

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

**PROPUESTA DE MEJORAS A LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y
SANEAMIENTO DEL CANTÓN CAYAMBE**

DISEÑO DE UN RESERVORIO PARA EL SISTEMA HUAYCO - MACHAY

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO
SUPERIOR EN (RRA20) AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL**

JORGE LUIS QUINGA CHUNGANDRO

jorge.quinga@epn.edu.ec

DIRECTOR: ING. EDUARDO MAURICIO VÁSQUEZ FALCONES MSC.

eduardo.vasques@epn.edu.ec

Quito, octubre 2023

CERTIFICACIONES

Yo, JORGE LUIS QUINGA CHUNGANDRO declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

JORGE QUINGA

jorge.quinga@epn.edu.ec

jorgeluis.quinga@yahoo.com

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por JORGE LUIS QUINGA CHUNGANDRO, bajo mi supervisión.

ING. EDUARDO VÁSQUEZ, MSC
DIRECTOR

eduardo.vasquez@epn.edu.ec

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

JORGE QUINGA

DEDICATORIA

Es un sueño hecho realidad haber podido culminar esta etapa de mi vida en tan prestigiosa institución como lo es la Escuela Politécnica Nacional del Ecuador y este trabajo de titulación lo dedico a quienes me acompañaron en el trayecto día con día.

A mis hijos quienes, con una sonrisa, un abrazo y un papito te amo mucho me dieron las fuerzas suficientes para continuar cuando los momentos eran muy difíciles y parecía que las fuerzas se acababan.

A mi esposa quien con mucho cariño, comprensión y apoyo incondicional luchó junto a mi contra toda adversidad para que se cumpla este sueño.

A mis padres quienes desde el día en que supieron que venía en camino me cuidaron, me apoyaron, me educaron, me guiaron y sobre todo me dieron el ejemplo de que hay que luchar sin descanso por los sueños y la superación que uno quiere en su vida.

A mis hermanos que siempre estuvieron ahí cuando los necesité a cada uno y me convencieron que tenía las capacidades para realizar grandes cosas en mi vida.

A mis padrinos quienes me tomaron como su hijo y me hicieron sentir que siempre podía contar con ellos y siempre quisieron verme salir adelante.

A mis compañeros de clase con quienes superamos muchos obstáculos a lo largo de la carrera y siempre velamos por el bienestar del grupo.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios quien me brindó la oportunidad de hoy encontrarme en estas instancias ya que sin su bendición nada de esto fuese posible.

A mi mamita Hildita quien siempre ha luchado para poder ver salir a delante a cada uno de sus hijos, pero en especial a su quinto hijo quien a pesar de los errores, altos y bajos siempre le brindó ese calor de madre y la enseñanza de que en la vida siempre hay que ser humildes y agradecidos.

A mi papito Ernesto quien me enseñó que un padre hace lo que sea por sus hijos y aunque un padre no pueda estar ahí siempre con sus hijos el siempre los lleva en su ser y hace cualquier sacrificio para poder ofrecer mejores oportunidades que él tuvo.

A mis ingenieros quienes me compartieron sus conocimientos y enseñanzas incluso fuera de su horario laboral. Enseñanzas que han servido para poder adquirir un plus adicional en mi formación académica profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE ECUACIONES	IX
ÍNDICE DE TABLAS	X
RESUMEN.....	XI
ABSTRACT.....	XII
1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO.....	1
1.1 Objetivo general.....	2
1.2 Objetivos específicos.....	2
1.3 Alcance.....	2
1.4 Marco teórico	3
Sistema de abastecimiento de agua potable.....	3
Captación	3
Conducción.....	3
Reservas	4
Tanque de almacenamiento.....	4
Clasificación y tipos de tanques de almacenamiento	5
Características de un tanque de almacenamiento	6
Funciones de los tanques de almacenamiento.....	6
Conexiones en tanques de almacenamiento.....	6
Componentes de un tanque de almacenamiento	7
Plantas de tratamiento de agua potable (PTAR)	7
Desarenador.....	7
Coagulador y floculador	7
Sedimentador.....	8
Filtración	8
Desinfección	8
Red de distribución	8
Curva integral de consumo.....	9

2	METODOLOGÍA.....	10
2.1	Determinación de la ubicación adecuada para el reservorio	10
	Visitas técnicas	11
	Análisis hidráulico de los posibles terrenos a implementar el nuevo reservorio.....	11
	Selección del sitio idóneo.....	12
	Levantamiento de puntos georreferenciados	12
2.2	Dimensionamiento del tanque reservorio	13
	Establecimiento del caudal.....	13
	Revisión de la información proporcionada por la EMAPAAC-EP	13
	Selección de la forma del tanque reservorio	14
	Dimensionamiento del tanque reservorio.....	14
	Desarenador previo al tanque reservorio.....	15
2.3	Elaboración de planos del nuevo reservorio para la planta Huayco-Machay..	20
	Implantación	22
	Cortes	22
	Cálculo de cantidades de obra	23
	Presupuestos.....	23
3	RESULTADOS	24
3.1	Determinación de la ubicación adecuada para el reservorio	24
	Visitas técnicas	24
	Análisis hidráulico de los posibles terrenos a implementar el nuevo reservorio.....	24
	Selección del sitio idóneo.....	25
	Levantamiento de puntos georreferenciados	26
3.2	Dimensionamiento del tanque reservorio	27
	Establecimiento del caudal.....	27
	Revisión de la información proporcionada por la EMAPAAC-EP	27
	Selección de la forma del reservorio	28
	Dimensionamiento tanque reservorio	28
	Desarenador previo al tanque.....	29
3.3	Elaboración de planos del nuevo reservorio para la planta Huayco-Machay..	31
	Implantación	31
	Cortes	34
	Cálculo de cantidades de obra	39
	Presupuestos.....	40
4	CONCLUSIONES	44

5	RECOMENDACIONES.....	45
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46
7	ANEXOS.....	48
	ANEXO I.....	48
	ANEXO II.....	52
	ANEXO III.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Línea de conducción del sistema Huayco-Machay.....	10
Figura 2.	Número de Hazen (López , 2003)	16
Figura 3.	Ubicación del sitio seleccionado por la EMAPAAC EP.....	26
Figura 4.	Nube de puntos levantados en campo	27
Figura 5.	Implantación de plataforma base.....	32
Figura 6.	Implantación de tanque reservorio y desarenador	33
Figura 7.	Vista tridimensional tanque reservorio.....	33
Figura 8.	Vista en planta desarenador	34
Figura 9.	Corte longitudinal desarenador	34
Figura 10.	Plano desarenador.....	35
Figura 11.	Caja de válvulas ingreso al proyecto	36
Figura 12.	Caja de válvulas salida del proyecto	36
Figura 13.	Caja de válvulas vaciado tanque reservorio.....	37
Figura 14.	Plano de implantación desarenador y reservorio	37
Figura 15.	Plano perfiles tanque reservorio y desarenador	38

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1.	Porcentaje de déficit	15
Ecuación 2.	Volumen de tanque de almacenamiento	15
Ecuación 3.	Velocidad de sedimentación efectiva	15
Ecuación 4.	Tiempo de sedimentación	16
Ecuación 5.	Periodo de retención hidráulico	16
Ecuación 6.	Volumen del tanque	16
Ecuación 7.	Área superficial	17
Ecuación 8.	Ancho del tanque	17
Ecuación 9.	Largo del tanque	17
Ecuación 10.	Carga hidráulica superficial	17
Ecuación 11.	Velocidad de sedimentación	17
Ecuación 12.	Diámetro de la partícula crítica	17
Ecuación 13.	Relación de tiempos y velocidades	18
Ecuación 14.	Velocidad horizontal máxima	18
Ecuación 15.	Velocidad de resuspensión máxima	18
Ecuación 16.	Altura del vertedero de salida	18
Ecuación 17.	Velocidad en el vertedero de salida	18
Ecuación 18.	Alcance horizontal	19
Ecuación 19.	Longitud del colchón de agua	19
Ecuación 20.	Profundidad	19
Ecuación 21.	Distancia al vertedero de salida	19
Ecuación 22.	Profundidad	19
Ecuación 23.	Distancia a la cámara de quietamiento	19
Ecuación 24.	Profundidad máxima de lodos	19
Ecuación 25.	Distancia al punto de salida a la cámara de quietamiento ...	20
Ecuación 26.	Distancia al punto de salida al vertedero de salida	20

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Ubicación georreferenciada posibles terrenos para el reservorio	24
Tabla 2.	Resumen de evaluación hidráulica de las alternativas	25
Tabla 3.	Dimencionamiento del tanque reservorio	29
Tabla 4.	Dimencionamiento del desarenador	30
Tabla 5.	Cantidades de obra	39
Tabla 6.	Presupuesto reservorio planta Huayco – Machay	40

RESUMEN

El presente documento tuvo como finalidad el diseño de un tanque reservorio para la planta de tratamiento de agua potable Huayco-Machay la cual dota del servicio básico de agua potable a población urbana del cantón Cayambe con aguas provenientes del deshielo de la ladera sur del volcán Cayambe.

Se realizaron varias socializaciones con los representantes de la Empresa Municipal de Agua Potable, Alcantarillado y Aseo Cayambe (EMAPAAC-EP) de las cuales se pudo obtener información de proyección de crecimiento poblacional para el periodo de diseño, caudales de diseño, déficit de volumen de almacenamiento y porcentaje de cobertura del servicio de agua potable. Adicionalmente se realizaron dos visitas técnicas de campo en las cuales se pudo obtener la siguiente información: puntos georreferenciados de los posibles terrenos a implantación del proyecto para su posterior evaluación hidráulica en EPANET, nube de puntos georreferenciados del terreno a implantar el tanque reservorio con la cual se realizó los perfiles del terreno y el dimensionamiento del reservorio.

Dentro del presente documento consta un análisis simulatorio en EPANET para evaluar las características hidráulicas para la respectiva selección del terreno idóneo a implantación del reservorio, el dimensionamiento de un tanque reservorio de agua y un desarenador en el terreno elegido por los representantes de la EMAPAC-EP y un presupuesto referencial para la construcción del presente proyecto para la planta de tratamiento Huayco-Machay.

PALABRAS CLAVE: RESERVORIO, GEORREFERENCIACIÓN, PERFILES, CAUDALES, AGUA POTABLE.

ABSTRACT

The purpose of this document was to design a reservoir tank for the Huayco-Machay drinking water treatment plant, which provides the basic drinking water service to the urban population of the Cayambe canton with water from the melting of the southern slope of the Cayambe volcano.

Several socializations were carried out with the representatives of the Empresa Municipal de Agua Potable, Alcantarillado y Aseo Cayambe (EMAPAAC-EP) from which it was possible to obtain information on population growth projection for the design period, design flows, storage volume deficit and percentage of coverage of the drinking water service. Additionally, two technical field visits were carried out in which the following information could be obtained: georeferenced points of the possible terrains to be implemented by the project for its subsequent hydraulic evaluation in EPANET, cloud of georeferenced points of the land to be implanted the reservoir tank with which the profiles of the terrain and the dimensioning of the reservoir were made.

This document includes a simulation analysis in EPANET to evaluate the hydraulic characteristics for the respective selection of the ideal land for the implementation of the reservoir, the sizing of a water reservoir tank and a desander in the land chosen by the representatives of the EMAPAC-EP and a referential budget for the construction of this project for the Huayco-Machay treatment plant.

KEYWORDS: RESERVOIR, GEOREFERENCING, PROFILES, FLOW RATERS, DRINKING WATER.

1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

A lo largo de la historia el agua ha sido un recurso indispensable para el desarrollo sostenible de las sociedades y siendo indispensable hasta la actualidad para el desarrollo de las ciudades y pueblos dentro del territorio nacional. Aludiendo al sexto objetivo descrito en el Plan Nacional de desarrollo del Ecuador que trata sobre temas de agua (ONU, 2018).

La Empresa Municipal de Agua Potable, Alcantarillado y Aseo Cayambe (EMAPAAC-EP) preocupada por el derecho al agua, presente en la constitución de la república del 2008 que rige al Ecuador, se plantea mejorar la calidad del servicio a la continuidad implementando un nuevo reservorio para el proyecto emblemático Huayco-Machay con la finalidad de asegurar la continuidad del servicio prestado.

La planta de tratamiento del sistema Huayco-Machay al cual el presente proyecto desea contribuir con mejoras en para el funcionamiento está ubicada en el sector Loma Larga perteneciente a la parroquia Juan Montalvo del cantón Cayambe (EMAPAAC, 2023).

El centro poblado del cantón Cayambe se encuentra abastecido de agua potable en gran parte por el servicio que presta la planta de tratamiento de agua potable de la EMAPAAC EP que entró en funcionamiento a inicios del 2023 (EMAPAAC, 2023).

El presente proyecto busca contribuir con planos y presupuestos referenciales al proyecto Huayco-Machay para la implementación de un nuevo reservorio que tenga las condiciones suficientes para dotar de agua a la planta de tratamiento Huayco-Machay por un lapso de 48 horas y que de esta manera se pueda asegurar la continuidad de agua para la dotación del servicio para la ciudadanía de Cayambe.

El cálculo implementado para el diseño del tanque reservorio fue definido por el volumen demandado para el almacenamiento provisional y las dimensiones que existe en el terreno en el cual se va a implantar la obra. El caudal tomado como referencia para el diseño del reservorio fue el caudal medio diario para el cual fue diseñado el sistema Huayco-Machay.

Por otro lado, el presupuesto se creó a partir de las cantidades de obra necesarios para la implantación en el terreno seleccionado por la EMAPAAC EP haciendo referencia a los precios referenciales con los cuales trabaja la EMAAP-Q.

1.1 Objetivo general

Diseñar un reservorio para el sistema Huayco – Machay.

1.2 Objetivos específicos

1. Determinar la ubicación adecuada para la implementación de un reservorio en el sistema Huayco – Machay.
2. Dimensionar el reservorio considerando el caudal de captación y los caudales de consumo de la población.
3. Elaborar planos y presupuestos de implementación del reservorio.

1.3 Alcance

El cantón Cayambe cuenta con el sistema de abastecimiento de agua potable llamado Huayco-Machay manejado bajo la jurisdicción de la Empresa Municipal de Agua Potable, Alcantarillado y Aseo Cayambe (EMAPAAC-EP). Esta es una obra nueva que entró en operación a finales del 2022 y durante su funcionamiento se constató que no existe un volumen de reserva de agua para que el servicio no se vea suspendido durante condiciones adversas al correcto funcionamiento de la planta de tratamiento.

El presente proyecto se dedicará a la evaluación de las características de los sistemas de abastecimiento de agua potable y las características hidráulicas como presiones, velocidades y volúmenes que trata la planta de Huayco–Machay para diseñar un reservorio para para dos días de abastecimiento del servicio. Se dimensionó un tanque

reservorio, un desarenador que logre bajar la carga de arena con la que actualmente opera la planta de tratamiento y se elaborará un presupuesto referencial de obra.

1.4 Marco teórico

Sistema de abastecimiento de agua potable

Está comprendido por un conjunto de elementos, instrumentos y obras de carácter hidráulico que llevan a cabo diferentes funciones dentro de una red de agua potable con el fin de realizar la captación, almacenamiento, distribución y transporte de aguas provenientes de fuentes naturales superficiales (Cisneros Reinoso & Molina Molina, 2022).

Captación

Las captaciones de agua son los puntos en los cuales se toma este recurso y se encuentran dotados de estructuras que posteriormente dan paso a las conducciones (Reboreda Morillo, Gonzáles Soutelo, Souto Castro, & Silvares de Dios , 2019).

Se puede diferenciar dos tipos de captación que son:

➤ Captación interna

Estas son ubicadas en manantiales o pozos y por lo general se encuentran cubiertas por algún tipo de edificación que impide la contaminación de la fuente (Reboreda Morillo, Gonzáles Soutelo, Souto Castro, & Silvares de Dios , 2019).

➤ Captación externa

Este tipo de captaciones se encuentran a la intemperie, son estructuras como presas o derivaciones que encauzan parte del caudal de ríos o lagos (Reboreda Morillo, Gonzáles Soutelo, Souto Castro, & Silvares de Dios , 2019).

Conducción

Es el proceso de transporte del agua desde la captación hacia la planta de tratamiento mediante canales abiertos o por tuberías forzadas (Lozada Saltos, 2017). Este tipo de

conducciones generalmente se las desarrolla a gravedad y manejan conducciones tanto de tipo a superficie libre, como de flujo presurizado.

➤ **Líneas de conducción**

Son parte del sistema de conducción y estas funcionan a gravedad por lo que a lo largo de esta existen válvulas de purga que ayudan al mantenimiento y válvulas de aire que evitan presiones negativas a lo largo de la conducción (EMAAP, 2008).

Reservas

Según la Real Academia Española, (2022) un reservorio es un depósito o estanque, que contiene un determinado volumen de agua con el propósito de crear un contingente de este líquido para poder suministrar de manera continua un determinado caudal (Real Academia Española, 2022).

Los reservorios se los puede clasificar en dos tipos, de acuerdo a su origen de la siguiente forma:

➤ **Reservorios naturales**

Los reservorios naturales son embalses que a lo largo del tiempo se han ido formando por el movimiento tectónico de la tierra que ha brindado las condiciones necesarias para la acumulación de grandes masas de agua en un solo sitio. Lagos y lagunas son ejemplos de reservorios naturales que se encuentran en la naturaleza.

➤ **Reservorios artificiales**

Los reservorios artificiales son aquellos en los cuales la mano del hombre ha intervenido para que se forme una acumulación de grandes cantidades de agua para uso y beneficio de los intereses humanos.

Tanque de almacenamiento

Un tanque de almacenamiento es una obra hidráulica que cumple con varias funciones tales como el almacenamiento temporal de un determinado volumen de agua para abastecer a la población en servicio en un determinado lapso de tiempo y mantiene un flujo constante al sistema de tratamiento para poder garantizar una determinada presión

a las redes de dotación y distribución de agua potable (Organización Panamericana de la Salud, 2004).

Un tanque reservorio de almacenamiento se usa como un volumen provisional de agua para el sistema de alimentación de una planta de tratamiento de agua potable, ya sea en casos de interrupción repentino o programado del flujo continuo que abastece a la planta. Este tanque tiene la función de no paralizar el servicio prestado a la ciudadanía dotando del caudal suficiente o a su vez racionando el agua para su consumo en horas pico de consumo.

Clasificación y tipos de tanques de almacenamiento

Los tanques de almacenamiento se clasifican por su ubicación en el terreno o a su vez por el tipo de alimentación del cual se abastece.

