: Población calculados a través de la densidad poblacional de Guayllabamba obtenida del plan de desarrollo y ordenamiento territorial de Guayllabamba 2025. Elaborado por: Los autores.

- Para la población inicial se consideró una densidad poblacional obtenida a través del análisis de una manzana tipo para el año 2018 y para la tasa de crecimiento se realizó el mismo análisis para el año 2009.

Tabla 18

Población calculada a partir de densidad poblacional obtenidos analizando una manzana tipo

Pt	2442	hab
Po	1832	hab

Nota: Población calculada a partir de densidad poblacional obtenidos analizando una manzana tipo. Elaborado por: Los autores.

A continuación, se presenta un cuadro de resumen de las proyecciones poblacionales para los distintos escenarios:

Tabla 19*Proyección poblacional para el sector de Doña Ana de Guayllabamba*

<i>Método</i>	<i>r</i>	<i>Habitantes</i>				
		<i>2018</i>	<i>2020</i>	<i>2030</i>	<i>2035</i>	<i>2045</i>
Beneficiarios actuales (2021) de la red calculados a partir del número de socios. Taza de crecimiento calculada a partir de los beneficiarios en 2017 y 2021	0.0473	-	1452	2330	2951	4734
Beneficiarios actuales (2021) de la red calculados a partir del número de socios. Taza de crecimiento poblacional obtenida del plan de desarrollo y ordenamiento territorial de Guayllabamba 2025	0.0314	-	1452	1988	2326	3183
Beneficiarios actuales (2021) calculados a través de la densidad poblacional de Guayllabamba obtenida del plan de desarrollo y ordenamiento territorial de Guayllabamba 2025. Taza de crecimiento calculada a partir de los beneficiarios en 2010 y 2021 obtenidos de la densidad poblacional en esos años.	0.0221	-	247	308	344	429
Beneficiarios (2018) de la red calculados a partir de densidad poblacional obtenidos analizando una "manzana tipo". Taza de crecimiento poblacional calculada a partir de los beneficiarios en 2009 y 2018 obtenidos por densidad poblacional obtenida.	0.0319	2442	2603	3470	4203	5784

Nota: Resumen de la proyección poblacional para el sector de Doña Ana de Guayllabamba

Elaborado por: Los autores.

Para el análisis se utilizarán las proyecciones poblacionales obtenidos a partir del último escenario.

✓ **Dotación**

La dotación se define como el volumen de agua que necesita un habitante para su consumo básico en un día. Sus valores están normados de la siguiente manera:

Figura 12

Dotaciones recomendadas

POBLACIÓN (habitantes)	CLIMA	DOTACIÓN MEDIA FUTURA (l/hab/día)
Hasta 5000	Frío	120 – 150
	Templado	130 – 160
	Cálido	170 – 200
5000 a 50000	Frío	180 – 200
	Templado	190 – 220
	Cálido	200 – 230
Más de 50000	Frío	> 200
	Templado	> 220
	Cálido	> 230

Nota: Dotaciones recomendadas. Fuente. Código Ecuatoriano de la Construcción Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes.

Debido al clima cálido y a las poblaciones futuras utilizaremos un valor de dotación de 200 l/Hab/día.

✓ **Caudales de diseño**

• **Caudal medio**

Caudal promedio que necesita la población futura para el consumo básico en un día.

Para su obtención utilizaremos la siguiente expresión:

$$Q_{med} = \frac{Pf * Dot}{86400}$$

Donde:

Q_{med} = Caudal medio en l/s

P_f = población futura

Dot = dotación en lt/Hab/día

- **Caudal máximo diario**

Máximo caudal registrado en un día en un periodo de 365 días sin tomar en cuenta el caudal de incendios. Se obtiene con la siguiente expresión:

$$QMD = k1 * Qmed$$

Donde:

QMD =Caudal máximo diario en l/s

Qmed =Caudal medio l/s

K1 =coeficiente de consumo máximo diario (1.3 a 1.5)

K1 =1.3 Adoptado para zona urbana

- **Caudal máximo horario**

Máximo caudal registrado en una hora en un día en un periodo de 365 días sin considerar un caudal de incendios. Se obtiene con la siguiente expresión:

$$QMH = k2 * QMed$$

Donde:

QMH = Caudal máximo diario en l/s

Qmed =Caudal medio en l/s

K2 = coeficiente de consumo horario (2 – 2.3)

K2 = 2.2 Adoptado para zona urbana

- **Caudal de incendios**

Es un caudal utilizado para incendios su valor se muestra en la siguiente Figura:

Figura 13

Caudal para incendios

NUMERO DE HABITANTES (en miles)	NUMERO DE INCENDIOS SIMULTÁNEOS	DOTACIÓN POR INCENDIO (l/s)
5	1	10
10	1	10
25	2	10
50	2	20
100	2	25
200	3	25
500	3	25
1000	3	25
2000	3	25

Nota: Caudal para incendios en función del número de habitantes. Fuente: Código Ecuatoriano de la Construcción Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes.

A continuación, se muestra una tabla de resumen de los caudales de diseño para los distintos periodos de diseño:

Tabla 20

Caudales de diseño

Pf (Hab)	Qmed (l/s)	QMD (l/s)	QMH (l/s)
0 años	3.36	4.37	7.39
10 años	8.03	10.44	17.67
15 años	9.73	12.65	21.40
25 años	13.39	17.40	29.45

Nota: Caudales de diseño para distintos periodos de análisis. Elaborado por: Los autores.

✓ **Presiones**

Para una red de agua potable es necesario considerar dos tipos de presiones, la presión estática que no es más que la presión cuando el agua se encuentra en reposo (cota piezométrica

en el sistema de distribución cuando no hay consumo de agua) y la presión dinámica que es la presión del agua cuando esta se encuentra en movimiento (cota piezométrica en el sistema de distribución cuando hay el consumo de diseño de la red).

Las presiones no pueden exceder un valor máximo de 70 mH₂O y mínimo de 10 mH₂O.

✓ **Velocidades**

Se deben cumplir con velocidades máximas de 4.5 m/s para tuberías de plástico (PVC) y 6 m/s para tuberías de Acero y con velocidades mínimas de 0.45 m/s. Es importante no exceder las velocidades máximas para evitar erosiones y velocidades inferiores a la mínima pueden ocasionar acumulación de sedimentos.

Figura 14

Velocidades máximas de diseño en tuberías a presión

MATERIALES DE LAS PAREDES	VELOCIDAD MÁXIMA m/s
Hormigón (simple o armado)	4,5 a 5
Hierro fundido y hierro dúctil	4 a 5
Asbesto – cemento	4,5 a 5
Acero	6
Cerámica vitrificada	4 a 6
Plástico	4,5

Nota: Velocidades máximas de diseño en tuberías a presión en función del material. Fuente: Código Ecuatoriano de la Construcción Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes.

✓ **Período de diseño**

Para la determinación del periodo de diseño se deben considerar aspectos como tipo de materiales, factibilidad de construcción, tendencia de crecimiento poblacional. De acuerdo a la

tendencia de crecimiento poblacional es conveniente elegir periodos de diseño más largos para cuando el crecimiento es lento y viceversa.

El periodo de análisis será a 10, 15 y 25 años siendo este último el periodo de diseño.

✓ **Diámetros**

El sistema de agua potable debe estar diseñado con tubos de diámetros que permitan conducir los caudales de diseño además que sea óptimamente económico. Además, deben cumplir con velocidades mínimas y máximas.

Tabla 21

Diámetros mínimos de acuerdo al número de habitantes

Población	Diámetro mínimo (mm) de tubería principal	Diámetro mínimo (mm) de tubería secundaria
<1000 hab	25	19
1000-3000	50	25
3000-2000	75	50
>2000	100	50

Nota: Diámetros mínimos de acuerdo al número de habitantes. Fuente: Mena 2016, Tesis de pregrado.

4.1.2. Patrones de Consumo

El sistema de agua potable Doña Ana de Guayllabamba es destinado el 100% para el abastecimiento de consumo doméstico de la población, por lo que no existen consumos en el área de industrial.

Tabla 22*Consumo de sectores*

Sector	Consumo Doméstico %	Consumo Industrial %
Doña Ana 1	100	0
Doña Ana 2	100	0
Doña Ana 3	100	0
San Nicolás	100	0

Nota: Consumo de los distintos sectores de estudio. Fuente: Los autores.

En un sistema de agua potable es importante conocer el comportamiento de la red durante el transcurso del día para un buen análisis del desempeño de la red, para ello se debe conocer el patrón de consumo de las localidades a las cuales abastece el sistema de agua. Estos patrones indican las horas de mayor y menor consumo del caudal proporcionado por la red por parte de los usuarios.

De acuerdo a la información proporcionada referente al vaciado del tanque principal en ciertas horas del día se pudo determinar las horas de máximo consumo y consumo alto. Gracias a esta información de la junta administradora de Doña Ana de Guayllabamba se ha logrado generar una gráfica en la que se identifica los patrones de consumo, tal como se muestra a continuación.

Figura 15

Patrón de consumo diario



Nota: Patrón de consumo diario para el sector de estudio. Elaborado por: Los autores con información de la Junta Administradora de Agua y Saneamiento Doña Ana de Guayllabamba.

Como muestra la Figura del patrón de consumo generalizada para los barrios Doña Ana 1, Doña Ana 2, Doña Ana 3 y San Nicolás las horas de mayor de consumo se presenta para las 12:00 y 13:00 horas, puesto que son aquellas horas las que presentan un coeficiente de consumo máximo horario k2 más elevado 2.2. Dicho coeficiente ha sido asignado según la norma para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, en donde establece que el parámetro mencionado tiene un rango de $k_2 = [2.0 - 2.3]$.

4.1.3. Pérdidas de carga

La pérdida de carga en una tubería o canal, es la pérdida de energía dinámica del fluido debido a la fricción de las partículas del fluido entre sí y contra las paredes de la tubería que las contiene. Estas pérdidas pueden ser continuas, a lo largo de conductos regulares o accidental

o localizada, debido a circunstancias particulares, como un estrechamiento, un cambio de dirección, la presencia de una válvula, etc.(López, 2009, p. 36).

Este parámetro es fundamental en el diseño de una red de agua potable, debido a que nos permite determinar parámetros como velocidades y presiones con las que el caudal llega a un punto determinado, identificando si aquellos parámetros mencionados están o no dentro de los rangos establecidos por normativa; por consiguiente, se debe lograr que dichas pérdidas sean mínimas para lograr un diseño óptimo.

Las pérdidas en las tuberías pueden ser de dos tipos como se describen a continuación:

➤ **Pérdidas primarias:**

Estas son también conocidas como pérdidas longitudinales, ya que se generan a lo largo de una tubería en el contacto entre el líquido y la tubería por el rozamiento de unas capas de fluidos con otras (régimen laminar) o las de partículas de fluido entre sí (régimen turbulento).(López, 2009, p. 36)

Las pérdidas longitudinales o primarias se pueden calcular por métodos de varios autores, pero los más utilizados son los métodos de Darcy- Weisbach y Hazen & Williams.

• **Método de Hanzen & Williams**

$$H_f = 10.67 * \frac{L}{D} * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852}$$

Donde:

H_f = Pérdidas por fricción

L = Longitud (m)

D = Diámetro (m)

Q = Caudal (m³/s)

C = Coeficiente de Hazen & William

- **Método de Darcy Weisbach**

$$H_f = \lambda * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

H_f = Pérdidas por fricción

λ = Factor de fricción

L = Longitud (m)

D = Diámetro (m)

V = Velocidad (m/s)

g = Aceleración de la gravedad (m/s²)

Para los cálculos se utilizará el Método de Hazen & Williams en el software WaterCad.

➤ **Pérdidas secundarias**

Cualquier obstáculo en la tubería cambia la dirección de la corriente en forma total o parcial, altera la configuración característica del fluido y ocasiona turbulencia, causando una pérdida de energía, por lo tanto, las válvulas y accesorios en una línea de tuberías alteran la configuración del flujo produciéndose así una pérdida de presión adicional llamada pérdida secundaria o local. (López, 2009, p. 38)

Las pérdidas locales se obtienen a partir de la siguiente expresión:

$$Hl = K * \frac{V^2}{2g}$$

K =Coeficiente de resistencia

V =Velocidad media en el accesorio o en la tubería (m/s)

g =Aceleración de la gravedad (m/s²)

Cabe mencionar que los valores del coeficiente de resistencia K están actualmente establecidas en catálogos propuestos por los fabricantes de los accesorios.

4.2.Análisis y diseño de tanques de almacenamiento

Un tanque de almacenamiento se puede clasificar por un sinnúmero de características, pero las más comunes son:

- La forma de los tanques,
- Posición respecto a la cota de terreno,
- Materiales con los que han sido fabricados.

Este elemento del sistema de agua considerando la forma que presenta pueden ser: circulares, cuadrados, rectangulares, sección variable, entre otros más.

De acuerdo a la posición respecto a la cota de terreno se pueden encontrar tanques elevados, semienterrados y enterrados; los primeros cuando su base está por encima de la cota del terreno, los segundos son aquellos que una parte de su cuerpo se encuentra bajo la cota de terreno y la otra por encima de la misma y finalmente los últimos, aquellos que en su totalidad se encuentran por debajo de la superficie.

Por último, se tiene la clasificación de acuerdo a los materiales que han sido fabricados, los más comunes son aquellos tanques construidos de hormigón armado, metálicos, acero, plástico y muchos más.

Un tanque regulador de almacenamiento en un sistema de agua potable debe ser diseñado para garantizar el cumplimiento de los objetivos que se mencionan a continuación:

- Conservar las presiones en las tuberías encargadas de la distribución a los usuarios de todo el sistema.
- Satisfacer las variaciones de consumo por parte de los usuarios durante el periodo de un día (24 horas), principalmente en las épocas de mayor consumo o estiaje, que es por lo general donde se presentan problemas de abastecimiento a la población y, por otra parte, asegurar el aprovechamiento de caudal en épocas donde el de suministro del tanque es mayor que el consumo.

4.2.1. Consideraciones para el diseño de un tanque

Para el diseño de un tanque de almacenamiento se consideran aspectos como:

- Localización del tanque
- Capacidad
- Tipo de tanque

✓ Localización del tanque

Un tanque de almacenamiento se localiza dependiendo de la topografía, comúnmente se encuentran ubicados antes de la red de distribución y pueden clasificarse de acuerdo a los materiales que han sido elaborados, ubicación sobre la cota de terreno, y la forma que disponen, tal como se había mencionado anteriormente.

✓ Tipo de tanque

Existen tres tipos de tanques de acuerdo a su ubicación en el terreno: enterrado, semienterrado y elevado.

El primero y segundo se utiliza cuando el terreno tiene la suficiente altura para garantizar las presiones mínimas para todos los usuarios, mientras que el tercero se utiliza cuando no existe la carga suficiente para lograr cumplir que las presiones para la población se encuentren dentro del rango establecido por la normativa vigente de la localidad.

✓ **Capacidad del tanque**

Para lograr una capacidad óptima de un tanque regulador o de almacenamiento hay que considerar los siguientes puntos.

- ✓ Compensación de las variaciones horarias
- ✓ Emergencia para incendios
- ✓ Provisión de reserva para cubrir daños e interrupciones en otras estructuras del sistema de agua potable

La manera más exacta de calcular la capacidad de los tanques reguladores es sirviéndose de los datos estadísticos de consumo de la localidad en diversas horas del día. Por lo tanto, la capacidad requerida para compensar dichas variaciones en los consumos esta basa en la curva representativa de las demandas durante las 24 horas del día, construidas durante un periodo de un año.(Corcho R. & Duque S., 1993)

Es importante conocer el tipo de conducción (gravedad o bombeo) por el cual se alimenta el tanque de almacenamiento, puesto que su diseño es distinto para ambos casos.

4.2.2. Diseño del tanque de almacenamiento

A continuación, se desarrolla el procedimiento de diseño para el tanque de almacenamiento principal del proyecto de estudio.

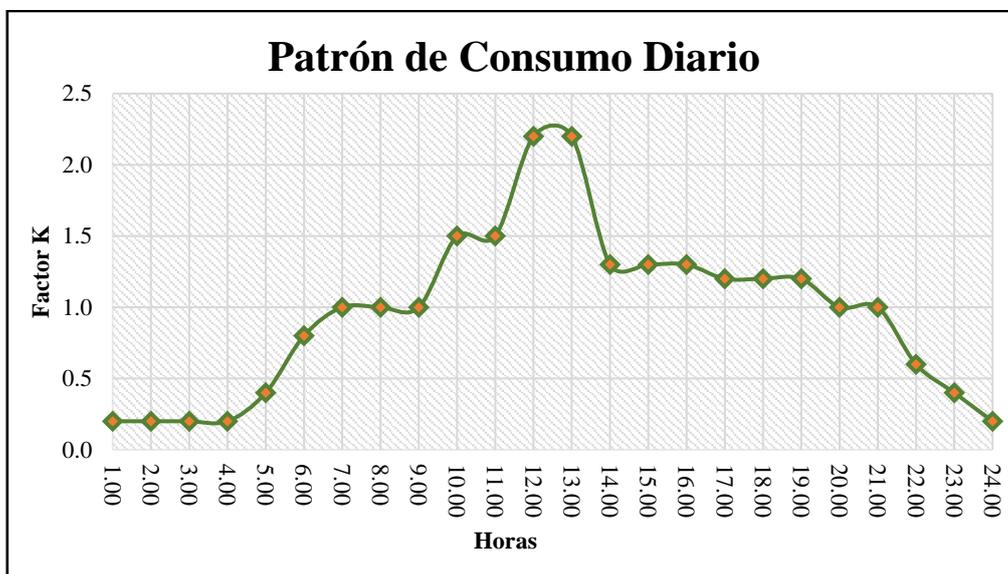
De acuerdo a la información proporcionada por la Junta administradora de agua y saneamiento Doña Ana de Guayllabamba se ha logrado obtener los patrones de consumo para

las 24 horas y en base a la normativa vigente se ha establecido un valor de coeficiente de máximo consumo horario $k_2 = 2.2$, esto en base a la distribución de la población que actualmente es abastecida del sistema de agua.

En la siguiente Figura se muestran los patrones de consumo para el periodo de un día.

Figura 16

Patrones de consumo diario para la determinación del máximo consumo horario



Nota: Patrones de consumo diario para la determinación del máximo consumo horario.

Elaborado por: Los autores con información de la Junta Administradora de Agua y Saneamiento Doña Ana de Guayllabamba.

Se debe realizar el diagrama de masas para determinar las capacidades requeridas de los tanques con el fin de abastecer a los usuarios adecuadamente.

- **Análisis del tanque 1 para sistema actual**

Para realizar el diagrama de masas del tanque 1 es importante conocer el caudal de salida del mismo, para ello aplicando la ecuación de Bernoulli se determina el caudal de ingreso al segundo tanque, el cual abastece a la mayoría de la población del sector de estudio.

- Ecuación de Bernoulli

$$Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} = Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} + hf$$

Donde:

Z_1 y Z_2 =distancia de plano de referencia al primer y segundo punto de análisis respectivamente [m]

P_1 y P_2 =Presiones en el primero y segundo punto de análisis respectivamente [kg/m^2]

V_1 y V_2 =Velocidades en el primero y segundo punto de análisis respectivamente[m/s]

g =aceleración de la gravedad [m/s^2]

γ =peso específico del líquido [kg/m^3]

hf =pérdidas por fricción [m]

Tabla 23*Datos de tanques de almacenamiento del sistema de agua de Doña Ana*

Datos de los tanques 1 y 2		
Cotas	T1	T2
Ci (m) =	2140.60	2125.97
Cf (m) =	2141.90	2127.97
h (m) =	1.30	2.00
h min (m)	0.78	0.20
ΔCi (m) =	13.41	
ΔCf (m) =	13.93	

Nota: Datos de tanques de almacenamiento del sistema de agua potable de Doña Ana.

Elaborado por: Los autores.

Aplicando la ecuación de Bernoulli se ha determinado que el caudal medio que ingresa al tanque 2 es el siguiente:

Tabla 24*Caudales de salida del tanque 1 aplicando la ecuación de Bernoulli*

Caudales de ingreso al tanque 2	
Qmax (m ³ /s)	0.00451
Qmax (l/s)	4.51
Qmin (m ³ /s)	0.00443
Qmin (l/s)	4.43
Qmed (l/s)	4.47

Nota: Caudales de salida del tanque 1 aplicando la ecuación de Bernoulli. Elaborado por: Los autores.

Conociendo el caudal medio de salida del tanque 1 se determina su capacidad o volumen requerido.

Tabla 25*Capacidad de almacenamiento requerida en el tanque 1 para sistema actual*

Capacidad de volumen necesaria del tanque de regulación 1 para sistema actual						
Tiempo (h)	Q salida (l/s)	Vol. De salida (m³)	Vol. De Salida Acu. (m³)	Q. ingreso (l/s)	V. ingreso Acu. (m³)	Variación de Vol. (m³)
0	4.47	0	0	4.65	0	0
1	4.47	16.10	16.10	4.65	16.74	0.64
2	4.47	16.10	32.20	4.65	33.48	1.28
3	4.47	16.10	48.30	4.65	50.22	1.92
4	4.47	16.10	64.40	4.65	66.96	2.56
5	4.47	16.10	80.50	4.65	83.70	3.20
6	4.47	16.10	96.60	4.65	100.44	3.84
7	4.47	16.10	112.70	4.65	117.18	4.48
8	4.47	16.10	128.80	4.65	133.92	5.12
9	4.47	16.10	144.90	4.65	150.66	5.76
10	4.47	16.10	161.00	4.65	167.40	6.40
11	4.47	16.10	177.10	4.65	184.13	7.04
12	4.47	16.10	193.20	4.65	200.87	7.68
13	4.47	16.10	209.30	4.65	217.61	8.32
14	4.47	16.10	225.40	4.65	234.35	8.96
15	4.47	16.10	241.50	4.65	251.09	9.60
16	4.47	16.10	257.60	4.65	267.83	10.24
17	4.47	16.10	273.70	4.65	284.57	10.88
18	4.47	16.10	289.80	4.65	301.31	11.51
19	4.47	16.10	305.90	4.65	318.05	12.15
20	4.47	16.10	322.00	4.65	334.79	12.79
21	4.47	16.10	338.10	4.65	351.53	13.43
22	4.47	16.10	354.20	4.65	368.27	14.07
23	4.47	16.10	370.30	4.65	385.01	14.71
24	4.47	16.10	386.39	4.65	401.75	15.35
Volumen de tanque requerido (m³)						15.35

Nota: Capacidad de almacenamiento requerida en el tanque 1 para sistema actual. Elaborado por: Los autores.

Como se observa en la tabla anterior el volumen del tanque de almacenamiento 1 del sistema de agua potable requerido para aprovechar el caudal de ingreso desde la captación subterránea es de 15.35 m³.

- **Análisis del tanque 2 para sistema actual**

En la siguiente tabla se muestra el cálculo de la capacidad para el tanque de almacenamiento 2 para la demanda actual.

Tabla 26

Capacidad de almacenamiento requerida en el tanque 2 para sistema actual

Capacidad de volumen necesaria del tanque de regulación 2 para sistema actual						
Tiempo (h)	Q (l/s)	Vol. Demandado (m³)	Vol. demandado Acu. (m³)	Q. ingreso req. (l/s)	V. ingreso req. Acu. (m³)	Variación de Vol. (m³)
0	0.67	0	0	3.24	0	0
1	0.67	2.42	2.42	3.24	11.65	9.23
2	0.67	2.42	4.84	3.24	23.29	18.45
3	0.67	2.42	7.26	3.24	34.94	27.68
4	0.67	2.42	9.68	3.24	46.59	36.91
5	1.34	4.84	14.52	3.24	58.23	43.71
6	2.69	9.68	24.20	3.24	69.88	45.68
7	3.36	12.10	36.30	3.24	81.52	45.22
8	3.36	12.10	48.40	3.24	93.17	44.77
9	3.36	12.10	60.50	3.24	104.82	44.32
10	5.04	18.15	78.65	3.24	116.46	37.81
11	5.04	18.15	96.80	3.24	128.11	31.31
12	7.39	26.62	123.42	3.24	139.76	16.34
13	7.39	26.62	150.04	3.24	151.40	1.36
14	4.37	15.73	165.77	3.24	163.05	-2.72
15	4.37	15.73	181.50	3.24	174.69	-6.81
16	4.37	15.73	197.23	3.24	186.34	-10.89
17	4.03	14.52	211.75	3.24	197.99	-13.76
18	4.03	14.52	226.27	3.24	209.63	-16.64
19	4.03	14.52	240.79	3.24	221.28	-19.51
20	3.36	12.10	252.89	3.24	232.93	-19.96
21	3.36	12.10	264.99	3.24	244.57	-20.42
22	2.02	7.26	272.25	3.24	256.22	-16.03
23	1.34	4.84	277.09	3.24	267.86	-9.23
24	0.67	2.42	279.51	3.24	279.51	0.00
Volumen de tanque requerido (m³)						66.10

Nota: Capacidad de almacenamiento requerida en el tanque 2 para sistema actual. Elaborado por: Los autores.

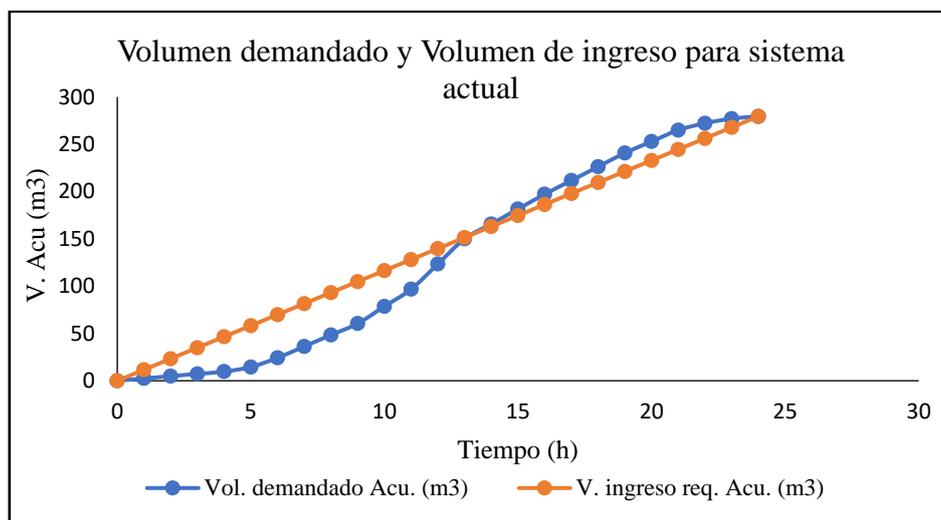
Como se puede observar en la tabla 26 la capacidad requerida del tanque de almacenamiento 2 para el sistema de agua potable actual de Doña Ana para evitar problemas de abastecimiento a los usuarios es de 66.10 m^3 , en donde el caudal medio demandado es de 3.24 l/s , mientras que el de ingreso corresponde a 4.47 l/s el cual es proporcionado por el tanque de almacenamiento 1, por lo tanto, se tiene un caudal excedente de 1.23 l/s , siendo este transportando hacia el tanque 3 mediante el sistema de bombeo.

De lo mencionado se puede decir que, al ser mayor el caudal de ingreso que el de salida no habrá problemas de abastecimiento en el sistema actual, quedando esto comprado en el punto 4.4. mismo que corresponde al análisis del sistema actual que ha sido evaluado en software WaterCad.

En la siguiente Figura se relaciona los volúmenes demandados por los usuarios y el volumen ingresado desde el tanque 1.

Figura 17

Volumen demandado y Volumen de ingreso para sistema actual



Nota: Volumen demandado y Volumen de ingreso para sistema actual. Elaborado por: Los autores.

- **Análisis del tanque 2 para sistema proyectado a 25 años**

Tabla 27

Capacidad de almacenamiento requerida en el tanque 2 para 25 años

Capacidad de volumen necesaria del tanque de regulación 2 para 25 años						
Tiempo (h)	Q (l/s)	Vol. Demandado (m³)	Vol. demandado Acu. (m³)	Q. ingreso req. (l/s)	V. ingreso req. Acu. (m³)	Variación de Vol. (m³)
0	2.68	0	0	12.89	0	0
1	2.68	9.64	9.64	12.89	46.39	36.75
2	2.68	9.64	19.28	12.89	92.78	73.50
3	2.68	9.64	28.92	12.89	139.17	110.25
4	2.68	9.64	38.56	12.89	185.56	147.00
5	5.36	19.28	57.84	12.89	231.95	174.11
6	10.71	38.56	96.40	12.89	278.34	181.95
7	13.39	48.20	144.59	12.89	324.73	180.14
8	13.39	48.20	192.79	12.89	371.12	178.33
9	13.39	48.20	240.99	12.89	417.51	176.52
10	20.08	72.30	313.28	12.89	463.90	150.62
11	20.08	72.30	385.58	12.89	510.29	124.71
12	29.45	106.03	491.62	12.89	556.68	65.07
13	29.45	106.03	597.65	12.89	603.07	5.42
14	17.40	62.66	660.31	12.89	649.46	-10.84
15	17.40	62.66	722.96	12.89	695.85	-27.11
16	17.40	62.66	785.62	12.89	742.24	-43.38
17	16.07	57.84	843.46	12.89	788.63	-54.82
18	16.07	57.84	901.29	12.89	835.02	-66.27
19	16.07	57.84	959.13	12.89	881.41	-77.72
20	13.39	48.20	1007.33	12.89	927.80	-79.53
21	13.39	48.20	1055.53	12.89	974.19	-81.33
22	8.03	28.92	1084.44	12.89	1020.58	-63.86
23	5.36	19.28	1103.72	12.89	1066.97	-36.75
24	2.68	9.64	1113.36	12.89	1113.36	0.00
Volumen de tanque requerido (m³)						263.28

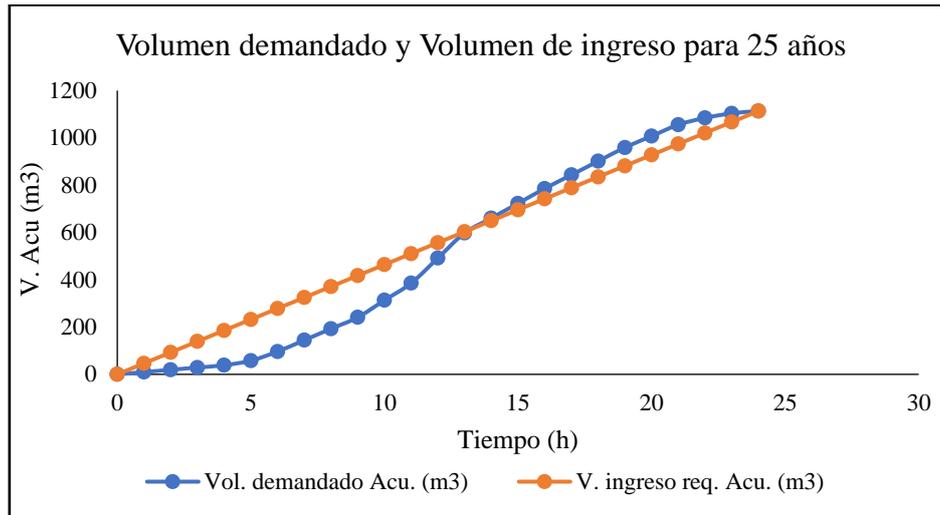
Nota: Capacidad de almacenamiento requerida en el tanque 2 para 25 años. Elaborado por: Los autores.

En la Tabla 27 se presenta el cálculo de la capacidad del tanque 2 para la proyección a 25 años, en donde se puede observar que el volumen requerido del tanque 2 para abastecer a la población sin ningún tipo de inconveniente a todos los usuarios es de 263.28 m³, en donde el

caudal demando por los usuarios es de 12.89 l/s y el caudal de ingreso actual es de 4.65 por lo que existe un déficit de 8.24 l/s, por consiguiente es importante tener una reserva para abastecer a los usuarios sin inconvenientes, puesto que la capacidad del tanque 2 actual es de 48.84 m³.

Figura 18

Volumen demandado y Volumen de ingreso para 25 años



Nota: Volumen demandado y Volumen de ingreso para 25 años. Elaborado por: Los autores.

4.3. Modelamiento del sistema actual

El diseño óptimo de un sistema de agua potable depende de varios factores, principalmente de la localización de todos sus elementos como son los tanques de almacenamiento, válvulas reguladoras y de control, recorrido y espesores de tuberías de distribución y conducción; por consiguiente, es fundamental conocer todo lo mencionado con el objeto de generar una simulación que se aproxime en su mayoría a la realidad.

4.3.1. Tanques de almacenamiento

Los tanques de almacenamiento son estructuras fundamentales en el sistema de agua, puesto que son los que regulan el consumo de la población, por consiguiente, su diseño debe ser capaz de abastecer a toda la población sin interrupciones las 24 horas del día.

El sistema de agua potable de Doña Ana de Guayllabamba cuenta con 3 tanque de almacenamiento, en donde el tanque 2 sirve como tanque de distribución para la mayor parte de la población y se abastece del tanque 1 por gravedad ya que la carga estática es de 13.93m, mientras que el tanque 3 recibe caudal del tanque 2 mediante un sistema de bombeo, debido a que se encuentra a un desnivel de 44.73m.

En la tabla 8 se presenta las capacidades de los tanques que han sido medidas en campo y georreferenciados en coordenadas UTM-WG84.

En la siguiente Figura se muestra, los datos ingresados de los tanques de regulación en el software WaterCad para la respectiva modelación del sistema actual y para años futuros.

Figura 19

Datos de tanques de almacenamiento

ID	Label	X (m)	Y (m)	Elevation (Base) (m)	Elevation (Minimum) (m)	Elevation (Initial) (m)	Elevation (Maximum) (m)	Area (Average) (m ²)	Hydraulic Grade (m)
382	T-1	795361.14	9993025.06	2140.60	2140.60	2141.70	2141.90	7.29	2141.70
968	T-2	793944.08	9994464.37	2125.97	2125.97	2127.67	2127.97	24.42	2127.67
384	T-3	793734.41	9994293.04	2168.00	2168.00	2171.20	2172.20	55.80	2171.20

Nota: Datos de tanques de almacenamiento. Elaborado por: Los autores

4.3.2. Tuberías

Para el reconocimiento de las tuberías que conforman el sistema de agua potable de Doña Ana de Guayllabamba se ha elaborado perforaciones en diferentes puntos tal como se describe en la tabla 14 en base a estas perforaciones realizadas se ha observado qué la mayor parte del sistema de agua se conforma por tuberías de PVC las mismas que se encuentran a una profundidad promedio de 0.80 a 0.90 metros desde la superficie del terreno, estas tuberías en su mayoría son de diámetro de 63 mm .

En la Figura mostrada a continuación se puede apreciar las propiedades de las tuberías ingresadas en el software WaterCad para la simulación de la red.

Figura 20*Propiedades de las tuberías*

ID	Label ▲	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Length (m)	Material
914	P-7	229	J-40	J-46	90.0	229	PVC
915	P-8	389	J-46	J-35	90.0	389	PVC
115	P-9	247	J-35	J-36	90.0	247	PVC
998	P-10	19	J-50	J-51	50.0	19	PVC
987	P-11	279	J-36	J-48	90.0	279	PVC
988	P-12	12	J-48	J-49	90.0	12	PVC
938	P-13	97	J-47	J-26	63.0	97	PVC
81	P-14	72	J-18	J-24	63.0	72	PVC
97	P-15	135	J-24	J-31	63.0	135	PVC
52	P-16	35	J-10	J-11	63.0	35	PVC
80	P-17	70	J-11	J-22	63.0	70	PVC
77	P-18	70	J-22	J-23	63.0	70	PVC
112	P-19	156	J-28	J-2	63.0	156	PVC
107	P-20	123	J-31	J-29	63.0	123	PVC
104	P-21	119	J-29	J-32	63.0	119	PVC
91	P-22	101	J-28	J-29	63.0	101	PVC
118	P-23	217	J-29	J-37	63.0	217	PVC
39	P-24	27	J-5	J-6	63.0	27	PVC
74	P-25	57	J-6	J-20	63.0	57	PVC
70	P-26	56	J-20	J-12	63.0	56	PVC
58	P-27	38	J-14	J-15	63.0	38	PVC
75	P-28	58	J-8	J-14	63.0	58	PVC

Nota: Propiedades de las tuberías del sistema actual. Elaborado por: Los autores.

A continuación, se muestra una tabla de resumen tuberías que conforman el sistema de agua actualmente.

Tabla 28*Resumen de diámetros de tuberías*

Tuberías del sistema actual		
N° Tramos	Diámetro (mm)	Longitud total tramos (m)
2	25.4	643
9	50	2020
39	63	3802
9	90	2324
6	110	897

Nota: Resumen de diámetros de tuberías para el sistema actual. Elaborado por: Los autores.

4.3.3. Caudales medios de diseño

El caudal medio de diseño para la red de distribución de Doña Ana para la simulación actual y años futuros (10, 15, 25) se indican en la tabla 20.

4.3.4. Demandas de los usuarios

Para la simulación de la red de agua potable es fundamental conocer la cantidad de caudal demandado por los usuarios del sistema.

Las demandas en el software se pueden ingresar de dos formas, la más común es ingresar las demandas en los nodos dónde se unen dos tuberías o más, para ello se lo hace mediante los polígonos de Thiessen en donde un caudal unitario es multiplicado por el área que le corresponde a cada nodo. La segunda manera de hacerlo es conociendo la localización de los medidores de los usuarios siendo éste el método que más se acerca a la realidad debido a que se puede conocer las presiones con mayor exactitud con las que llega el caudal a los usuarios del sistema.

Para la asignación del caudal medio (Q_{med}) en el software, y este caso usando la opción que más se asemeja a la realidad, se ha realizado una distribución en función de la distribución de la población, es decir donde hay mayor concentración de usuarios existirá una mayor demanda de caudal y viceversa.

La siguiente tabla muestra cómo se ha distribuido el caudal medio en todos los usuarios del sistema, para todos los escenarios de análisis.

Tabla 29*Caudales de diseño para escenario actual y escenarios de diseño*

Distribución poblacional	Usuarios	Distribución Qmed (l/s)				Demanda para cada Usuario (l/s)			
		0 años	10 años	15 años	25 años	0 años	10 años	15 años	25 años
Zona poco poblada	46	0.50	1.20	1.46	2.01	0.011	0.026	0.032	0.044
Zona medianamente poblada	119	0.84	2.01	2.43	3.35	0.007	0.017	0.020	0.028
Zona muy poblada	77	2.02	4.82	5.84	8.03	0.026	0.063	0.076	0.104
Total	242.00	3.361	8.03	9.73	13.39				

Nota: Caudales de diseño para escenario actual y escenarios de diseño. Elaborado por: Los autores.

La asignación de las demandas para los medidores en el software tanto para la demanda actual como para años futuros se puede observar en la tabla presentada en el Anexo 7.

4.3.5. Sistema de bombeo

Una bomba hidráulica es un equipo que hace que la energía mecánica sea convertida en energía hidráulica. Este equipo se utiliza cuando se requiere llevar caudal de un punto hacia otro que se encuentra a una cota superior de dónde está localizado el sistema de bombeo.

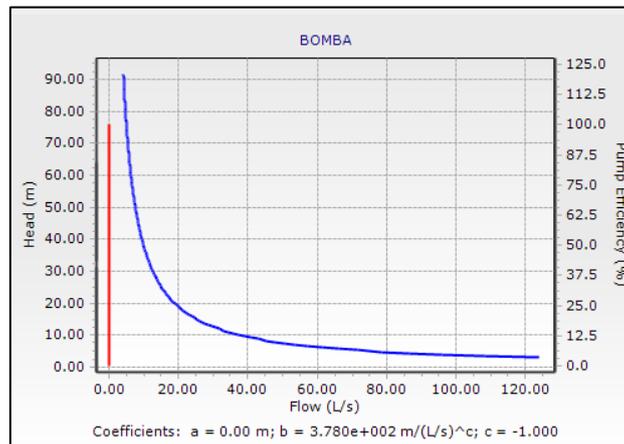
El sistema de agua potable de Doña Ana de Guayllabamba cuenta con un sistema de bombeo que se encuentra localizado en El Tanque 2 el cual transporta caudal hacia el tanque 3 debido a que la cota base del tanque 3 está por arriba del 2.

La bomba utilizada en el SAP de Doña Ana es W22 Bomba JM Monofásico 5HP y sus características se encuentran en el Anexo 3.

Se ha definido la curva para la bomba en base a su potencia de 5 HP, y una eficiencia de motor de 80%.

Figura 21

Curva de la bomba para una eficiencia de motor de 80%



Nota: Curva de la bomba para una eficiencia de motor de 80%. Elaborado por: Los autores.

4.3.6. Controles de bombeo

Es importante colocar un control para la bomba tomando como referencia el tanque 2. Este está basado hasta dónde baja y sube el nivel de agua dentro del tanque, es decir, la bomba se apagará cuando el agua en el tanque llegué a un nivel mínimo mientras que, si el agua sube hasta un nivel máximo la bomba empezará a transportar caudal hacia el tanque 3.

Como se puede observar en la Figura 22 el control asignado a la bomba corresponde a cuando el tanque 2 tiene un nivel de agua menor a 0.50 m se apagará, mientras que si es mayor o igual a 1.70 m la bomba se encenderá.

Figura 22

Controles de bomba

If	Then	Else	CONTROL_T2
T-2 Level \geq 1.70 m	PMP-1 Pump Status = On	<None>	<input checked="" type="checkbox"/>
T-2 Level $<$ 0.50 m	PMP-1 Pump Status = Off	<None>	<input checked="" type="checkbox"/>

Nota: Controles de bomba en el sistema de agua. Elaborado por: Los autores.

4.3.7. Definición de curva de consumo diaria

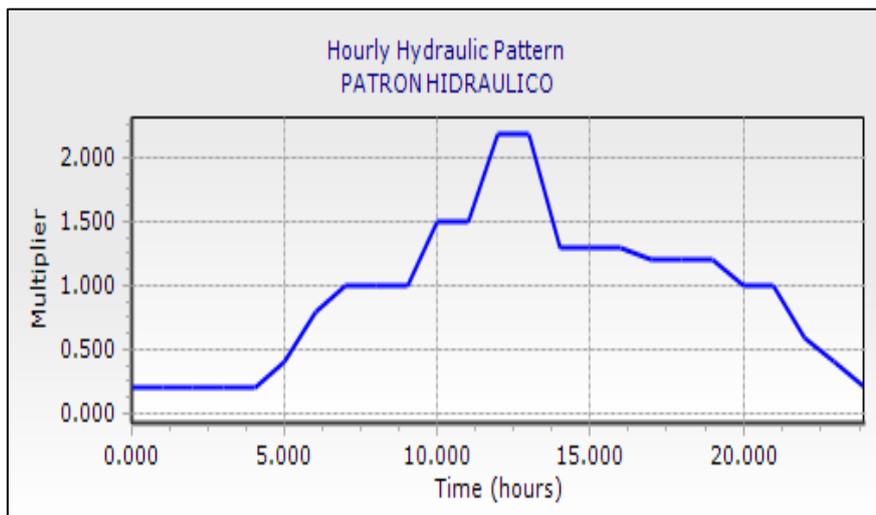
El consumo de agua no es un parámetro constante, esto quiere decir que siempre va a estar sujeto a variaciones diarias durante todo el año, por esta razón es necesario calcular los consumos máximos diarios y horarios, así como los coeficientes de consumo máximos diario y horario respectivamente. (Segovia, 1967, p. 10).

La curva de consumo diario indica el consumo de la población durante un día, es decir los caudales reales demandados por el usuario en el transcurso del día de tal forma que se puede conocer los caudales máximos y mínimos, así como las horas pico donde se presentan dichos consumos.

La Figura siguiente muestra los consumos de los usuarios ingresada en el software WaterCad.

Figura 23

Curva de consumo para el sistema de agua de Doña Ana de Guayllabamba



Nota: Curva de consumo para el sistema de agua de Doña Ana de Guayllabamba. Elaborado por: Los autores.

4.3.8. Escenarios de diseño

Existen dos tipos simulación de un sistema de agua potable en el software WaterCad, uno denominado análisis estático y el otro análisis en periodo extendido, el primero que consiste en un análisis en donde se considera que el caudal de entrega a los usuarios es constante a lo largo de todo el día, mientras que el segundo es un análisis considerando la variación de consumo durante el transcurso de las 24 horas.

4.4. Análisis del sistema actual

4.4.1. Simulación en periodo estático

Este escenario permite conocer resultados de presiones, flujos, velocidades en un momento único, por lo que no es posible conocer como varían los resultados mencionados ni variaciones de niveles de los tanques en el transcurso del tiempo.

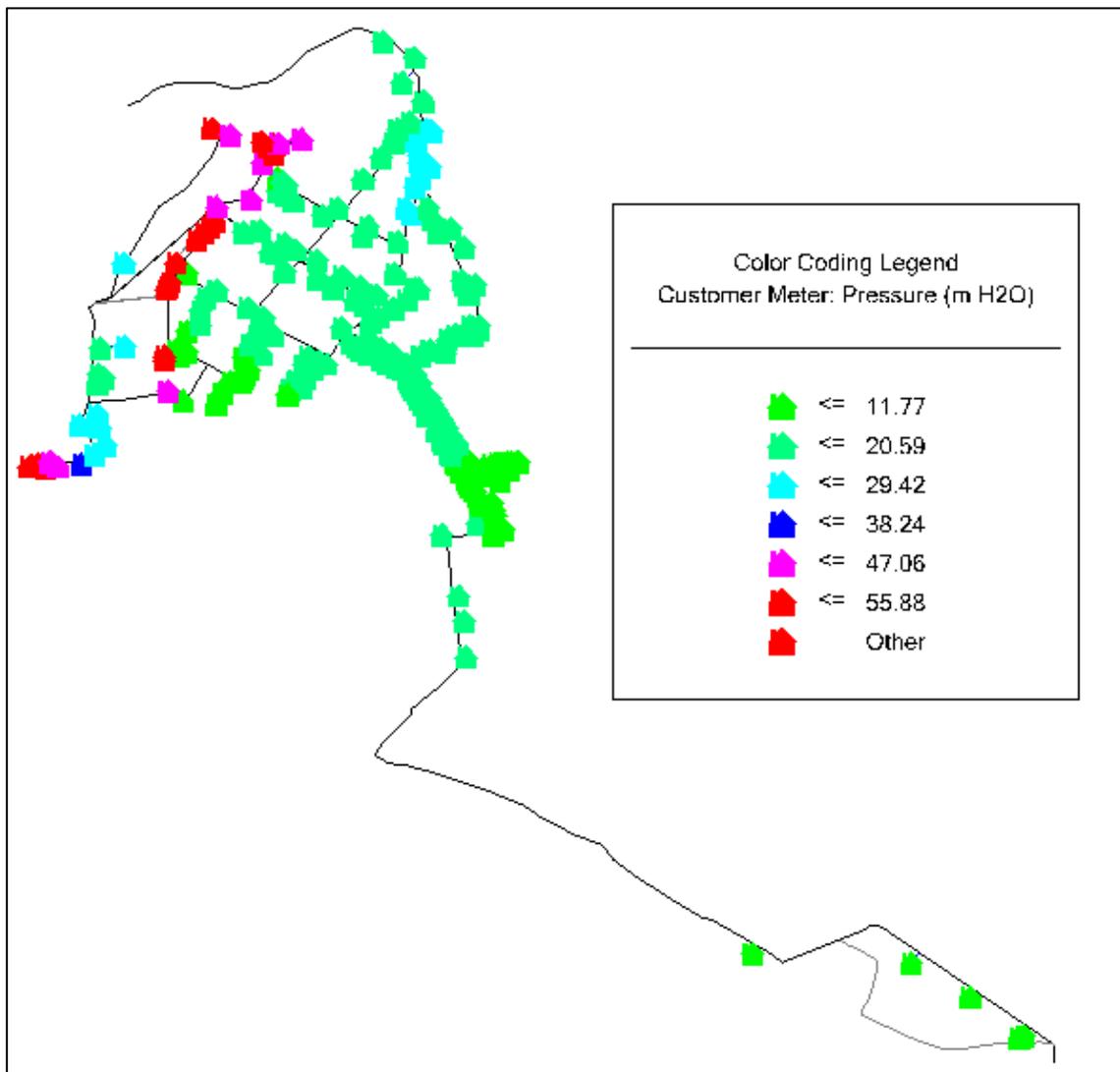
- **Presiones en los medidores**

Realizada la simulación en periodo estático en el software WaterCad se ha obtenido resultados de presiones mínimas y máximas. Para dicho caso de evaluación se tiene presiones mínimas de hasta 2.95 mH₂O y como presiones máximas de 55.98 mH₂O. Esto indica que la presión mínima dentro del sistema no es la correcta puesto que está por debajo de la mínima establecida por normativa, mientras que, la máxima si cumple con la normativa.

Como se observa en la Figura 24 las presiones más críticas es decir las mínimas que no cumplen se encuentran en los puntos más alejados del sistema y en su defecto las cotas de los medidores están a una elevación muy cercana a la del tanque de distribución generándose así bajas presiones en dichos puntos.

Figura 24

Presiones en los medidores para simulación actual



Nota: Presiones en los medidores para simulación del sistema actual. Elaborado por: Los autores.

- **Velocidades en las tuberías**

Los resultados obtenidos en el software WaterCad muestran valores de velocidad mínimas que no se encuentran dentro de los rangos establecidos por normativa, puesto que estas alcanzan un valor de 0.01 m/s, mientras que la velocidad máxima alcanza un valor de

4.4.2. Simulación en periodo extendido

Una simulación en periodo extendido (EPS) de un sistema de agua potable permite evaluar un análisis dónde se puede observar cómo se comporta la red en el transcurso del tiempo cada cierto intervalo, también se puede decir que es el conjunto de simulaciones estática sucesivas. Este tipo de modelación sirve para determinar las variaciones de demanda, velocidades, presiones, estados de bombas es decir si se encuentra apagada o encendida, además, permite identificar niveles en los tanques de almacenamiento.

- **Tanques de almacenamiento**

Luego de realizada la simulación en el software WaterCad con los datos ingresados en la sección 4.3, se ha obtenido que los elementos reguladores o tanques de almacenamiento no presentan problemas de abastecimiento para los usuarios del sistema actual, es decir son abastecidos las 24 horas del día sin inconveniente alguno, debido a que el porcentaje de llenado mínimo de los tanques de almacenamiento durante el día no alcanza ni el 50%.

Tabla 30

Niveles máximos y mínimos en los tanques de almacenamiento para escenario actual

Elemento	Área m²	Altura m	Vol. m³	Llenado Mínimo		Llenado Máximo	
				%	hora	%	hora
Tanque 1	7.29	1.30	9.477	65.0	18:00	100.0	4:00-7:00 22:00- 23:00
Tanque 2	24.42	2.00	48.84	56.0	16:00	100.0	-
Tanque 3	55.8	4.20	234.36	76.2	00:00	100.0	-

Nota: Niveles máximos y mínimos a los que llega el agua durante el día en los tanques de almacenamiento para escenario actual. Elaborado por: Los autores.

Como se observa en la Tabla 30 el porcentaje de llenado mínimo hasta el cual llega el agua en el tanque 1 durante las horas en las que se genera el mayor consumo es 65%, en el tanque 2 es 56% y el tanque 3 llega a 76.2 %.

También se logra determinar que los tanques 2 y 3 tienen un consumo variado, lo que no permite que dichos elementos lleguen a su máxima capacidad, lo que evita problemas de llenado, quedando comprobado de esta manera que la capacidad de estos dos últimos elementos es suficiente para abastecer a los usuarios sin ningún tipo de problema.

Por otra parte, de acuerdo a los resultados obtenidos en WaterCad se tiene que el tanque 1 presenta un problema de llenado específicamente en las horas de 4:00 a 7:00 am y 22.00 a 23:00 pm aproximadamente, es decir que durante estas horas del día el nivel del agua dentro del tanque se encuentra al 100%.

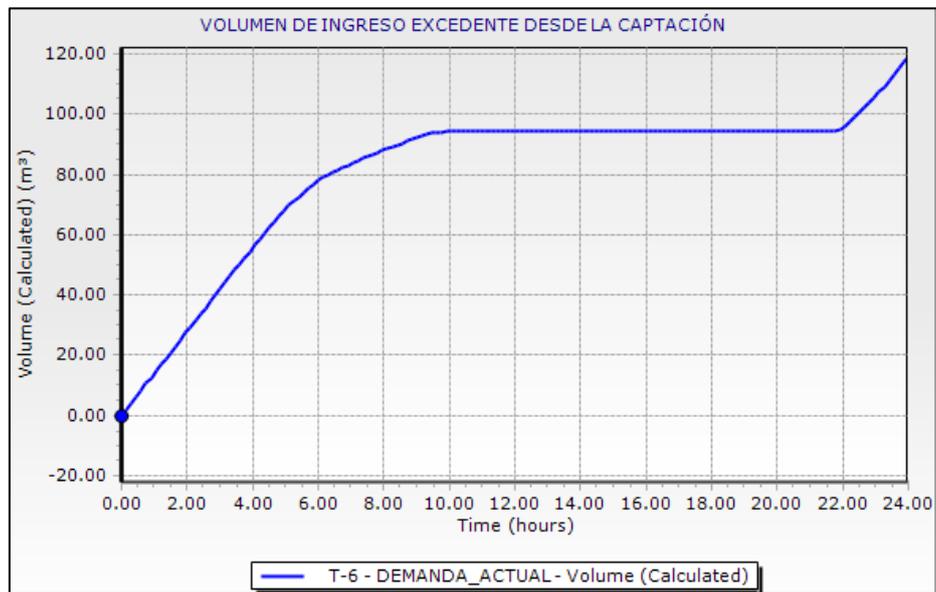
El problema de llenado del tanque 1 en las horas mencionadas se debe a que el caudal de ingreso de las captaciones subterráneas es 4.65 l/s, mientras que el caudal máximo que circula a través de las tuberías del tanque 1 hacia el tanque 2 es de 4.51 l/s tal como se indica en la Tabla 24; por ende, al tratarse de un caudal de ingreso mayor que el de salida y tener una fuente de captación subterránea, el caudal que ingresa al tanque 1 fluirá constantemente generando un volumen excedente que no es aprovechado por los usuarios ya que es enviado hacia la red de alcantarillado.

De acuerdo a lo mencionado, durante el día se produce una pérdida de volumen de agua de aproximadamente 119 m³. Este volumen es medido en el software con la ayuda de un tanque adicional en donde se almacena el excedente de agua que no es consumido por los usuarios.

Como se observa en la siguiente Figura 26, el volumen excedente durante 1 día corresponde al mencionado anteriormente. Además, se tiene que el mayor excedente se está produciendo en las horas de 0:00 a 10:00 am, puesto que es donde se da el menor consumo.

Figura 26

Volumen excedente que ingresa desde la captación al tanque 1



Nota: Volumen excedente que ingresa desde la captación al tanque 1 durante un día. Elaborado por: Los autores.

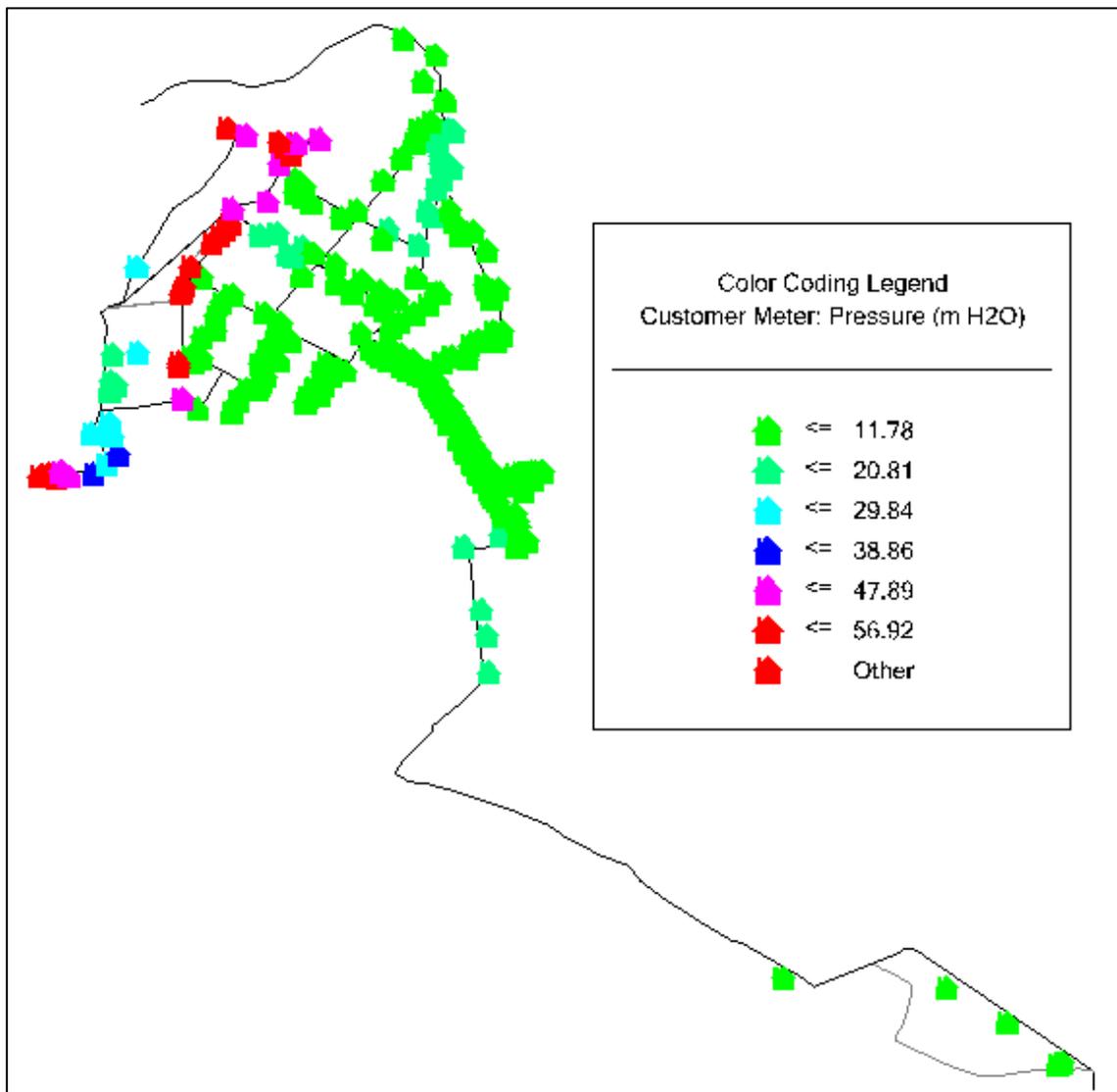
- **Presiones en los medidores**

Los resultados de presiones obtenidos luego de la evaluación en periodo extendido EPS varía en el transcurso del día siendo más críticas en los horarios de mayor consumo.