➤ Por su ubicación en el terreno:

Tanques superficiales que son aquellos que se encuentran a nivel de la superficie topográfica del terreno y por lo general son tanques que funcionan tanto a gravedad como a bombeo. Son elaborados con distintos materiales de construcción tales como hormigón simple, hormigón armado, mampostería, entre otros y son a superficie libre (Ávila & Pavlova , 2013).

Tanques elevados que son aquellos que su nivel de implantación se encuentra a una cota superior a la superficial para poder generar una presión constante y que su funcionamiento sea netamente a gravedad. Son elaborados con acero, hormigón armado, ferrocemento, entre otros (Ludwigson, 2020).

Tanques enterrados son aquellos que se encuentran bajo el nivel superficial del terreno y funcionan a gravedad. Este tipo de tanques son útiles para poder contener la presión generada por el almacenamiento estático del agua y sus paredes son reforzadas con hormigón armado, geomembrana, entre otros (Lagrava, 2020).

➤ **Por el tipo de alimentación del cual se abastece:**

Tanques de cabecera o de regulación se considera a aquellos tanques que se abastecen de manera directa de la fuente mediante el uso de bombeo o por gravedad (Ávila & Pavlova , 2013).

Tanques de compensación o de cola se denominan así debido a que se ubican a una distancia considerable de la red de distribución y cumplen la función de almacenar agua en horas de baja demanda de caudal (Ávila & Pavlova , 2013).

Características de un tanque de almacenamiento

Las características que debe tener un tanque de almacenamiento son una buena capacidad de almacenamiento, resistencia a las presiones generadas por la presencia del volumen de agua estática contenida en el reservorio, permeabilidad de la estructura. La estructura del tanque de almacenamiento debe constar de dos partes de tal manera que en la primera parte se encuentre el almacenamiento de agua y en la segunda debe hallarse una caseta de válvulas donde se controle la entrada y salida del agua a la estructura mediante válvulas de limpieza, de rebose y de *By Pass* (Organización Panamericana de la Salud, 2004).

Funciones de los tanques de almacenamiento

Un tanque de almacenamiento cumple con dos funciones principales, por un lado, almacenar un volumen suficiente para mantener el servicio generado por la demanda de la población servida y por otro lado mantener y regular una presión conveniente generada en el sistema de distribución de agua potable (Roberti, 2018).

Conexiones en tanques de almacenamiento

Las conexiones en los tanques de almacenamiento se los realiza mediante un *By Pass* tanto en la zona de ingreso como en la salida al reservorio (EMAAP, 2008). Para el caso de las interconexiones entre las unidades internas del sistema de almacenamiento se realiza mediante válvulas de control, tuberías y compuertas.

Componentes de un tanque de almacenamiento

Un tanque de almacenamiento está conformado por dos componentes principales. El primer componente posee un depósito de almacenamiento en donde se mantiene de manera estática el agua, este está ligado al consumo de la población servida. El segundo componente consta de una cámara de válvulas en la cual se puede controlar todas las acciones que se dan dentro del sistema del tanque de almacenamiento (Roberti, 2018).

Plantas de tratamiento de agua potable (PTAR)

Se denominan plantas de tratamiento de agua potable al conjunto de operaciones unitarias que realizan las operaciones necesarias para que un agua cruda pueda ser consumida por las personas sin correr riesgo alguno de repercusión adversa a su salud debido a la ingesta del agua. En estas plantas de tratamiento se desarrollan dos etapas del tratamiento del agua; en la primera etapa se desarrolla la clarificación del agua bajo el concepto del mejoramiento las cualidades físicas y químicas y en la segunda etapa se desarrolla la desinfección del agua en proceso de tratamiento neutralizando organismos patógenos para que el agua sea inocua a la hora de su ingesta (Ordinola, 2019).

Desarenador

Un desarenador es un tipo de sedimentador con la diferencia de que en este las partículas presentes en el agua que decantan por su propio peso hacia el fondo sin necesidad de un tratamiento previo, siempre y cuando se les proporcione la distancia y tiempo necesarios para el efecto. Consiguiendo bajar la carga de contaminante suspendida en el agua para que esta sea tratada con menor esfuerzo en la planta de tratamiento (Ordinola, 2019).

Coagulador y floculador

Estos procesos siempre van de manera conjunta debido a que con la coagulación se desestabilizan las cargas de las partículas contaminantes que no pueden decantar por su propio peso, dando paso al proceso de floculación en el cual se propicia la formación de flóculos durante la estancia correspondiente al floculador (Ordinola, 2019).

Sedimentador

El sedimentador es el encargado de recibir las aguas provenientes del floculador y separar el agua de los flóculos formados. Este sedimentador siempre se encuentra después de la unidad de floculación y sus dimensiones son regidas por el caudal tratado en la PTAR y la velocidad de sedimentación (Ordinola, 2019).

Filtración

El proceso de filtración es un proceso de clarificación en el cual se retiene partículas que no pudieron ser retiradas en el resto de procesos e incluso ciertos microorganismos que no pueden ser tratados en el proceso de desinfección. Este proceso utiliza un medio poroso en diferentes capas las cuales al entrar en contacto con partículas ajenas al agua son depositadas en el lecho filtrante (Ordinola, 2019).

Desinfección

El proceso de desinfección es el cual asegura que el agua es apta para el consumo humano debido a que en este proceso se retiran todos los patógenos presentes en ella, ya que pueden hacer daño al organismo de quien la ingiera. Existen diferentes métodos de desinfección de acuerdo al tipo de compuesto utilizado para el efecto y de acuerdo a la demanda de compuesto necesaria para la desinfección se realiza una dosificación pertinente (Ordinola, 2019).

Red de distribución

Una red de distribución nace al final de una planta de tratamiento de agua potable y desemboca en la entrega del servicio a las personas en sus domicilios. Una red de distribución consta de tuberías y accesorios necesarios para la conducción del agua por un costado de la calzada y se conecta de manera individual hacia los domicilios mediante el uso de acometidas para su posterior consumo de acuerdo al uso que se le vaya a dar según la necesidad del cliente (Mena, 2016).

Curva integral de consumo

El método de la curva integral de consumo se basa en la costumbre de la población servida que hace uso del agua a lo largo de un lapso determinado de tiempo. Esto muestra la realidad de la cantidad de agua necesarios para satisfacer la demanda del agua a lo largo del tiempo, permitiendo pronosticar resultados para una población futura en temas de demanda de agua potable (López & Morales, 2021).

2 METODOLOGÍA

El sistema de tratamiento Huayco-Machay es una obra emblemática que busca proveer agua de calidad por 30 años para la parte urbana del cantón Cayambe. Está ubicada en la parroquia de Juan Montalvo en el sector Loma Larga. Para este proyecto la Senagua concesionó 365 l/s de agua de los ríos Kinde y Huayco Machay, y la captación del agua se la realiza en la ladera sur del volcán Cayambe (EMAPAAC-EP, 2020).

Cuenta con una tubería de conducción aproximada de 24 km y 400 mm de diámetro.



Figura 1. Línea de conducción del sistema Huayco – Machay

2.1 Determinación de la ubicación adecuada para el reservorio

El proyecto inició con una reunión de socialización entre representantes de la EMAPAAC-EP y representantes de la Escuela de Formación de Tecnólogos (ESFOT) de la Escuela Politécnica Nacional (EPN). En dicha reunión los representantes de la EMAPAAC-EP manifestaron la necesidad de crear un reservorio para el sistema Huayco-Machay y se solicitó a los representantes de la EPN que realicen el análisis de ubicación y dimensionamiento de la reserva.

Visitas técnicas

En una primera visita técnica realizada con representantes de la EMAPAAC-EP y representantes de la ESFOT se realizó el reconocimiento de los posibles terrenos que servirían para la implantación del nuevo reservorio, en los cuales se tomaron puntos georreferenciados con la ayuda de un GPS de mano. Estos terrenos fueron previamente estudiados por parte de EMAPAAC-EP y emitieron un informe de dicho estudio.

Una segunda visita técnica se realizó en un terreno sugerido por los representantes de la planta de tratamiento de agua potable Huayco-Machay, en la cual se levantó la información para el modelamiento del reservorio para la planta de tratamiento a manera de una nube de puntos georreferenciados con la ayuda de un GPS de mano.

Análisis hidráulico de los posibles terrenos a implementar el nuevo reservorio

La selección del terreno idóneo para el dimensionamiento del nuevo reservorio para la planta Huayco-Machay se realizó mediante una evaluación hidráulica en EPANET. Para lo cual se realizó la tabulación de los puntos georreferenciados en una hoja de cálculo, se concatenó estos datos y se procedió a guardar el archivo en formato txt. Luego se procedió a abrir al archivo creado desde el programa AutoCAD Civil 3D, se constató la geolocalización de la nube de puntos y se procedió a trazar una polilínea que pase por la línea de conducción que desemboca en la planta de tratamiento Huayco-Machay. Esta polilínea fue modificada y guardada en formato dxf en cuatro ocasiones, en diferentes capas, por la posibilidad de implementación del reservorio en una de cuatro posibles localizaciones que fueron inspeccionadas durante las visitas técnicas.

En el programa EpaCAD se procedió a ingresar uno por uno a los archivos creados que contenían las respectivas polilíneas desde los posibles sitios de implementación del reservorio, se realizó una conversión en modo Vertex (condición en la que se presentan únicamente los puntos de inicio y fin las polilíneas).

En el programa EPANET se procedió a abrir las diferentes alternativas creadas en EpaCAD para su respectiva simulación, se ingresó datos de cota, diámetro de la tubería, embalses tanto al inicio como al final de la tubería para poder realizar la simulación y

evaluación correspondiente para cada caso y se prendió la simulación. Para obtener los datos de presión, cotas, longitudes, velocidades y caudales se seleccionó en la pestaña Visor los diferentes parámetros de medición que se deseaba observar y en la pestaña Ver, Opciones, Etiquetas se cambió el tamaño de visualización de los datos mostrados en la simulación para poder tener una mejor apreciación de los resultados.

Una vez realizada la simulación hidráulica de las diferentes alternativas planteadas se comparó los resultados obtenidos y se seleccionó la alternativa que obtuvo las mejores condiciones hidráulicas y topográficas para el caso. Para luego elaborar un informe dirigido a la EMAPAC denominado Informe I presente en este documento como Anexo II.

Selección del sitio idóneo

La selección de terreno idóneo para el dimensionamiento del nuevo reservorio para la planta Huayco-Machay estuvo a cargo de la EMAPAAC-EP basándose en el Informe I, anexado al presente documento como Anexo II en el cual se encuentran los resultados de la simulación hidráulica de los diferentes terrenos en estudio y en las condiciones de negociación actuales con los propietarios de los diferentes terrenos.

Levantamiento de puntos georreferenciados

El levantamiento de puntos georreferenciados fue necesario para poder tener una mejor apreciación del relieve de la superficie del terreno que fue seleccionado para la implementación del reservorio. La toma de puntos georreferenciados se los realizó con un GPS de mano a manera de nube de puntos. De manera adicional se marcó con el GPS la ubicación de puntos de referencia tales como esquinas de los terrenos, accesorios relevantes presentes en los terrenos, cambios pronunciados de dirección, válvulas del sistema de riego y cajas de revisión del sistema de conducción presentes en la calzada adyacente a los terrenos en estudio. Se debe considerar que el levantamiento de puntos georreferenciados con la metodología utilizada en este proyecto, da como resultado una aproximación de la topografía real, en el momento que se realice la etapa de diseños definitivos del tanque reservorio y desarenador es necesario realizar un levantamiento topográfico a detalle.

2.2 Dimensionamiento del tanque reservorio

Establecimiento del caudal

Para el establecimiento del caudal necesario para el dimensionamiento de la obra, en primera instancia se tomó un porcentaje del caudal previsto para el periodo de diseño, sin embargo, esto no se consolidó debido a que la EMAPAC-EP designó que el caudal que se debe tomar es el total del periodo de diseño del sistema Huayco-Machay. Quedando definido de esta manera el caudal necesario para el diseño del dimensionamiento del tanque reservorio.

Por otro lado, también se consideró tomar en cuenta la metodología necesaria para la curva integral de consumo para el cantón Cayambe para poder determinar de manera más acertada de cuál es el caudal real que necesita la población y de esa manera poder economizar los recursos monetarios necesarios para la ejecución de la obra en campo en el terreno, más no se la utilizó por designio de la EMAPAAC EP.

Revisión de la información proporcionada por la EMAPAAC-EP

La información proporcionada por la EMAPAAC-EP para el diseño del reservorio fue entregada en formato informe y en hojas de cálculo; y fue entregada de manera virtual mediante correos electrónicos.

En uno de los documentos proporcionados por la EMAPAC denominado “Base El Quingo” se expresa la necesidad de un volumen adicional de agua al volumen ya existente en almacenamiento para el sistema de abastecimiento correspondiente a lo contemplado para el final del periodo de diseño del proyecto de abastecimiento y dotación de agua potable para el cantón Cayambe. En este documento existe también información adicional, tal como los tanques de almacenamiento del sistema, caudales que ingresan y salen de los tanques, estimación de la población futura, valores de consumo de la población, entre otros.

En otro documento denominado “Informe N.-EMAPAAC-EP-CAP-2023-017-INF” se encontraron características importantes como dimensiones, cotas y localización de los

terrenos en estudio para la implementación del reservorio para el sistema Huayco-Machay.

Selección de la forma del tanque reservorio

En un inicio la EMAPAAC-EP estableció que para el dimensionamiento del tanque reservorio para la planta Huayco-Machay se tome en cuenta un porcentaje del caudal medio diario establecido para el periodo de diseño con lo cual se cubriría el déficit de almacenamiento de agua necesaria para el demanda de la población, pero después de un análisis elaborado por los representantes de la ESFOT se decidió plantear las dimensiones del reservorio mediante el uso curvas de consumo actual de la población debido a que estas permitirían tener una mejor noción de la necesidad real de la demanda requerida por la población.

Después de algunas socializaciones entre los representantes de la EMAPAAC-EP y de la ESFOT, la EMAPAAC-EP sostuvo que para el volumen del tanque se debería considerar un volumen suficiente para la dotación continua para dos días enteros de consumo con el valor del caudal medio, para cuando no exista flujo constante de entrada a la planta de potabilización proveniente del sistema de conducción. Para la facilitación de la implantación se decidió adoptar una forma superficial rectangular que concuerde con las dimensiones del terreno de implantación y una forma volumétrica prismática.

Dimensionamiento del tanque reservorio

Para el dimensionamiento de un tanque de almacenamiento se necesita conocer el porcentaje de déficit que se tendrá para el periodo de diseño para poder determinar el volumen necesario para el dimensionamiento del tanque de almacenamiento. Adicionalmente en este volumen calculado se le debe considerar un volumen de emergencia para casos tales como de incendios y de adversidades en las tuberías de conducción que dotan de agua cruda a la planta de tratamiento. (Cisneros Reinoso & Molina Molina, 2022). A continuación, se presentan las ecuaciones necesarias para la determinación de los parámetros necesarios para el dimensionamiento del tanque de almacenamiento.

Determinación del porcentaje de déficit:

$$V\% = (\text{déficit mayor} + \text{déficit menor})$$

Ecuación 1. Porcentaje de déficit

Determinación del volumen del tanque de almacenamiento

$$V = 1.2QMD * V\%$$

Ecuación 2. Volumen de tanque de almacenamiento

Donde:

QMD: Caudal Máximo Diario.

V%: Porcentaje de déficit.

Desarenador previo al tanque reservorio

Para el diseño del desarenador previo al tanque reservorio se utilizó como datos iniciales el caudal máximo diario, el valor de la gravedad, el peso específico de la arena y del agua, la tabla de la viscosidad cinemática del agua, el diámetro de ingreso de la tubería, el diámetro de la partícula de arena, una altura impuesta del tanque, el periodo de diseño, número de módulos necesarios para la operación y el mantenimiento y la relación ancho largo.

Cálculo de parámetros de sedimentación

El cálculo de la velocidad de sedimentación efectiva se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$V_s = \frac{g}{18} \frac{(\rho_s - \rho)}{\mu} d^2$$

Ecuación 3. Velocidad de sedimentación efectiva

Condiciones	Número de Hazen (V_s/V_o)							
	Remoción (%)							
	87,5	80	15	70	65	60	55	50
n = 1	7,00	4,00	3,00	2,30	1,80	1,50	1,30	1,00
n = 3	2,75		1,66					0,76
n = 4	2,37		1,52					0,73
Máximo teórico	0,88		0,75					0,50

Figura 2. Número de Hazen (López , 2003)

De la figura 1, asumiendo una remoción del 75% y un n=1 se dedujo el Número de Hazen, luego para la determinación del tiempo de sedimentación se utilizó la siguiente ecuación:

$$t = \frac{H}{V_s}$$

Ecuación 4. Tiempo de sedimentación

El periodo de retención hidráulico se lo determinó mediante la siguiente ecuación:

$$\theta = NH * t$$

Ecuación 5. Periodo de retención hidráulico

Donde:

NH: Número de Hazen.

t: Tiempo de sedimentación.

Y se verificó si cumplía con la condición $0.5h \leq \theta \leq 4h$.

El volumen del tanque se lo definió mediante la ecuación:

$$V = \theta * Q$$

Ecuación 6. Volumen del tanque

El área superficial se la definió de la siguiente manera:

$$A_s = \frac{V}{H}$$

Ecuación 7. Área superficial

De donde conjuntamente con la relación establecida L:B se dedujo las dimensiones de ancho y largo del tanque con las siguientes ecuaciones:

$$B = \sqrt{\frac{A_s}{4}}$$

Ecuación 8. Ancho del tanque

$$L = 4 * B$$

Ecuación 9. Largo del tanque

La carga hidráulica superficial se la calculó mediante la siguiente ecuación:

$$q = \frac{Q}{A_s}$$

Ecuación 10. Carga hidráulica superficial

Y se verificó se cumplía con $15 \frac{m^3}{m^2d} \leq q \leq 80 \frac{m^3}{m^2d}$ y luego sabiendo que:

$$V_o = q$$

Ecuación 11. Velocidad de sedimentación

Siendo V_o la velocidad de sedimentación de la partícula crítica en condiciones teóricas (López , 2003) y se verificó si esta describe un diámetro de partícula menor mediante el uso de la siguiente ecuación:

$$d = \sqrt{\frac{V_o * 18 * \mu}{g(\rho_s - \rho)}}$$

Ecuación 12. Diámetro de la partícula crítica

Luego se comprobó el número de Hazen mediante la siguiente ecuación:

$$\frac{\theta}{t} = \frac{V_s}{V_o}$$

Ecuación 13. Relación de tiempos y velocidades

Y se definió el diámetro real admisible de las partículas que serán removidas por el desarenador.