Cómo se puede observar en la siguiente Figura las presiones en los medidores de los usuarios tienden a disminuir con forme aumenta el consumo de los usuarios. En este caso para las 12:00 pm es donde se tiene las presiones más bajas que corresponde a una mínima de -5.87 mH₂O la cual no es aceptable por ser menor que la admisible, y como máxima se tiene una presión de 56.64 mH₂O.

Figura 27

Presiones en los medidores para simulación actual (EPS)



Nota: Presiones en los medidores para simulación actual (EPS) a las 12H00. Elaborado por: Los autores.

- **Velocidades en las tuberías**

Luego de evaluado el sistema de agua potable actual se ha obtenido resultados de velocidades máximas y mínimas donde las primeras se producen en las horas donde existen un mayor consumo, mientras que la segunda o velocidades mínimas se producen donde la

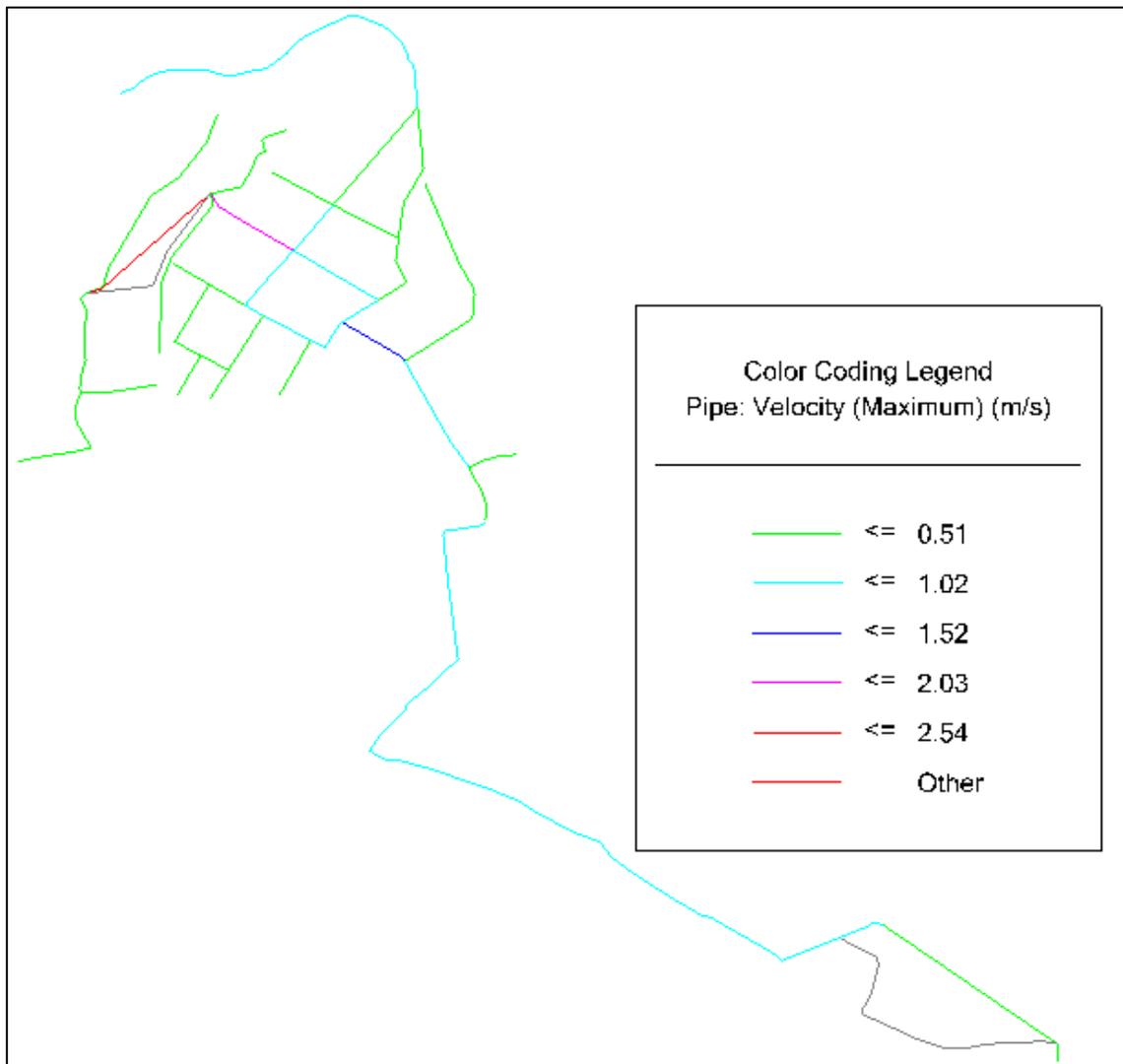
demanda es menor, por lo tanto, la velocidad es directamente proporcional al consumo de los usuarios.

Se tiene como velocidad máxima de 2.54 m/s registrada en el rango de 12:00 a 13:00 horas, mientras que la mínima se registra en las horas de la madrugada.

En los siguientes gráficos se puede observar los rangos de velocidades siendo la que predomina aquellas que se encuentran por debajo a 0.51 m/s.

Figura 28

Velocidades en las tuberías para simulación actual (EPS)



Nota: Velocidades en las tuberías para simulación actual (EPS) a las 12 horas. Elaborado por: Los autores.

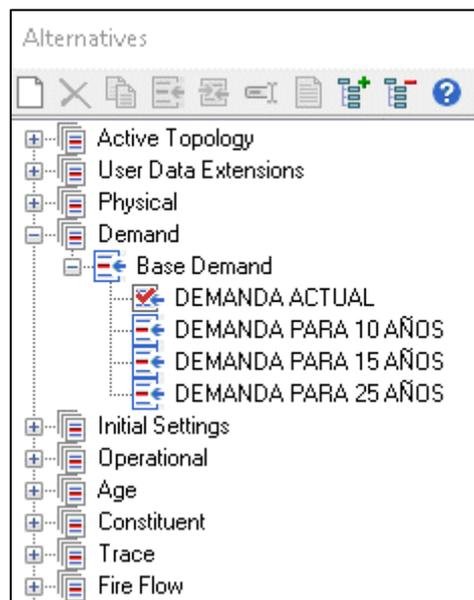
4.5. Modelamiento del sistema para escenarios futuros de diseño

La modelación para escenarios futuros de diseño se toma como referencia a la modelación actual, puesto que es la misma para escenarios futuros con la diferencia de que las demandas para los usuarios son mayores a la actual. Estas demandas son calculadas tomando como referencia a la población que se incrementara en años futuros.

Para la asignación de las demandas en el software es necesario crear nuevas alternativas en la que se puede asignar valores distintos a los ingresados en la alternativa base tal como se muestra en la siguiente figura.

Figura 29

Creación de alternativas para la asignación de demandas



Nota: Creación de alternativas para la asignación de demandas para escenarios futuros de diseño. Elaborado por: Los autores.

Como se observa en la imagen se ha creado una alternativa para cada demanda proyectada, las cuales son asignadas a cada uno de los escenarios para su respectiva modelación.

Las demandas que le corresponde a cada uno de los periodos de diseño se muestran en la tabla 29 y la distribución para cada uno de los usuarios se encuentran en el Anexo 7.

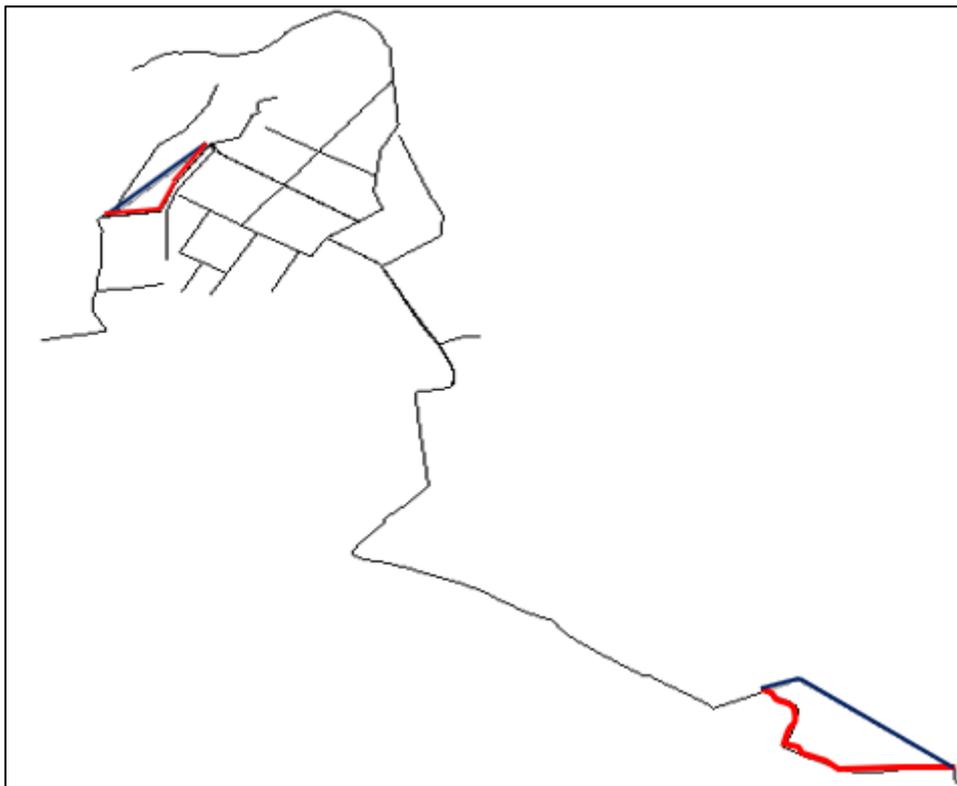
Por otra parte, por pedido de la Junta Administradora de Doña Ana de Guayllabamba ciertas tuberías han sido afectadas en su trayectoria, por consiguiente, la modelación para escenarios futuros ha sido realizada con la modificación de las nuevas tuberías.

4.6. Análisis del sistema para escenarios futuros de diseño

El análisis realizado para escenarios futuros de diseño consiste en un escenario de periodo extendido, en donde se ha realizado la simulación para los 10, 15 y 25 años.

Figura 30

Ubicación de las nuevas tuberías



Nota: Ubicación de las nuevas tuberías para escenarios futuros de diseño. Elaborado por: Los autores.

En la Figura 30 se puede apreciar los cambios realizados en las tuberías, en donde las líneas azules muestran las tuberías existentes, mientras que las rojas indican el nuevo cruce las tuberías. El objetivo de este cambio es evitar la pérdida de caudal en estas trayectorias debido a que, por conocimientos de la Junta Administradora de Doña Ana de Guayllabamba, en estos tramos existen varias conexiones ilícitas que actualmente están reteniendo un caudal considerable.

4.6.1. Simulación para 10 años

- **Tanques de almacenamiento**

De acuerdo a la tabla 31 se puede observar que la capacidad del tanque de almacenamiento 1 no está presentando problemas de abastecimiento, por consiguiente, no es necesario incrementar la capacidad para evitar problemas de llenado cómo sucedía en el caso de la evaluación del sistema actual. Así mismo la capacidad actual no permite el vaciado del mismo.

Tabla 31

Niveles máximos y mínimos en los tanques de almacenamiento para escenario de 10 años

Elemento	Área m²	Altura m	Vol. m³	Llenado Mínimo %	Llenado Mínimo hora	Llenado Máximo %	Llenado Máximo hora
Tanque 1	7.29	1.30	9.477	0.46	19:00	86.82	2:00
Tanque 2	24.42	2.00	48.84	0.00	9:00-20:00	85.00	0:00
Tanque 3	55.80	4.20	234.36	71.92	24:00	100.00	3:00 7:00

Nota: Niveles máximos y mínimos a los que llega el agua durante el día en los tanques de almacenamiento para escenario de 10 años. Elaborado por: Los autores.

Por otra parte, el tanque de almacenamiento 2 está presentando problemas, puesto que al ser el principal tanque de distribución no tiene la capacidad suficiente para almacenar agua

y abastecer las demandas requeridas en las horas de mayor consumo. En este caso la capacidad debe ser incrementada para abastecer a los usuarios en una proyección a 10 años.

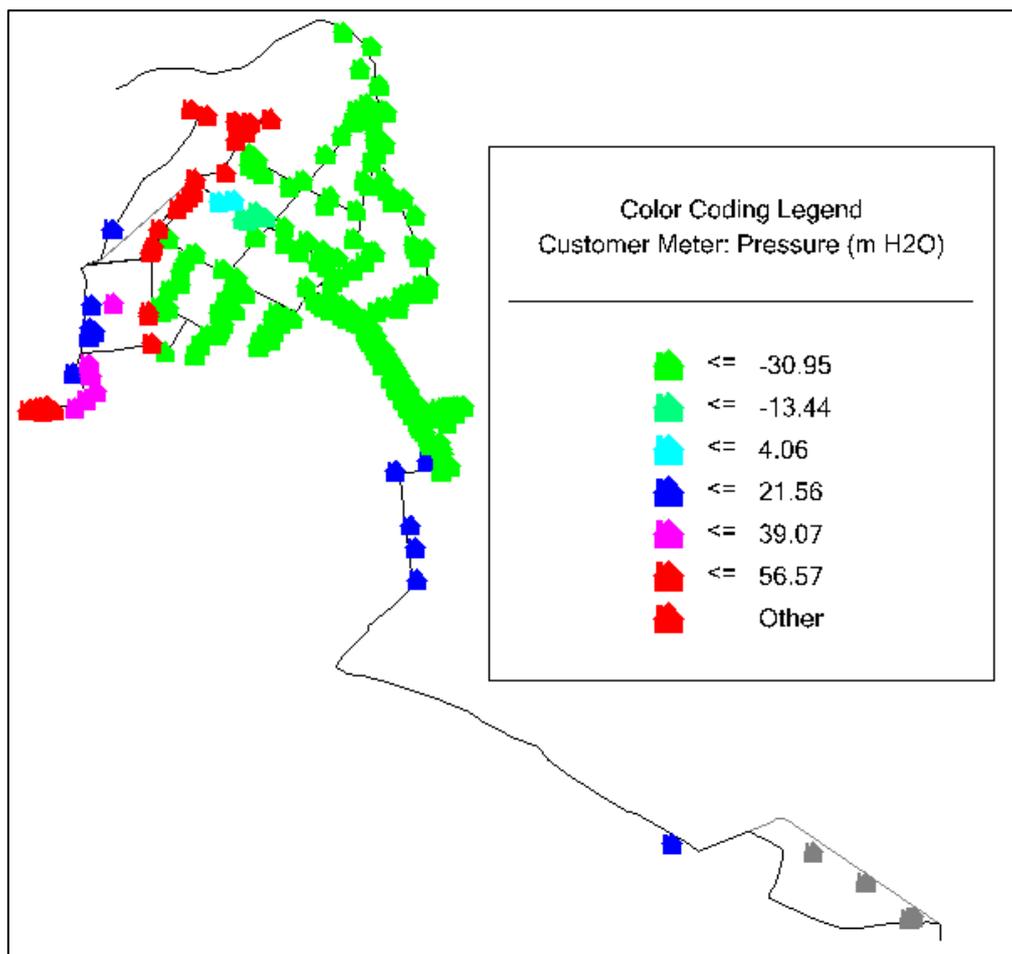
Finalmente se tiene que el tanque de almacenamiento 3 al igual que el tanque 2 no presenta ningún tipo problemas, además su capacidad disminuye hasta un 71.92% debido a su gran capacidad tal como se muestra en la tabla 31.

- **Presiones en los medidores de los usuarios**

Las presiones mínimas que se generan en las horas de mayor consumo llegan a -80.01 mH₂O registradas a las 12:00 horas donde el consumo es mayor y como presiones máximas se tiene valores de 56.12 mH₂O en las horas de la madrugada.

Figura 31

Presiones en los medidores para simulación 10 años



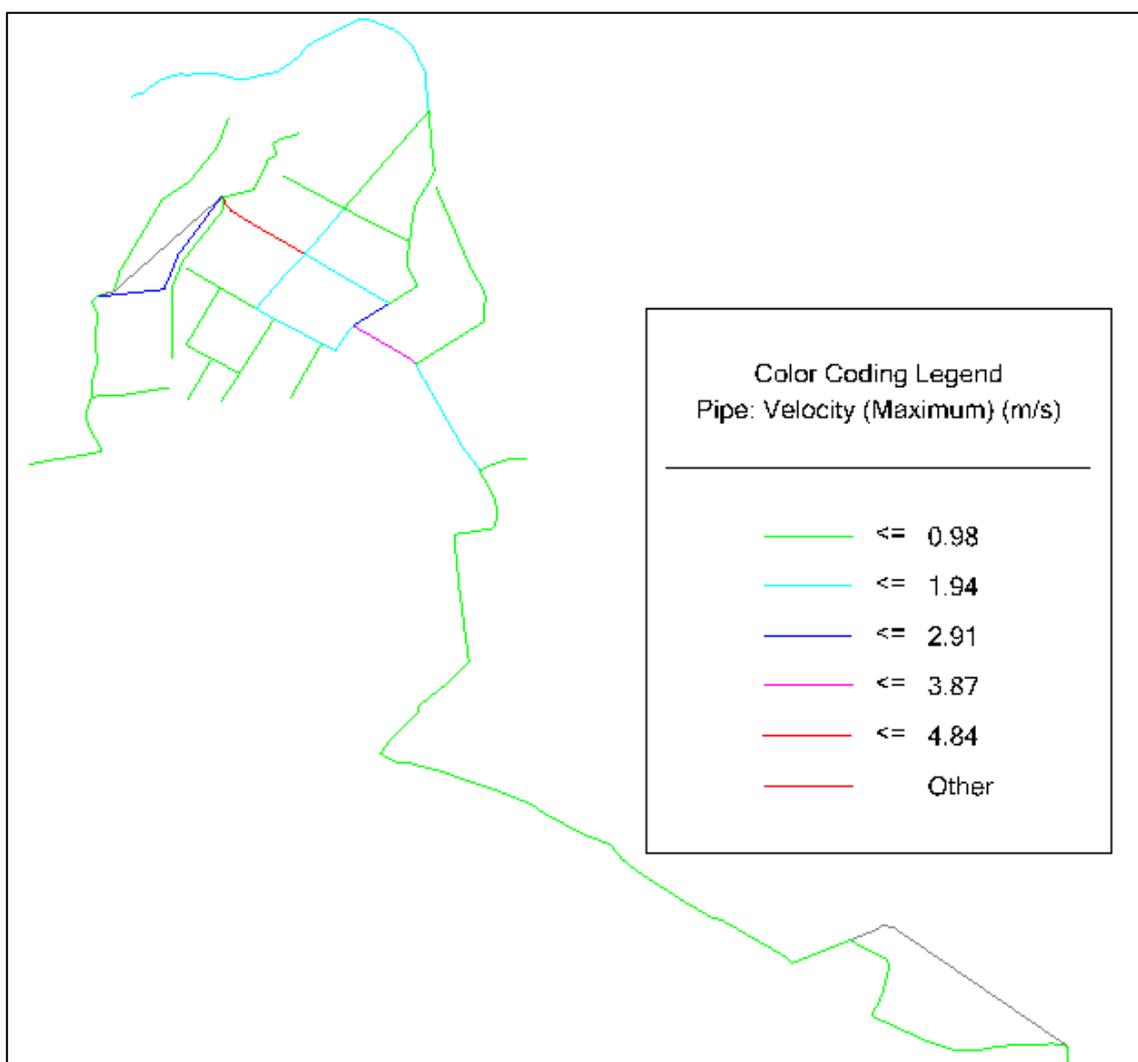
Nota: Presiones en los medidores para simulación 10 años. Elaborado por: Los autores.

- **Velocidades en las tuberías**

Las velocidades registradas para la proyección de 10 años son de 0.01 m/s en las horas de menor consumo, mientras que al generarse una mayor demanda las velocidades tienen aumentar llegando a un valor máximo de 4.84 m/s. Las horas registradas para la primera son en la madrugada y la segunda a partir de las 12:00 horas.

Figura 32

Velocidades en las tuberías para simulación 10 años



Nota: Velocidades en las tuberías para simulación 10 años. Elaborado por: Los autores.

4.6.2. Simulación para 15 años

- **Tanques de almacenamiento**

Tabla 32

Niveles máximos y mínimos en los tanques de almacenamiento para escenario de 15 años

Elemento	Área	Altura	Vol.	Llenado Mínimo		Llenado Máximo	
	m ²	m	m ³	%	hora	%	hora
Tanque 1	7.29	1.30	9.48	0.00	16:00	86.51	1:00
Tanque 2	24.42	2.00	48.84	0.00	8:00-21:00	85:00	0:00
Tanque 3	55.8	4.20	234.36	65:05	24:00	100.00	3:00

Nota: Niveles máximos y mínimos a los que llega el agua durante el día en los tanques de almacenamiento para escenario de 15 años. Elaborado por: Los autores.

Para este escenario vemos que el tanque de almacenamiento 1 se vacía a partir de las 16:00 horas y se llena luego hasta un 20% de su capacidad, pero se vuelve a vaciar lo que implicaría que la población no podría ser abastecida después de esto.

Por otro lado, en el tanque de almacenamiento 2 existen picos que bajan a cero a partir de las 8:00 es decir se vacía este tanque, se vuelve a llenar hasta un 30% de su capacidad y se vacía nuevamente esto debido a que en este se recibe agua desde el tanque 1 pero también se bombea al tanque 3. Esto se podría traducir en problemas al abastecimiento de los sectores a los que llega el agua de forma directa desde el tanque 2.

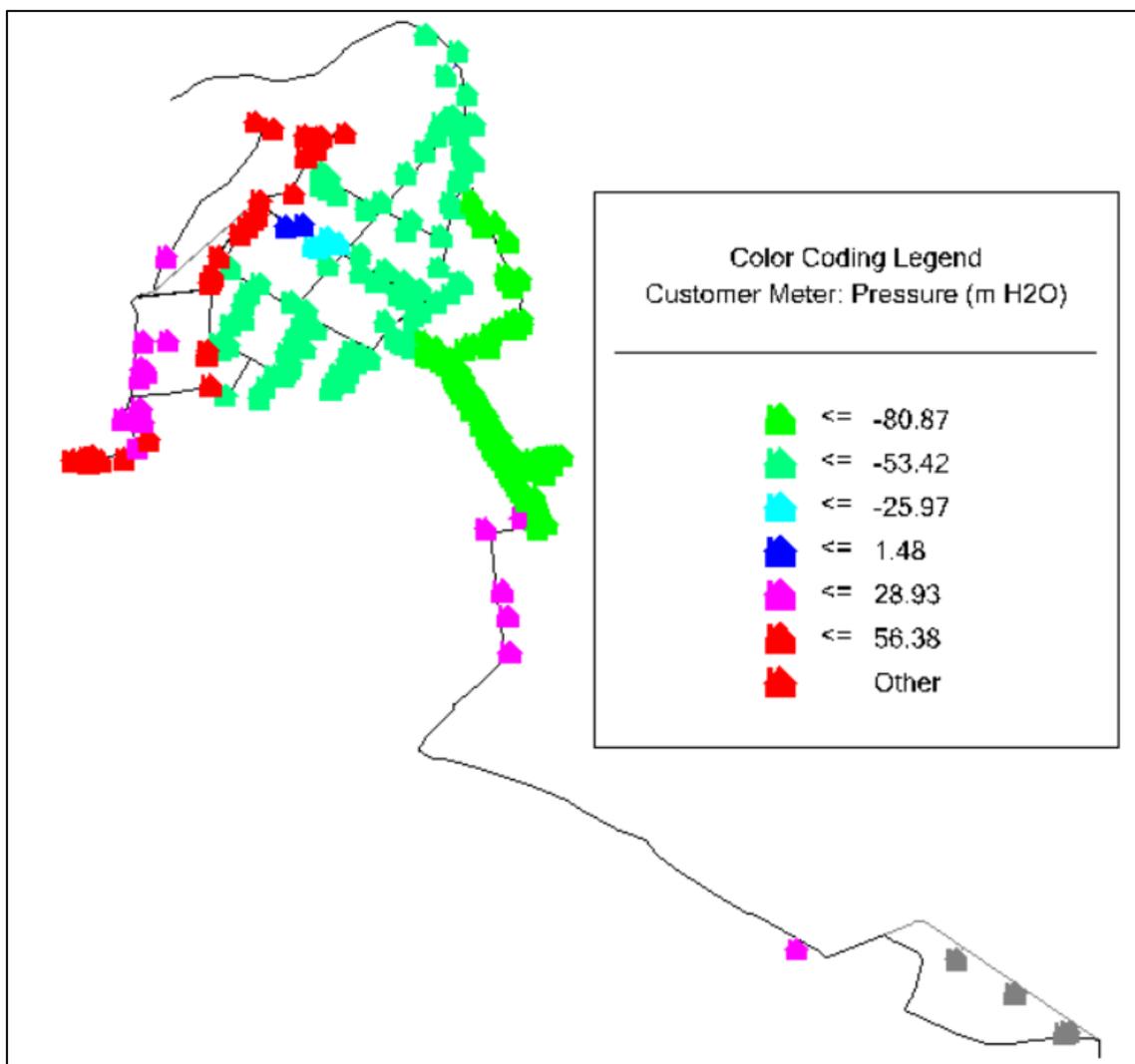
El tanque de almacenamiento 3 no presenta problemas, esto debido a su gran capacidad, sin embargo, como vemos en la tabla 32 este llega hasta 65% de su capacidad al final del día.

- **Presiones en los medidores de los usuarios**

Las presiones mínimas a las que llegan las presiones en las horas de mayor consumo corresponden a -118.32 mH₂O registradas a las 12:00 horas donde el consumo es mayor y como presiones máximas se tiene valores de 56.91 mH₂O en las horas de la madrugada.

Figura 33

Presiones en los medidores para simulación 15 años



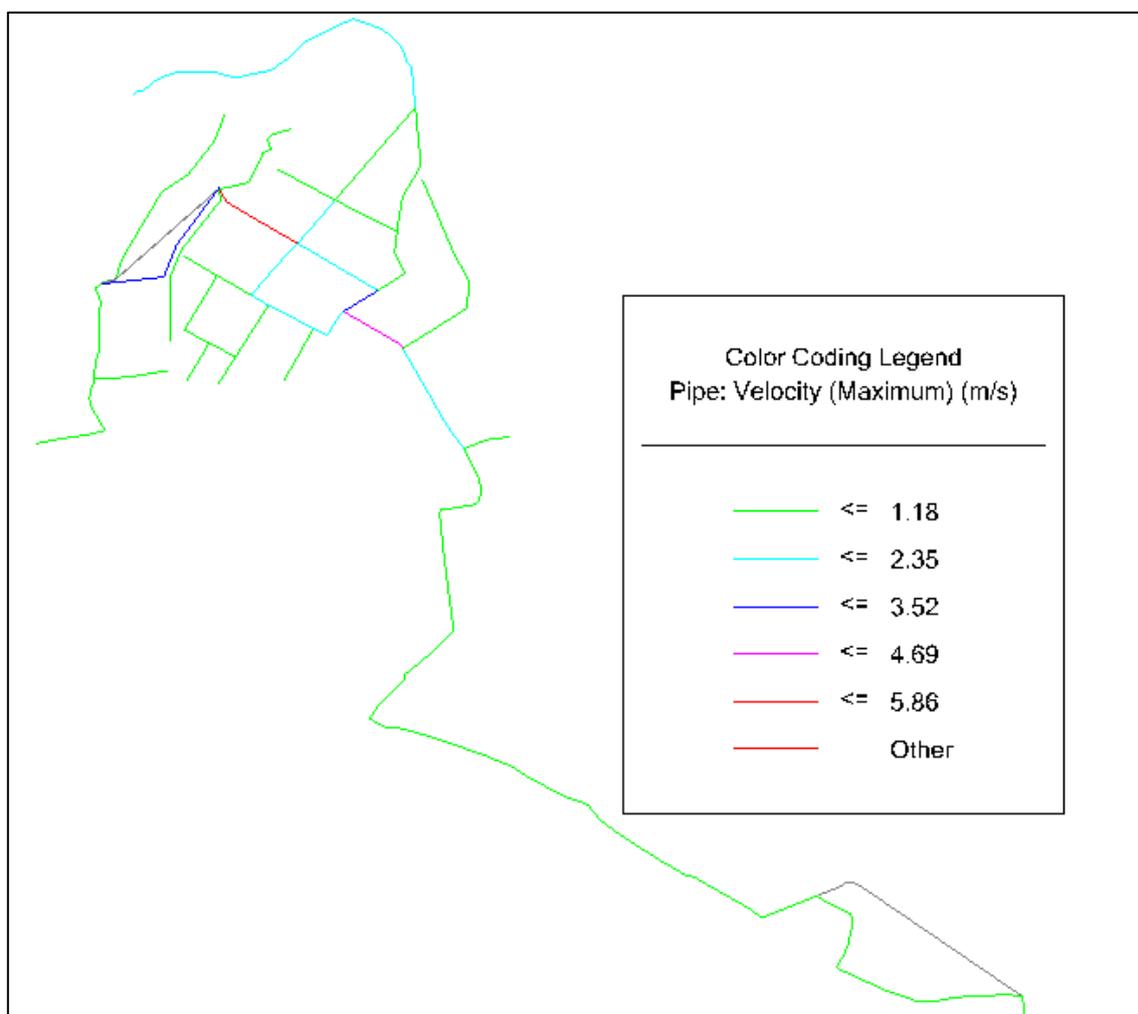
Nota: Presiones en los medidores para simulación 15 años a las 12:00 horas. Fuente: Los autores.

- **Velocidades en las tuberías**

Las velocidades registradas para la proyección de 15 años son de cero 0.001 m/s en las horas de menor consumo (mañana), alcanzando un valor máximo de 5.86 m/s en horas de máximo consumo es decir a partir de las 12:00. Esta velocidad máxima corresponde a la tubería principal que sale desde el tanque 2 y distribuya a gran parte de la población.

Figura 34

Velocidades en las tuberías para simulación 15 años



Nota: Velocidades en las tuberías para simulación 15 años a las 12:00. Fuente: Los autores.

4.6.3. Simulación para 25 años

- **Tanques de almacenamiento**

Tabla 33

Niveles máximos y mínimos en los tanques de almacenamiento para escenario de 25 años

Elemento	Área	Altura	Vol.	Llenado Mínimo		Llenado Máximo	
	m ²	m	m ³	%	hora	%	hora
Tanque 1	7.29	1.30	9.48	0.00	15:00	86.26	1:00
Tanque 2	24.42	2.00	48.84	0.00	6:00-21:00	85:00	0:00
Tanque 3	55.8	4.20	234.36	46.97	23:00	99.23	3:00

Nota: Niveles máximos y mínimos a los que llega el agua durante el día en los tanques de almacenamiento para escenario de 25 años. Elaborado por: Los autores.

Para este escenario vemos que el tanque de almacenamiento 1 se vacía a partir de las 13:00 horas y se llena nuevamente en picos de hasta un 10% de su capacidad lo que implicaría que la población no podría ser abastecida en este tiempo.

Por otro lado, en el tanque de almacenamiento dos existen picos a partir de las 6:00 es decir se vacía, se vuelve a llenar hasta un 25% de su capacidad y se vacía nuevamente esto debido a que en este se recibe agua desde el tanque 1 pero también se bombea al tanque 3. Esto se podría traducir en problemas al abastecimiento de los sectores a los que llega el agua de forma directa desde el tanque 2.

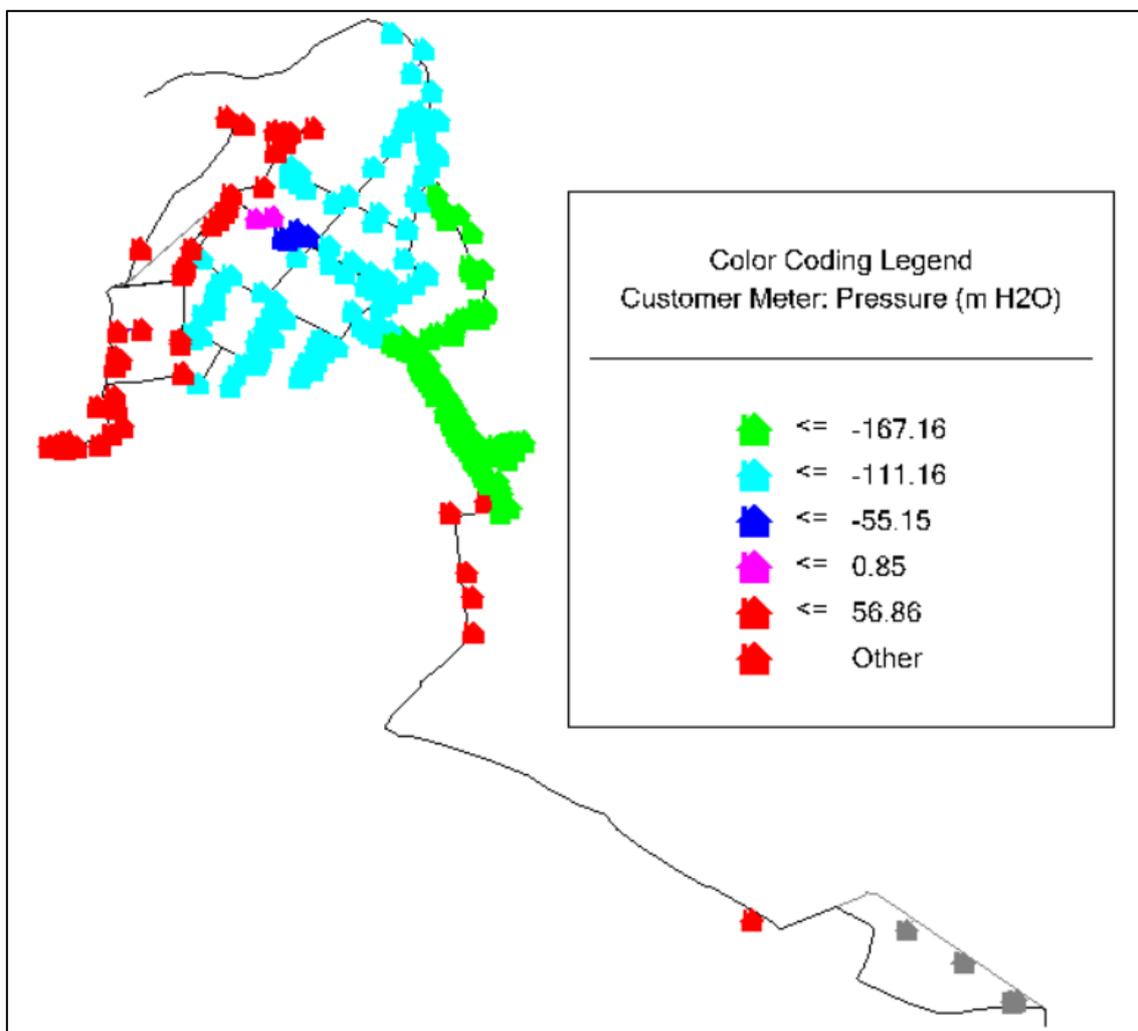
El tanque de almacenamiento 3 no presenta problemas, esto debido a su gran capacidad, sin embargo, como vemos en la tabla 33 este llega hasta 50% de su capacidad al final del día.

- **Presiones en los medidores de los usuarios**

Las presiones mínimas a las que llegan las presiones en las horas de mayor consumo corresponden a -223.17 mH₂O registradas a las 12:00 horas donde el consumo es mayor y como presiones máximas se tiene valores de 56.86 mH₂O en las horas de la madrugada.

Figura 35

Presiones en los medidores para simulación 25 años



Nota: Presiones en los medidores para simulación 25 años a las 12:00. Fuente: Los autores.

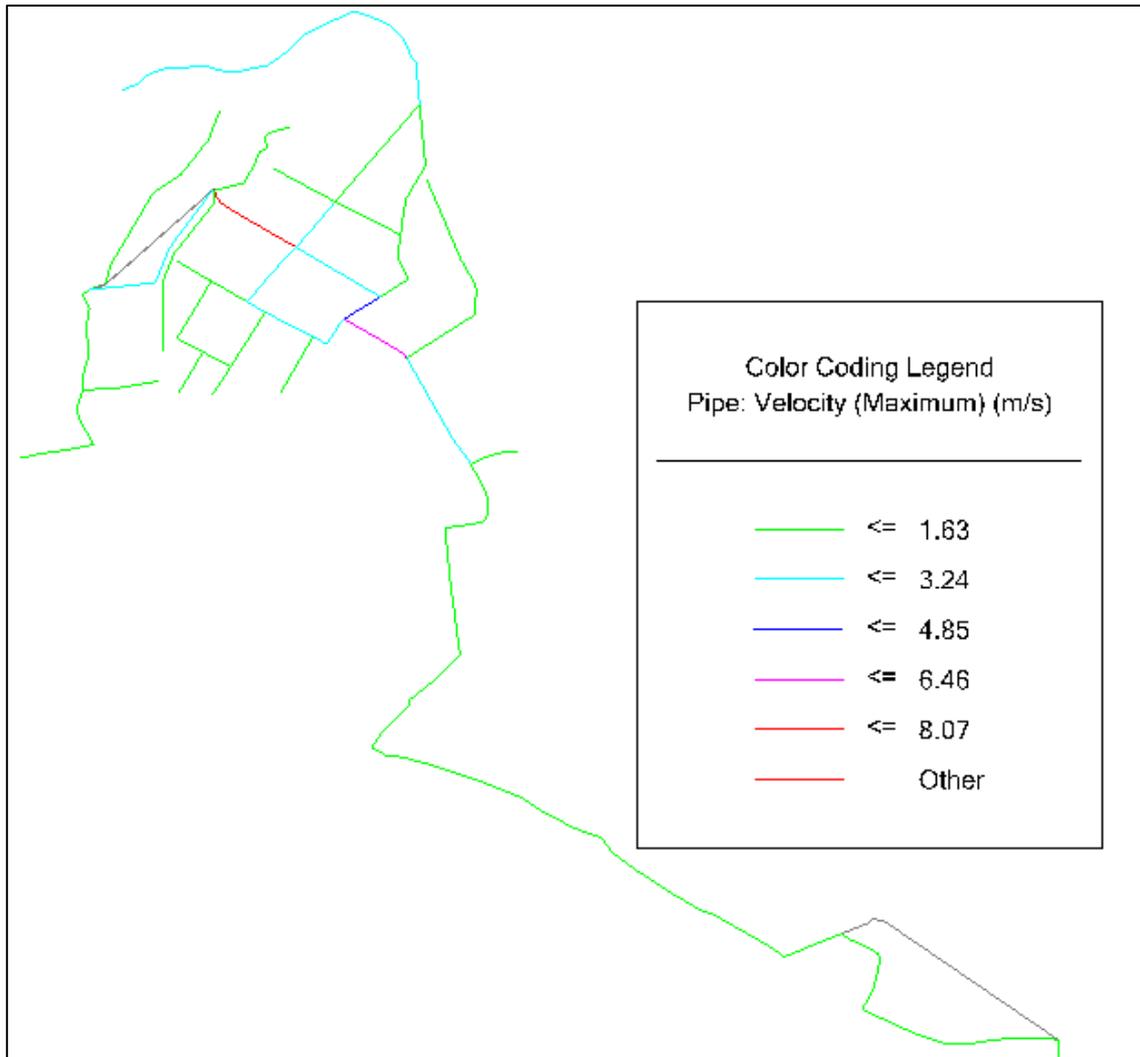
- **Velocidades en las tuberías**

Las velocidades registradas para la proyección de 15 años son de 0.002 m/s en las horas de menor consumo (madrugada), alcanzando un valor máximo de 8.07 m/s en horas de máximo

consumo es decir a partir de las 12:00. Esta velocidad máxima corresponde a la tubería principal que sale desde el tanque 2 y distribuya a gran parte de la población.

Figura 36

Velocidades en las tuberías para simulación 25 años



Nota: Velocidades en las tuberías para simulación 25 años a las 12:00. Fuente: Los autores.

4.7.Optimización del sistema para periodo de diseño (25 años)

La optimización del sistema de agua potable de la Junta administradora de agua y saneamiento Doña Ana de Guayllabamba consiste en el funcionamiento óptimo de los tanques de almacenamiento, además de garantizar las presiones y velocidades adecuadas para el buen servicio del sistema.

Para lograr estos objetivos se tiene que emplear criterios técnicos para obtener una optimización efectiva y que resulte la más económica para repotenciar este sistema.

Como se determinó antes los principales problemas del sistema son el vaciado y llenado de los tanques, con esto también se afecta a las presiones en los usuarios. Para optimizar la red se requiere de tanques de almacenamiento de mayor capacidad cuya finalidad sea almacenar el agua en periodos de menor consumo para satisfacer la demanda en periodos de máximo consumo.

Además, se necesita tuberías de mayor diámetro que disminuyan las pérdidas de carga longitudinales desafectando así a las presiones en los medidores de los usuarios.

Para realizar los cambios a fin de optimizar la red de agua potable para escenarios futuros es necesario tener criterios técnicos, pero también económicos pues se busca la viabilidad del proyecto y que este no resulte con un costo muy elevado. Por esto se buscó la mejor opción tratando de no afectar los elementos del sistema que si funcionan bien o que su cambio no afectaba de manera significativa al sistema y sustituyendo los elementos que si generaban cambios importantes en el funcionamiento de la red.

Como resultado de lo anterior se aumentó la capacidad de los tanques y se cambiaron los diámetros de tuberías para un funcionamiento óptimo. Es importante mencionar que la bomba del sistema no fue afectada pues este fue un requerimiento principal de la Junta Administradora de Agua y Saneamiento Doña Ana de Guayllabamba debido a que actualmente se tienen dos bombas de similares características.

Otra consideración importante en el aumento de la capacidad de los tanques de almacenamiento es respetar los espacios disponibles para no tener inconvenientes con los dueños de los predios en donde se encuentra estos tanques.

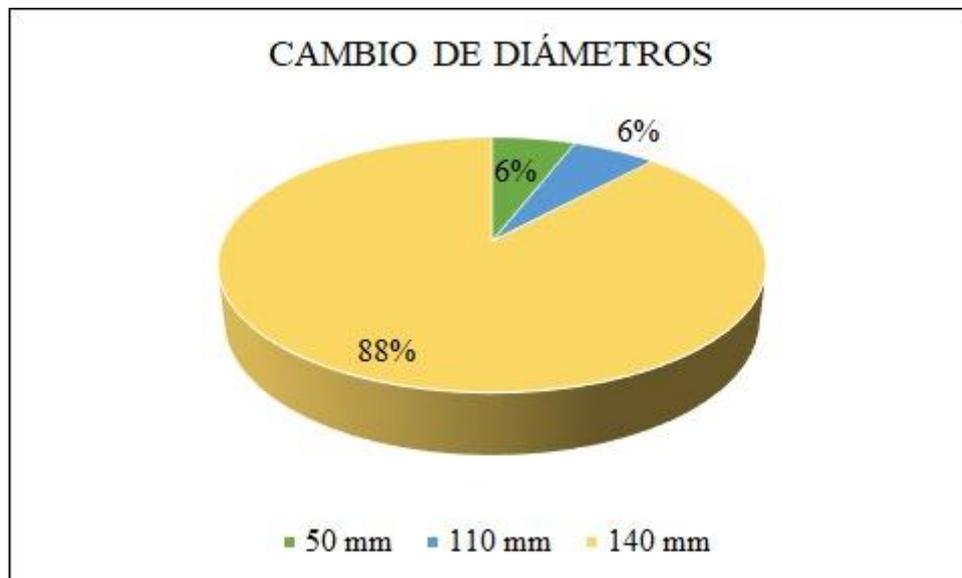
El análisis realizado para la optimización corresponde a tiempo de 168 horas, es decir una semana.

4.7.1. Optimización de diámetros de tuberías

Para llevar a cabo la repotenciación del sistema se cambiaron de diámetro 34 tuberías es decir 52% del total. De esto el 6% se cambió a un diámetro de 50 mm, otro 6% a un diámetro de 110 mm y el 88% a un diámetro de 140 mm.

Figura 37

Modificación de diámetros para periodo de diseño de 25 años



Nota: Modificación de diámetros para periodo de diseño de 25 años. Elaborado por: Los autores.

En la tabla presentada a continuación se puede observar los cambios realizados en la red de distribución, mismos que garantizan el funcionamiento óptimo del sistema de agua potable para Doña Ana de Guayllabamba para un periodo de 25 años.

Tabla 34

Diámetros requeridos para un diseño óptimo del sistema de agua de Doña Ana de Guayllabamba

Diámetros óptimos para escenario de 25 años			
Tubería	Diámetro actual (mm)	Diámetro modificado (mm)	Longitud (m)
P-6	90	140	245.79
P-7	90	140	228.63
P-8	90	140	388.95
P-9	90	140	247.14
P-11	90	140	278.63
P-12	90	140	11.96
P-14	63	140	71.76
P-15	63	140	134.8
P-16	63	140	35.14
P-17	63	140	69.76
P-19	63	140	155.85
P-20	63	110	123.35
P-22	63	140	101.32
P-32	63	140	52.67
P-33	63	140	49.15
P-34	63	140	112.69
P-35	63	140	108.83
P-37	63	140	26.58
P-38	63	140	89.8
P-39	63	140	51.51
P-40	25.4	50	388.48
P-41	25.4	50	254.88
P-44	63	140	123.31
P-45	63	140	164.6
P-46	63	110	209.39
P-47	63	140	124.71
P-56	63	140	18.17
P-57	90	140	447.82
P-58	90	140	396.3
P-62	110	140	242.78
P-63	110	140	267.87

Nota: Diámetros requeridos para un diseño óptimo del sistema de agua de Doña Ana de Guayllabamba. Elaborado por: Los autores.

4.7.2. Optimización de tanques de almacenamiento

El tanque de almacenamiento 1 se aumentó en un 5.23 veces su capacidad actual el tanque de almacenamiento 2 se aumentó en 3.36 veces su capacidad actual mientras que en el tanque de almacenamiento 3 no se aumentó su capacidad.

Tabla 35

Modificación de capacidades de tanques de almacenamiento para periodo de diseño de 25 años

	Actual			Diseño a 25 años		
	Área (m ²)	Altura (m)	Volumen (m ³)	Área (m ²)	Altura (m)	Volumen (m ³)
T. Almacenamiento 1	7.29	1.30	9.48	20.00	2.50	50.00
T. Almacenamiento 2	24.42	2.00	48.84	40.00	4.10	164.00
T. Almacenamiento 3	55.80	4.20	234.36	55.80	4.20	234.36

Nota: Capacidades de los tanques de almacenamiento requeridas para periodo de diseño de 25 años. Elaborado por: Los autores.

4.7.3. Resultados

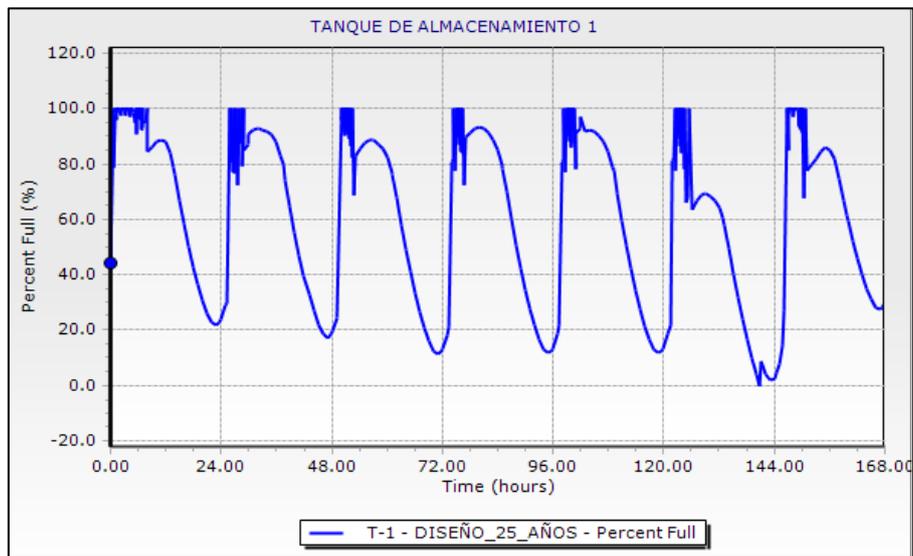
Como resultados de los cambios realizados en el sistema de agua potable se tiene:

- **Tanque de almacenamiento 1**

En la Figura presentada a continuación se evidencia que el tanque 1, no tiene problemas de vaciado, pues en la mayoría de tiempo de simulación se tiene un porcentaje de llenado mayor al 10%, lo que indica que no habrá problemas de abastecimiento.

Figura 38

Porcentajes de llenado del tanque 1 para periodos de diseño de 25 años



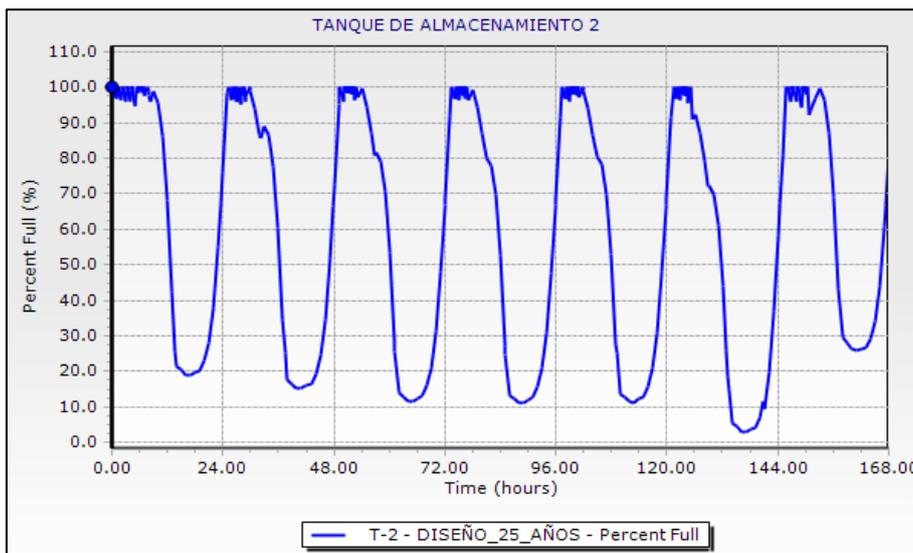
Nota: Porcentajes de llenado del tanque 1 para periodos de diseño de 25 años. Elaborado por:

Los autores.

- **Tanque de almacenamiento 2**

Figura 39

Porcentajes de llenado del tanque 2 para periodos de diseño de 25 años



Nota: Porcentajes de llenado del tanque 2 para periodos de diseño de 25 años. Elaborado por:

Los autores.

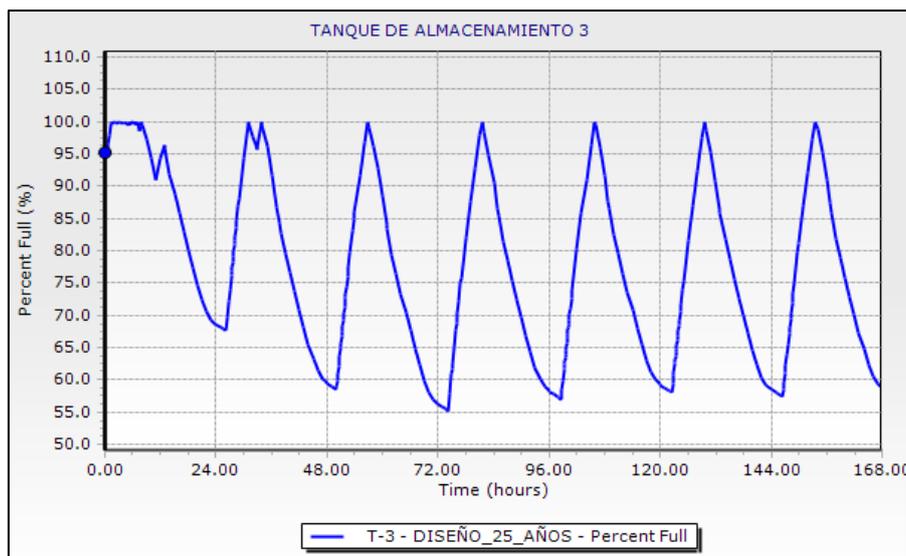
En la Figura 39 se evidencia que el tanque 2, no tiene problemas de vaciado, pues en la mayoría de tiempo de simulación se tiene un porcentaje de llenado mayor al 10%, lo que indica que no habrá problemas de abastecimiento.

- **Tanque de almacenamiento 3**

En la Figura presentada a continuación se evidencia que el tanque 3, no tiene problemas de vaciado, pues en la mayoría de tiempo de simulación se tiene un porcentaje de llenado mayor al 55%, lo que indica que no habrá problemas de abastecimiento.

Figura 40

Porcentajes de llenado del tanque 2 para periodos de diseño de 25 años



Nota: Porcentajes de llenado del tanque 2 para periodos de diseño de 25 años. Elaborado por: Los autores.

- **Presiones en los medidores**

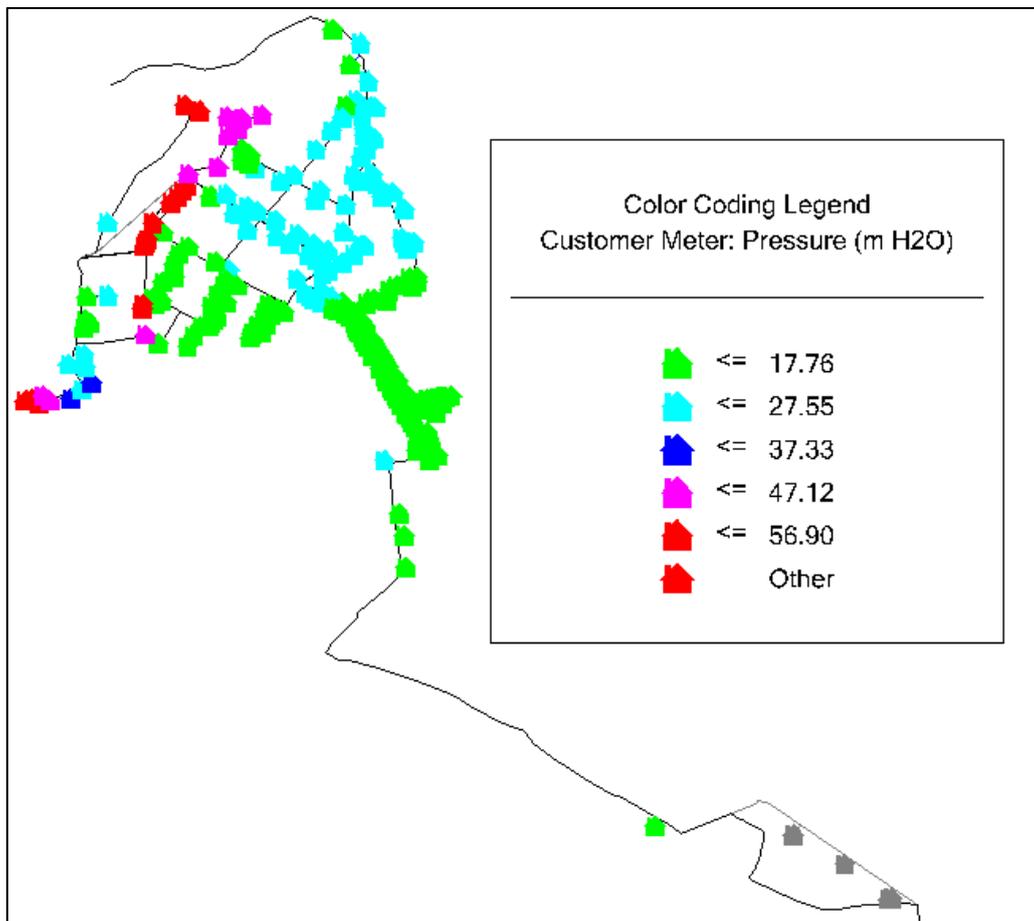
Luego de realizada la simulación en el software para la optimización se tiene que las presiones en los medidores de los usuarios llegan con valor mínimo de 7.98 mH₂O y en las horas de máximo consumo; esta presión en el punto más crítico de la red, es decir el punto más alejado. Esto garantiza que en el sistema no se presenten presiones negativas como era el caso de la simulación sin optimizar la red.

Por otro lado, las máximas presiones que se alcanza en la simulación son de 56.90 mH₂O en horas de menor consumo, misma que se encuentra por debajo de la máxima permitida.

En la Figura 41 se puede apreciar cual es el rango de presiones críticas para la hora 12:00 en donde se produce un mayor consumo por parte de los usuarios del sistema.

Figura 41

Rango de presiones generadas en el sistema optimizado para el periodo de 25 años



Nota: Rango de presiones generadas en el sistema optimizado para el periodo de 25 años a las 12:00 horas. Elaborado por: Los autores.