La velocidad horizontal máxima y la velocidad de resuspensión máxima se utilizó las siguientes ecuaciones:

$$V_{h_{m\acute{a}x}} = 20V_s$$

Ecuación 14. Velocidad horizontal máxima

$$V_r = \sqrt{\frac{8k}{f} g(\rho_s - \rho)d}$$

Ecuación 15. Velocidad de resuspensión máxima

Cálculo de los elementos del desarenador

La altura y velocidad en el vertedero de salida se utilizó las siguientes ecuaciones:

$$H_v = \left(\frac{Q}{1.84B}\right)^{\frac{2}{3}}$$

Ecuación 16. Altura del vertedero de salida

$$V_v = \frac{Q}{BH_v}$$

Ecuación 17. Velocidad en el vertedero de salida

Para determinar el alcance horizontal, longitud del colchón de agua, la profundidad y la distancia al vertedero de salida se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$X_s = 0.36(V_v)^{\frac{2}{3}} + 0.60(H_v)^{\frac{4}{7}}$$

Ecuación 18. Alcance horizontal

$$L_v = X_s + 0.16[m]$$

Ecuación 19. Longitud del colchón de agua

$$P_{v_s} = \frac{H}{2}$$

Ecuación 20. Profundidad

$$D_{v_s} = 15H_v$$

Ecuación 21. Distancia al vertedero de salida

En la pantalla de entrada se definió la profundidad y la distancia a la cámara de quietamiento con las siguientes ecuaciones:

$$P_{v_e} = \frac{H}{2}$$

Ecuación 22. Profundidad

$$D_{v_e} = \frac{L}{4}$$

Ecuación 23. Distancia a la cámara de quietamiento

En el diseño del almacenamiento de los lodos se verificó la relación longitud-profundidad de lodos (L:P) y se estableció la profundidad máxima con la siguiente ecuación:

$$P_{M_l} = \frac{L}{(L/P)}$$

Ecuación 24. Profundidad máxima de lodos

Con la cual se definió una profundidad máxima adoptada y la profundidad mínima adoptada y para definir las distancias a los puntos de salida a la cámara de quietamiento y al vertedero de salida se aplicó las siguientes ecuaciones:

$$X_{v_s} = \frac{L}{3}$$

Ecuación 25. *Distancia al punto de salida a la cámara de quietamiento*

$$X_{v_s} = \frac{2L}{3}$$

Ecuación 26. *Distancia al punto de salida al vertedero de salida*

Con los datos calculados en la sección de lodos se establecieron las respectivas pendientes para que se pueda drenar los lodos acumulados en el fondo del tanque.

Tuberías y canales

Para determinar el diámetro de las tuberías se tomó en cuenta el caudal de diseño y el diámetro de la tubería existente en la conducción del sistema Huayco-Machay y para la determinación del diámetro de la tubería de vaciado del tanque reservorio se designó que se utilizaría el doble del diámetro de la tubería de conducción.

El canal de transporte de agua desde el desarenador hacia el tanque reservorio se lo diseño tomando en cuenta las velocidades de flujo y el área necesaria que debería ocupara dicho canal con la ayuda de un simulador para canales.

2.3 Elaboración de planos del nuevo reservorio para la planta Huayco-Machay

Se tenía planificado realizar el levantamiento topográfico para la implementación del nuevo tanque reservorio para la planta Huayco-Machay, pero debido a la demora en la logística para la autorización de ingreso al terreno para realizar el levantamiento topográfico, se decidió utilizar una topografía de restitución obtenida de orto fotografías de “Google Earth”; una vez que se tenga la autorización de ingreso para realizar el levantamiento topográfico se deben actualizar las cantidades de obras y presupuestos de movimiento de tierras presentados en el presente proyecto.

Para la elaboración de los planos se descargó la aplicación “Plex-Earth” que funciona como una herramienta dentro de la aplicación de diseño AutoCAD Civil 3D, esta aplicación permite obtener curvas de nivel de restitución aerofotogramétrica, las cuales fueron utilizadas en la implantación y diseño del tanque reservorio y desarenador. Se planificó una visita al posible terreno de implementación del nuevo reservorio para realizar un levantamiento de puntos GPS en forma de nube de puntos para complementar y ajustar las curvas de nivel obtenidas de la restitución.

La recolección de los datos se ejecutó en campo con un GPS de mano a manera de nube de puntos, los cuales fueron descargados en un ordenador para poder ser procesados. Estos archivos descargados estaban en formato gpx razón por la cual fue necesario la ayuda de la aplicación MapSource. Una vez dentro de la aplicación MapSource se seleccionó la pestaña de Abrir, se buscó el archivo que contenía los datos levantados en campo y se seleccionó el track correspondiente a la nube de puntos. Para que el programa muestre las coordenadas del archivo en coordenadas UTM se seleccionó la pestaña Editar, seguido de la pestaña Preferencias y por último la pestaña Posición en la cual se seleccionó la cuadrícula UTM y se seleccionó Aplicar. Luego en la pestaña Tracks se dio doble clic en track disponible y se desplegó una nueva ventana en la cual se pudo observar todos los datos de la nube de puntos tales como índice, hora, altura, longitud del tramo, tiempo el tramo, velocidad del tramo, trayectoria del tramo y posición. Se seleccionaron todos los datos disponibles en la ventana que se encontraba desplegada y se dio clic derecho opción copiar.

En una hoja de cálculo se colocaron los datos de la nube de puntos levantados en campo y se reordenó las columnas de tal manera que quedara el número de punto, la zona horaria, las coordenadas este, norte, cota y seguido del resto de datos obtenidos del levantamiento de la nube de puntos. Posteriormente se concatenó el número de punto, las coordenadas este y norte y la cota de cada punto. Luego se copió la columna concatenada, se la pegó en un bloc de notas y se guardó el archivo en formato txt con el nombre Waypoints.

En la aplicación de diseño AutoCAD Civil 3D se llamó al archivo creado y se lo colocó en una nueva capa para poder crear las curvas de nivel a partir de la nube de puntos

obtenidos en campo. Una vez creada las curvas de nivel se observó que para el dimensionamiento del reservorio con la forma adoptada hacían falta puntos levantados en campo por lo cual se decidió usar utilizar la topografía de restitución que de manera previa se generó.

Implantación

Con los cálculos del dimensionamiento de los diferentes componentes del reservorio, desarenador y curvas de nivel se procedió a elaborar el diseño en AutoCAD Civil 3D.

Para la implantación del reservorio se creó una plataforma al nivel superficial de la calle haciendo uso de las curvas de nivel generadas de la topografía de restitución, para lo cual se trazó una polilínea con referencia a la cota más alta en la cual se pueda implementar el reservorio y el desarenador de manera conjunta. Luego se creó una línea característica con la polilínea y se generó una superficie. Con esta superficie se hizo un corte y se bajó hasta el nivel de la superficie de la calzada dando así la creación de la plataforma de implantación.

Para la implantación del reservorio se procedió de manera similar a la implantación de la plataforma, partiendo desde el nivel de la plataforma y culminando con un corte a las medidas adoptadas para el reservorio. El fondo del tanque se implantó con pendientes para la purga los lodos generados por el reposo de agua producto del tiempo de retención establecido. El desarenador se implantó de la misma manera que para el caso del reservorio, tomando en cuenta el espacio necesario para las dos cámaras de desarenación y la profundidad calculada.

En esta implantación además del diseño de lo antes mencionado se diseñaron cajas de válvulas, tuberías y accesorios que permitan controlar el ingreso, estancia y salida del agua por los desarenadores y tanque reservorio.

Cortes

Los cortes se los realizó una vez generados los planos de diseño de la obra con la ayuda del AutoCAD Civil 3D debido a que en este se pueden generar vistas en planta, cortes longitudinales y transversales de cada uno de los componentes que constituyen el plano.

Cálculo de cantidades de obra

Para poder determinar las cantidades de obra referenciales que demandará la implantación del proyecto en el terreno se utilizaron las cantidades de movimiento de tierras y relleno calculadas por el programa AutoCAD Civil 3D, las áreas superficiales del fondo de los tanques, las áreas superficiales de las paredes de los tanques, el espesor adoptado para el recubrimiento de las paredes de los tanques y las cajas de válvulas.

Presupuestos

Los rubros referenciales necesarios para la implantación de la obra en campo se establecieron con base al diseño del tanque reservorio y desarenador. Una vez elaborados los planos correspondientes al tanque reservorio y desarenador se establecieron las actividades y rubros que se generarían durante el periodo de implantación de obras. Para esto se tomaron como referencia los rubros utilizados por la EPMAPS para implantación de obras debido ya que en estos se establecen precios unitarios de cada uno de los rubros considerados con los cuales se formó un presupuesto referencial.

Para el establecimiento de rubros se analizó la topografía del terreno con el fin de dimensionar cuanta área de desbroce y limpieza serían necesarios y con base a esto se calculó las cantidades de obra necesarias para la nivelación de la plataforma de implantación de obras, luego se calcularon las cantidades de obra que se necesitan para la implantación del reservorio y el desarenador. A demás se consideró la implantación de cajas de válvulas, canales, tuberías y accesorios necesarios para el correcto funcionamiento del sistema.

3 RESULTADOS

3.1 Determinación de la ubicación adecuada para el reservorio

Visitas técnicas

Como resultado de las visitas técnicas se logró obtener la ubicación georreferenciada de los posibles terrenos de implementación del reservorio que se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 1. Ubicación georreferenciada posibles terrenos para el reservorio

UBICACIÓN GEORREFERENCIADA DE LOS POSIBLES TERRENOS PARA EL RESERVORIO		
TERRENO	COORDENADAS (UTM-WGS84)	COTA (m)
1	17N N799.00 E821270.00	3222
2	17N N835.00 E821300.00	3218
3	17N N1009.00 E821074.00	3225
4	17N N1318 E820823.00	3203

Análisis hidráulico de los posibles terrenos a implementar el nuevo reservorio

El análisis hidráulico realizado en EPANET arrojó resultados que muestran la capacidad de flujo que se puede transportar bajo las condiciones establecidas para la simulación en cada caso. El resumen de los resultados de la simulación se los presenta en la siguiente tabla:

Tabla 2. Resumen de evaluación hidráulica de las alternativas

RESUMEN EVALUACIÓN HIDRÁULICA DE LAS ALTERNATIVAS						
ALTERNATI VA	COT A (m)	COORDENAD AS (UTM-WGS84)	COTA ENTRAD A PTAP (m)	CAUDA L (l/s)	VELOCID AD (m/s)	LONGIT UD (m)
1	3222	17N N799.00 E821270.00	3193	533.59	7.55	850.40
2	3218	17N N835.00 E821300.00	3193	227.83	3.22	880.70
3	3225	17N N1009.00 E821074.00	3193	325.34	4.60	559.90
4	3203	17N N1318 E820823.00	3193	311.97	4.41	170.70

Los resultados del análisis hidráulico de las posibles alternativas mostraron que tres de las cuatro alternativas estudiadas eran viables debido que cumplen con las velocidades y caudales necesarios para el correcto funcionamiento del sistema, quedando descartada únicamente la alternativa 2. Las mejores opciones obtenidas de la evaluación hidráulica es por un lado la alternativa 4 debido a que cumple con la demanda del caudal de diseño y adicional ya existe una excavación previa lo cual facilitaría los trabajos de implantación y por otro lado la alternativa 1 que cumple con la demanda del caudal de diseño y existen diálogos favorables de negociaciones con los propietarios del inmueble con la EMAPAC-EP.

Selección del sitio idóneo

La EMAPAAC-EP decidió adoptar como opción viable a la alternativa planteada como alternativa 1, presente en este documento en el Anexo II debido a que esta alternativa presenta una capacidad de transporte de flujo de 533.59 l/s lo cual supera ampliamente al caudal de diseño de la planta de tratamiento Huayco-Machay y de además las

negociaciones con los dueños del inmueble ya se encuentran encaminadas y por ende se posesiona como la alternativa más viable para la ejecución del proyecto.

A continuación, se presenta la ubicación del sitio seleccionado por la EMAPAAC EP

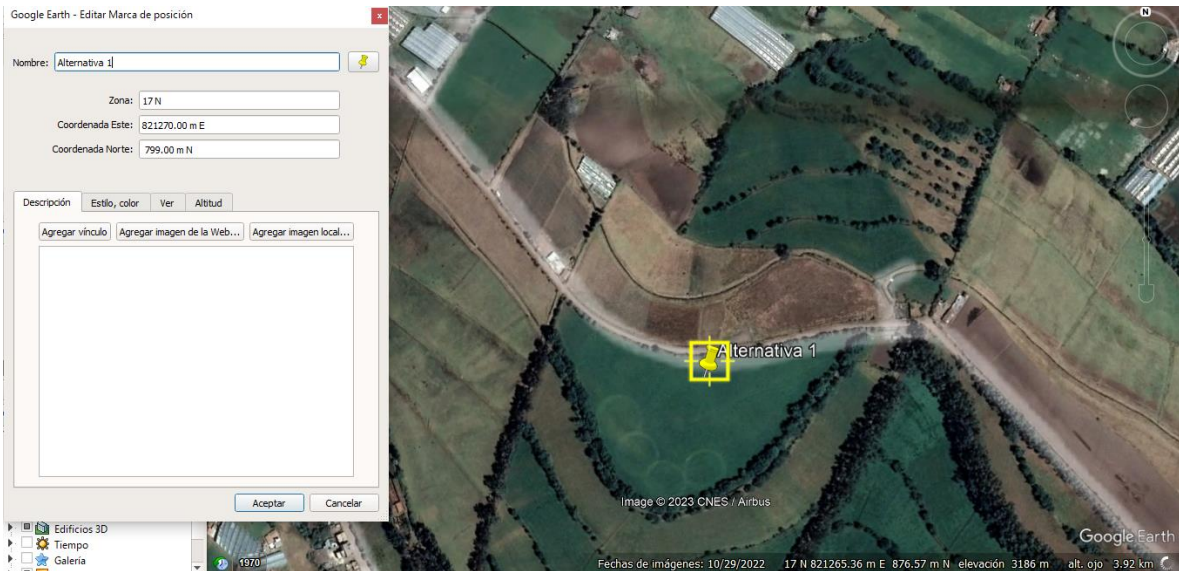


Figura 3. Ubicación del sitio seleccionado por la EMAPAAC EP

Levantamiento de puntos georreferenciados

El resultado obtenido del levantamiento de puntos en campo fueron 426 puntos georreferenciados a manera de una nube de puntos que dotó de una aproximación de la topografía real del terreno donde será implementado el tanque reservorio para el sistema Huayco-Machay. La nube de puntos es representada en la siguiente figura:

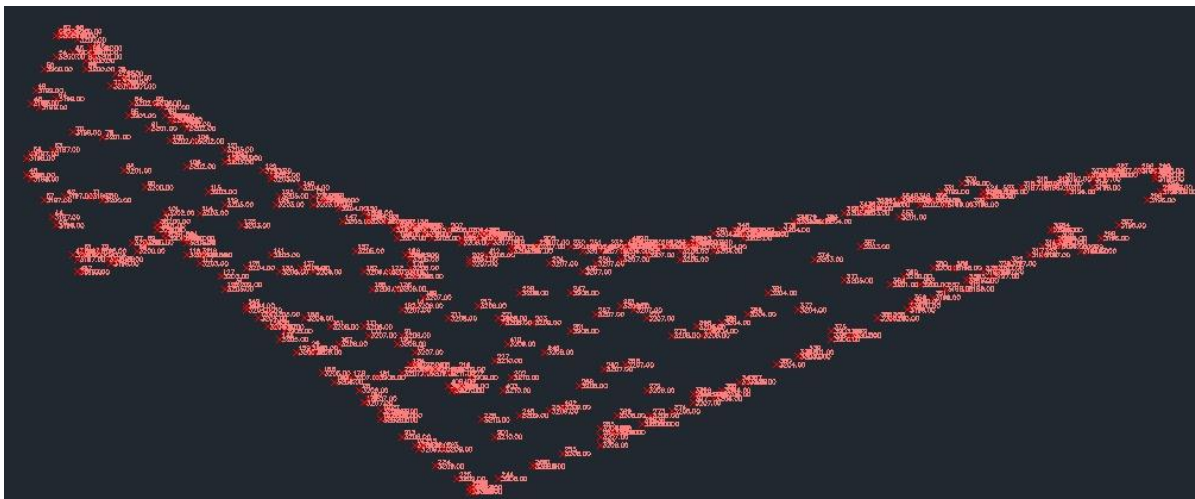


Figura 4. Nube de puntos levantados en campo

Esta nube de puntos permite complementar la topografía de restitución implementada en el presente proyecto, de tal manera que se puede asegurar que existe una gran aproximación de la topografía real y por ende se puede proseguir con el proceso de diseño e implantación del tanque reservorio y desarenador en las aplicaciones correspondientes

3.2 Dimensionamiento del tanque reservorio

Establecimiento del caudal

La EMAPAAC EP designó que para el establecimiento del caudal necesario para el dimensionamiento del tanque reservorio se tomase el caudal de diseño correspondiente a 300 [l/s] durante un periodo de 48 horas de dotación continua para la planta de tratamiento Huayco-Machay, pero en el dimensionamiento e implantación del desarenador y tanque reservorio se decidió tomar en cuenta un caudal del 150 [l/s] debido a que para el tiempo establecido de 48 horas el volumen almacenado del tanque reservorio sería demasiado grande y no sería viable este proyecto.

Revisión de la información proporcionada por la EMAPAAC-EP

De los documentos analizados se determinó que para establecer el déficit de volumen de almacenamiento en el sistema de abastecimiento, se utilizó el 25% del caudal medio diario con volúmenes de reserva que mantienen la condición de suministro y consumo a

lo largo del día, este volumen únicamente lograría cubrir el déficit para el periodo de diseño, razón por la cual se decidió no utilizar la metodología del caudal sugerido en la documentación proporcionada por la EMAPAC EP para el cálculo del volumen que deberá contener el reservorio.

En uno de los documentos proporcionados por la EMAPAC-EP se pudo encontrar que se realizó un estudio previo para la posible selección del terreno idóneo para la implementación del nuevo reservorio para el sistema Huayco-Machay, describiendo dentro del documento información relevante tal como ubicación, forma y dimensionamiento de los diferentes terrenos.

Selección de la forma del reservorio

Como resultado de la selección del terreno se obtuvo una figura prismática con pendientes en las paredes semiverticales de 1:4 para la limpieza de estas y en el fondo del tanque reservorio para el desalojo de los lodos almacenados producto del tiempo de retención del agua en el tanque. Un área superficial rectangular que facilite la implantación del tanque reservorio en campo, una fácil operación y mantenimiento de la obra.