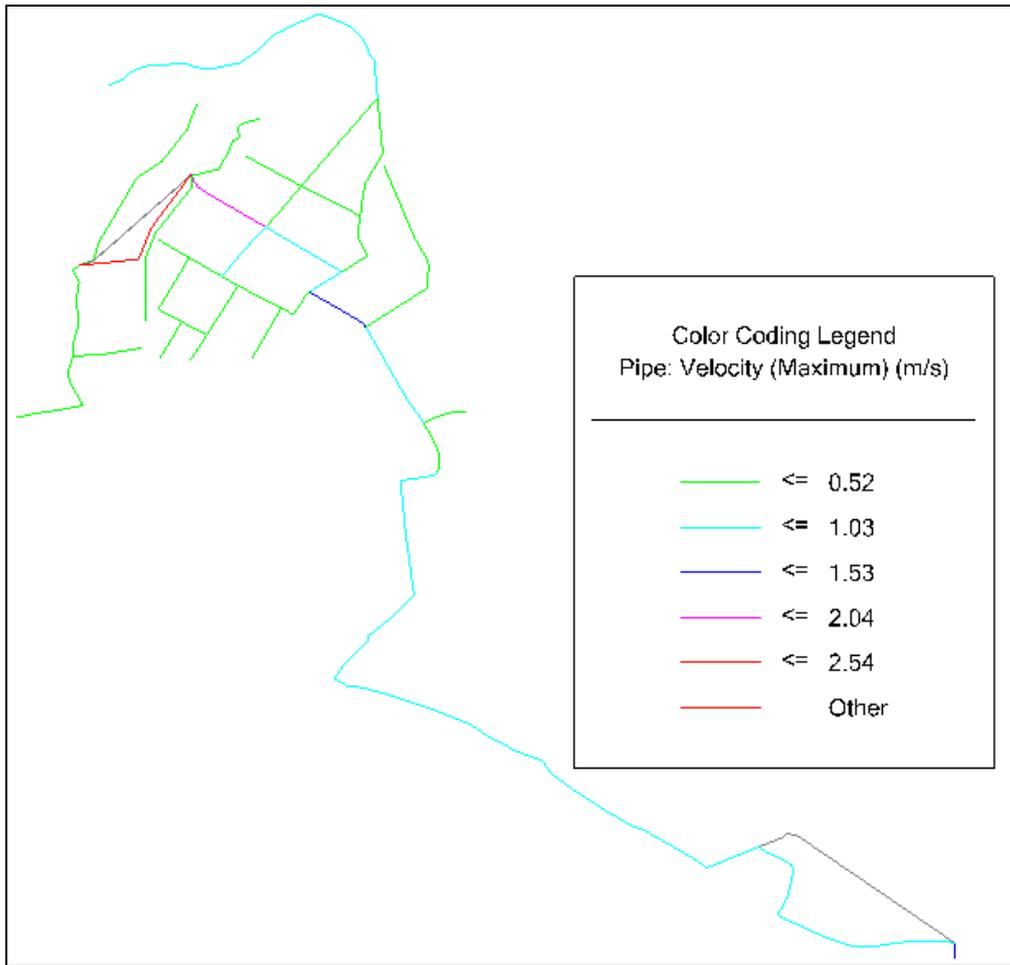
- **Velocidades de tuberías**

Las velocidades máximas alcanzadas en las tuberías llegan a 2.54 m/s en las horas de máximo consumo, mientras que las mínimas se encuentran por debajo de 0.51 m/s.

La siguiente Figura muestra los rangos de velocidades que se generan en la red de distribución al momento de que se genera el máximo consumo.

Figura 42

Rango de velocidades generadas en el sistema optimizado para el periodo de 25 años



Nota: Rango de velocidades generadas en el sistema optimizado para el periodo de 25 años a las 12:00 horas. Elaborado por: Los autores.

4.8. Digitalización del sistema

Toda la información acerca de la repotenciación del sistema de agua potable de Doña Ana de Guayllabamba se encuentra en los planos adjuntos después de los anexos.

CAPÍTULO V

5. VOLÚMENES DE OBRA Y ANÁLISIS ECONÓMICO

5.1. Volúmenes de obra

Para llevar a cabo la optimización del sistema de agua potable se requiere realizar distintas obras que se detallan a continuación:

Se deberá retirar las superficies de rodadura de las vías por donde pasan las tuberías que serán modificadas del sistema de agua potable, como se detalló antes estas superficies son de lastre, adoquín y asfalto.

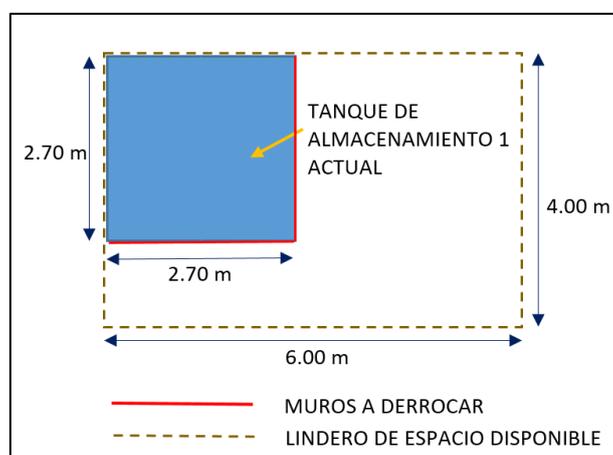
Posterior a la excavación y modificación de las tuberías se deberá restaurar las vías de tal manera que queden como antes de las intervenciones.

Respecto a los tanques de almacenamiento se realizarán obras de derrocamiento de muros y losas existentes para las ampliaciones. Además, se realizarán nuevos muros, pisos y losas para lograr la capacidad necesaria que el sistema requiere para el escenario futuro.

A continuación, se presentan unos esquemas de la implantación actual y el nuevo diseño en los tanques de almacenamiento:

Figura 43

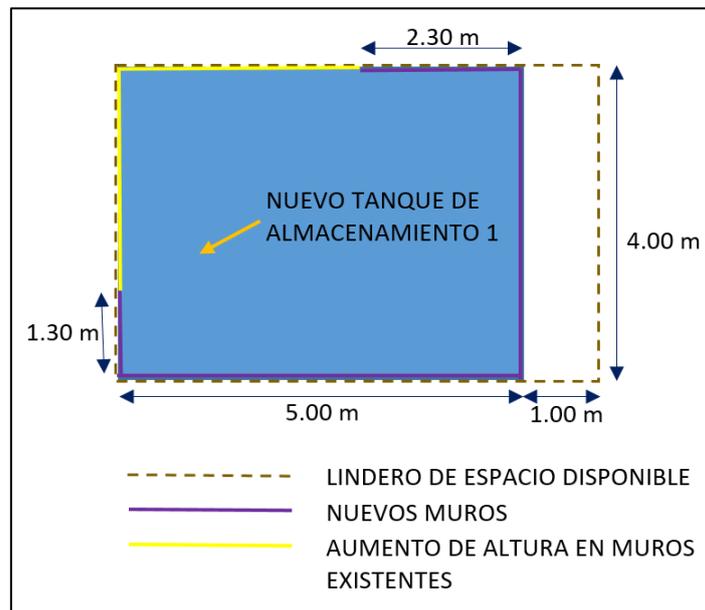
Implantación actual Tanque de Almacenamiento 1



Nota: Implantación actual del Tanque de Almacenamiento 1. Elaborado por: Los autores.

Figura 44

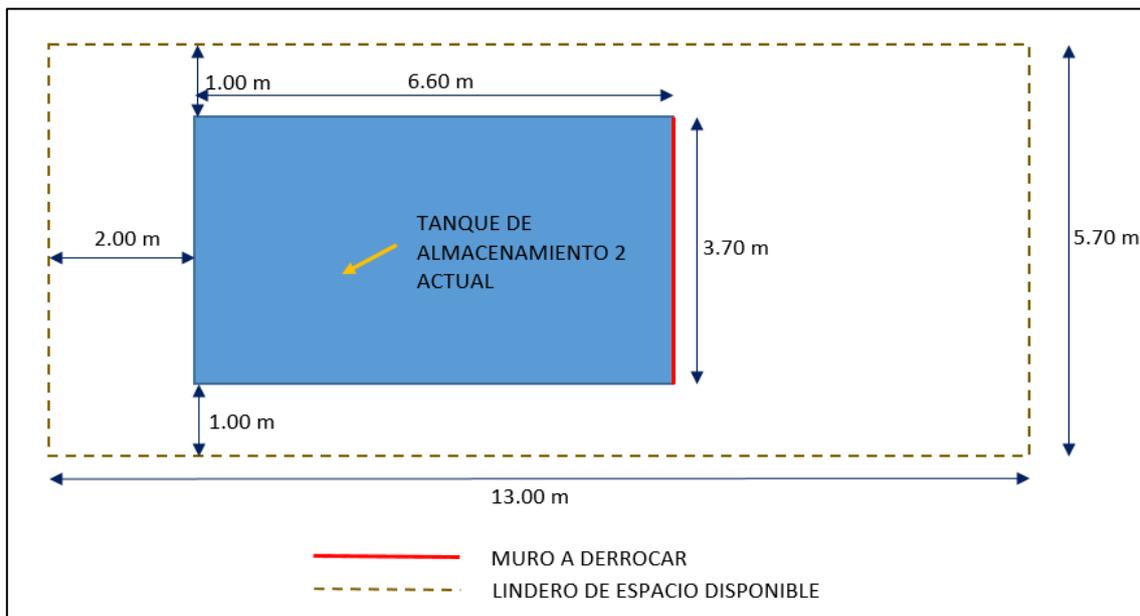
Nueva implantación Tanque de Almacenamiento 1



Nota: Nueva implantación del Tanque de Almacenamiento 1. Elaborado por: Los autores.

Figura 45

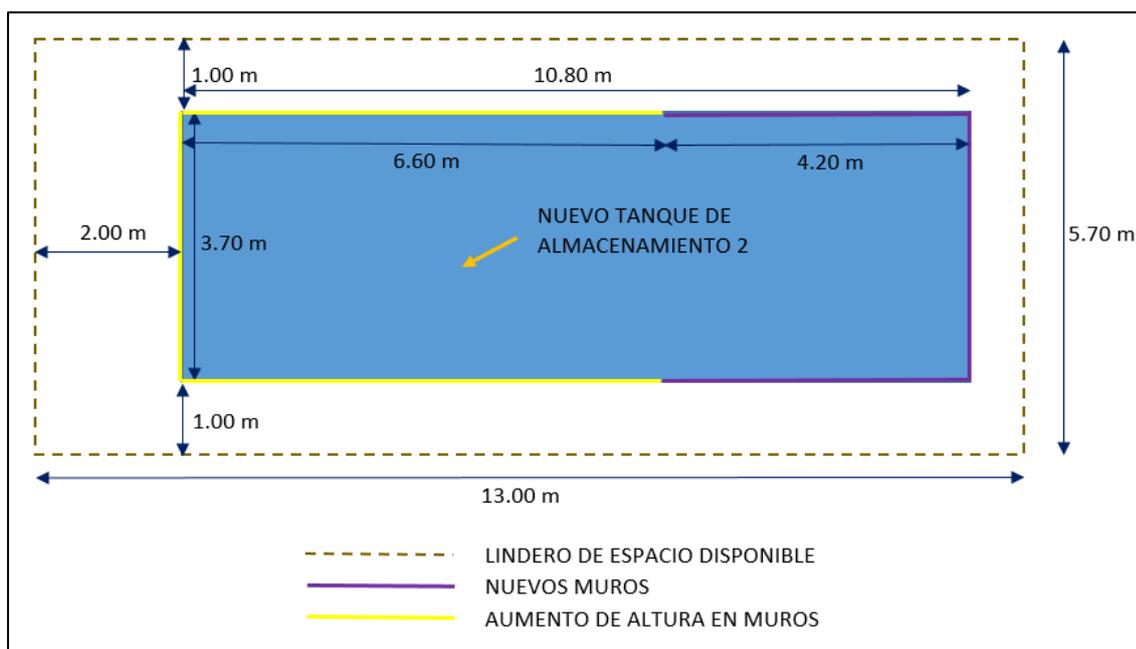
Implantación actual Tanque de Almacenamiento 2



Nota: Implantación actual del Tanque de Almacenamiento 2. Elaborado por: Los autores.

Figura 46

Nueva implantación Tanque de Almacenamiento 2



Nota: Nueva implantación Tanque de Almacenamiento 2. Elaborado por: Los autores.

5.1.1. Tanques de almacenamiento

- Derrocamientos

Tabla 36

Volumen de Derrocamiento en construcción de nuevos tanques

Tanque 1	Muros	Longitud (m)	Altura (m)	Espesor (m)	Volumen (m ³)
		5.40	1.30	0.15	1.05
Tanque 1	Losa	Longitud (m)	Ancho (m)	Espesor (m)	Volumen (m ³)
		2.70	2.70	0.15	1.09
Tanque 2	Muros	Longitud (m)	Altura (m)	Espesor (m)	Volumen (m ³)
		3.70	2.00	0.20	1.48
Tanque 2	Losa	Longitud (m)	Ancho (m)	Espesor (m)	Volumen (m ³)
		6.60	3.70	0.20	4.88

Nota: Volumen de Derrocamiento en construcción de nuevos tanques. Elaborado por: Los autores.

- **Hormigón**

Tabla 37

Volumen de hormigón para la ampliación de los nuevos tanques

		Longitud (m)	Altura (m)	Espesor (m)	Volumen (m³)	
Tanque 1	Nuevos muros	12.60	2.50	0.15	4.73	
	Aumento en muros existentes	5.40	1.20	0.15	0.97	
			Longitud (m)	Ancho (m)	Espesor (m)	Volumen (m²)
	Piso	3.18	4.00	0.15	1.91	
	Losa	4.00	5.00	0.15	3.00	
		Longitud (m)	Altura (m)	Espesor (m)	Volumen (m³)	
Tanque 2	Nuevos muros	12.10	4.10	0.20	9.92	
	Aumento en muros existentes	16.90	2.10	0.20	7.10	
			Longitud (m)	Ancho (m)	Espesor (m)	Volumen (m³)
	Piso	4.21	3.70	0.20	3.12	
	Losa	10.80	3.70	0.20	7.99	

Nota: Volumen de hormigón para la ampliación de los nuevos tanques Elaborado por: Los autores.

5.1.2. Red de distribución

Derrocamientos

Tabla 38

Derrocamiento de adoquín y carpeta asfáltica

	Longitud (m)	Ancho (m)	Área (m)
Retiro de adoquín	2706.72	1.00	2706.72
Retiro de carpeta asfáltica	660.63	1.00	660.63

Nota: Derrocamiento de adoquín y carpeta asfáltica. Elaborado por: Los autores.

Movimiento de Tierras

Tabla 39

Volumen de excavación y relleno de las zanjas excavadas

	Longitud (m)	Ancho (m)	Profundidad (m)	Volumen (m³)
Excavación	4773.84	1.00	1.00	4773.84
Relleno	4773.84	1.00	1.00	4773.84

Nota: Volumen de excavación y relleno de las zanjas excavadas. Elaborado por: Los autores.

Tuberías de Agua Potable

Tabla 40

Longitud de nuevas tuberías para el sistema optimizado

	Longitud (m)
Tubería PVC 50 mm	643.36
Tubería PVC 110 mm	332.74
Tubería PVC 140 mm	4246.52

Nota: Longitud de nuevas tuberías para el sistema optimizado. Elaborado por: Los autores.

Vialidad Urbana

Tabla 41

Colocación de adoquín y carpeta asfáltica

	Longitud (m)	Ancho (m)	Área (m)
Instalación adoquín	2706.72	1.00	2706.72
Instalación carpeta asfáltica	660.63	1.00	660.63

Nota: Colocación de adoquín y carpeta asfáltica. Elaborado por: Los autores.

5.2.Presupuesto del nuevo sistema de agua potable.

Tabla 42

Presupuesto para la repotenciación del sistema de agua

PRESUPUESTO DEL NUEVO SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA Y SANEAMIENTO DOÑA ANA DE GUAYLLABAMBA					\$162890.51
Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	P.U.	P. Total
1. DERROCAMIENTOS Y MOVIMIENTO DE TIERRAS					\$ 36294.29
1.1	ROTURA DE PAVIMENTO ASFÁLTICO E=5 CM CON CORTADORA DE ASFALTO	m ²	660.63	7.18	\$ 4743.29
1.2	LEVANTAMIENTO DE ADOQUÍN CON MINI CARGADORA	m ²	2706.72	1.48	\$ 4005.95
1.3	EXCAVACIÓN DE ZANJAS A MÁQUINA EN CONGLOMERADO H = 0 - 2.75 M	m ³	4773.84	1.90	\$ 9070.30
2.1	RELLENO DE ZANJA COMPACTADO CON MATERIAL DE SITIO	m ³	4773.84	3.87	\$ 18474.76
2. OBRAS DE VIALIDAD URBANA					\$ 22398.97
2.2	CARPETA ASFÁLTICA 7.5 CM	m ²	660.63	11.33	\$ 7484.94
2.3	ADOQUINADO 300 Kg/cm ² ARENA, E= 3 CM	m ²	2706.72	5.51	\$ 14914.03
3. TUBERÍAS DE AGUA POTABLE					\$ 90621.24
3.1	TUBERÍA PVC E/C 50 MM	m	643.36	3.35	\$ 2155.26
3.2	TUBERÍA PVC E/C 110 MM	m	332.74	12.54	\$ 4172.56
3.3	TUBERÍA PVC E/C 140 MM	m	4246.52	19.85	\$ 84293.42
4. ESTRUCTURA PARA TANQUES DE ALMACENAMIENTO					\$ 13576.02
4.1 TANQUE DE ALMACENAMIENTO 1					
4.1	DERROCAMIENTO DE ESTRUCTURA EXISTENTE HORMIGÓN ARMADO	m ³	2.15	88.92	\$ 190.87
4.2	HORMIGÓN PREMEZCLADO F'C=210 Kg/cm ² (INC BOMBA Y ADITIVO)	m ³	10.60	130.11	\$ 1379.62
4.3	ENCOFRADO/DESENCOFRADO METÁLICO TIPO RENTECO ALQUILADO PARA MURO - DOS CARAS	m ²	37.98	7.07	\$ 268.52
4.4	ENCOFRADO/DESENCOFRADO METÁLICO TIPO RENTECO ALQUILADO PARA LOSA	m ²	20.00	7.32	\$ 146.40

4.5	ACERO DE REFUERZO FY= 4200 Kg/cm ²	Kg	1060.35	1.67	\$ 1770.78
4.2 TANQUE DE ALMACENAMIENTO 2					
4.1	DERROCAMIENTO DE ESTRUCTURA EXISTENTE HORMIGÓN ARMADO	m ³	6.36	88.92	\$ 565.89
4.2	HORMIGÓN PREMEZCLADO F'C=210 Kg/cm ² (INC BOMBA Y ADITIVO)	m ³	28.14	130.11	\$ 3660.77
4.3	ENCOFRADO/DESENCOFRADO METÁLICO TIPO RENTECO ALQUILADO PARA MURO - DOS CARAS	m ²	85.10	7.07	\$ 601.66
4.4	ENCOFRADO/DESENCOFRADO METÁLICO TIPO RENTECO ALQUILADO PARA LOSA	m ²	40.00	7.32	\$ 292.80
4.5	ACERO DE REFUERZO FY= 4200 Kg/cm ²	Kg	2813.60	1.67	\$ 4698.71

Nota: Presupuesto para la repotenciación del sistema de agua. Elaborado por: Los autores.

5.3.Evaluación económica-financiera del nuevo sistema de agua potable

5.3.1. Introducción

La evaluación es un balance de la ventajas y desventajas que se originarían en el caso de asignarse recursos para poner en ejecución un proyecto; es decir, la tarea de evaluar consiste en comparar los beneficios y los costos del proyecto, con el fin de determinar si se presentan ventajas mayores que las que se obtendrían con otros proyectos igualmente viables.(Lárraga Jurado, 2016)

La evaluación económica, tiene como propósito medir la eficiencia de la inversión involucrada en un proyecto. Es decir, incluye tanto la eficiencia de los recursos propios (capital social) como los recursos obtenidos de créditos y préstamos.

5.3.2. Parámetros económicos y financieros

Para llevar a cabo la evaluación se considerarán los siguientes parámetros: El valor actual neto (VAN), La tasa interna de retorno (TIR), Relación Beneficio-Costo.

- **Valor actual neto (VAN)**

Es un indicador financiero que mide los ingresos y egresos del proyecto que tendrá en un futuro, permite conocer si luego de la inversión inicial quedarán ganancias.

- ✓ $VAN > 0$: El valor actualizado de los cobros y pagos futuros de la inversión, a la tasa de descuento elegida generará beneficios.
- ✓ $VAN = 0$: El proyecto de inversión no generará ni beneficios ni pérdidas, siendo su realización, en principio, indiferente.
- ✓ $VAN < 0$: El proyecto de inversión generará pérdidas, por lo que deberá ser rechazado.

- **Tasa interna de retorno (TIR)**

Es la tasa de rentabilidad que ofrece una inversión en un proyecto.

- ✓ Si $TIR >$ tasa de interés, el proyecto de inversión será aceptado.
- ✓ Si $TIR =$ tasa de interés, estaríamos en una situación similar a la que se producía cuando el VAN era igual a cero.
- ✓ Si $TIR <$ tasa de interés, el proyecto debe rechazarse.

- **La relación Beneficio – Costo**

Es la relación que compara los beneficios y costos de un proyecto para definir su viabilidad.

- ✓ Si $B/C > 1$, esto indica que los beneficios son mayores a los costos. En consecuencia, el proyecto debe ser considerado.
- ✓ $B/C = 1$, significa que los beneficios igualan a los costos. No hay ganancias.
- ✓ $B/C < 1$, muestra que los costos superan a los beneficios. En consecuencia, el proyecto no debe ser considerado.

5.3.3. Flujo de caja

Los egresos del Sistema de Agua de la Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento Doña Ana de Guayllabamba son fundamentalmente costos de operación y mantenimiento del sistema.

Tabla 43

Costos de operación y mantenimiento para el sistema optimizado

Operación					
Actividad	Encargados	Tiempo (h)	Frecuencia	Costo/h	total
Control de conexiones ilícitas	Operador	40	Mensual	3.65	\$146.00
Cloración en los tanques de almacenamiento	Operador	-	Mensual	-	\$119.00
Costo operación mensual					\$265.00
Costo operación anual					\$3180.00
Mantenimiento					
Limpieza de captaciones	Operador	1	Cada 3 meses	3.65	\$3.65
	Peón	1		3.6	\$3.60
	Herramienta menor	-		-	\$0.36
Limpieza de tanques de almacenamiento	Operador	1	Cada 15 días	3.65	\$3.65
	Herramienta menor	-		-	\$0.18
Chequeo de bomba hidráulica	Operador	1	Cada 3 meses	3.65	\$3.65
	Peón	1		3.6	\$3.60
	Herramienta menor	-		-	\$0.36
Costo mantenimiento mensual					\$12.74
Costo mantenimiento anual					\$152.88
Costo operación y mantenimiento mensual					\$277.74
Costo operación y mantenimiento anual					\$3332.88

Nota: Costos de operación y mantenimiento para el sistema optimizado. Elaborado por: Los autores.

Los ingresos del Sistema de Agua de la Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento Doña Ana de Guayllabamba son únicamente la recaudación por el servicio a cada socio es decir un valor de \$ 5.00 mensuales.

5.3.4. Ganancia por nuevo sistema de agua potable

Luego de determinar los parámetros de la evaluación económica y financiera se determinó que el proyecto es viable siempre y cuando la tasa de interés de la inversión sea menor al 3%.

Tabla 44

Ingresos con la implementación del sistema de agua optimizado

Tasa de interés	3.00%	2.00%	1.00%	0.00%
VAN	\$ 180860.39	\$ 231160.15	\$ 291639.84	\$ 364720.91
TIR	10%	10%	10%	10%
B/C	1.11	1.42	1.79	2.24

Nota: Ingresos con la implementación del sistema de agua optimizado. Elaborado por: Los autores.

La recuperación de la inversión del sistema repotenciado de agua potable de la Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento de Doña Ana de Guayllabamba será en 10.94 años es decir 10 años 11 meses y 12 días.

CONCLUSIONES

El sistema de agua potable de Doña de Guayllabamba cuenta con 1452 usuarios actuales y se espera que para 2030 existan 3470 usuarios, para 2035 existan 4203 usuarios y para el periodo de diseño de 25 años se alcance una población de 5784 usuarios. Estos valores fueron obtenidos mediante el método geométrico para proyección poblacional.

El caudal medio de diseño para la demanda actual es de 3.36 l/s mientras que el caudal ofertado por las captaciones es de 4.65 l/s. Para un escenario futuro de 10 años el caudal medio de diseño es 8.03 l/s, para un escenario futuro de 15 el caudal medio de diseño es 9.73 l/s, mientras que para el periodo de diseño de 25 años el caudal medio de diseño es 13.39 l/s. Para satisfacer los caudales de los distintos escenarios y del periodo de diseño se debe captar otras fuentes existentes cercanas en el sector.

Las horas en las que se genera el máximo consumo de agua por parte de los usuarios es 12:00 a 13:00 horas. Mientras que de 10:00 a 16:00 horas se registra un consumo alto, por otra parte, el consumo del agua es moderado de 6:00 a 9:00 y de 17:00 a 21:00 horas.

Después de realizar el análisis hidráulico para el escenario actual en el tanque de almacenamiento 1 se evidencia que el volumen de agua ofertado desde la captación es de 401.75 m³ al día, el volumen demandado de salida del tanque es de 282.75 m³ al día, existiendo así un excedente de 119 m³ de agua diarios que pueden ser empleados en otras actividades, sin embargo, para escenarios futuros ya no se puede usar este volumen pues deberá ser utilizado en abastecimiento de la población futura.

El sistema de agua potable de la Junta Administradora de Agua potable y Saneamiento Doña Ana de Guayllabamba no es óptimo para un crecimiento poblacional a 25 años. Por tanto, se tienen que aumentar la capacidad de los tanques de almacenamiento que permita almacenar

agua en periodos de bajo consumo para abastecer sin problema en periodos de máximo consumo.

Las tuberías actuales del sistema de agua potable ofrecen muchas pérdidas de carga por lo que no se puede garantizar presiones adecuadas para los usuarios. Es indispensable aumentar el diámetro de las tuberías a fin de garantizar las presiones para una demanda a 25 años.

El presupuesto referencial para la repotenciación del Sistema de Agua Potable será de \$ 162890.51, los cuales deberán ser gestionado por la Junta Administradora de Agua y Saneamiento Doña Ana de Guayllabamba de manera óptima para que el proyecto resulte lo más viable posible.

RECOMENDACIONES

Debido a que existe un excedente de agua de la captación es recomendable utilizar este en otras actividades productivas para los habitantes del sector como cultivo de productos de la localidad o embotellamiento y venta de agua.

Se deberá realizar un estudio de suelos en los predios de los tanques de almacenamiento para comprobar la capacidad portante del sitio de implantación a fin de evitar problemas en los tanques de almacenamiento.

Las construcciones de las ampliaciones de los tanques de almacenamiento se deben llevar a cabo en base a los planos estructurales presentados en anexos ya que en estos está reflejada la opción más económica de construcción de los mismos. Y se deben tomar en cuenta los siguientes dimensiones y niveles de operación:

Elemento	Área (m²)	h (m)	Elevación (Base) (m)	Elevación (Mínima) (m)	Elevación (inicial) (m)	Elevación (Máxima) (m)
T-1	20.0	2.50	2 140.60	2 140.60	2 141.70	2 143.10
T-2	40.0	4.10	2 125.97	2 125.97	2 130.07	2 130.07
T-3	55.8	4.20	2 168.00	2 168.00	2 172.00	2 172.20

Se recomienda realizar actividades de: Control de conexiones ilícitas, Cloración en los tanques de almacenamiento, Limpieza de captaciones, Limpieza de tanques de almacenamiento, Chequeo de bomba hidráulica con el fin de garantizar el funcionamiento constante del sistema de agua potable.

REFERENCIAS

Baroja, G. (2012). Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la Parroquia Guayllabamba 2025.

[http://sitp.pichincha.gob.ec/repositorio/disenio_paginas/archivos/PDOT%20GUAYLLA
BAMBA%202012.pdf](http://sitp.pichincha.gob.ec/repositorio/disenio_paginas/archivos/PDOT%20GUAYLLA%20BAMBA%202012.pdf)

Corcho Romero, F. y Duque Serna, J. I. (1993) Acueductos: teoría y diseño (1era ed.).
Departamento de Publicaciones Universidad de Medellín.

Lárraga Jurado, B. P. (2016). Diseño del Sistema de agua potable para Augusto Valencia, Cantón Vinces, Provincia de los Ríos [Tesis de grado, Pontificia universidad Católica del Ecuador]. Archivo digital.

[http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/13464/Bolívar Patricio Lárraga
Jurado_.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/13464/Bolívar_Patricio_Lárraga_Jurado_.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

López Malavé, R. J. (2009). Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para las comunidades Santa Fe y Capachal, Píritu, estado Anzoátegui [Tesis de grado, Universidad de Oriente]. Archivo digital.

[https://www.udocz.com/pe/read/18727/tesis-dise-o-del-sistema-de-abastecimiento-de-
agua-potable-para-las-comunidades-santa-fe-y-capachal--p-ritu--estado-anzo-tegui](https://www.udocz.com/pe/read/18727/tesis-dise-o-del-sistema-de-abastecimiento-de-agua-potable-para-las-comunidades-santa-fe-y-capachal--p-ritu--estado-anzo-tegui)

Chimbo Guachamin, J. M. y Pillajo Taipe, J. M. (2017). Estudios y diseños definitivos de la repotenciación del sistema de agua potable del centro poblado de la parroquia de San Carlos del cantón la Joya de los Sachas, Provincia de Orellana [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana]. Archivo digital.

<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/14725>

Almagro Ortiz, A. B. y Esparza Almagro, S. P. (2015). Diseño de un sistema de gestión de agua potable, alcantarillado y residuos sólidos en la parroquia Cuyuja - Napo. [Tesis de grado, Escuela Politécnica Nacional]
<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/9141/3/CD-6095.pdf>

Sánchez, J. (2013). Medida de caudales. Dpto. Geología Universidad de Salamanca (España), 1-7. <https://hidrologia.usal.es/temas/Aforos.pdf>

Segovia Andino, J. P. (2018). Caracterización de la curva de consumo diario de la red de agua potable de los sectores Atahualpa 2, Constantino Fernández 2 y Augusto Martínez 2, del cantón Ambato". [Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato]. Archivo Digital. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/29213>

Tandalla Guanoquiza, B. A. (2012). Evaluación, Diagnostico y Rediseño del sistema de agua segura para el barrio Santa Rosa de Pichul, Parroquia Eloy Alfaro, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi [Tesis de grado, Universidad Central del Ecuador]. Archivo Digital <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/392>

Zambrano Hidalgo, C. A. (2017). Sistema de abastecimiento de agua potable para la comunidad de Mapasingue, Parroquia Colón, Cantón Portoviejo [Tesis de grado, Universidad de Especialidades Espiritu Santo]. Archivo Digital. <http://repositorio.uees.edu.ec/123456789/644>

Celi Suárez, B. A. y Pesantes Izquierdo, F. E. (2012). Cálculo y diseño del sistema de alcantarillado y agua potable para la lotización Finca Municipal, en el cantón el Chaco, Provincia de Napo [Tesis de grado, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE]. Archivo Digital. <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/5606/1/T-ESPE-033683.pdf>

Gutierrez Chicaiza, V. R. y Vázquez Bravo, A. R. (2017). Ingeniería de sistemas hidrosanitarios descentralizados y sostenibles, caso de estudio Puerto Roma – Provincia del Guayas [Tesis de grado, Universidad de Cuenca]. Archivo Digital. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/27387>

Chanaluiza Choloquina, A. I. (2015). Optimización del Sistema de Agua Potable ubicada en la parroquia Enokanqui del cantón Joya de los Sachas [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Archivo Digital. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4684>

Choez Parrales, H. J. y Zambrano Veliz, L. M. (2017). Estudio y diseño de los sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario de la lotización 19 de diciembre, del cantón Jipijapa [Tesis de grado, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí]. Archivo Digital. <https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/1140/1/ULEAM-IC-0027.pdf>

Sotelo Avila, G. (1993) Hidráulica general (Vol. 1 Fundamentos). Limusa Noriega Editores

ANEXOS

ANEXO: 1 – ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA



Orden de trabajo N°204627
Informe N° 204627A
Hoja 1 de 1

DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE:

Nombre: JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO DOÑA ANA DE GUAYLLABAMBA
Dirección: Barrio Doña Ana, Moras N2 – 72 y Limas
Muestra: Agua de vertiente
Descripción: Líquido incoloro
Fecha Elaboración: ---
Fecha Vencimiento: ---
Fecha de Toma: 08 de diciembre del 2020
Lote: ---
Localización: Guayllabamba
Envase: Vaso estéril
Conservación de la muestra: Refrigeración

DATOS DEL LABORATORIO

Fecha de recepción: 08 de diciembre del 2020
Toma de muestra por: Cliente
Fecha de realización del ensayo: 08 – 10 de diciembre del 2020
Fecha de emisión del informe: 11 de diciembre del 2020
Condiciones ambientales: 23,2°C 45%HR

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO:

PARÁMETRO	UNIDAD	METODO	RESULTADOS
Recuento de Aerobios mesófilos	ufc/ml	PEEMi/LA/21 Standard Methods 9215 B	1,4 x 10 ¹
Recuento de Coliformes totales	ufc/100ml	PEEMi/LA/19 Standard Methods 9222 B	1,2 x 10 ²
Recuento de Coliformes fecales	ufc/100ml	PEEMi/LA/19 Standard Methods 9222 D	< 1

Dra. Cecilia Lizuriaga
GERENTE GENERAL

El presente informe solo es válido para la muestra analizada tal como fue recibida en LABOLAB.
LABOLAB no se responsabiliza por los datos proporcionados por el cliente.
Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB.
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.



INFORME TÉCNICO, FICHA DE ESTABILIDAD, INFORMACIÓN NUTRICIONAL PARA NOTIFICACION SANITARIA

Análisis físico, químico, microbiológico, entomológico de: alimentos, aguas, bebidas, materias primas, balanceados, cosméticos, pesticidas, suelos, metales pesados y otros
Fco. Andrade Marín E7-29 y Diego de Almagro Telf.: 2563-225 / 2561-350 / 3238-503/ 3238-504 Cel.: 099 959 0412 / 099 944 2153 / 098 700 1591
E-mails: secretaria@labolab.com.ec / servicioalcliente@labolab.com.ec / cecilializuriaga@labolab.com.ec / informes@labolab.com.ec

MC

www.labolab.com.ec

Quito - Ecuador

Edición: 7 / Mayo del 2019

DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE:

Nombre: JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO DOÑA ANA DE GUAYLLABAMBA
Dirección: Barrio Doña Ana, Moras N2 - 72 y Limas
Muestra: Agua de captación
Descripción: Líquido incoloro
Fecha Elaboración: ---
Fecha Vencimiento: ---
Fecha de Toma: 08 de diciembre del 2020
Lote: ---
Localización: Guayllabamba
Envase: Vaso estéril
Conservación de la muestra: Refrigeración

DATOS DEL LABORATORIO

Fecha de recepción: 08 de diciembre del 2020
Toma de muestra por: Cliente
Fecha de realización del ensayo: 08 - 10 de diciembre del 2020
Fecha de emisión del informe: 11 de diciembre del 2020
Condiciones ambientales: 23,2°C 45%HR

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO:

PARÁMETRO	UNIDAD	METODO	RESULTADOS
Recuento de Aerobios mesófilos	ufc/ml	PEEMi/LA/21 Standard Methods 9215 B	< 1
Recuento de Coliformes totales	ufc/100ml	PEEMi/LA/19 Standard Methods 9222 B	< 1
Recuento de Coliformes fecales	ufc/100ml	PEEMi/LA/19 Standard Methods 9222 D	< 1

Cecilia Luzuriaga
Dra. Cecilia Luzuriaga
GERENTE GENERAL

El presente informe solo es válido para la muestra analizada tal como fue recibida en LABOLAB.
LABOLAB no se responsabiliza por los datos proporcionados por el cliente.
Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB.
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.

LABOLAB
ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES

INFORME TÉCNICO, FICHA DE ESTABILIDAD, INFORMACIÓN NUTRICIONAL PARA NOTIFICACION SANITARIA

Análisis físico, químico, microbiológico, entomológico de: alimentos, aguas, bebidas, materias primas, balanceados, cosméticos, pesticidas, suelos, metales pesados y otros
Fco. Andrade Marín E7-29 y Diego de Almagro Telf.: 2563-225 / 2561-350 / 3238-503/ 3238-504 Cel.: 099 959 0412 / 099 944 2153 / 098 700 1591
E-mails: secretaria@labolab.com.ec / servicioalcliente@labolab.com.ec / ceciliacruzuriaga@labolab.com.ec / informes@labolab.com.ec

**ANEXO: 2 – UNIDADES DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE
GUYLLABAMBA**

	<i>Coordenadas</i>	
	<i>Este</i>	<i>Sur</i>
<i>Captación 1</i>	795072.00 m E	9992776.00 m S
<i>Captación 2</i>	795083.00 m E	9992777.00 m S

	<i>Longitud (m)</i>	<i>Material</i>	<i>Diámetro (mm)</i>
<i>Aducción 1</i>	32.9	PVC	160
<i>Aducción 2</i>	31.6	PVC y cobre	160

<i>Tanque</i>	<i>Coordenadas</i>		<i>Dimensiones</i>			<i>Vol. (m³)</i>
	<i>Este</i>	<i>Norte</i>	<i>Largo (m)</i>	<i>Ancho (m)</i>	<i>Prof. (m)</i>	
1	795080 m E	9992808 m S	2.70	2.70	1.30	9.48
2	793938 m E	9994473 m S	6.60	3.70	2.00	48.84
3	793702 m E	9994346 m S	9.00	6.20	4.20	234.36

<i>Orden</i>	<i>Coordenadas</i>		<i>Dimensiones</i>		
	<i>Este</i>	<i>Norte</i>	<i>Largo (m)</i>	<i>Ancho (m)</i>	<i>Profundidad (m)</i>
1	795083.40 m E	9992794.16 m S	0.30	0.50	0.60
2	795072.86 m E	9992829.74 m S	0.30	0.50	0.80
3	795071.81 m E	9992847.16 m S	0.30	0.40	0.80
4	794829.72 m E	9993056.40 m S	0.30	0.50	1.00
5	794218.06 m E	9993743.47 m S	0.30	0.40	0.30
6	794295.20 m E	9993850.10 m S	1.00	1.00	0.90
7	794331.87 m E	9994197.01 m S	0.30	0.50	0.80
8	793771.71 m E	9994786.06 m S	0.30	0.50	0.90
9	793664.56 m E	9994081.47 m S	0.30	0.50	0.60
10	793562.73 m E	9994076.76 m S	0.30	0.50	0.80

<i>Estructura</i>	<i>Características</i>
Tubería de succión	PVC, 63 mm de diámetro
Tubería de impulsión	PVC, 63 mm de diámetro
Tubería de impulsión	Manguera de caucho, 50 mm de diámetro
Bomba	5 HP

ANEXO: 3 – CARACTERÍSTICAS DE LA BOMBA

HOJA DE DATOS			
Motor Monofásico de Inducción - Rotor de Jaula			
Cliente	: Jorge Comina		
Referencia del cliente	: Ecuador		
Línea del producto	: W22 Bomba JM Monofásico	Código del producto :	13885749
Carcasa	: 112M	Tiempo de rotor bloqueado	: 10s (frío) 6s (caliente)
Potencia	: 3.7 kW (5 HP-cv)	Elevación de	: 80 K
Polos	: 2	temperatura ^{<sup>4</sup>}	: S1
Frecuencia	: 60 Hz	Régimen de servicio	: -20°C hasta +40°C
Tensión nominal	: 220/440 V	Temperatura ambiente	: 1000 m
Corriente nominal	: 20.8/10.4 A	Altitud	: IP55
Corriente de arranque	: 166/83.2 A	Grado de protección	: IC411 - TFVE
Ip/In	: 8.0	Método de refrigeración	: B34D
Corriente en vacío	: 7.40/3.70 A	Forma constructiva	: Ambos
Rotación nominal	: 3525 rpm	Sentido de giro ¹	: 72.0 dB(A)
Resbalamiento	: 2.08 %	Nivel de ruido ²	: Partida directa
Torque nominal	: 1.02 kgfm	Método de Arranque	: 49.7 kg
Torque de arranque	: 260 %	Masa aproximada ³	
Torque máximo	: 250 %		
Clase de aislamiento	: F		
Factor de servicio	: 1.15		
Momento de inercia (J)	: 0.0091 kgm ²		
Potencia	50%	75%	100%
Rendimiento (%)	80.0	82.3	83.4
Cos Φ	0.91	0.96	0.97
		Fuerzas en la fundación	
		Tracción máxima	: 28 kgf
		Compresión máxima	: 78 kgf
Tipo de cojinete	:	Delantero	Trasero
Sello	:	6307 ZZ	6206 ZZ
Intervalo de lubricación	:	V'Ring	V'Ring
Cantidad de lubricante	:	-	-
Tipo de lubricante	:	-	-
Mobil Polyrex EM			
Notas			
Ninguna			
Esta revisión substitui y cancela la anterior, la cual deberá ser eliminada.		Los valores indicados son valores promedio con base en ensayos y para alimentación en red senoidal, sujetos a las tolerancias de la norma ABNT NBR 17094.	
(1) Mirando la punta delantera del eje del motor.			
(2) Medido a 1m y con tolerancia de +3dB(A).			
(3) Masa aproximada sujetos a cambios después del proceso de fabricación.			
(4) Al 100% de la carga completa.			
Rev.	Resumen de los cambios	Ejecutado	Verificado
Ejecutor			
Verificador			
Fecha	08/03/2021		
		Pagina	Revisión
		1 / 2	

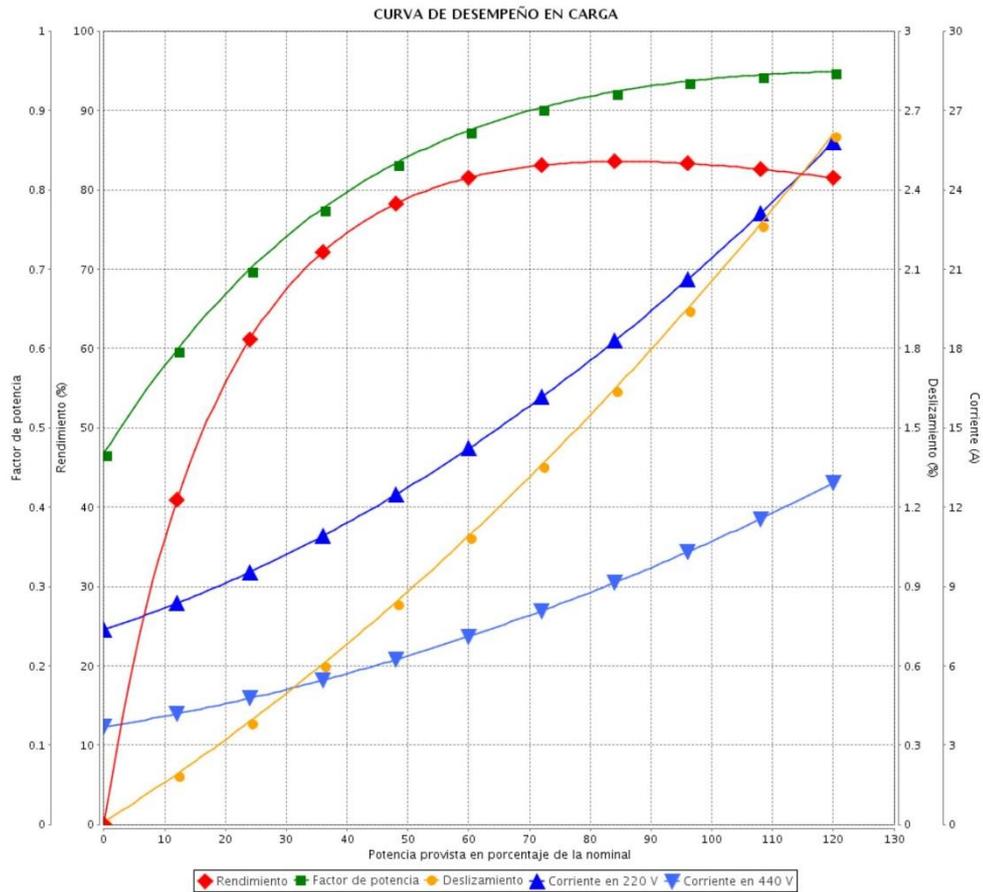
CURVA DE DESEMPEÑO EN CARGA



Motor Monofásico de Inducción - Rotor de Jaula

Cliente : Jorge Comina
Referencia del cliente : Ecuador

Línea del producto : W22 Bomba JM Monofásico Código del producto : 13885749



Desempeño : 220/440 V 60 Hz 2P

Corriente nominal : 20.8/10.4 A
I_p/I_n : 8.0
Torque nominal : 1.02 kgfm
Torque de arranque : 260 %
Torque máximo : 250 %

Momento de inercia (J) : 0.0091 kgm²
Régimen de servicio : S1
Clase de aislamiento : F
Factor de servicio : 1.15
Elevación de temperatura⁴ : 80 K

Rotación nominal : 3525 rpm

Rev.	Resumen de los cambios	Ejecutado	Verificado	Fecha
Ejecutor			Pagina 2 / 2	Revisión
Verificador				
Fecha	08/03/2021			

Propiedad de WEG S/A. Prohibida la reproducción sin permiso.
Sujeto a cambios sin previo aviso

ANEXO: 4 – AFOROS

<i>Aforo 1</i>						
<i>Altura de agua (cm)</i>	<i>Tiempo en el que se tomó la medición (min)</i>	<i>Volumen de agua (m³)</i>	<i>DT</i>	<i>DV</i>	<i>DV/DT</i>	<i>Q (l/s)</i>
18.00	4.00	1.31	4.00	1.31	0.33	5.47
26.00	6.22	1.90	2.22	0.58	0.26	4.38
31.50	7.17	2.30	0.95	0.40	0.42	7.03
34.50	8.34	2.52	1.17	0.22	0.19	3.12
37.00	9.90	2.70	1.56	0.18	0.12	1.95
Promedio						4.39

<i>Aforo 2</i>						
<i>Altura de agua (cm)</i>	<i>Tiempo en el que se tomó la medición (min)</i>	<i>Volumen de agua (m³)</i>	<i>DT</i>	<i>DV</i>	<i>DV/DT</i>	<i>Q (l/s)</i>
14.26	3.00	1.04	3.00	1.04	0.35	5.78
22.93	5.25	1.67	2.25	0.63	0.28	4.68
29.28	7.00	2.13	1.75	0.46	0.26	4.41
34.52	8.50	2.52	1.50	0.38	0.25	4.24
39.63	10.00	2.89	1.50	0.37	0.25	4.14
Promedio						4.65

ANEXO: 5 – HABITANTES

	<i>Habitantes</i>			
	<i>Año 2017</i>	<i>Año 2018</i>	<i>Año 2019</i>	<i>Año 2020</i>
<i>Doña Ana 1</i>	498	504	516	552
<i>Doña Ana 2</i>	432	438	438	480
<i>Doña Ana 3</i>	132	186	186	216
<i>San Nicolas</i>	198	204	204	204
<i>Total</i>	1260	1332	1344	1452

ANEXO: 6 – DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES

		<i>Q med</i> (0 años)	<i>Q med</i> (10 años)	<i>Q med</i> (15 años)	<i>Q med</i> (25 años)	<i>Usuarios</i>	<i>Demanda</i> (0 años)	<i>Demanda</i> (10 años)	<i>Demanda</i> (15 años)	<i>Demanda</i> (25 años)
Zona poco poblada	0.15	0.50	1.20	1.46	2.01	46	0.011	0.026	0.032	0.044
Zona medianamente poblada	0.25	0.84	2.01	2.43	3.35	119	0.007	0.017	0.020	0.028
Zona altamente poblada	0.6	2.02	4.82	5.84	8.03	77	0.026	0.063	0.076	0.104
<i>Total</i>		3.361	8.03	9.73	13.388	242.00				

ANEXO: 7 – DEMANDA EN MEDIDORES

<i>Label</i>	<i>Q med l/s (0años)</i>	<i>Q med l/s (10años)</i>	<i>Q med l/s (15años)</i>	<i>Q med l/s (20años)</i>
CU-1	0.0110	0.0262	0.0317	0.0437
CU-2	0.0110	0.0262	0.0317	0.0437
CU-3	0.0110	0.0262	0.0317	0.0437
CU-4	0.0110	0.0262	0.0317	0.0437
CU-5	0.0110	0.0262	0.0317	0.0437
CU-6	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-7	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-8	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-9	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-10	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-11	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-12	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-13	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-14	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-15	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-16	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-17	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-18	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-19	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-20	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-21	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-22	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-23	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-24	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-25	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-26	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-27	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-28	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-29	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-30	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-31	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-32	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-33	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-34	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-35	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-36	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-37	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-38	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-39	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-40	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-41	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-42	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043

CU-43	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-44	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-45	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-46	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-47	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-48	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-49	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-50	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-51	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-52	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-53	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-54	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-55	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-56	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-57	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-58	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-59	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-60	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-61	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-62	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-63	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-64	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-65	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-66	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-67	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-68	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-69	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-70	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-71	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-72	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-73	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-74	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-75	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-76	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-77	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-78	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-79	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-80	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-81	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-82	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-83	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-84	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-85	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-86	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-87	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-88	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281

CU-89	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-90	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-91	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-92	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-93	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-94	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-95	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-96	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-97	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-98	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-99	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-100	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-101	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-102	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-103	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-104	0.0262	0.0626	0.0758	0.1043
CU-105	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-106	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-107	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-108	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-109	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-110	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-111	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-112	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-113	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-114	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-115	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-116	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-117	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-118	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-119	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-120	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-121	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-122	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-123	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-124	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-125	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-126	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-127	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-128	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-129	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-130	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-131	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-132	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-133	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-134	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281

CU-135	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-136	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-137	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-138	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-139	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-140	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-141	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-142	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-143	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-144	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-145	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-146	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-147	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-148	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-149	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-150	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-151	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-152	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-153	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-154	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-155	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-156	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-157	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-158	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-159	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-160	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-161	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-162	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-163	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-164	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-165	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-166	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-167	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-168	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-169	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-170	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-171	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-172	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-173	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-174	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-175	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-176	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-177	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-178	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-179	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-180	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281

CU-181	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-182	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-183	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-184	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-185	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-186	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-187	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-188	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-189	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-190	0.0110	0.0262	0.0317	0.0437
CU-191	0.0110	0.0262	0.0317	0.0437
CU-192	0.0110	0.0262	0.0317	0.0437
CU-193	0.0110	0.0262	0.0317	0.0437
CU-194	0.0110	0.0262	0.0317	0.0437
CU-195	0.0110	0.0262	0.0317	0.0437
CU-196	0.0110	0.0262	0.0317	0.0437
CU-197	0.0110	0.0262	0.0317	0.0437
CU-198	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-199	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-200	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-201	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-202	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-203	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-204	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-205	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-206	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-207	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-208	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-209	0.0071	0.0169	0.0204	0.0281
CU-210	0.0110	0.0262	0.0317	0.0437
CU-211	0.0110	0.0262	0.0317	0.0437
CU-212	0.0110	0.0262	0.0317	0.0437
CU-213	0.0110	0.0262	0.0317	0.0437
CU-214	0.0110	0.0262	0.0317	0.0437
CU-215	0.0110	0.0262	0.0317	0.0437
CU-216	0.0110	0.0262	0.0317	0.0437
CU-217	0.0110	0.0262	0.0317	0.0437
CU-218	0.0110	0.0262	0.0317	0.0437
CU-219	0.0110	0.0262	0.0317	0.0437
CU-220	0.0110	0.0262	0.0317	0.0437
CU-221	0.0110	0.0262	0.0317	0.0437
CU-222	0.0110	0.0262	0.0317	0.0437
CU-223	0.0110	0.0262	0.0317	0.0437
CU-224	0.0110	0.0262	0.0317	0.0437
CU-225	0.0110	0.0262	0.0317	0.0437
CU-226	0.0110	0.0262	0.0317	0.0437

CU-227	0.0110	0.0262	0.0317	0.0437
CU-228	0.0110	0.0262	0.0317	0.0437
CU-240	0.0110	0.0262	0.0317	0.0437
CU-241	0.0110	0.0262	0.0317	0.0437
CU-242	0.0110	0.0262	0.0317	0.0437

ANEXO: 8 – PATRONES DE CONSUMO

<i>Hora</i>	<i>Factor de consumo diario</i>
0	0.20
1.00	0.20
2.00	0.20
3.00	0.20
4.00	0.20
5.00	0.40
6.00	0.80
7.00	1.00
8.00	1.00
9.00	1.00
10.00	1.50
11.00	1.50
12.00	2.20
13.00	2.20
14.00	1.30
15.00	1.30
16.00	1.30
17.00	1.20
18.00	1.20
19.00	1.20
20.00	1.00
21.00	1.00
22.00	0.60
23.00	0.40
24.00	0.20

ANEXO: 9 – ANÁLISIS DE LLENADO TANQUE 1

<i>Tanque 1 con su porcentaje de llenado 100% y 60%</i>		
<i>Cotas</i>	<i>T1</i>	<i>T2</i>
Ci (m) =	2140.60	2125.97
Cf (m) =	2141.90	2127.97
h (m) =	1.30	2.00
h min (m)	0.78	0.20
ΔCi (m) =	13.41	
ΔCf (m) =	13.93	
ε (mm) =	0.002	0.002
γ (m²/s) =	1.01E-06	1.01E-06
D (mm) =	110.00	90.00
A (m²) =	0.0095	0.0064
Re=	51405.04	62828.38
Tipo Flujo	TURBULENTO	
EcB1 =	0.00	
EcB2 =	0.00	
Qmax (m³/s) =	0.00451	
Qmax (l/s) =	4.51	
Qmin (m³/s) =	0.00443	
Qmin (l/s) =	4.43	
Qmed (l/s)	4.47	

<i>Pérdidas (hf)</i>						
<i>ID TUBERÍA</i>	<i>D (mm)</i>	<i>L (m)</i>	<i>ε (mm)</i>	<i>ε/d</i>	<i>f</i>	<i>K (s²/m⁵)</i>
P-2	110	35	0.002	1.82E-05	0.0207	37715.25
P-54		320				
P-5	90	78		2.22E-05	0.0198	645066.38
P-6		246				
P-7		229				
P-8		389				
P-9		247				
P-11		279				
P-12		12				
P-57		448				
P-58		396				

ANEXO: 10 - OPTIMIZACIÓN DE DIÁMETROS

<i>Diámetros óptimos para escenario de 25 años</i>			
<i>Tubería</i>	<i>Diámetro actual (mm)</i>	<i>Diámetro modificado (mm)</i>	<i>Longitud (m)</i>
P-1	63	Se mantiene	83.45
P-2	110	Se mantiene	35.08
P-3	50	Se mantiene	269.96
P-4	50	Se mantiene	194.38
P-5	90	Se mantiene	77.64
P-6	90	Cambia	245.79
P-7	90	Cambia	228.63
P-8	90	Cambia	388.95
P-9	90	Cambia	247.14
P-10	50	Se mantiene	19.18
P-11	90	Cambia	278.63
P-12	90	Cambia	11.96
P-13	63	Se mantiene	96.61
P-14	63	Cambia	71.76
P-15	63	Cambia	134.8
P-16	63	Cambia	35.14
P-17	63	Cambia	69.76
P-18	63	Se mantiene	69.5
P-19	63	Cambia	155.85
P-20	63	Cambia	123.35
P-21	63	Se mantiene	118.97
P-22	63	Cambia	101.32
P-23	63	Se mantiene	217.2
P-24	63	Se mantiene	26.85
P-25	63	Se mantiene	57.16
P-26	63	Se mantiene	55.91
P-27	63	Se mantiene	37.72
P-28	63	Se mantiene	58.32
P-29	63	Se mantiene	30.37
P-30	63	Se mantiene	35.38
P-31	63	Se mantiene	80.02
P-32	63	Cambia	52.67
P-33	63	Cambia	49.15
P-34	63	Cambia	112.69
P-35	63	Cambia	108.83

P-36	63	Se mantiene	107.56
P-37	63	Cambia	26.58
P-38	63	Cambia	89.8
P-39	63	Cambia	51.51
P-40	25.4	Cambia	388.48
P-41	25.4	Cambia	254.88
P-42	63	Se mantiene	37.87
P-43	63	Se mantiene	64.31
P-44	63	Cambia	123.31
P-45	63	Cambia	164.6
P-46	63	Cambia	209.39
P-47	63	Cambia	124.71
P-48	63	Se mantiene	382.69
P-49	63	Se mantiene	230.38
P-50	50	Se mantiene	1.66
P-51	50	Se mantiene	271.26
P-52	50	Se mantiene	388.19
P-53	63	Se mantiene	56.32
P-54	110	Se mantiene	320.13
P-55	50	Se mantiene	279.96
P-56	63	Cambia	18.17
P-57	90	Cambia	447.82
P-58	90	Cambia	396.3
P-59	110	Se mantiene	5.56
P-60	110	Se mantiene	24.84
P-61	63	Se mantiene	130.65
P-62	110	Cambia	242.78
P-63	110	Cambia	267.87
P-64	50	Se mantiene	298.73
P-65	50	Se mantiene	297.49

ANEXO: 11 – PRESIONES MÁXIMAS Y MÍNIMAS ACTUALES CON SISTEMA ACTUAL

<i>Label</i>	<i>Presión máxima (mH2O)</i>	<i>Presión mínima (mH2O)</i>
CU-1	3.48	2.90
CU-2	3.26	2.69
CU-3	7.22	6.41
CU-4	11.19	10.12
CU-5	13.87	11.27
CU-6	21.52	13.22
CU-7	23.05	14.39
CU-8	24.21	15.30
CU-9	27.11	17.61
CU-10	26.88	17.06
CU-11	12.21	-5.87
CU-12	12.53	-5.56
CU-13	12.78	-5.32
CU-14	13.00	-5.09
CU-15	13.21	-4.88
CU-16	13.48	-4.61
CU-17	13.40	-4.68
CU-18	13.25	-4.83
CU-19	13.57	-4.51
CU-20	14.42	-3.64
CU-21	14.35	-3.72
CU-22	14.28	-3.79
CU-23	14.22	-3.85
CU-24	14.04	-4.03
CU-25	13.84	-4.24
CU-26	14.38	-3.69
CU-27	14.56	-3.52
CU-28	14.47	-3.62
CU-29	14.54	-3.53
CU-30	14.58	-3.50
CU-31	14.60	-3.47
CU-32	14.67	-3.41
CU-33	15.04	-3.04
CU-34	15.42	-2.67
CU-35	15.53	-2.56
CU-36	15.62	-2.47
CU-37	15.68	-2.42
CU-38	15.11	-2.97
CU-39	14.81	-3.10

CU-40	15.25	-2.55
CU-41	15.25	-2.54
CU-42	15.49	-2.23
CU-43	15.91	-1.70
CU-44	16.10	-1.46
CU-45	16.31	-1.20
CU-46	16.49	-0.91
CU-47	16.77	-0.58
CU-48	16.66	-0.65
CU-49	17.17	0.01
CU-50	17.54	0.44
CU-51	17.24	0.04
CU-52	17.81	0.80
CU-53	17.93	0.96
CU-54	18.07	1.14
CU-55	18.37	1.53
CU-56	18.06	1.20
CU-57	18.60	1.84
CU-58	18.67	1.94
CU-59	18.76	2.06
CU-60	19.01	2.38
CU-61	18.78	2.10
CU-62	19.05	2.48
CU-63	19.40	2.92
CU-64	19.71	3.32
CU-65	19.78	3.42
CU-66	19.87	3.55
CU-67	20.06	3.80
CU-68	19.87	3.51
CU-69	20.38	4.17
CU-70	20.44	4.25
CU-71	20.42	4.23
CU-72	20.67	4.58
CU-73	20.84	5.03
CU-74	20.76	4.67
CU-75	20.84	4.75
CU-76	20.75	4.65
CU-77	20.69	4.59
CU-78	20.60	4.51
CU-79	20.33	4.24
CU-80	20.24	4.15
CU-81	20.29	4.19
CU-82	20.41	4.32