Dimensionamiento tanque reservorio

Con el caudal establecido de 150 l/s para un periodo de almacenamiento de 48 horas se estimó que el volumen almacenado en el tanque reservorio sería de $25920 m^3$ con lo cual manejando una relación largo-ancho de 2:1 las dimensiones adoptadas deberían ser de 93 m por 48 m adoptando una profundidad útil de 6 m y paredes semiverticales con pendientes 1:4 m/m.

El resultado del dimensionamiento del tanque reservorio según los criterios adoptados, se presenta a continuación:

Tabla 3. Dimensionamiento del tanque reservorio

DIMENSIONAMIENTO TANQUE RESERVORIO		
PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
LARGO CALCULADO	92.29	m
ANCHO CALCULADO	46.14	m
RELACIÓN (L:B)	2:1	u
LARGO ADOPTADO	93	m
ANCHO ADOPTADO	48	m
PROFUNDIDAD ADOPTADA	6	m
PENDIENTE PAREDES SEMIVERTICALES	1:4	m/m

Debido a que, al momento de realizar la implantación del tanque reservorio en campo, este debe ser diseñado con valores de longitud enteros. Razón por la cual se adoptaron valores enteros similares a los calculados y de manera adicional se consideró la implementación de una tubería para el vaciado del tanque mediante una tubería de 800 mm que desemboca el agua al canal de riego colindante con la propiedad.

El tanque reservorio el agua es alimentado por medio de canal abierto de 60 cm de ancho con un calado de 15 cm de agua y una velocidad de 1.66 m/s. Una vez culminado el tiempo de retención en el tanque a un metro de la tubería de vaciado, una tubería de 400 mm transporta el agua hacia una caja de válvulas conectada al sistema de conducción existente que desemboca en la entrada de la planta de tratamiento Huayco-Machay.

Desarenador previo al tanque

De los cálculos del diseño del desarenador se obtuvo un desarenador de doble cámara que retenga partículas superiores a 0.05 mm, con eficiencia del 75% manejando un caudal de 150 l/s. Una velocidad de sedimentación efectiva de 0.17 cm/s que se traduce a un tiempo de sedimentación de 0.4 h, un periodo de retención hidráulico de 1.2 h, velocidad horizontal de 0.74 cm/s y una velocidad horizontal máxima de 3.44 cm/s que ocasionaría una resuspensión de las partículas de arena sedimentadas.

Las dimensiones adoptadas de cada cámara que se obtuvieron fueron 33 m de largo por 8 m de ancho con una profundidad útil de sedimentación de 2.5 m y pendientes verticales en las paredes del desarenador.

En la zona de entrada al desarenador se calculó que la distancia a la pantalla de aquietamiento sería de 8.1 m y una profundidad de 1.3 m. Mientras que en la zona de salida el alcance horizontal a la pantalla de salida sería de 0.3 m, longitud del colchón de agua de 0.45 m, una distancia al vertedero de salida de 0.70 m y una velocidad en el vertedero de salida de 39.7 cm/s.

Por otro lado, para el caso del almacenamiento de los lodos en la zona de lodos se obtuvo que la profundidad adoptada debería ser de 1.5 m y estos lodos deben ser purgados del tanque y dirigidos hacia el canal de riego colindante con el terreno, la distancia al punto del vertedero de salida sería de 22 m, la distancia al punto de salida de la cámara de aquietamiento sería 11 m y que las pendientes transversales, longitudinal 1 y 2 serían del 2.5%, 1.85% y 0.93% respectivamente.

El resumen del resultado obtenido del cálculo del dimensionamiento del tanque desarenador rectangular de doble cámara se presenta a continuación en la siguiente tabla resumen:

Tabla 4. Dimencionamiento del desarenador

DIMENSIONAMIENTO TANQUE RESERVORIO		
PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
LARGO CALCULADO	32.36	m
ANCHO CALCULADO	8.09	m
RELACIÓN (L:B)	4:1	u
LARGO ADOPTADO	33	m
ANCHO ADOPTADO	8	m
PROFUNDIDAD ADOPTADA	4.3	m
DIÁMETRO DE PARTÍCULAS RETENIDAS	0.05	mm
EFICIENCIA	75	%

PENDIENTE TRANSVERSAL FONDO	2.5	%
PENDIENTE LONGITUDINAL FONDO 1	1.85	%
PENDIENTE LONGITUDINAL FONDO 2	0.93	%

El agua ingresa al desarenador mediante una derivación en la tubería de conducción actual, la cual cuenta con una tubería de 400 mm de diámetro, esta derivación es posible mediante el apoyo de dos válvulas de compuerta que permiten esta derivación. El agua derivada ingresa a una de las cámaras de aquietamiento mediante la activación de una válvula de compuerta, para luego pasar a la cámara de sedimentación donde se retienen y almacenan las partículas en la zona de lodos, El agua con menos carga de arena suspendida pasa hacia un vertedero que desemboca a un colchón de agua que permite el paso hacia un canal que conduce las aguas hacia el tanque reservorio.

De manera adicional el desarenador posee un sistema de desalojo de lodos mediante una tubería de 400 mm de diámetro que desemboca en al canal de riego colindante al terreno de implantación.

3.3 Elaboración de planos del nuevo reservorio para la planta Huayco-Machay

Implantación

Los resultados de la implantación del reservorio y el desarenador se obtuvieron en diferentes etapas según el avance de la implantación y se los presenta a continuación;

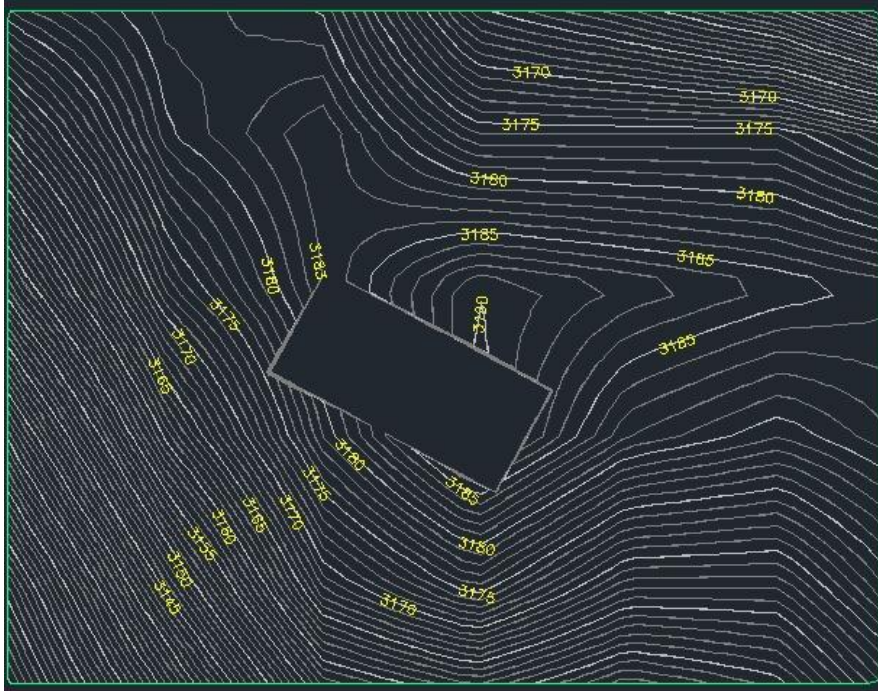


Figura 5. Implantación de plataforma base

En esta etapa se logró generar una plataforma base en donde se podrá implantar tanto el tanque reservorio y el desarenador de doble cámara de manera conjunta. La plataforma al encontrarse a la misma cota que la calzada adyacente al terreno será de fácil acceso a las instalaciones.

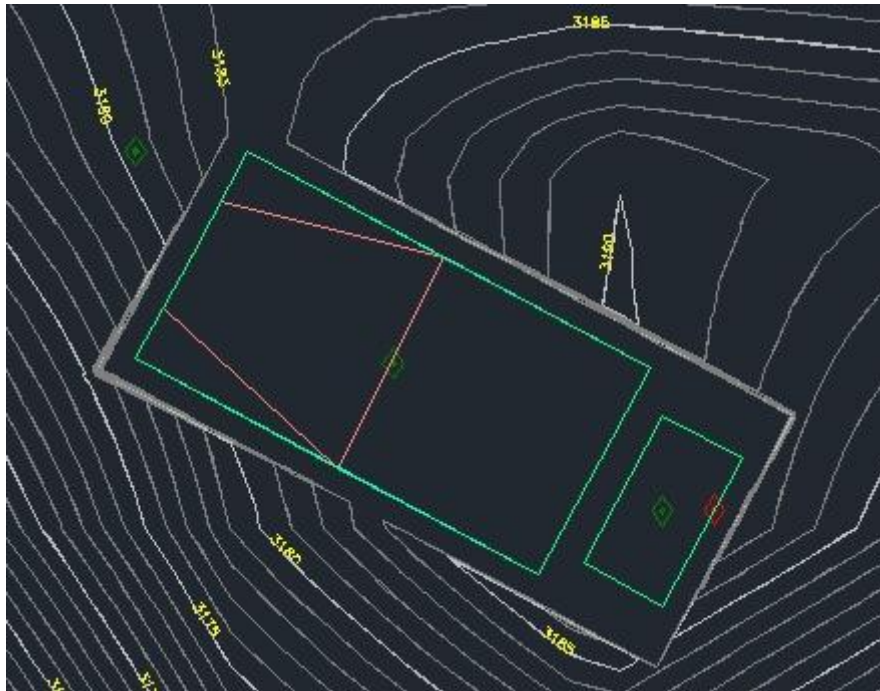


Figura 6. Implantación de tanque reservorio y desarenador

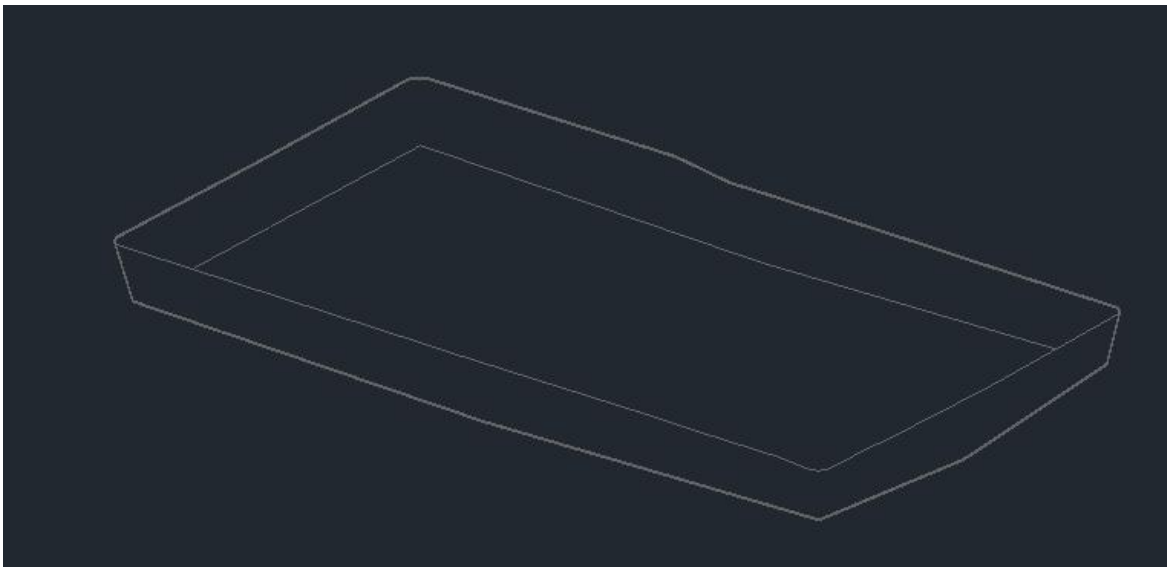


Figura 7. Vista tridimensional tanque reservorio

En la etapa de implantación del tanque reservorio se logró obtener una excavación de 6 [m] de profundidad en el terreno partiendo de la plataforma base partiendo de una línea característica y se tuvo que ajustar los taludes necesarios de las paredes y para el fondo del tanque reservorio para el desalojo de los lodos suspendidos en el fondo y/o vaciado en el caso de mantenimiento.

Mientras que en el caso del desarenador la implantación se logró a partir de una línea característica de las dimensiones del área superficial correspondiente a la doble cámara de desarenación hasta obtener una excavación de 4.3 m.

Cortes

Una vez elaborada la implantación y los planos del tanque reservorio y desarenador se obtuvieron los cortes longitudinales, vista en planta y perfiles de la obra.

A continuación, se presenta el resultado obtenido de corte longitudinal y vista en planta del desarenador:

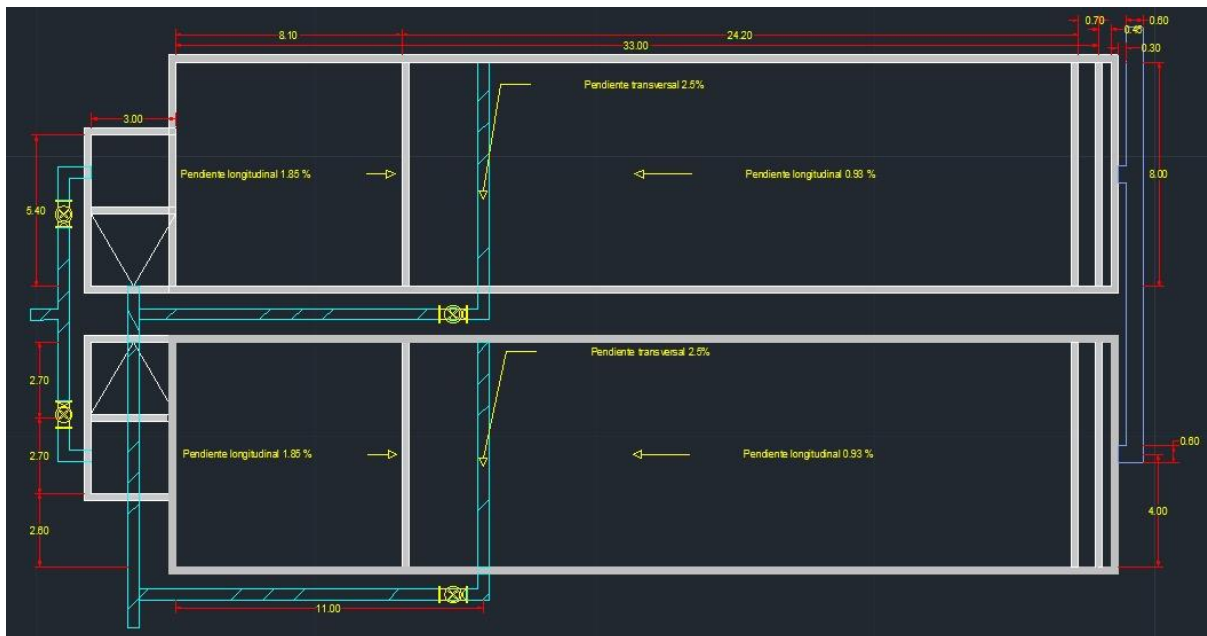


Figura 8. Vista en planta desarenador



Figura 9. Corte longitudinal desarenador

Mediante el proceso de escala y la laminación del plano correspondiente al desarenador se pudo obtener una laminación en formato A3 del desarenador que se presenta a continuación.

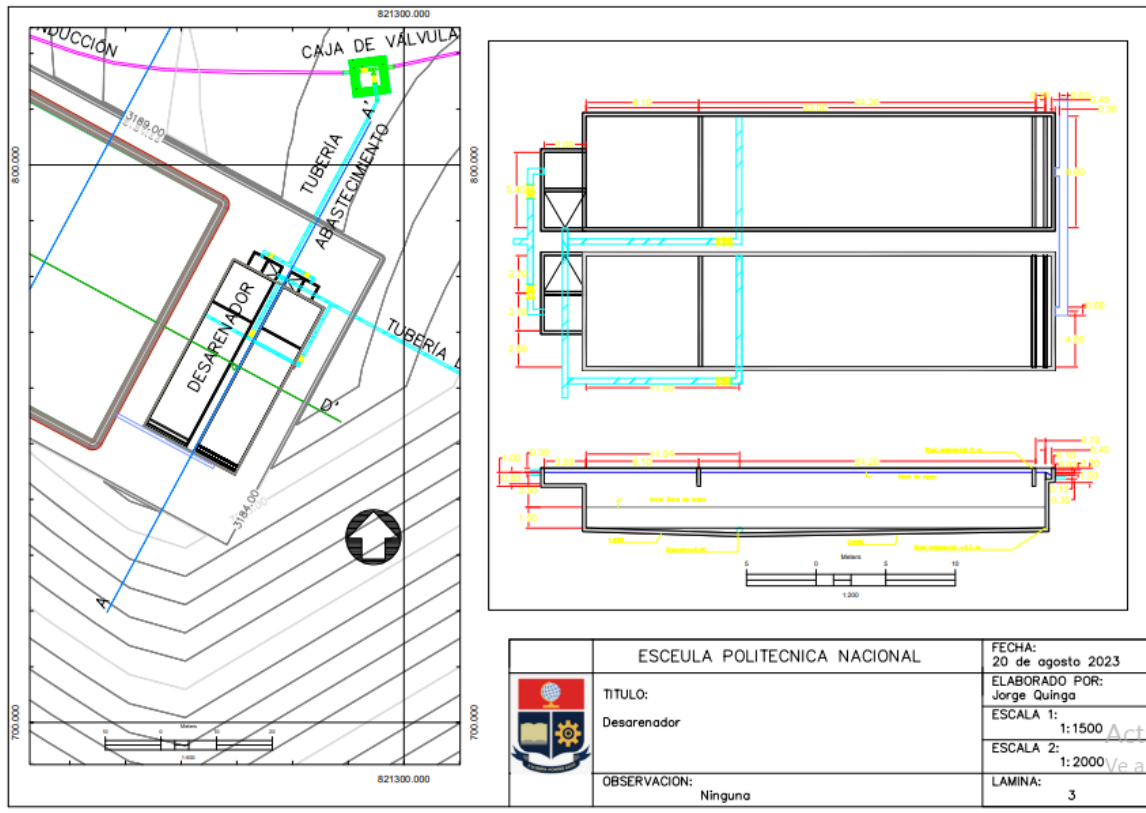


Figura 10. Plano desarenador

La escala utilizada en el plano del desarenador fue de 1:1500 y de 1:2000 debido a que se ubicó tanto la vista del desarenador en la implantación en la plataforma de obras, como las vistas en perfil y en planta. Adicionalmente en el plano se colocó escalas referenciales para comprobación en el plano de las dimensiones establecidas y el texto se ajustó en 4.0 y en 5.0 para el caso respectivo de cada escala con el objetivo de que sea legible el texto en el plano. El diámetro de tubería para el desarenador es de 400 mm tanto en el ingreso y purga de lodos.

Las vistas en planta de las cajas de válvulas para el ingreso y salida al sistema de desarenación y reservorio se presentan a continuación:

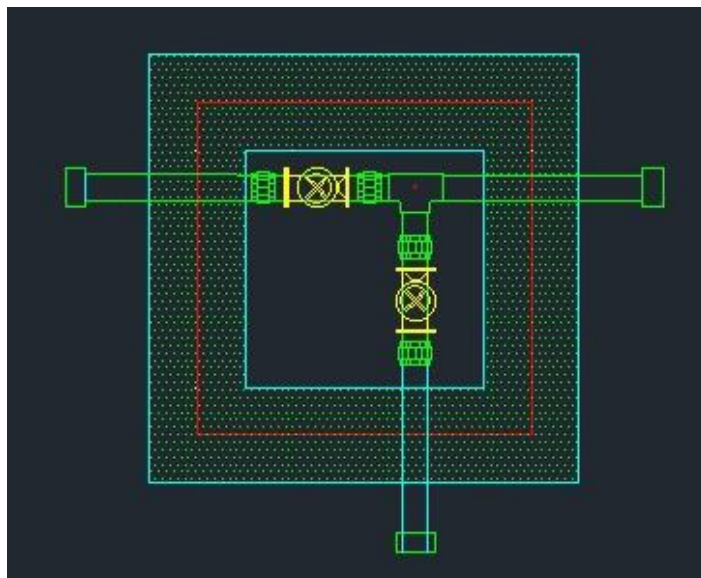


Figura 11. Caja de válvulas ingreso al proyecto

Para el caso de la entrada al sistema de desarenación y reservorio se diseñó una desviación de la conducción del agua que permita controlar el paso de agua con el apoyo de válvulas de compuerta.

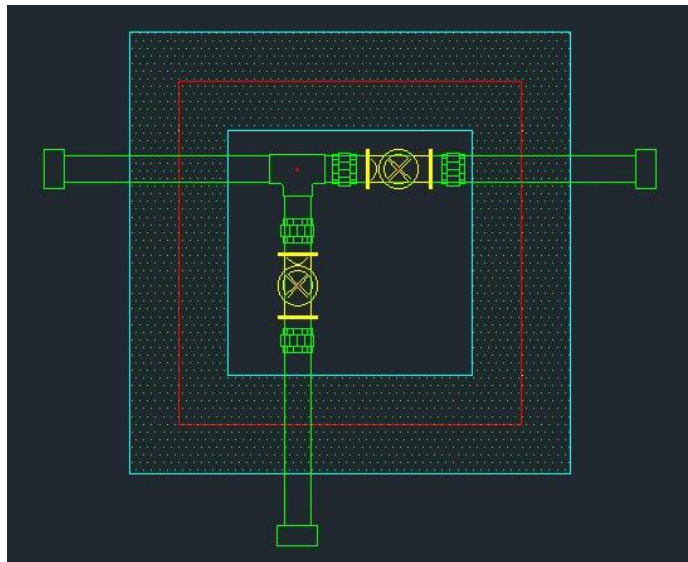


Figura 12. Caja de válvulas salida del proyecto

Para el caso de la salida del sistema de desarenación y reservorio se diseñó una incorporación al sistema de conducción del agua que permita controlar el paso de agua con el apoyo de válvulas de compuerta.

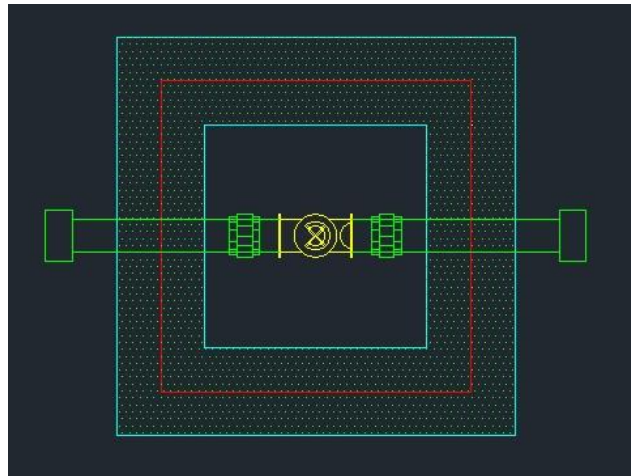


Figura 13. Caja de válvulas vaciado tanque reservorio

Para el caso del desalojo de agua en el reservorio se diseñó una caja de válvulas que corte y active el paso del agua mediante el uso de una válvula de compuerta.

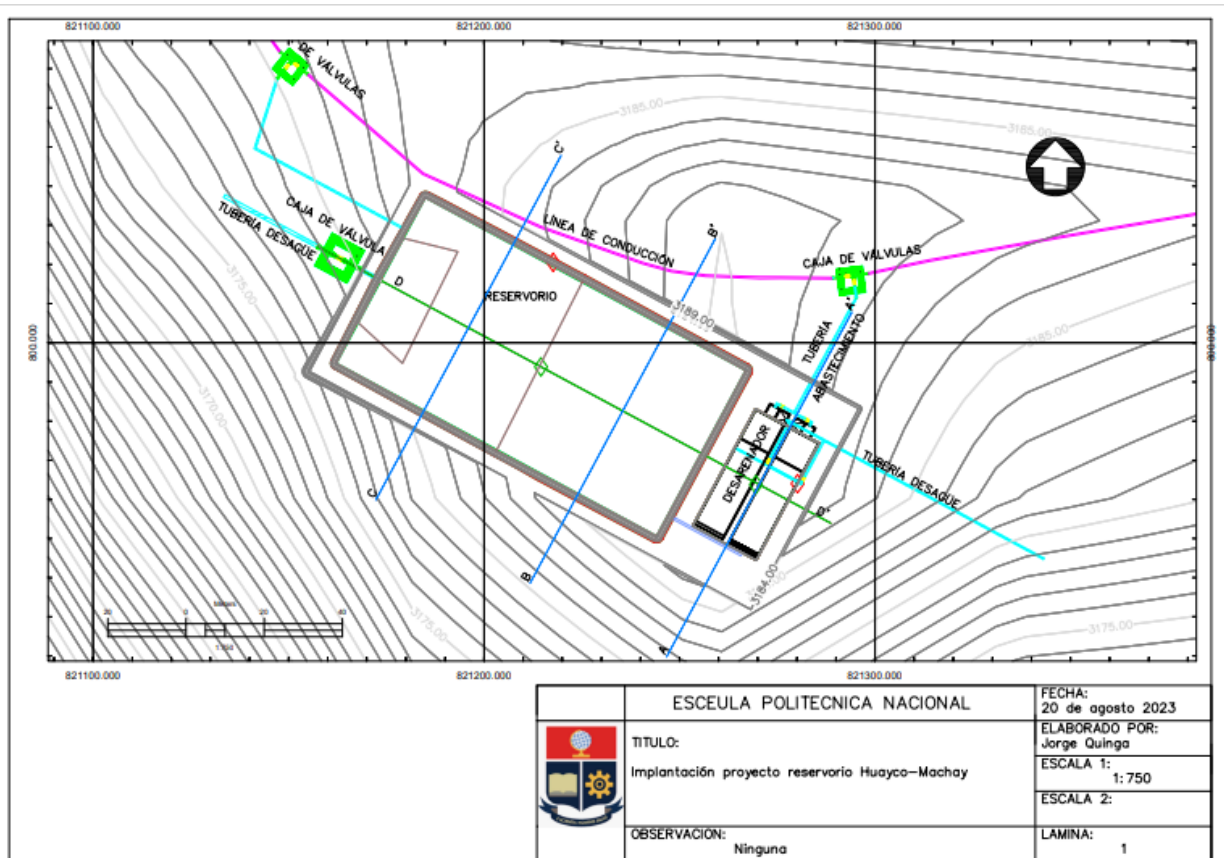


Figura 14. Plano de implantación desarenador y reservorio

La escala utilizada en el plano implantación del desarenador y tanque reservorio fue de 1:750 debido a que se ubicó en formato A3 todo el plano de implantación del desarenador y tanque reservorio. Adicionalmente en el plano se colocó escalas referenciales en la parte inferior de la ventana para que se pueda comprobar en el plano de las dimensiones establecidas. El tamaño de la letra se ajustó en 2.0 para que se pueda apreciar el texto de manera clara y se ubique fácilmente cada componente del sistema en el plano.

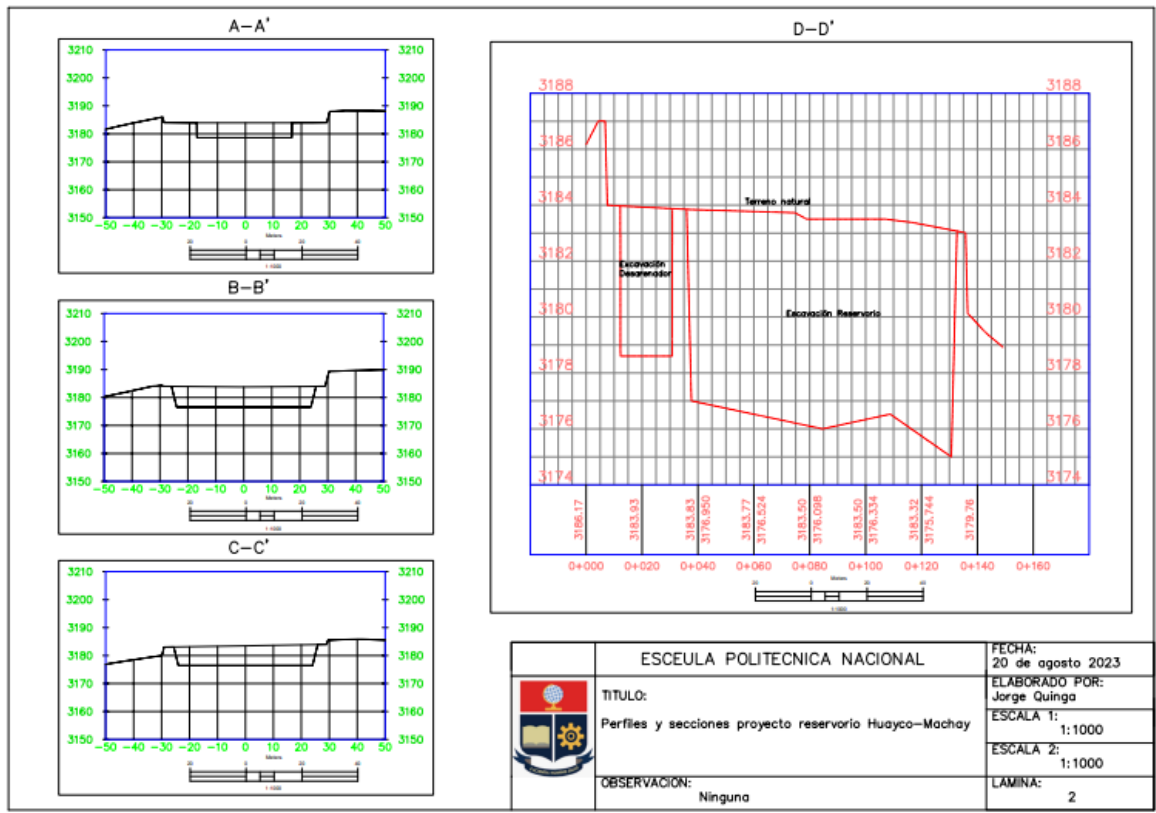


Figura 15. Plano perfiles tanque reservorio y desarenador

La escala utilizada en el plano de perfiles del desarenador y tanque reservorio fue de 1:1000 debido a que fue la escala más apropiada para poder visualizar el perfil longitudinal del tanque reservorio y desarenador y los cortes transversales de los mismos. La escala de laminación fue preparada para un formato A3, en el plano se colocó escalas referenciales en la parte inferior de la ventana para que se pueda comprobar en el plano de las dimensiones escaladas y el tamaño de la letra se ajustó en 2.0 para que se pueda apreciar el texto fácilmente se visualice en el plano.

Cálculo de cantidades de obra

Con el resultado de la implementación y la elaboración de los planos se determinaron las respectivas cantidades de obra que son producto del movimiento de tierras. Para este proceso se consideró todo lo necesario para la creación de una plataforma en la cual se hará la implantación de proyecto, la excavación y concreto necesarios para la implantación del reservorio y desarenador a partir del nivel de la plataforma. A continuación, se presentan las cantidades de obra en la siguiente tabla:

Tabla 5. Cantidades de obra

CANTIDADES DE OBRA		
RUBRO	CANTIDAD	UNIDADES
Plataforma de implementación de obras		
Limpieza y desbroce	7424	m2
Replanteo y nivelación	7424	m2
Excavación a máquina cielo abierto (en tierra)	21145.28	m3
Relleno compactado al 95%	4575	m3
Reservorio		
Replanteo y nivelación	4974.16	m2
Excavación a máquina cielo abierto (en tierra)	34253.58	m3
Hormigón estructural apoyo, F'C =300 kg/cm2	1574.25	m3
Caja de válvula 12" (mat/trans/inst)	2	u
Desarenador		
Replanteo y nivelación	628.08	m2
Excavación a máquina cielo abierto (en tierra)	3358.16	m3

Hormigón estructural apoyo, F'C =300 kg/cm ²	196.20	m ³
Caja de válvula 12" (mat/trans/inst)	1	u

Presupuestos

En el presupuesto se utilizó un hormigón armado de 300 kg/cm^2 y un acero de refuerzo para el hormigón armado de 75 kg por cada m^3 de hormigón, pero es solamente un supuesto y se tiene que realizar un análisis estructural o un estudio de las estructuras del hormigón que va a conformar tanto el tanque de reserva como el desarenador.

El presupuesto cuenta con todos los rubros, precios unitarios, cantidad de obra y precio total de cada componente necesario en la implantación del proyecto en el terreno seleccionado.

Tabla 6. Presupuesto reservorio planta Huayco – Machay

PRESUPUESTO RESERVORIO PLANTA HUAYCO-MACHAY					
N	RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Plataforma de implementación de obras				
1.1	Limpieza y desbroce	m ²	7424	\$ 0.28	\$ 2,078.72
1.2	Replanteo y nivelación	m ²	7424	\$ 1.90	\$ 14,105.60
1.3	Excavación a máquina cielo abierto (en tierra)	m ³	21145.28	\$ 1.97	\$ 41,656.20
1.4	Relleno compactado al 95%	m ³	4575	\$ 4.55	\$ 20,816.25
2	Reservorio				

2.1	Replanteo y nivelación	m2	4974.16	\$ 1.90	\$ 9,450.90
2.2	Excavación a máquina cielo abierto (en tierra)	m3	34253.58	\$ 1.97	\$ 67,479.55
2.3	Geomembrana polietileno 1.00mm	m2	6297	\$ 5.71	\$ 35,955.87
2.4	Hormigón estructural apoyo, F' C = 300 kg/cm2	m3	1574.25	\$ 307.96	\$ 484,806.03
2.5	Acero de refuerzo FY=4200 kg/cm2 (mat/tran/inst)	kg	118068.8	\$ 2.31	\$ 272,738.81
2.6	Caja de válvula 32" (mat/tran/inst)	u	1	\$ 60.19	\$ 60.19
2.6.1	Válvula compuerta 32" (mat/tran/inst)	u	1	\$ 4,141.58	\$ 4,141.58
3	Desarenador				
3.1	Replanteo y nivelación	m2	628.08	\$ 1.90	\$ 1,193.35
3.2	Excavación a máquina cielo abierto (en tierra)	m3	3358.16	\$ 1.97	\$ 6,615.58
3.3	Hormigón estructural apoyo, F' C = 300 kg/cm2	m3	196.2	\$ 307.96	\$ 60,421.75
3.4	Acero de refuerzo FY=4200 kg/cm2 (mat/tran/inst)	kg	14715	\$ 2.31	\$ 33,991.65

3.6	Válvula compuerta 16" (mat/tran/inst)	u	4	\$ 2,070.79	\$ 8,283.16
4	Conexiones				
4.1	Caja de válvula 12" (mat/trans/inst) ingreso a proyecto	u	1	\$ 34.43	\$ 34.43
4.1.1	Tee acero 16X16X16" (mat/rec/tran/inst)	u	1	\$ 734.97	\$ 734.97
4.1.2	Válvula compuerta 16" (mat/tran/inst)	u	2	\$ 2,070.79	\$ 4,141.58
4.2	Tubería PVC 400 mm desagüe (mat/tran/inst)	m	267	\$ 57.99	\$ 15,483.33
4.3	Caja de válvula 16" (mat/trans/inst) a conducción planta de tratamiento	u	1	\$ 34.43	\$ 34.43
4.3.1	Tee acero 16X16X16" (mat/rec/tran/inst)	u	1	\$ 734.97	\$ 734.97
4.3.2	Válvula compuerta 16" (mat/tran/inst)	u	2	\$ 2,070.79	\$ 4,141.58
4.4	Tee acero 16X16X16" (mat/rec/tran/inst) ingreso a desarenador	u	1	\$ 734.97	\$ 734.97
TOTAL					\$ 1,089,835.46

Se realizó el presupuesto con el uso de los rubros establecidos por la EPMAPS que consideran costos indirectos del 20% y para el movimiento, desalojo y compactación de tierras en la obra se consideró que todo se debe realizar mediante el apoyo de maquinaria pesada, para optimizar y reducir la cantidad de presupuesto necesario para la elaboración de la obra en campo.

4 CONCLUSIONES

Se determinó la ubicación adecuada para el nuevo reservorio para la planta Huayco-Machay usando como criterios de selección los resultados obtenidos de la simulación hidráulica en EPANET y la factibilidad en la negociación con los propietarios de los terrenos.

- La toma de puntos georreferenciados en campo permitió dimensionar de mejor manera el reservorio y a pesar de no ser utilizados para la implantación final estos fueron útiles para complementar la topografía del utilizada.
- Para el dimensionamiento del reservorio se tomó en cuenta una parte caudal de captación correspondiente a 150 l/s y un tiempo de dos días de dotación del servicio prestado por la planta de tratamiento de agua potable Huayco-Machay, razón por la cual no se tomó en cuenta los caudales de consumo de la población para el dimensionamiento del tanque reservorio.
- Los planos fueron generados a partir de topografía de restitución obtenida de ortofotografías de Google Earth y elaborados en AutoCAD Civil 3D para una mejor obtención de resultados en tres dimensiones.
- Con respecto a los presupuestos se obtuvieron por medio de los resultados sacados de la elaboración de los planos en AutoCAD Civil 3D y de los rubros establecidos por la EPMAPS.
- Para la alternativa planteada se logró estimar un presupuesto referencial de 1'089835.46 USD, el cual considera el uso de maquinaria pesada en todo el proceso de implantación de la obra en campo.
- Este proyecto no debe ser tomado como proyecto definitivo debido a que por factores externos suscitados durante el desarrollo de su elaboración quedó solo como una alternativa pese a cumplir con el dimensionamiento de 25000 m^3 solicitados por la EMAPAAC EP.