CU-83	22.27	6.17
CU-84	22.91	6.81
CU-85	23.30	7.20
CU-86	22.70	6.60
CU-87	23.58	7.47
CU-88	23.46	7.35
CU-89	23.32	7.21
CU-90	23.16	7.05
CU-91	23.39	7.29
CU-92	20.73	5.00
CU-93	20.77	5.32
CU-94	20.80	5.71
CU-95	20.82	5.89
CU-96	20.83	6.15
CU-97	20.94	8.03
CU-98	20.98	7.72
CU-99	20.95	7.41
CU-100	20.90	6.96
CU-101	21.12	7.48
CU-102	20.99	6.03
CU-103	21.05	6.72
CU-104	20.97	8.48
CU-105	21.43	9.56
CU-106	21.55	9.89
CU-107	20.27	8.18
CU-108	19.98	7.75
CU-109	20.34	8.25
CU-110	18.98	6.89
CU-111	18.92	6.83
CU-112	17.38	5.29
CU-113	16.89	4.80
CU-114	16.56	4.47
CU-115	15.86	3.77
CU-116	15.15	3.06
CU-117	14.25	2.16
CU-118	21.87	10.44
CU-119	22.30	10.94
CU-120	22.73	11.40
CU-121	22.74	11.42
CU-122	22.71	11.47
CU-123	23.18	12.05
CU-124	23.71	12.56
CU-125	23.68	12.53

CU-126	23.53	12.39
CU-127	23.57	12.42
CU-128	23.71	12.57
CU-129	23.45	12.31
CU-130	23.43	12.29
CU-131	23.55	12.41
CU-132	24.62	13.49
CU-133	25.59	14.45
CU-134	22.20	10.63
CU-135	21.21	10.09
CU-136	19.76	8.67
CU-137	21.03	9.95
CU-138	21.17	10.13
CU-139	21.99	11.06
CU-140	21.92	10.93
CU-141	22.94	11.92
CU-142	22.71	11.69
CU-143	21.88	10.58
CU-144	21.91	10.82
CU-145	21.57	10.75
CU-146	20.72	10.25
CU-147	21.49	10.26
CU-148	21.50	10.39
CU-149	21.08	10.27
CU-150	20.56	9.97
CU-151	20.50	9.04
CU-152	10.76	-0.76
CU-153	11.63	0.11
CU-154	12.58	1.06
CU-155	12.92	1.40
CU-156	13.72	2.20
CU-157	13.96	2.44
CU-158	14.26	2.73
CU-159	20.04	8.42
CU-160	15.71	4.18
CU-161	14.47	2.94
CU-162	19.63	8.09
CU-163	15.71	4.18
CU-164	17.71	6.17
CU-165	9.13	-2.35
CU-166	10.04	-1.44
CU-167	11.59	0.10
CU-168	13.72	2.26

CU-169	14.72	3.27
CU-170	15.29	3.85
CU-171	17.32	5.89
CU-172	9.82	-1.68
CU-173	12.15	0.74
CU-174	18.71	7.30
CU-175	19.53	8.16
CU-176	20.06	9.50
CU-177	19.89	12.04
CU-178	19.77	12.43
CU-179	17.56	13.47
CU-180	19.00	13.56
CU-181	20.18	11.98
CU-182	20.36	10.94
CU-183	21.72	10.80
CU-184	20.39	9.47
CU-185	19.37	8.45
CU-186	16.29	5.37
CU-187	13.73	2.81
CU-188	16.10	5.18
CU-189	16.90	5.98
CU-190	47.96	46.96
CU-191	42.12	41.12
CU-192	49.40	48.40
CU-193	49.58	48.58
CU-194	48.94	47.94
CU-195	47.72	46.72
CU-196	46.77	45.77
CU-197	49.40	48.40
CU-198	53.09	52.09
CU-199	53.09	52.09
CU-200	53.19	52.19
CU-201	53.11	52.11
CU-202	56.14	55.14
CU-203	56.94	55.94
CU-204	55.60	54.60
CU-205	55.58	54.58
CU-206	55.84	54.85
CU-207	55.48	54.49
CU-208	47.91	46.91
CU-209	47.63	46.63
CU-210	53.65	52.65
CU-211	51.66	50.66

CU-212	49.62	48.62
CU-213	47.10	46.10
CU-214	44.56	43.56
CU-215	33.97	32.97
CU-216	28.45	27.46
CU-217	22.16	21.16
CU-218	30.05	29.05
CU-219	25.09	24.09
CU-220	22.22	21.22
CU-221	16.56	15.56
CU-222	14.84	13.84
CU-223	17.39	16.39
CU-224	14.28	13.29
CU-225	26.93	25.93
CU-226	21.63	20.63
CU-227	53.00	52.00
CU-228	47.91	46.92
CU-240	18.48	6.17
CU-241	21.74	9.13
CU-242	17.90	4.49

ANEXO: 12 – VELOCIDADES MÁXIMAS Y MÍNIMAS ACTUALES CON SISTEMA ACTUAL

<i>Label</i>	<i>Velocidad máxima (m/s)</i>	<i>Velocidad mínima (m/s)</i>
P-1	0.11	0.01
P-2	0.50	0.003
P-3	0.19	0.02
P-4	0.10	0.01
P-5	0.73	0.003
P-6	0.73	0.003
P-7	0.73	0.003
P-8	0.73	0.003
P-9	0.73	0.003
P-10	0.09	0.01
P-11	0.73	0.002
P-12	0.73	0.00
P-13	0.11	0.01
P-14	0.95	0.09
P-15	0.35	0.03
P-16	0.53	0.05
P-17	0.18	0.02
P-18	0.01	0.001

P-19	2.02	0.18
P-20	0.32	0.03
P-21	0.03	0.003
P-22	0.60	0.05
P-23	0.23	0.02
P-24	0.13	0.01
P-25	0.11	0.01
P-26	0.09	0.01
P-27	0.01	0.001
P-28	0.04	0.004
P-29	0.05	0.004
P-30	0.08	0.01
P-31	0.01	0.001
P-32	0.13	0.01
P-33	0.14	0.01
P-34	0.16	0.02
P-35	0.09	0.01
P-36	0.02	0.002
P-37	0.55	0.05
P-38	0.60	0.05
P-39	0.54	0.05
P-40	0.52	0.05
P-41	0.52	0.05
P-42	0.13	0.01
P-43	0.06	0.01
P-44	0.72	0.07
P-45	0.65	0.06
P-46	0.76	0.07
P-47	1.38	0.13
P-48	0.04	0.004
P-49	0.06	0.01
P-50	2.54	0.000
P-51	2.54	0.000
P-52	0.04	0.003
P-53	0.01	0.001
P-54	0.49	0.002
P-55	0.04	0.004
P-56	2.03	0.18
P-57	0.73	0.00
P-58	0.73	0.00
P-59	0.49	0.00
P-60	0.49	0.00
P-61	0.01	0.001

ANEXO: 11– PRESIONES MÁXIMAS Y MÍNIMAS A 25 AÑOS CON SISTEMA ACTUAL

<i>Label</i>	<i>Presión máxima (mH2O)</i>	<i>Presión mínima (mH2O)</i>
CU-5	11.64	-2.05
CU-6	13.71	5.60
CU-7	14.89	7.13
CU-8	15.80	8.29
CU-9	18.12	11.19
CU-10	17.59	10.96
CU-11	9.45	-223.17
CU-12	9.78	-222.83
CU-13	10.02	-222.59
CU-14	10.24	-222.33
CU-15	10.45	-222.09
CU-16	10.72	-221.77
CU-17	10.64	-221.80
CU-18	10.50	-221.99
CU-19	10.81	-221.60
CU-20	11.67	-220.56
CU-21	11.59	-220.64
CU-22	11.52	-220.76
CU-23	11.46	-220.83
CU-24	11.29	-221.04
CU-25	11.08	-221.29
CU-26	11.63	-220.69
CU-27	11.80	-220.57
CU-28	11.71	-220.67
CU-29	11.78	-220.46
CU-30	11.82	-220.44
CU-31	11.85	-220.43
CU-32	11.91	-220.38
CU-33	12.28	-220.07
CU-34	12.66	-219.76
CU-35	12.77	-219.68
CU-36	12.86	-219.62
CU-37	12.92	-219.60
CU-38	12.35	-220.10
CU-39	12.07	-218.06
CU-40	12.53	-216.30
CU-41	12.53	-216.03
CU-42	12.79	-214.93

CU-43	13.22	-212.97
CU-44	13.42	-212.19
CU-45	13.64	-211.34
CU-46	13.83	-209.70
CU-47	14.12	-208.75
CU-48	14.02	-208.49
CU-49	14.54	-205.81
CU-50	14.93	-204.78
CU-51	14.61	-206.29
CU-52	15.21	-203.34
CU-53	15.33	-202.73
CU-54	15.48	-201.99
CU-55	15.79	-200.46
CU-56	15.48	-201.13
CU-57	16.03	-199.27
CU-58	16.11	-198.88
CU-59	16.20	-198.40
CU-60	16.46	-197.14
CU-61	16.22	-197.98
CU-62	16.51	-196.26
CU-63	16.87	-194.81
CU-64	17.19	-193.27
CU-65	17.26	-192.85
CU-66	17.36	-192.29
CU-67	17.57	-191.36
CU-68	17.36	-192.80
CU-69	17.89	-190.31
CU-70	17.95	-189.99
CU-71	17.93	-189.93
CU-72	18.20	-188.43
CU-73	18.41	-184.61
CU-74	18.29	-188.36
CU-75	18.37	-188.29
CU-76	18.27	-188.41
CU-77	18.21	-188.47
CU-78	18.13	-188.58
CU-79	17.86	-188.81
CU-80	17.77	-188.94
CU-81	17.81	-188.90
CU-82	17.94	-188.78
CU-83	19.79	-186.96
CU-84	20.43	-186.33
CU-85	20.83	-185.94

CU-86	20.22	-186.53
CU-87	21.10	-185.76
CU-88	20.98	-185.87
CU-89	20.84	-185.99
CU-90	20.68	-186.15
CU-91	20.92	-185.89
CU-92	18.31	-183.77
CU-93	18.38	-179.98
CU-94	18.47	-175.27
CU-95	18.51	-173.11
CU-96	18.56	-169.90
CU-97	18.92	-146.65
CU-98	18.91	-151.15
CU-99	18.84	-154.75
CU-100	18.74	-160.09
CU-101	19.00	-156.01
CU-102	18.68	-173.38
CU-103	18.82	-164.93
CU-104	19.01	-141.11
CU-105	19.56	-132.58
CU-106	19.71	-129.67
CU-107	18.37	-136.56
CU-108	18.06	-138.65
CU-109	18.43	-136.49
CU-110	17.07	-137.85
CU-111	17.02	-137.91
CU-112	15.48	-139.45
CU-113	14.98	-139.95
CU-114	14.66	-140.28
CU-115	13.95	-140.98
CU-116	13.25	-141.69
CU-117	12.35	-142.59
CU-118	20.06	-126.26
CU-119	20.50	-125.00
CU-120	20.94	-124.20
CU-121	20.95	-124.09
CU-122	20.93	-122.99
CU-123	21.41	-121.05
CU-124	21.94	-120.80
CU-125	21.91	-120.82
CU-126	21.76	-120.93
CU-127	21.80	-120.87
CU-128	21.94	-120.71

CU-129	21.69	-120.95
CU-130	21.66	-120.97
CU-131	21.78	-120.82
CU-132	22.85	-119.73
CU-133	23.82	-118.77
CU-134	20.37	-120.84
CU-135	19.44	-122.91
CU-136	18.00	-124.07
CU-137	19.27	-122.52
CU-138	19.42	-121.94
CU-139	20.25	-119.63
CU-140	20.17	-120.56
CU-141	21.18	-119.88
CU-142	20.96	-120.08
CU-143	20.09	-124.65
CU-144	20.14	-121.79
CU-145	19.85	-118.71
CU-146	19.05	-114.96
CU-147	19.71	-124.05
CU-148	19.73	-122.47
CU-149	19.36	-118.99
CU-150	18.87	-116.70
CU-151	18.68	-128.09
CU-152	8.93	-138.60
CU-153	9.80	-137.73
CU-154	10.76	-136.77
CU-155	11.10	-136.43
CU-156	11.90	-135.65
CU-157	12.14	-135.43
CU-158	12.43	-135.16
CU-159	18.20	-130.67
CU-160	13.89	-133.80
CU-161	12.64	-134.99
CU-162	17.80	-129.98
CU-163	13.89	-133.81
CU-164	15.88	-131.86
CU-165	7.31	-139.69
CU-166	8.22	-138.78
CU-167	9.77	-136.81
CU-168	11.91	-134.84
CU-169	12.91	-133.70
CU-170	13.48	-132.98
CU-171	15.51	-130.78

CU-172	8.00	-133.32
CU-173	10.34	-135.85
CU-174	16.90	-129.29
CU-175	17.73	-127.93
CU-176	18.37	-116.74
CU-177	18.59	-81.53
CU-178	18.54	-74.84
CU-179	16.76	-34.21
CU-180	18.03	-50.60
CU-181	18.83	-85.79
CU-182	18.83	-101.48
CU-183	19.98	-119.78
CU-184	18.65	-121.13
CU-185	17.63	-122.15
CU-186	14.55	-125.24
CU-187	12.00	-127.79
CU-188	14.37	-125.42
CU-189	15.16	-124.62
CU-190	47.89	43.14
CU-191	42.04	37.08
CU-192	49.32	44.26
CU-193	49.51	44.39
CU-194	48.86	43.73
CU-195	47.64	42.48
CU-196	46.69	41.43
CU-197	49.32	44.23
CU-198	53.02	48.40
CU-199	53.02	48.39
CU-200	53.12	48.48
CU-201	53.04	48.39
CU-202	56.07	51.39
CU-203	56.86	52.16
CU-204	55.52	50.82
CU-205	55.50	50.79
CU-206	55.77	50.98
CU-207	55.41	50.62
CU-208	47.87	45.67
CU-209	47.56	43.00
CU-210	53.61	51.38
CU-211	51.62	49.39
CU-212	49.58	47.35
CU-213	47.06	44.83
CU-214	44.52	42.29

CU-215	33.93	31.71
CU-216	28.41	26.19
CU-217	22.12	19.91
CU-218	30.01	27.79
CU-219	25.05	22.84
CU-220	22.18	19.97
CU-221	16.52	14.33
CU-222	14.80	12.61
CU-223	17.35	15.16
CU-224	14.25	12.06
CU-225	26.90	24.71
CU-226	21.60	19.41
CU-227	52.97	50.77
CU-228	47.88	45.69
CU-240	16.55	-123.14
CU-241	19.76	-124.35
CU-242	15.81	-125.55

ANEXO: 12 – VELOCIDADES MÁXIMAS Y MÍNIMAS A 25 AÑOS CON SISTEMA ACTUAL

<i>Label</i>	<i>Velocidad máxima (m/s)</i>	<i>Velocidad mínima (m/s)</i>
P-1	0.44	0.04
P-4	0.39	0.04
P-6	0.79	0.00
P-7	0.77	0.01
P-8	0.77	0.01
P-9	0.77	0.01
P-10	0.35	0.03
P-11	0.76	0.02
P-12	0.75	0.03
P-13	0.48	0.04
P-14	3.78	0.34
P-15	1.40	0.13
P-16	2.13	0.19
P-17	0.74	0.07
P-18	0.02	0.002
P-19	8.03	0.73
P-20	1.27	0.12
P-21	0.12	0.01

P-22	2.39	0.22
P-23	0.90	0.08
P-24	0.51	0.05
P-25	0.45	0.04
P-26	0.36	0.03
P-27	0.03	0.003
P-28	0.15	0.01
P-29	0.18	0.02
P-30	0.31	0.03
P-31	0.02	0.002
P-32	0.54	0.05
P-33	0.56	0.05
P-34	0.66	0.06
P-35	0.38	0.03
P-36	0.10	0.01
P-37	2.19	0.20
P-38	2.39	0.22
P-39	2.17	0.20
P-40	2.09	0.19
P-41	2.09	0.19
P-42	0.51	0.05
P-43	0.25	0.02
P-44	2.88	0.26
P-45	2.58	0.23
P-46	3.02	0.27
P-47	5.51	0.50
P-48	0.18	0.02
P-49	0.23	0.02
P-50	2.48	0.00
P-52	0.15	0.01
P-53	0.04	0.004
P-55	0.16	0.01
P-56	8.07	0.00
P-57	0.75	0.03
P-58	0.75	0.03
P-59	0.49	0.49
P-60	0.49	0.49
P-61	0.02	0.002
P-62	0.53	0.00
P-63	0.53	0.00
P-64	2.48	0.00
P-65	0.74	0.07

ANEXO: 13 – PRESIONES MÁXIMAS Y MÍNIMAS DEL SISTEMA CON NUEVO DISEÑO A 25 AÑOS

<i>Label</i>	<i>Presión máxima (mH2O)</i>	<i>Presión mínima (mH2O)</i>
CU-5	15.07	-1.56
CU-6	22.71	6.09
CU-7	24.25	7.63
CU-8	25.41	8.79
CU-9	28.31	11.69
CU-10	28.08	11.46
CU-11	14.53	5.16
CU-12	14.85	5.49
CU-13	15.10	5.73
CU-14	15.32	6.00
CU-15	15.53	6.23
CU-16	15.80	6.56
CU-17	15.72	6.52
CU-18	15.57	6.33
CU-19	15.89	6.73
CU-20	16.75	7.76
CU-21	16.67	7.69
CU-22	16.60	7.57
CU-23	16.54	7.49
CU-24	16.36	7.28
CU-25	16.16	7.04
CU-26	16.71	7.63
CU-27	16.88	7.75
CU-28	16.79	7.65
CU-29	16.86	7.86
CU-30	16.90	7.88
CU-31	16.93	7.90
CU-32	16.99	7.94
CU-33	17.36	8.25
CU-34	17.74	8.56
CU-35	17.85	8.65
CU-36	17.94	8.71
CU-37	18.00	8.72
CU-38	17.43	8.23
CU-39	17.13	8.28
CU-40	17.58	8.82
CU-41	17.57	8.83
CU-42	17.81	9.13
CU-43	18.23	9.64
CU-44	18.42	9.87

CU-45	18.63	10.13
CU-46	18.81	10.40
CU-47	19.09	10.73
CU-48	18.99	10.65
CU-49	19.49	11.29
CU-50	19.87	11.71
CU-51	19.56	11.33
CU-52	20.14	12.06
CU-53	20.25	12.21
CU-54	20.39	12.38
CU-55	20.69	12.76
CU-56	20.38	12.43
CU-57	20.92	13.06
CU-58	20.99	13.15
CU-59	21.08	13.27
CU-60	21.33	13.58
CU-61	21.10	13.31
CU-62	21.37	13.67
CU-63	21.72	14.09
CU-64	22.03	14.48
CU-65	22.10	14.58
CU-66	22.19	14.70
CU-67	22.38	14.94
CU-68	22.20	14.67
CU-69	22.70	15.31
CU-70	22.76	15.39
CU-71	22.74	15.37
CU-72	22.99	15.70
CU-73	23.16	15.94
CU-74	23.08	15.77
CU-75	23.16	15.84
CU-76	23.07	15.72
CU-77	23.01	15.65
CU-78	22.92	15.55
CU-79	22.65	15.32
CU-80	22.56	15.19
CU-81	22.60	15.23
CU-82	22.73	15.35
CU-83	24.58	17.17
CU-84	25.22	17.80
CU-85	25.62	18.18
CU-86	25.02	17.59
CU-87	25.90	18.37

CU-88	25.77	18.26
CU-89	25.63	18.14
CU-90	25.47	17.98
CU-91	25.71	18.24
CU-92	23.05	15.86
CU-93	23.08	15.96
CU-94	23.12	16.09
CU-95	23.13	16.14
CU-96	23.14	16.22
CU-97	23.24	16.79
CU-98	23.28	16.74
CU-99	23.24	16.63
CU-100	23.21	16.49
CU-101	23.42	16.78
CU-102	23.30	16.31
CU-103	23.35	16.53
CU-104	23.26	16.92
CU-105	23.71	17.53
CU-106	23.83	17.70
CU-107	22.56	16.34
CU-108	22.27	16.01
CU-109	22.62	16.40
CU-110	21.26	15.04
CU-111	21.21	14.98
CU-112	19.67	13.44
CU-113	19.17	12.94
CU-114	18.85	12.61
CU-115	18.14	11.91
CU-116	17.44	11.20
CU-117	16.54	10.30
CU-118	24.15	18.07
CU-119	24.58	18.51
CU-120	25.01	18.95
CU-121	25.02	18.96
CU-122	24.99	18.94
CU-123	25.45	19.44
CU-124	25.98	19.85
CU-125	25.96	19.81
CU-126	25.81	19.60
CU-127	25.84	19.59
CU-128	25.98	19.71
CU-129	25.73	19.44
CU-130	25.70	19.39

CU-131	25.82	19.48
CU-132	26.89	20.52
CU-133	27.86	21.49
CU-134	24.48	17.87
CU-135	23.48	17.13
CU-136	22.04	15.74
CU-137	23.30	17.06
CU-138	23.45	17.30
CU-139	24.27	18.43
CU-140	24.19	18.18
CU-141	25.21	19.30
CU-142	24.99	19.08
CU-143	24.16	18.13
CU-144	24.18	18.22
CU-145	23.85	17.97
CU-146	22.99	17.23
CU-147	23.77	17.77
CU-148	23.77	17.81
CU-149	23.35	17.49
CU-150	22.84	17.04
CU-151	22.78	16.74
CU-152	13.04	6.98
CU-153	13.91	7.85
CU-154	14.86	8.81
CU-155	15.20	9.15
CU-156	16.00	9.95
CU-157	16.24	10.19
CU-158	16.54	10.48
CU-159	22.32	16.24
CU-160	17.99	11.94
CU-161	16.75	10.69
CU-162	21.91	15.85
CU-163	17.99	11.94
CU-164	19.99	13.93
CU-165	11.41	5.37
CU-166	12.32	6.28
CU-167	13.87	7.82
CU-168	16.00	9.97
CU-169	17.00	10.97
CU-170	17.57	11.54
CU-171	19.60	13.57
CU-172	12.10	6.05
CU-173	14.43	8.41

CU-174	20.99	14.97
CU-175	21.81	15.80
CU-176	22.33	16.55
CU-177	22.14	17.08
CU-178	22.01	17.09
CU-179	19.74	15.42
CU-180	21.21	16.77
CU-181	22.43	17.28
CU-182	22.62	17.15
CU-183	23.99	18.17
CU-184	22.66	16.83
CU-185	21.64	15.80
CU-186	18.56	12.71
CU-187	16.01	10.16
CU-188	18.38	12.53
CU-189	19.18	13.33
CU-190	47.92	41.52
CU-191	42.07	35.45
CU-192	49.36	42.64
CU-193	49.54	42.77
CU-194	48.90	42.11
CU-195	47.68	40.85
CU-196	46.72	39.81
CU-197	49.36	42.60
CU-198	53.05	46.78
CU-199	53.05	46.77
CU-200	53.15	46.86
CU-201	53.07	46.77
CU-202	56.10	49.76
CU-203	56.90	50.54
CU-204	55.56	49.19
CU-205	55.54	49.17
CU-206	55.80	49.36
CU-207	55.44	48.99
CU-208	47.90	43.84
CU-209	47.59	41.38
CU-210	53.64	49.59
CU-211	51.65	47.59
CU-212	49.61	45.55
CU-213	47.09	43.04
CU-214	44.55	40.49
CU-215	33.96	29.91
CU-216	28.45	24.39

CU-217	22.15	18.09
CU-218	30.04	25.98
CU-219	25.08	21.03
CU-220	22.21	18.15
CU-221	16.56	12.50
CU-222	14.83	10.78
CU-223	17.38	13.33
CU-224	14.28	10.22
CU-225	26.93	22.87
CU-226	21.63	17.57
CU-227	53.00	48.94
CU-228	47.91	43.85
CU-240	20.76	13.80
CU-241	24.02	16.92
CU-242	20.18	12.70

ANEXO: 14 – VELOCIDADES MÁXIMAS Y MÍNIMAS DEL SISTEMA CON NUEVO DISEÑO A 25 AÑOS

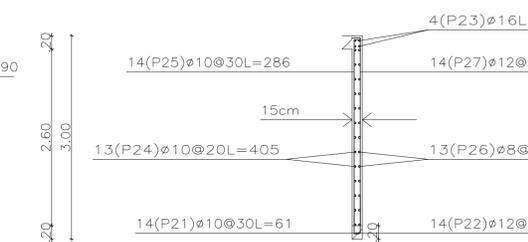
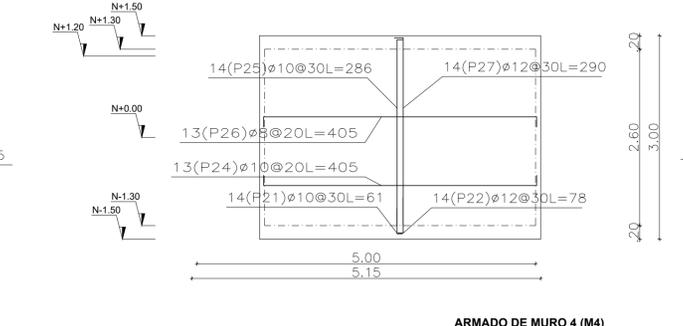
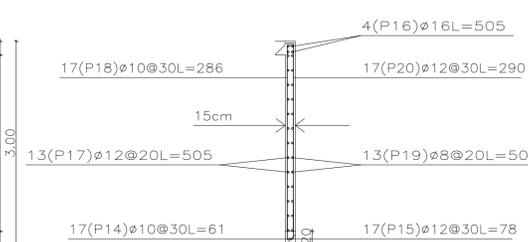
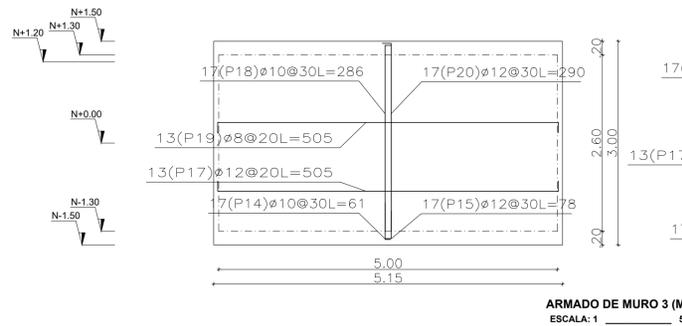
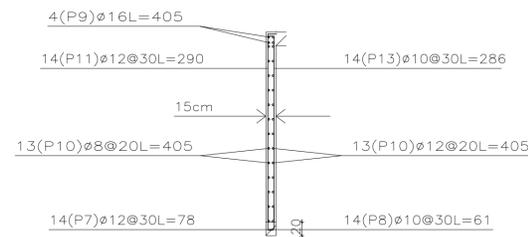
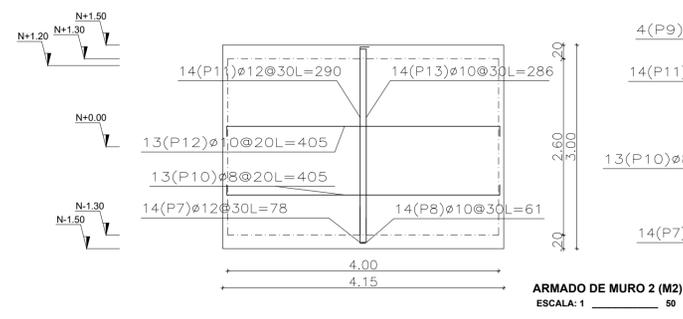
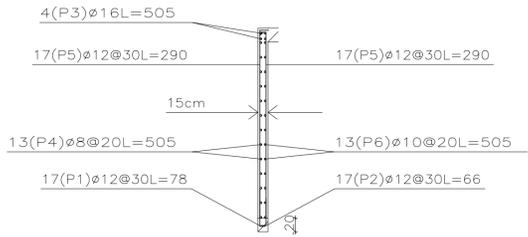
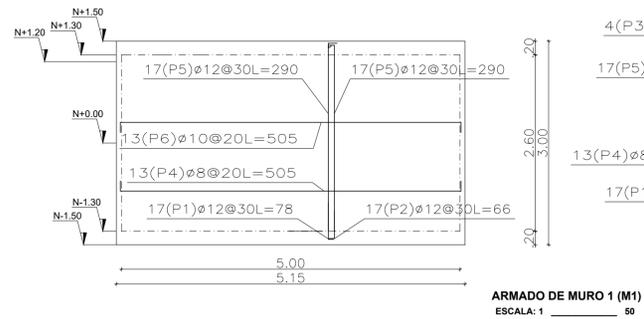
<i>Label</i>	<i>Velocidad máxima (m/s)</i>	<i>Velocidad mínima (m/s)</i>
P-1	0.44	0.04
P-4	0.39	0.04
P-6	0.95	0.003
P-7	0.95	0.003
P-8	0.95	0.003
P-9	0.95	0.003
P-10	0.35	0.03
P-11	0.94	0.002
P-12	0.93	0.00
P-13	0.48	0.04
P-14	0.74	0.07
P-15	0.20	0.02
P-16	0.45	0.04
P-17	0.15	0.01
P-18	0.02	0.002
P-19	1.63	0.15
P-20	0.44	0.04
P-21	0.12	0.01