5 RECOMENDACIONES

- Se debe hacer topografía en campo en el terreno seleccionado para establecer las cotas reales que servirán para el proyecto, debido a que por inconvenientes con la logística para poder realizar el levantamiento topográfico en campo no se lo pudo realizar.
- Se recomienda realizar geotecnia para establecer las pendientes reales de los taludes que demanda el proyecto, ya que se supuso pendientes de $\frac{1}{4}$ en la elaboración del presente proyecto.
- Se recomienda realizar un estudio estructural del hormigón armado ya que se supuso uno de 300 kg/cm^2 y un acero de refuerzo para el hormigón armado de 75 kg por cada m^3 de hormigón.
- Es necesario ajustar el presupuesto con valores propios actuales de proyectos implementados por el municipio de Cayambe para que este no varíe de manera considerable al momento de su implementación.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ávila, A., & Pavlova, L. (2013). *Proyectos de abastecimiento de agua potable con enfoque de género para Zonas Rurales*. Obtenido de VAPSB: https://www.bivica.org/files/6005_M%C3%B3dulo2_C3%20Tema4%20Tanque%20de%20almacenamiento.pdf
- Cisneros Reinoso, K. E., & Molina Molina, L. F. (2022). *Diseño de un sistema de abastecimiento en las comunidades el Churo y el Aguacate en Cojimíes - Manabí*. Obtenido de Repositorio Digital EPN: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/22231>
- EMAAP. (2008). *Normas de Diseño de Sistemas de Agua Potable para la EMAAP-Q*. Quito: V&M Gráficas.
- Lagrava, E. (2020). *Tanque de Almacenamiento*. Obtenido de SCRIBD: <https://www.scribd.com/document/445511070/Tanques>
- López, R. (2003). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- López, M., & Morales, Á. (2021). *Diseño de un sistema de abastecimiento y distribución de agua potable para el recinto El Tigre de la parroquia Tachina en la provincia de Esmeraldas*. Obtenido de Repositorio EPN: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/21673/1/CD%2011152.pdf>
- Lozada Saltos, G. (2017). *Seguimiento de una Estrategia Ecoproductiva Diseñada para la Administración Eficiente de Recursos Materiales y Energéticos en los Procesos que se Aplican en la Captación y Conducción de Agua Cruda para su Potabilización en la EPMAPS*. Obtenido de Repositorio Digital EPN: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/17332/1/CD-7828.pdf>
- Ludwigson, M. (2020). *Tanques de Almacenamiento de Agua*. Obtenido de Suncam: <https://www.suncam.com/miva/downloads/docs/379.pdf>
- Mena, M. (2016). *"DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DE LA"*. Obtenido de Repositorio Universidad Técnica de Ambato: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24186/1/Tesis%201065%20-%20Mena%20C%C3%A9spedes%20Mar%C3%ADa%20Jos%C3%A9.pdf>
- Ordinola, E. (2019). *Diseño de la Planta de Tratamiento de Agua Potable para*. Obtenido de Repositorio Universidad de Piura: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4337/ICI_295.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Organización Panamericana de la Salud. (2004). *PROCEDIMIENTOS PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE CAPTACIONES Y RESERVORIOS DE ALMACENAMIENTO*. Obtenido de Docplayer: <https://docplayer.es/21216369->

Procedimientos-para-la-operacion-y-mantenimiento-de-captaciones-y-reservorios-de-almacenamiento.html

Real Academia Española. (2022). *Diccionario de la Lengua Española, 23 edición*. Madrid: Real Academia Española.

Reboreda Morillo, S., Gonzáles Soutelo, S., Souto Castro, I., & Silvares de Dios, J. (2019). *Modelos de captación de la Prehistoria al Medioevo*. España: REBIUN.

Roberti, L. (2018). *Tanque de Almacenamiento*. Obtenido de SSWM: <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de-agua-y-saneamiento/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/tanque-de-almacenamiento>

7 ANEXOS

ANEXO I

ANEXO I. Turnitin

Revisión Final Trabajo de Integración curricular Jorge Quinga			
ORIGINALITY REPORT			
7 %	7 %	1 %	0 %
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS
PRIMARY SOURCES			
1	hdl.handle.net Internet Source		1 %
2	www.aguaquito.gob.ec Internet Source		1 %
3	es.slideshare.net Internet Source		1 %
4	bibdigital.epn.edu.ec Internet Source		<1 %
5	repositorio.ug.edu.ec Internet Source		<1 %
6	repository.unipiloto.edu.co Internet Source		<1 %
7	vlex.ec Internet Source		<1 %
8	repositorio.ute.edu.ec Internet Source		<1 %
9	prezi.com Internet Source		<1 %

10	repositorio.ucv.edu.pe Internet Source	<1 %
11	repositorio.unesum.edu.ec Internet Source	<1 %
12	repositorio.puce.edu.ec Internet Source	<1 %
13	esfot.epn.edu.ec Internet Source	<1 %
14	ribuni.uni.edu.ni Internet Source	<1 %
15	"Inter-American Yearbook on Human Rights / Anuario Interamericano de Derechos Humanos, Volume 1 (1985)", Brill, 1987 Publication	<1 %
16	Submitted to Akdeniz University Student Paper	<1 %
17	www.agua.mexico.com Internet Source	<1 %
18	www.clubensayos.com Internet Source	<1 %
19	www.dspace.uce.edu.ec Internet Source	<1 %
20	www.popcouncil.net Internet Source	<1 %

21	descubridor.uni.edu.ni Internet Source	<1 %
22	temasinteresantes90.blogspot.com Internet Source	<1 %
23	livrosdeamor.com.br Internet Source	<1 %
24	nanopdf.com Internet Source	<1 %
25	repositoriodspace.unipamplona.edu.co Internet Source	<1 %
26	www.encierrosinfantiles.com Internet Source	<1 %
27	INERCO CONSULTORIA PERU S.A.C.. "ITS del Proyecto Mejora Tecnológica en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), a Implementarse en la Planta Dedicada a la Actividad de Producción de Bebidas Alcohólicas-IGA0018511", R.D. N° 00584-2021-PRODUCE/DGAAMI, 2022 Publication	<1 %
28	de.slideshare.net Internet Source	<1 %
29	documents1.worldbank.org Internet Source	<1 %
30	idoc.pub	

	Internet Source	<1 %
31	pt.scribd.com Internet Source	<1 %
32	repositorio.espe.edu.ec Internet Source	<1 %
33	repository.usta.edu.co Internet Source	<1 %
34	sswm.info Internet Source	<1 %
35	www.dspace.unitru.edu.pe Internet Source	<1 %
36	www.ixtapa-zihuatanejo.gob.mx Internet Source	<1 %
37	"Inter-American Yearbook on Human Rights / Anuario Interamericano de Derechos Humanos, Volume 27 (2011)", Brill, 2015 Publication	<1 %

Exclude quotes On

Exclude matches < 4 words

Exclude bibliography On

ANEXO II

ANEXO II. Informe 1

Informe N.-1

Quito, 31 de mayo del 2023

Asunto: Evaluación de ubicación del posible nuevo reservorio para almacenamiento de agua cruda para el proyecto “Huayco-Machay”.

Para: Ing. Mauricio Realpe

GERENTE GENERAL EMAPAAC-EP

Contenido

1. Antecedentes
2. Objetivo
3. Contenido
4. Conclusiones
5. Recomendaciones
6. Solicitud

1. ANTECEDENTES

Mediante una reunión de socialización con autoridades de la EMAPAC-EP y representantes de la ESFOT de la EPN, se estableció que existe la necesidad de realizar un estudio de prefactibilidad para que se pueda establecer un lugar idóneo para la construcción de un reservorio de almacenamiento de agua cruda para el proyecto “Huayco-Machay”.

Posteriormente se realizó una visita técnica que se llevó a cabo con representantes de la EMAPAC-EP, se visitó las distintas propiedades que fueron seleccionadas por la EMAPAC-EP como posibles lugares para la implementación del reservorio y se tomó puntos georreferenciados en estos lugares.

2. OBJETIVO

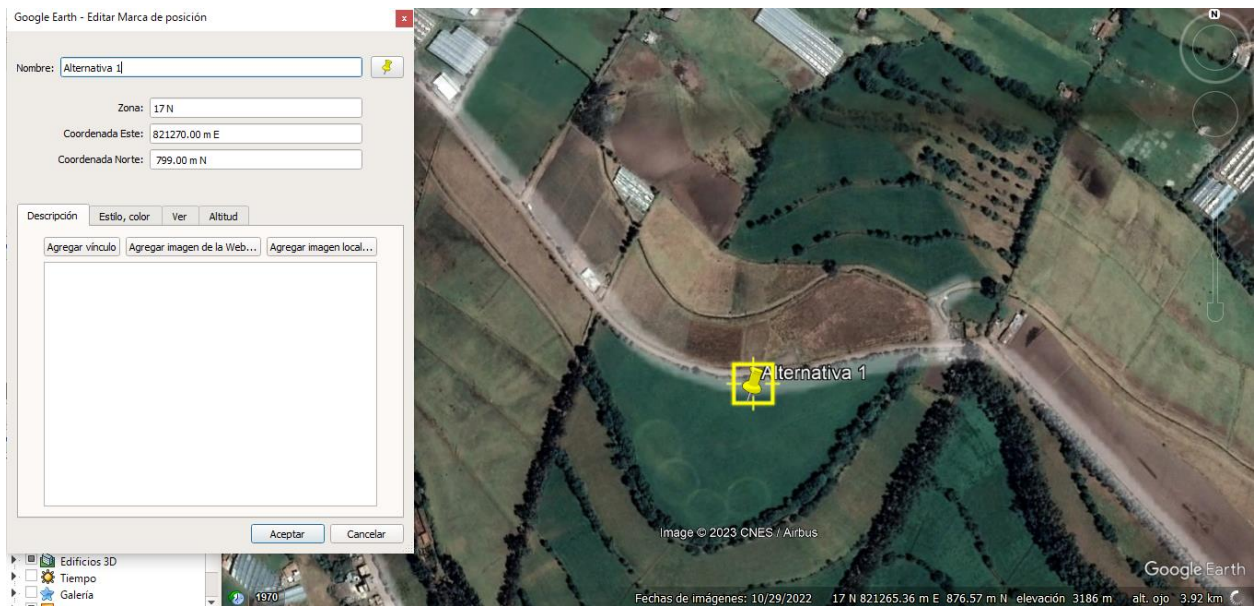
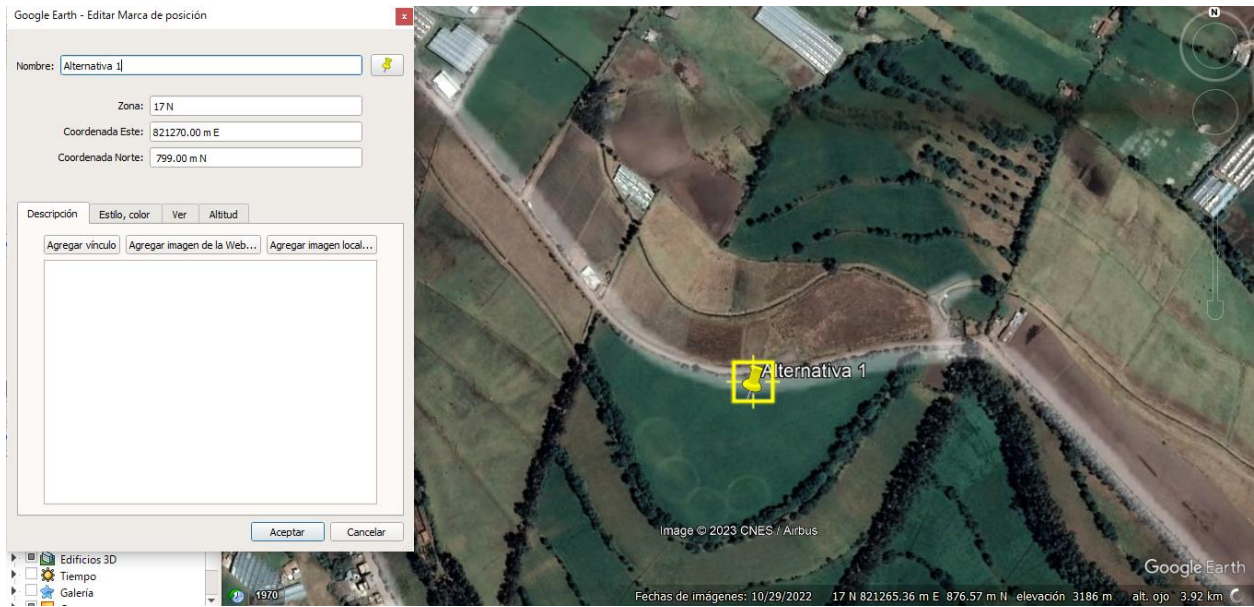
Evaluar la posible ubicación del terreno idóneo para la construcción de un reservorio de almacenamiento de agua cruda para el proyecto “Huayco-Machay” mediante el uso de EPANET.

3. CONTENIDO

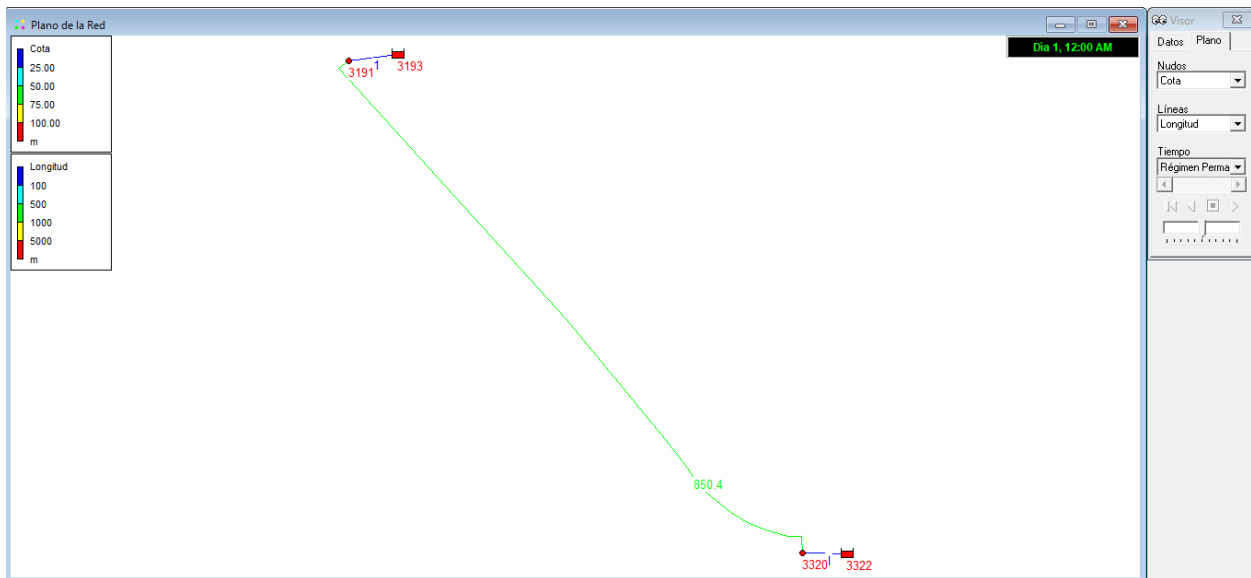
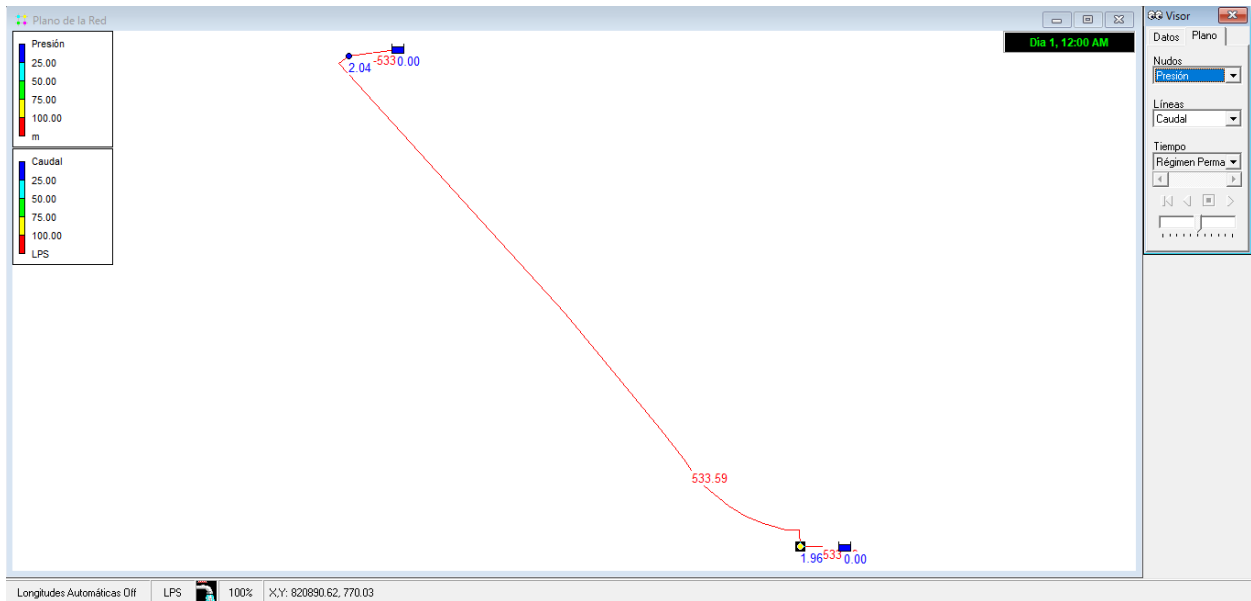
A continuación, se plantea las posibles alternativas para la selección del terreno idóneo para la implementación del reservorio del proyecto “Huayco- Machay”.

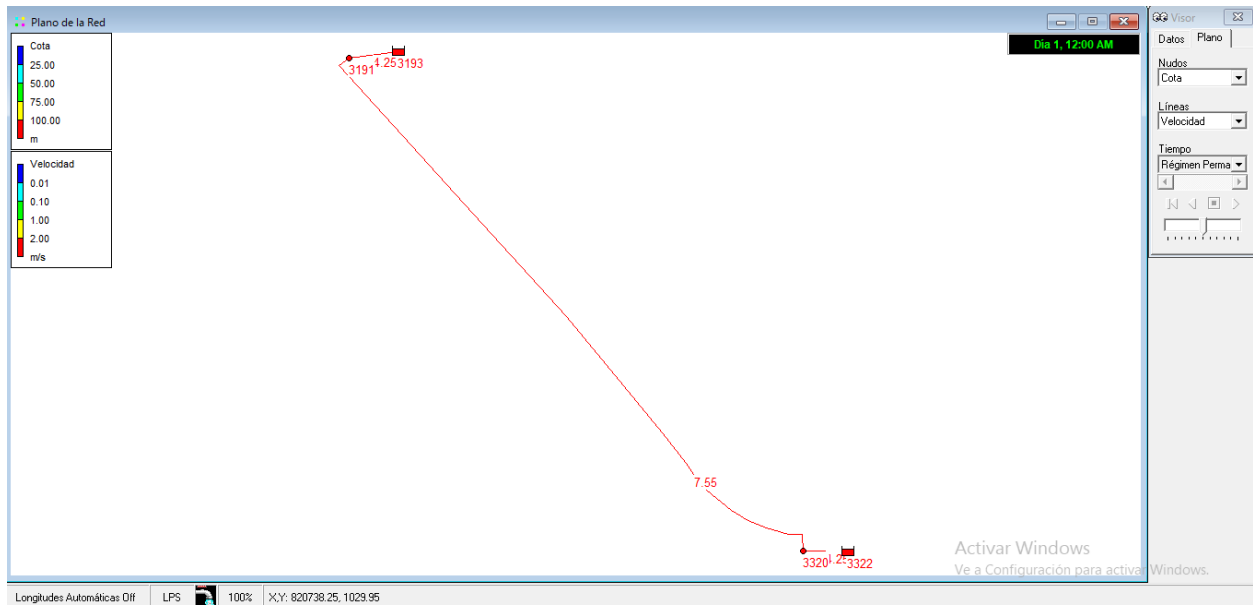
ALTERNATIVA 1:

Propiedad de la Sra. Ana Burneo, se encuentra a una distancia aproximada de 850.40 metros de la PTAP Huayco – Machay, con un área de 10,537m².



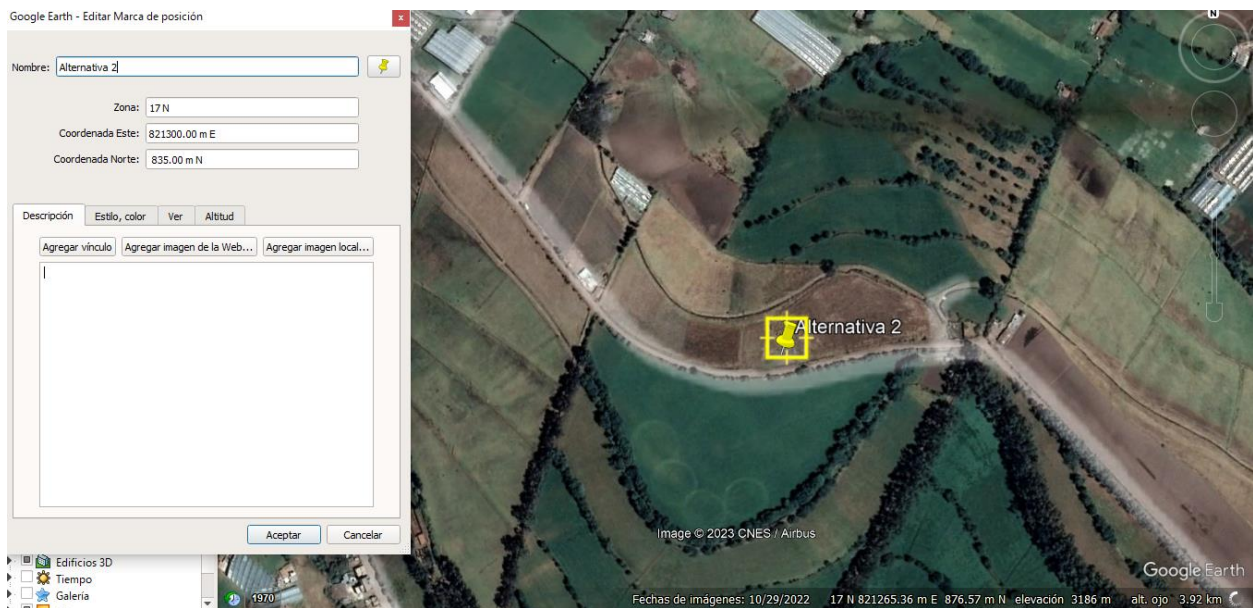
Para esta alternativa se realizó la evaluación hidráulica en EPANET obteniendo los siguientes resultados de cota, longitud, presión, velocidad y caudal:



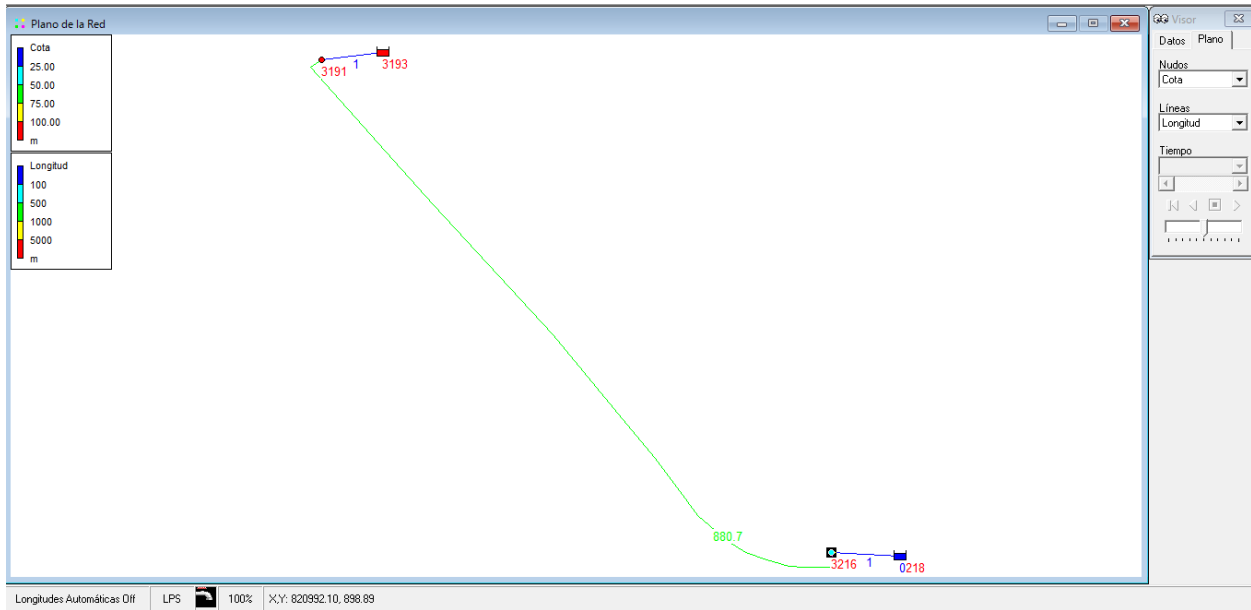
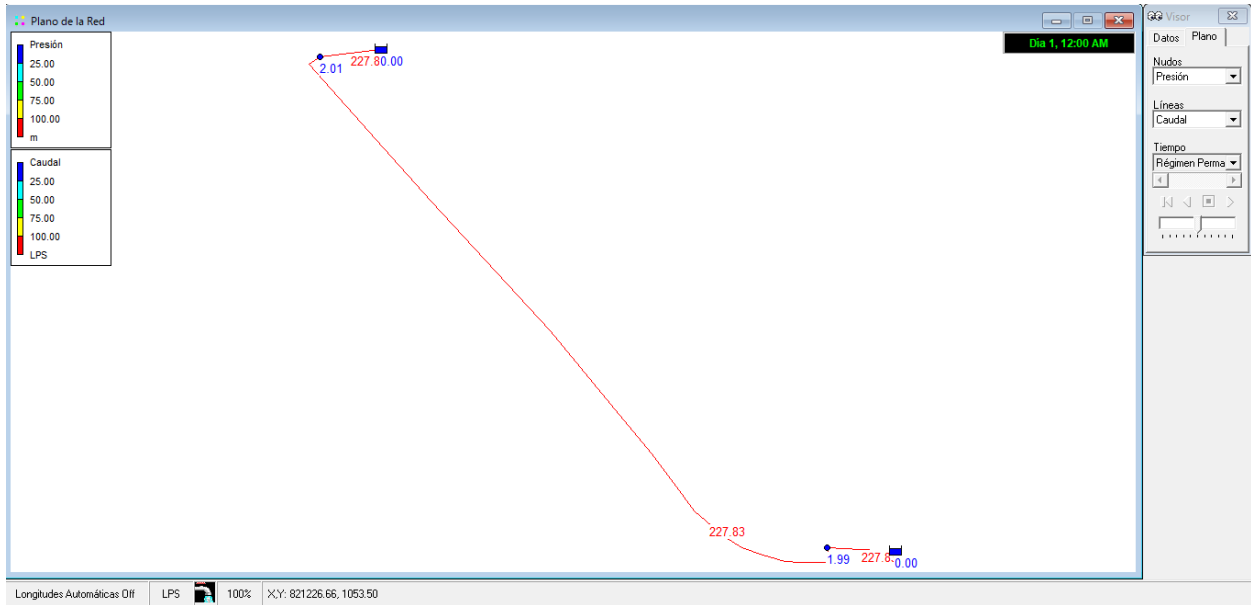


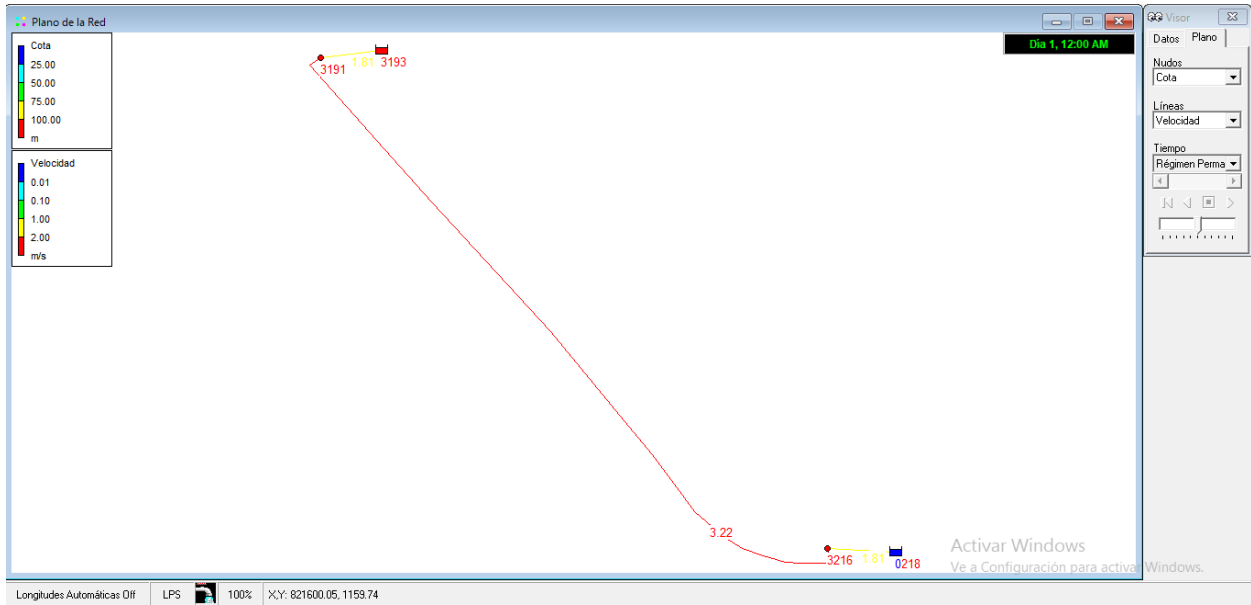
ALTERNATIVA 2:

Propiedad al frente del terreno de la Sra. Ana Burneo, se encuentra a una distancia aproximada de 880.70 metros de la PTAP Huayco – Machay



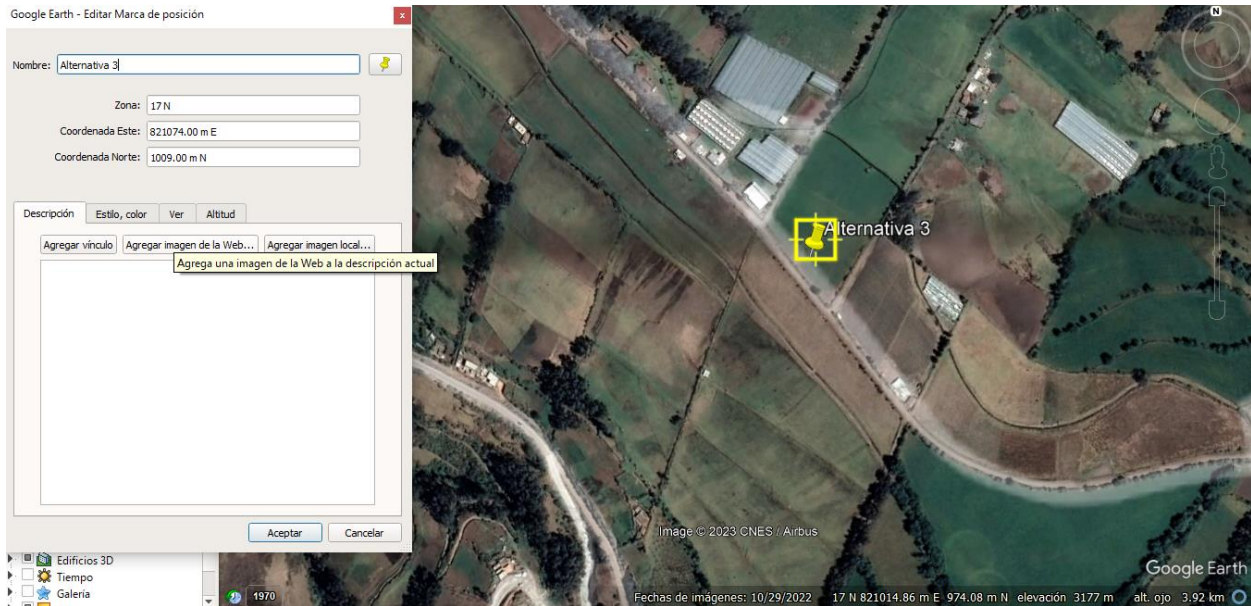
Para esta alternativa se realizó la evaluación hidráulica en EPANET obteniendo los siguientes resultados de cota, longitud, presión y caudal:



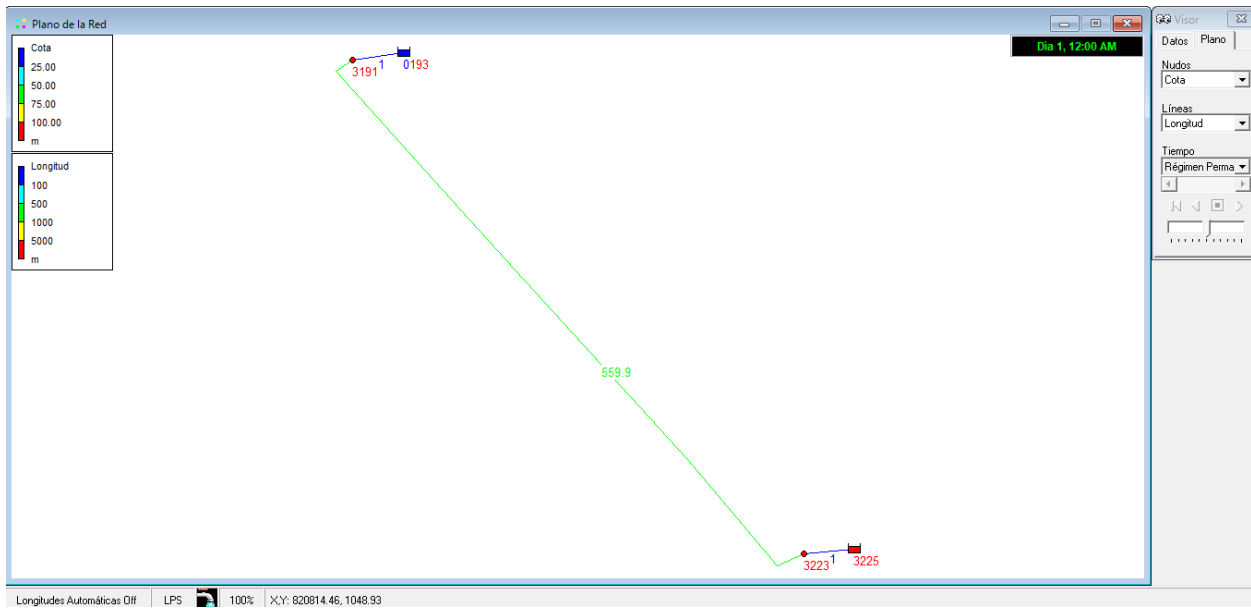
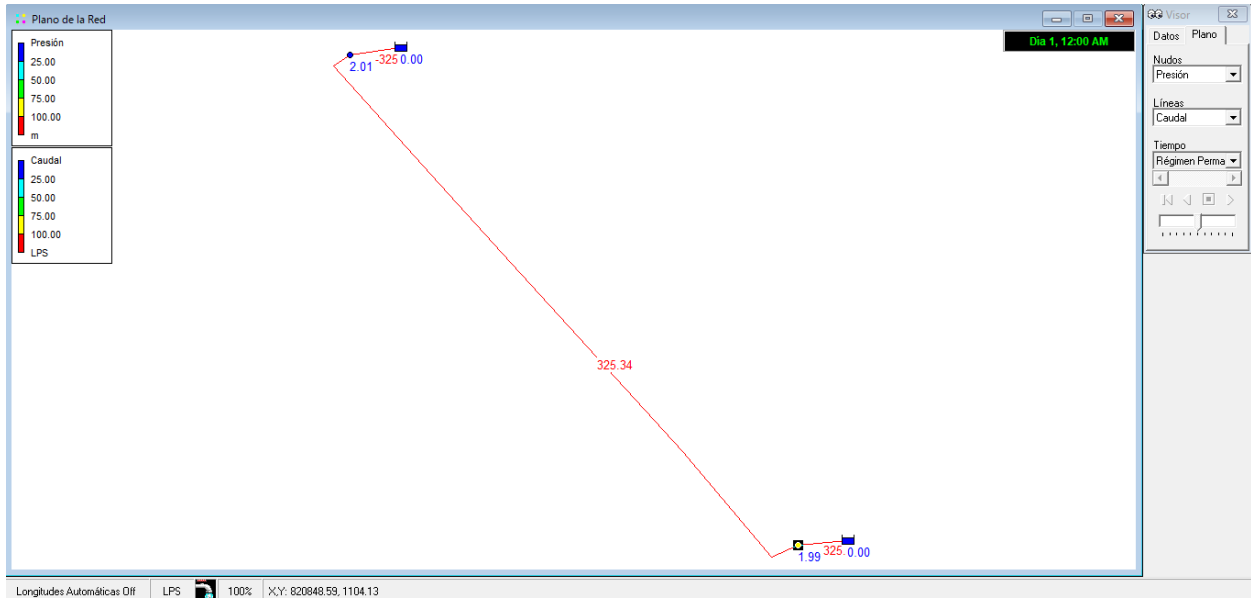