P-22	0.40	0.04
P-23	0.38	0.03
P-24	0.51	0.05
P-25	0.45	0.04
P-26	0.36	0.03
P-27	0.03	0.003
P-28	0.15	0.01
P-29	0.18	0.02
P-30	0.31	0.03
P-31	0.02	0.002
P-32	0.11	0.01
P-33	0.12	0.01
P-34	0.14	0.01
P-35	0.08	0.01
P-36	0.10	0.01
P-37	0.47	0.04
P-38	0.51	0.05
P-39	0.47	0.04
P-40	0.54	0.05
P-41	0.54	0.05
P-42	0.51	0.05
P-43	0.25	0.02
P-44	0.61	0.06
P-45	0.59	0.05
P-46	0.99	0.09
P-47	1.12	0.10
P-48	0.18	0.02
P-49	0.29	0.03
P-50	2.51	0.00
P-52	0.15	0.01
P-53	0.04	0.004
P-55	0.16	0.01
P-56	1.63	0.15
P-57	0.93	0.00
P-58	0.93	0.00
P-59	1.41	0.00
P-60	1.41	0.000
P-61	0.02	0.002
P-62	0.95	0.003
P-63	0.95	0.003
P-64	2.51	0.00
P-65	0.74	0.07

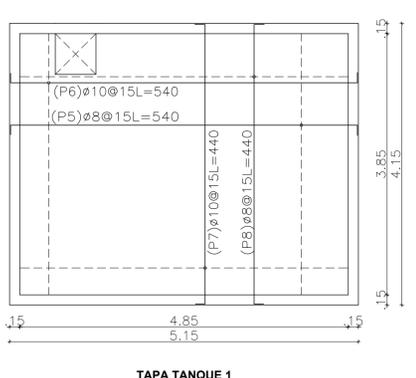
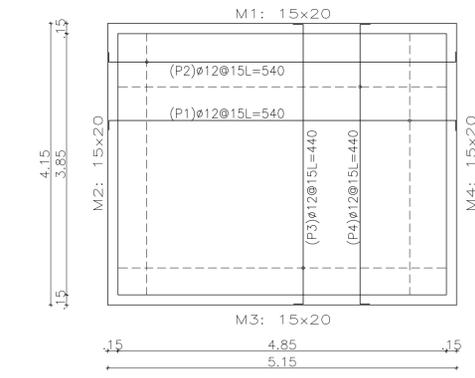
ANEXO: 15 – PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN

<i>Periodo de recuperación</i>	<i>Flujo de fondo neto puro parcial</i>	<i>Valor actual</i>	<i>Valor actual acumulado</i>
1	11494.86	11494.86	11494.86
2	12094.86	12094.86	23589.71
3	12754.86	12754.86	36344.57
4	13414.86	13414.86	49759.43
5	14074.86	14074.86	63834.29
6	14794.86	14794.86	78629.14
7	15514.86	15514.86	94144.00
8	16234.86	16234.86	110378.86
9	17014.86	17014.86	127393.71
10	17794.86	17794.86	145188.57
11	18634.86	18634.86	163823.43
12	19474.86	19474.86	183298.29
13	20374.86	20374.86	203673.14
14	21274.86	21274.86	224948.00
15	22174.86	22174.86	247122.86
16	23134.86	23134.86	270257.71
17	24154.86	24154.86	294412.57
18	25174.86	25174.86	319587.43
19	26254.86	26254.86	345842.29
20	27334.86	27334.86	373177.14
21	28474.86	28474.86	401652.00
22	29614.86	29614.86	431266.86
23	30874.86	30874.86	462141.71
24	32074.86	32074.86	494216.57
25	33394.86	33394.86	527611.43
Total			5683788.57

ANEXO: 16– DIGITALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA

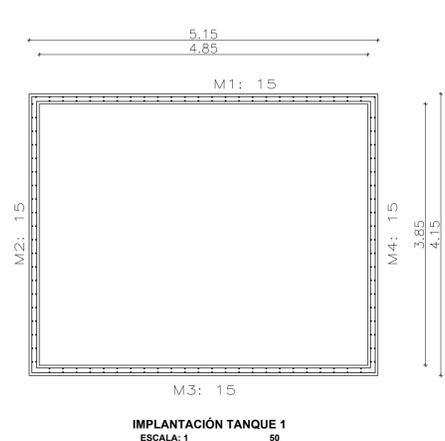
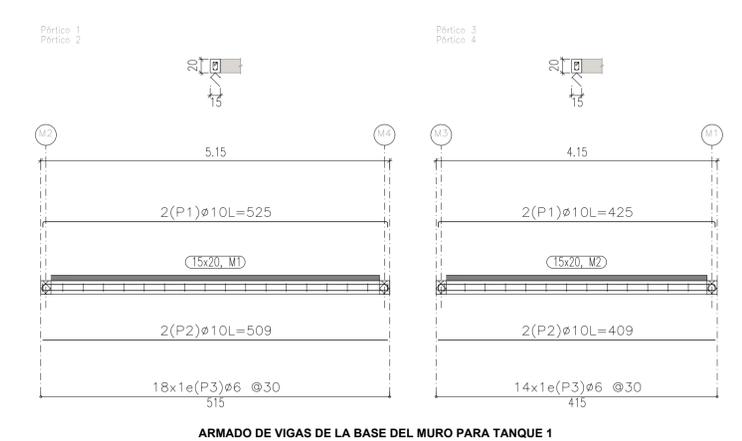


Elemento	Pos.	Diám.	No.	Long. (cm)	Total (cm)	Fy=4200 kg/cm ² (kg)
M1	1	#12	17	78	1326	11.8
	2	#12	17	66	1122	10.0
	3	#16	4	505	2020	31.9
	4	#8	13	505	6565	25.9
	5	#12	34	290	9860	87.5
Total=100%						228.4
M2	7	#12	14	78	1092	9.7
	8	#10	14	61	854	5.3
	9	#16	4	405	1620	25.6
	10	#8	13	405	5265	20.8
	11	#12	14	290	4060	36.0
Total=100%						130.1
M3	14	#10	17	61	1037	6.4
	15	#12	17	78	1326	11.8
	16	#16	4	505	2020	31.9
	17	#10	17	286	4862	50.5
	18	#8	13	505	6565	25.9
Total=100%						126.5
M4	21	#10	14	61	854	5.3
	22	#12	14	78	1092	9.7
	23	#16	4	405	1620	25.6
	24	#10	13	405	5265	25.2
	25	#10	14	286	4004	24.7
Total=100%						136.5



Elemento	Pos.	Diám.	No.	Long. (cm)	Total (cm)	Fy=4200 kg/cm ² (kg)
CIMENTACIÓN	1	#12	26	540	14040	124.4
	2	#12	26	340	8840	78.4
	3	#12	33	440	14520	128.9
	4	#12	33	440	14520	128.9
Total=100%						359.7
TAPA TANQUE	5	#8	26	540	14040	55.4
	6	#10	26	340	8840	55.4
	7	#10	33	440	14520	89.5
Total=100%						318.8

Resumen Acero	Long. total (m)	Peso=10% (kg)	Total
Muros de hormigón armado			
Fy=4200 kg/cm ²	ø8	236.6	103
	ø10	327.1	222
	ø12	354.3	346
	ø16	72.8	126



Elemento	Pos.	Diám.	No.	Esquema (cm)	Long. (cm)	Total (cm)	Fy=4200 kg/cm ² (kg)
Pértico 1-Pértico 2	1	#10	2	509	529	1058	6.5
	2	#10	2	509	509	1018	6.3
	3	#6	18	6	6	48	864
Total=100%							15.2
Pértico 3-Pértico 4	1	#10	2	409	425	850	5.2
	2	#10	2	409	409	818	5.0
	3	#6	14	6	6	48	872
Total=100%							12.9
Total=100%							28.8
Total=100%							28.2

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

REPOTECIZACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA DE DOÑA ANA DE GUAYLLABAMBA

TUTOR: ANDRÉS HEREDIA

ELABORADO POR: RONALD ORTIZ JORGE COMINA

LOCALIZACIÓN: GUAYLLABAMBA ECUADOR

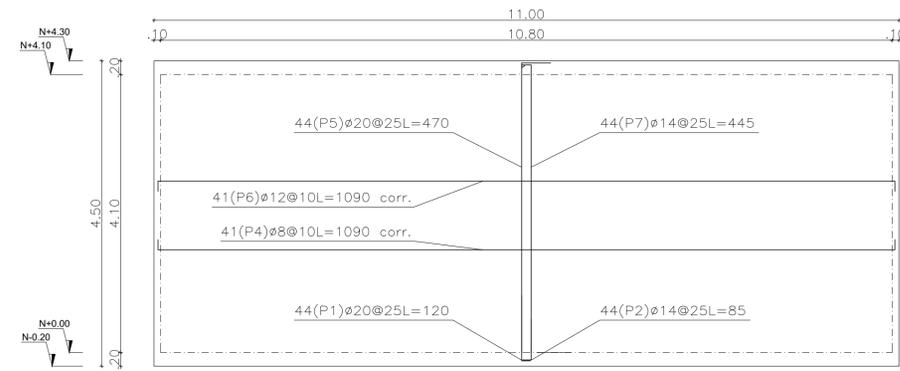
SECTOR: DOÑA ANA Y SAN NICOLÁS

ESCALAS: INDICADAS FECHA: MAYO 2021

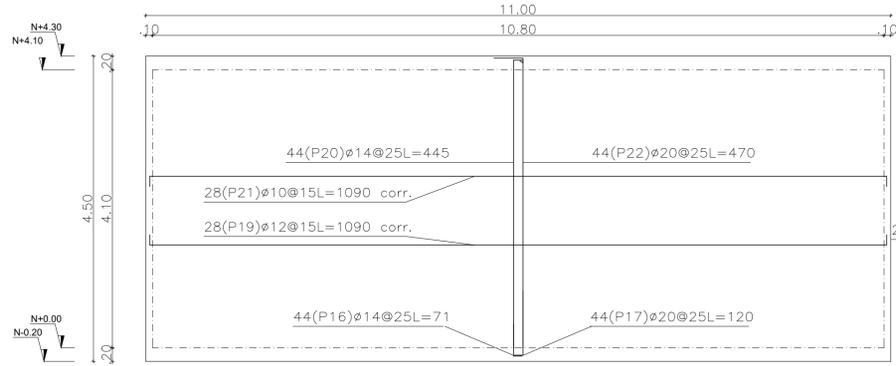
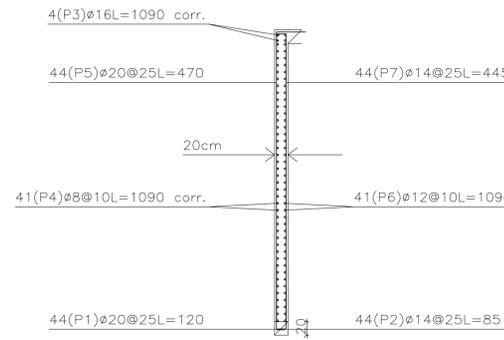
CONTIENE: PLANOS TANQUE DE ALMACENAMIENTO 1 PLANOS TANQUE DE ALMACENAMIENTO 2

APROBADO: LÁMINA: 1/2

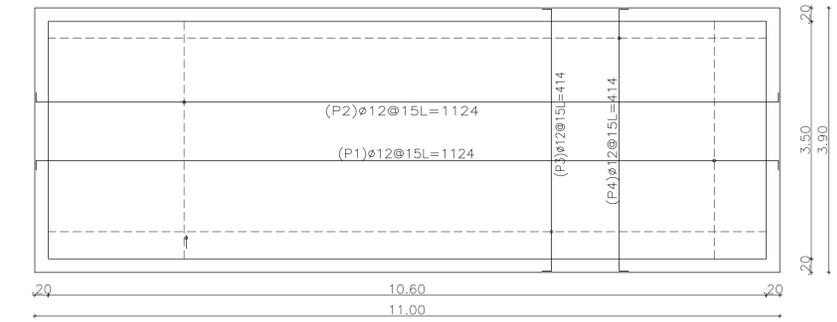
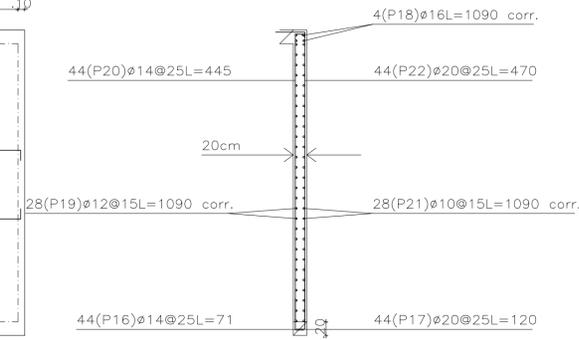
OBSERVACIONES



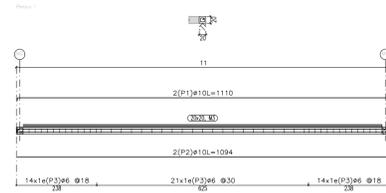
ARMADO DE MURO 1 (M1)
ESCALA: 1/50



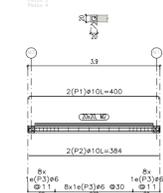
ARMADO DE MURO 3 (M3)
ESCALA: 1/50



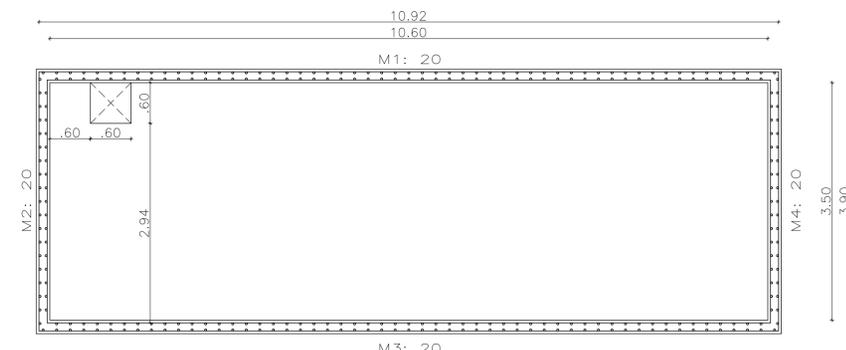
CIMENTACIÓN TANQUE 2
ESCALA: 1/50



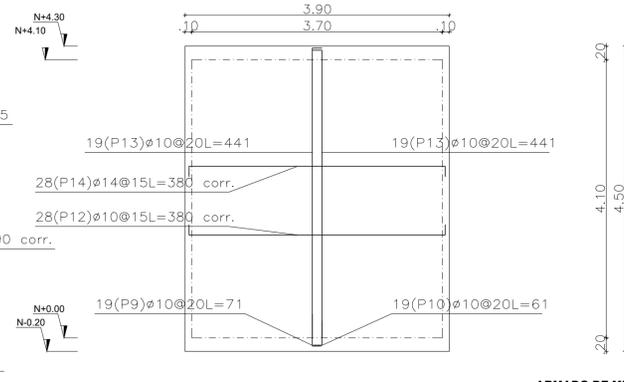
TAPA TANQUE 2
ESCALA: 1/50



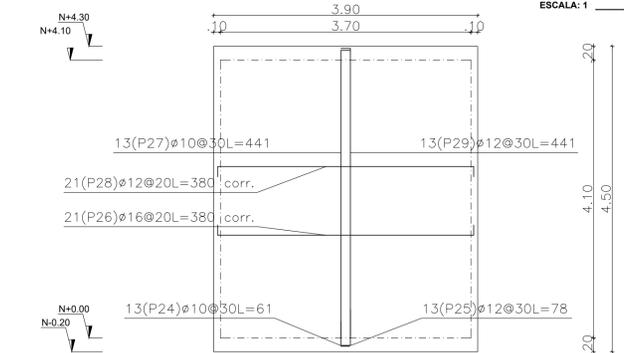
ARMADO DE VIGAS DE LA BASE DEL MURO PARA TANQUE 2
ESCALA: 1/50



IMPLANTACIÓN TANQUE 2
ESCALA: 1/50



ARMADO DE MURO 2 (M2)
ESCALA: 1/50



ARMADO DE MURO 4 (M4)
ESCALA: 1/50

PLANILLA DE HIERROS DE LOS MUROS EN TANQUE 2							
Elemento	Pos.	Diám.	No.	Long. Total (cm)	Peso (kg)		
M1	1	Ø20	44	120	5280	132.7	
	2	Ø14	44	85	3740	45.2	
	3	Ø16	4	1090	4360	68.8	
	4	Ø8	41	1090	44660	176.4	
	5	Ø20	44	470	20680	510.0	
	6	Ø12	41	1090	44660	398.9	
	7	Ø14	44	445	19580	236.9	
	8	Ø8	1804	22	39688	156.6	
Total+10%					1892.7		
M2	9	Ø10	19	271	5149	63.3	
	10	Ø10	19	61	1159	7.1	
	11	Ø16	4	380	1520	24.0	
	12	Ø10	28	380	10640	85.9	
	13	Ø10	38	441	16758	103.3	
	14	Ø14	28	380	10640	128.6	
	15	Ø10	196	24	4704	29.0	
	Total+10%					402.5	
	M3	16	Ø14	44	71	3124	37.8
		17	Ø20	44	120	5280	132.2
18		Ø16	4	1090	4360	68.8	
19		Ø12	28	1090	30520	271.0	
20		Ø14	44	445	19580	236.9	
21		Ø10	28	1090	30520	188.2	
22		Ø20	44	470	20680	510.0	
23		Ø8	1232	22	27104	107.0	
Total+10%					1704.6		
M4		24	Ø10	13	61	793	4.9
	25	Ø12	13	28	364	9.0	
	26	Ø16	25	380	9500	149.9	
	27	Ø10	13	441	5733	35.2	
	28	Ø12	21	380	7980	70.8	
	29	Ø12	13	441	5733	35.9	
	30	Ø10	273	24	6552	40.4	
	Total+10%					397.3	

Resumen Acero	Long. total (m)	Peso+10% (kg)	Total
Muros de hormigón armado			
Ø8	1114.8	484	
Ø10	782.1	530	
Ø12	899.4	878	
Ø14	566.6	753	
Ø16	197.4	343	
Ø20	519.2	1408	4396

PLANILLA DE HIERROS EN TAPA Y CIMENTACIÓN DEL TANQUE 2						
Elemento	Pos.	Diám.	No.	Long. Total (cm)	Peso (kg)	
CIMENTACIÓN	1	Ø12	24	1124	26976	239.5
	2	Ø12	24	1124	26976	239.5
	3	Ø12	71	414	21394	189.9
	4	Ø12	71	414	21394	189.9
Total+10%					848.8	
TAPA TANQUE	5	Ø8	24	1124	26976	106.4
	6	Ø10	24	1124	26976	166.3
	7	Ø10	71	414	21394	131.9
	8	Ø8	71	414	21394	84.4
	Total+10%					539.9

Resumen Acero	Long. total (m)	Peso+10% (kg)	Total
Muros de hormigón armado			
Ø8	485.7	210	
Ø10	483.7	328	1483
Ø12	967.4	945	

PLANILLA DE HIERROS DE VIGAS EN LA BASE DE MUROS DE TANQUE 2						
Elemento	Pos.	Diám.	No.	Long. Total (cm)	Peso (kg)	
Pórtico 1	1	Ø10	2	1110	2220	13.7
	2	Ø10	2	1094	2188	13.5
	3	Ø6	49	58	2842	6.3
Total+10%					36.9	
Pórtico 2	1	Ø10	2	1110	2220	13.7
	2	Ø10	2	1102	2204	13.6
	3	Ø6	50	58	2900	6.4
Total+10%					37.1	
Pórtico 3-Pórtico 4	1	Ø10	2	400	800	4.9
	2	Ø10	2	384	768	4.7
	3	Ø6	24	58	1392	3.1
Total+10%					14.0	
Total					85.1	

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

REPUTACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA DE DOÑA ANA DE GUAYLLABAMBA

ELABORADO POR: RONALD ORTIZ JORGE COMINA

LOCALIZACIÓN: GUAYLLABAMBA ECUADOR

TUTOR: ANDRÉS HEREDIA

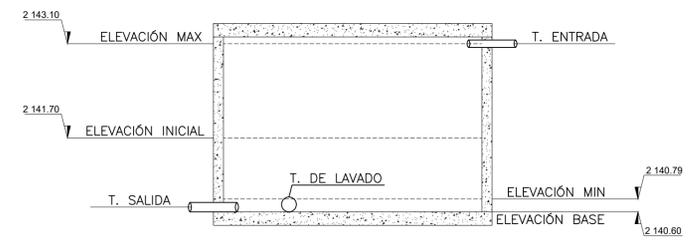
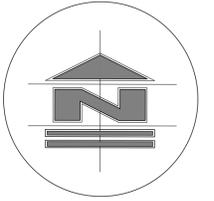
SECTOR: DOÑA ANA Y SAN NICOLÁS

ESCALAS: INDICADAS FECHA: MAYO 2021

CONTIENE: PLANOS TANQUE DE ALMACENAMIENTO 1 PLANOS TANQUE DE ALMACENAMIENTO 2

APROBADO: LÁMINA: 2/2

OBSERVACIONES

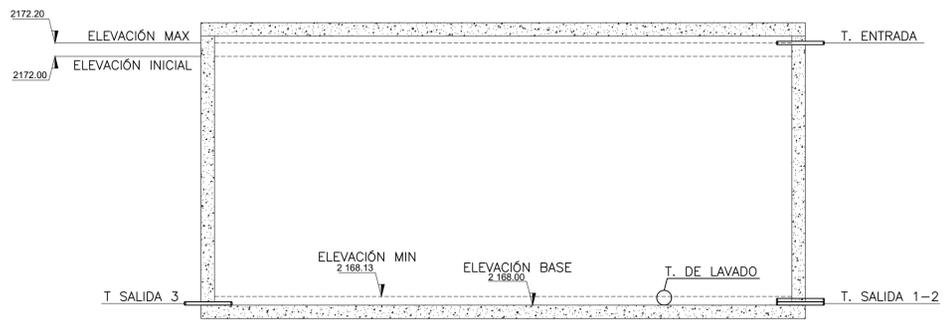
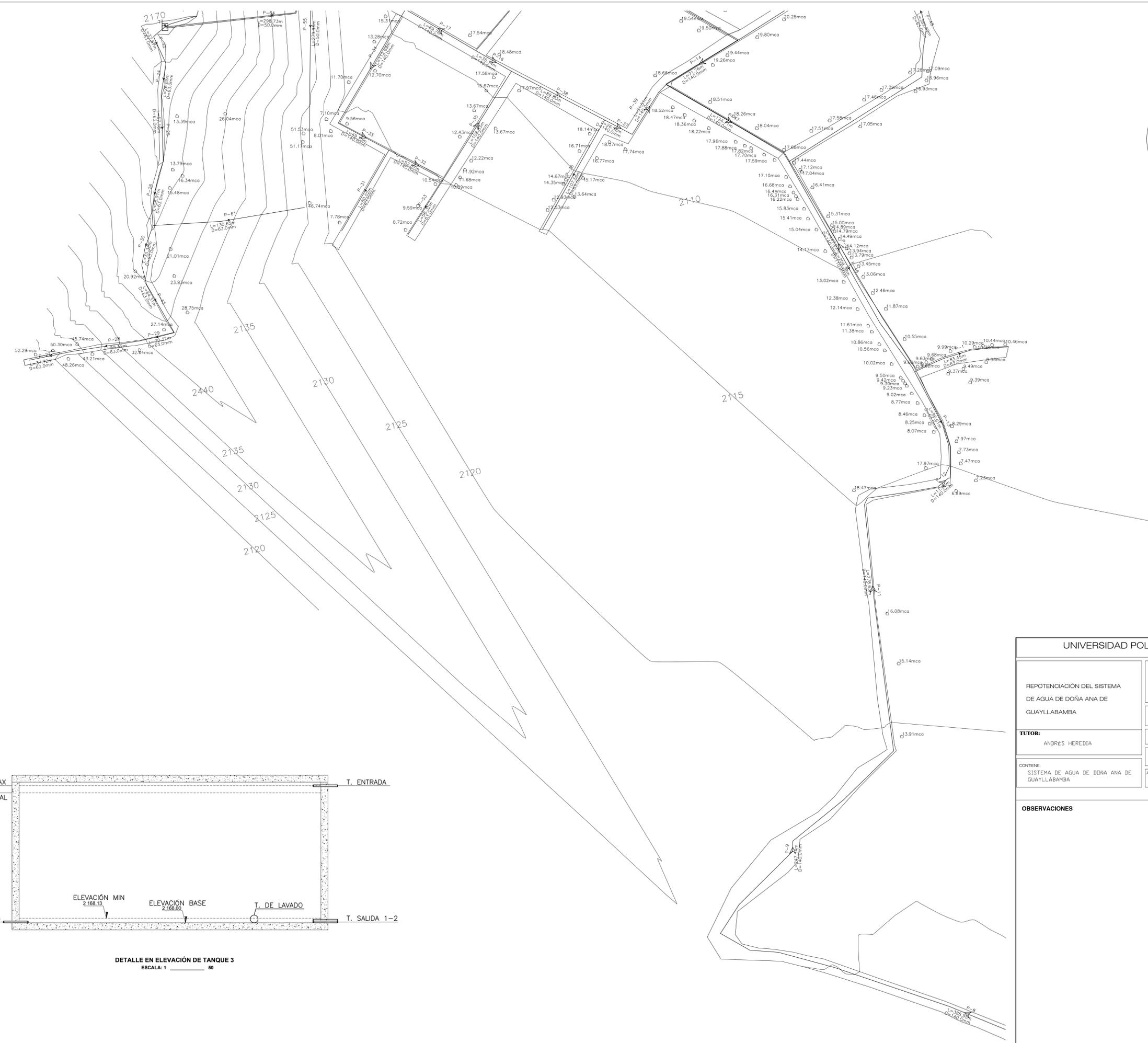


DETALLE EN ELEVACIÓN DE TANQUE 1
ESCALA: 1 : 50



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA			
REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA DE DOÑA ANA DE GUAYLLABAMBA	ELABORADO POR: RONALD ORTIZ JORGE COMINA		
	LOCALIZACIÓN: GUAYLLABAMBA ECUADOR		
TUTOR: ANDRÉS HEREDIA	SECTOR: DOÑA ANA Y SAN NICOLÁS		
CONTIENE: SISTEMA DE AGUA DE DOÑA ANA DE GUAYLLABAMBA	ESCALAS: 1:1500	FECHA: MAYO 2021	
	APROBADO:	LÁMINA: 1/3	

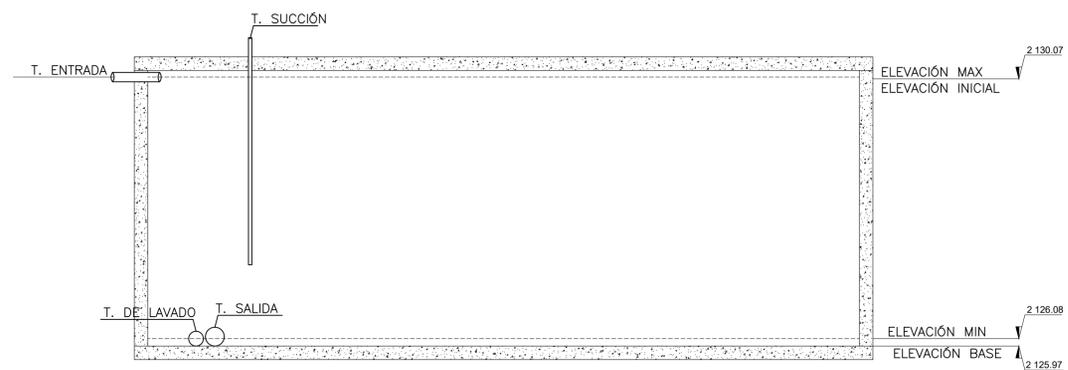
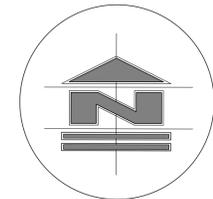
OBSERVACIONES



DETALLE EN ELEVACIÓN DE TANQUE 3
ESCALA: 1 : 50

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	
REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA DE DOÑA ANA DE GUAYLLABAMBA	ELABORADO POR: RONALD ORTIZ JORGE COMINA
	LOCALIZACIÓN: GUAYLLABAMBA ECUADOR
TUTOR: ANDRÉS HEREDIA	SECTOR: DDRA ANA Y SAN NICOLÁS
CONTENIDO: SISTEMA DE AGUA DE DDRA ANA DE GUAYLLABAMBA	ESCALAS: 1:1500
	FECHA: MAYO 2021
APROBADO:	LÁMINA: 2/3

OBSERVACIONES



DETALLE EN ELEVACIÓN DE TANQUE 2
ESCALA: 1 : 50

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA			
REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA DE DOÑA ANA DE GUAYLLABAMBA	ELABORADO POR: RONALD ORTIZ JORGE COMINA		
	LOCALIZACIÓN: GUAYLLABAMBA ECUADOR		
TUTOR: ANDRÉS HEREDIA	SECTOR: DOÑA ANA Y SAN NICOLÁS		
CONTIENE: SISTEMA DE AGUA DE DOÑA ANA DE GUAYLLABAMBA	ESCALAS: 1:1500	FECHA: MAYO 2021	
	APROBADO:	LÁMINA:	3/3

OBSERVACIONES