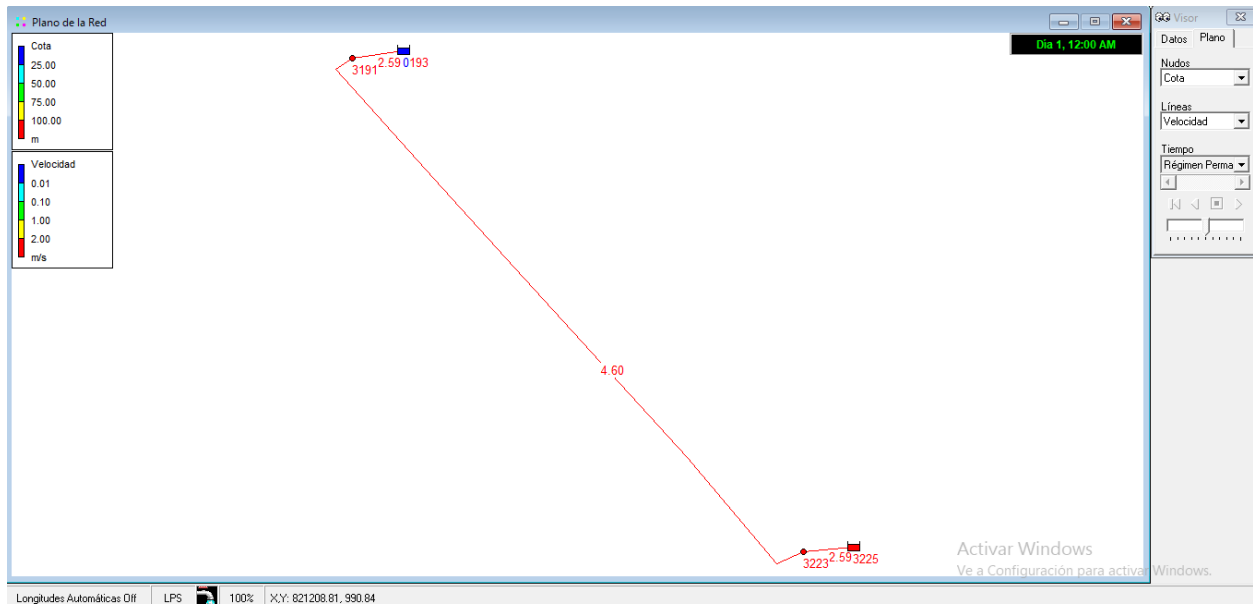
ALTERNATIVA 3:

Propiedad de la Sra. Paulina Méndez se encuentra a una distancia aproximada de 559.90 metros de la PTAP Huayco – Machay, con un área de 10,839m².



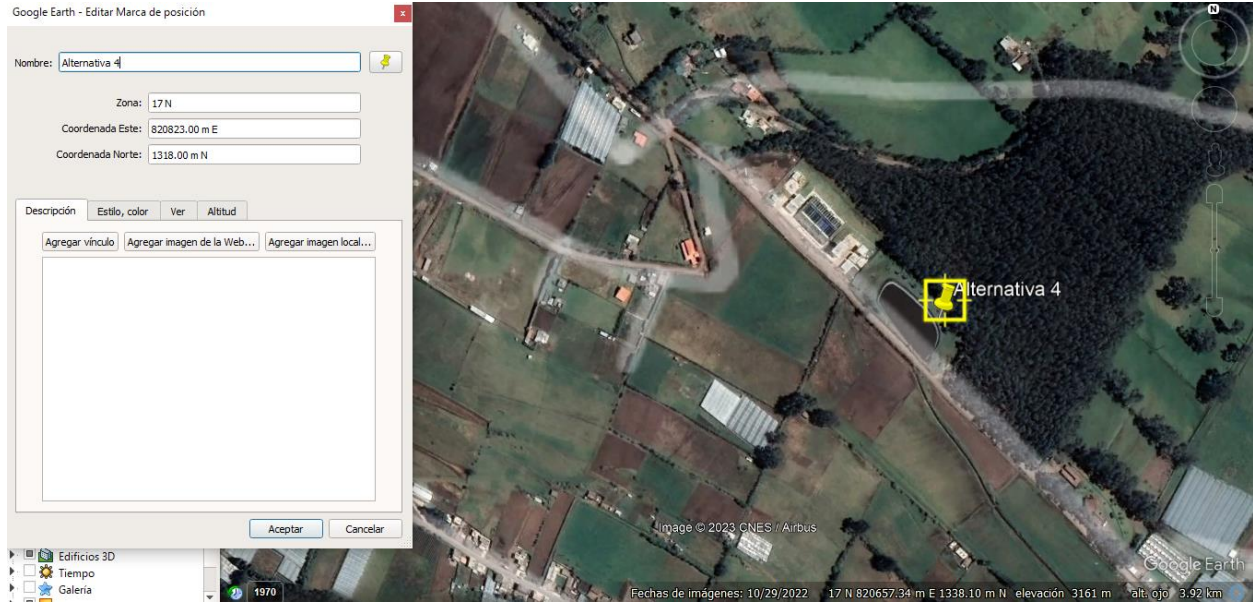
Para esta alternativa se realizó la evaluación hidráulica en EPANET obteniendo los siguientes resultados de cota, longitud, presión y caudal:



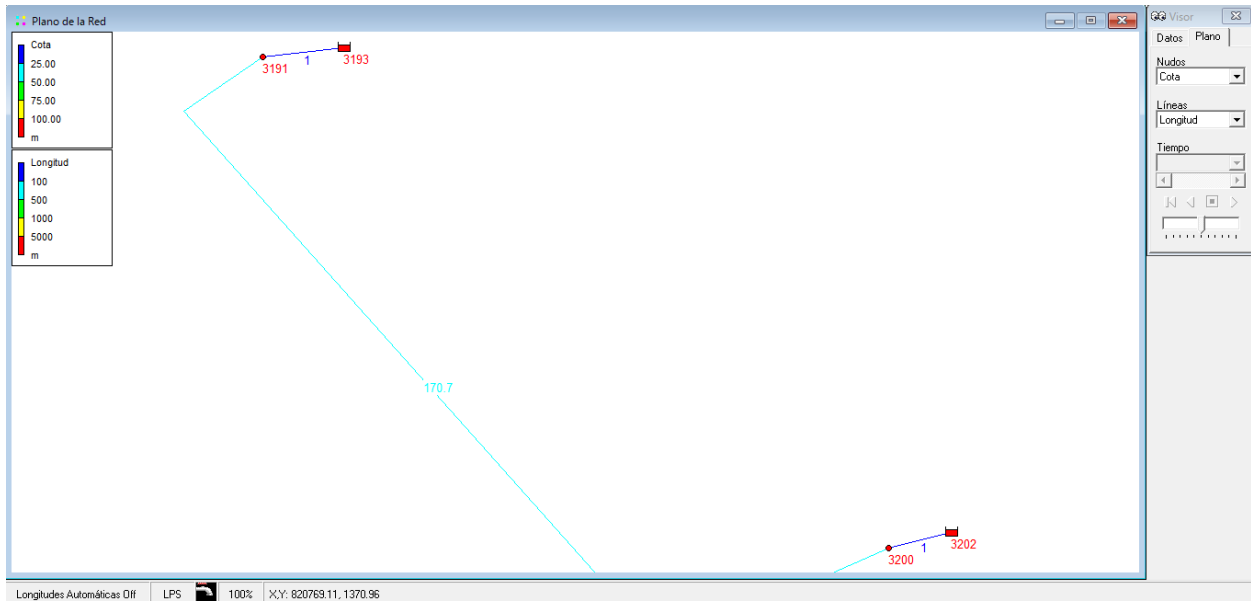
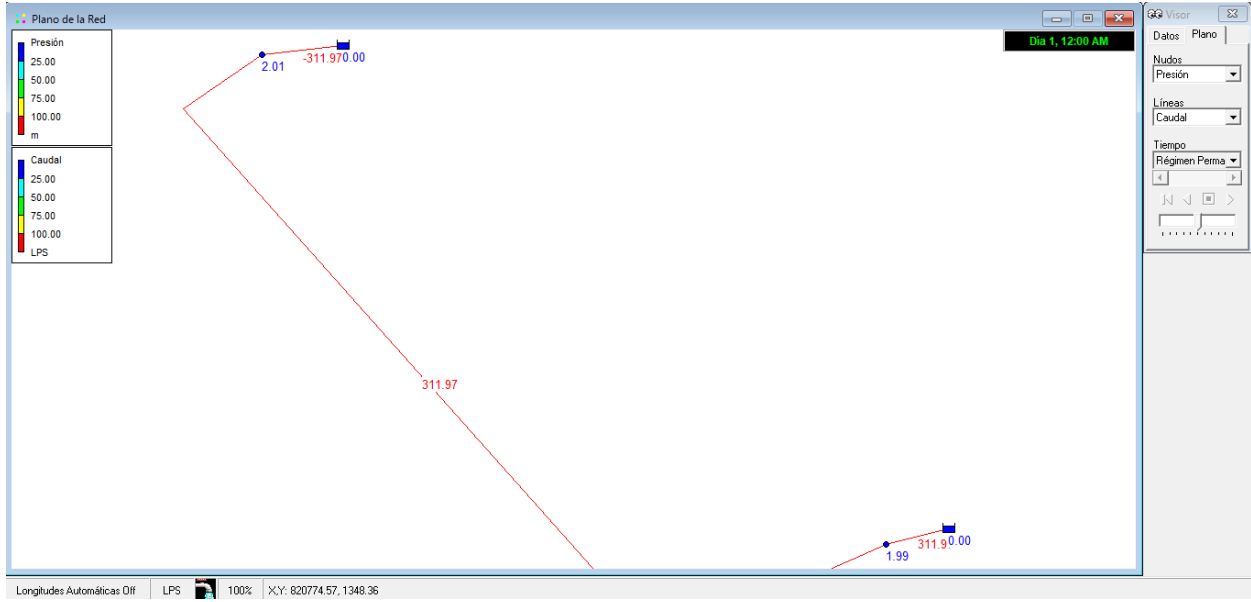


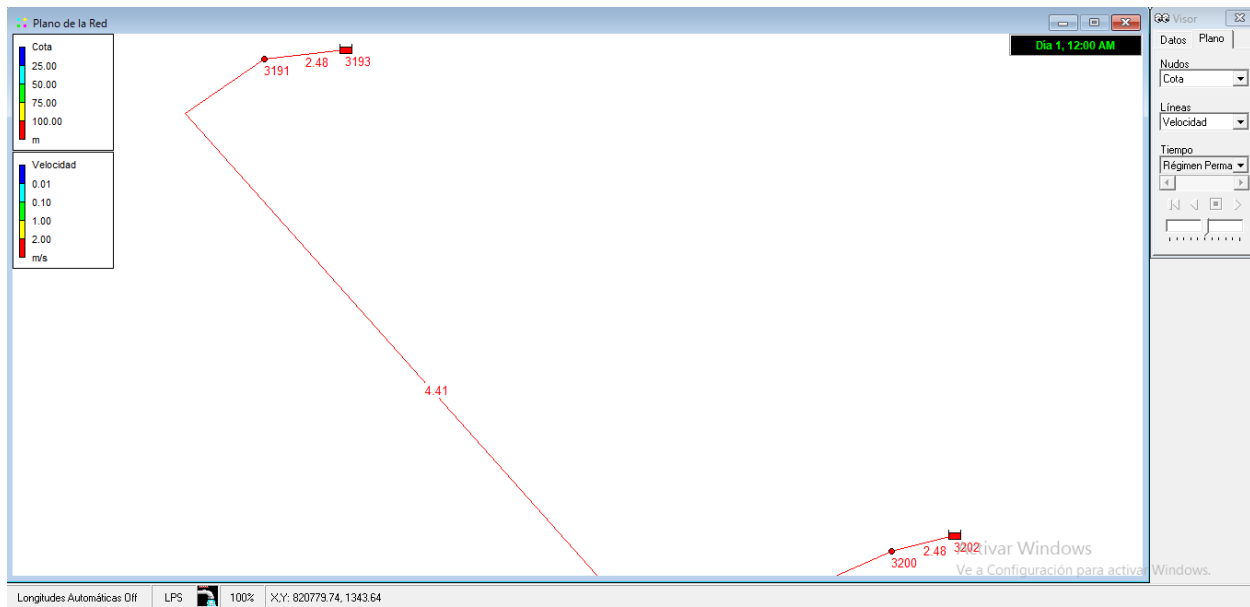
ALTERNATIVA 4:

Propiedad de la Junta de Agua de Riego Raso Chupa, se encuentra en la propiedad colindante a la PTAP Huayco – Machay, con un área de 10,099 m².



Para esta alternativa se realizó la evaluación hidráulica en EPANET obteniendo los siguientes resultados de cota, longitud, presión y caudal:





Resumen de la evaluación hidráulica de las alternativas

RESUMEN EVALUACIÓN HIDRÁULICA DE LAS ALTERNATIVAS						
ALTERNATI VA	COT A (m)	COORDENAD AS (UTM-WGS84)	COTA ENTRAD A PTAP (m)	CAUDA L (l/s)	VELOCID AD (m/s)	LONGIT UD (m)
1	3222	17N N799.00 E821270.00	3193	533.59	7.55	850.40
2	3218	17N N835.00 E821300.00	3193	227.83	3.22	880.70
3	3225	17N N1009.00 E821074.00	3193	325.34	4.60	559.90
4	3203	17N N1318 E820823.00	3193	311.97	4.41	170.70

Vista general de las alternativas



4. CONCLUSIONES

Se logró obtener las evaluaciones hidráulicas en el programa de simulación EPANET con lo cual se visualizan que tres de las cuatro alternativas son viables para la elección del terreno.

5. RECOMENDACIONES

Se recomienda tomar en consideración como alternativa viable a la Alternativa 4 debido a que además de cumplir con el caudal de diseño que es de 300 l/s, este terreno ya tiene una excavación previa que facilitaría el trabajo de implementación del reservorio debido a que los costos de implementación serían menores con respecto al resto de alternativas planteadas.

Se recomienda no tomar como opción viable la Alternativa 2 debido a que en la simulación en EPANET el caudal que se obtuvo es de 227.87 l/s que es menor al caudal de diseño de la planta de tratamiento de agua potable “Huayco-Machay”.

6. SOLICITUD

Se solicita la revisión de los resultados de la evaluación hidráulica anteriormente expuesta, la designación de una de las alternativas planteadas para continuar con el respectivo proceso y la autorización para poder realizar el levantamiento topográfico de la alternativa que usted decida más viable.

Elaborado por:

Quinga Chungandro Jorge Luis

Con CI: 172396080-1

Estudiante de la ESFOT de la EPN.



ANEXO III

ANEXO III. Memoria Técnica

**Tanque reservorio para el
sistema Huayco-Machay**

Jorge Quinga

2022 – 2023

ÍNDICE DE CONTENIDO

Índice de contenido.....	66
Índice de ecuaciones	68
Índice de figuras	69
Índice de tablas.....	70
1 Introducción.....	71
1.1 Objetivo general	71
1.2 Objetivos específicos.....	71
2 Levantamiento de información y definición de parámetros de diseño	72
2.1 Levantamiento de información.....	72
Visita técnica 1.....	72
Visita técnica 2.....	72
2.2 Definición de parámetros de diseño.....	73
Metodología utilizada para el dimensionamiento del tanque reservorio	73
Metodología utilizada para el dimensionamiento del desarenador	74
3 Resultados	78
3.1 Determinación de la ubicación adecuada para el reservorio	78
Análisis hidráulico de los posibles terrenos a implementar el nuevo reservorio.....	78
Selección del sitio idóneo.....	79
3.2 Dimensionamiento del tanque reservorio.....	80
Establecimiento del caudal.....	80
Selección de la forma del reservorio.....	80
Dimensionamiento tanque reservorio	80
Desarenador previo al tanque.....	81
3.3 Elaboración de planos del nuevo reservorio para la planta Huayco-Machay .82	
Planos desarenador	82
Planos implantación del tanque reservorio y desarenador	82
Planos perfiles tanque reservorio y desarenador	82
Vistas en planta de cajas de válvulas	83
Cálculo cantidades de obra.....	85
Presupuestos.....	85
4 Conclusiones.....	87
5 Recomendaciones.....	88

6	Referencias bibliográficas	88
7	Anexos	90
	ANEXO I	90
	ANEXO II	1
	ANEXO III	2
	ANEXO IV	3

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. <i>Porcentaje de déficit</i>	73
Ecuación 2. <i>Volumen de tanque de almacenamiento</i>	74
Ecuación 3. <i>Velocidad de sedimentación efectiva</i>	74
Ecuación 4. <i>Tiempo de sedimentación</i>	75
Ecuación 5. <i>Periodo de retención hidráulico</i>	75
Ecuación 6. <i>Volumen del tanque</i>	75
Ecuación 7. <i>Área superficial</i>	75
Ecuación 8. <i>Ancho del tanque</i>	75
Ecuación 9. <i>Largo del tanque</i>	75
Ecuación 10. <i>Carga hidráulica superficial</i>	76
Ecuación 11. <i>Velocidad de sedimentación</i>	76
Ecuación 12. <i>Diámetro de la partícula crítica</i>	76
Ecuación 13. <i>Relación de tiempos y velocidades</i>	76
Ecuación 14. <i>Velocidad horizontal máxima</i>	76
Ecuación 15. <i>Velocidad de resuspensión máxima</i>	76
Ecuación 16. <i>Altura del vertedero de salida</i>	77
Ecuación 17. <i>Velocidad en el vertedero de salida</i>	77
Ecuación 18. <i>Alcance horizontal</i>	77
Ecuación 19. <i>Longitud del colchón de agua</i>	77
Ecuación 20. <i>Profundidad</i>	77
Ecuación 21. <i>Distancia al vertedero de salida</i>	77
Ecuación 22. <i>Profundidad</i>	77
Ecuación 23. <i>Distancia a la cámara de quietamiento</i>	77
Ecuación 24. <i>Profundidad máxima de lodos</i>	78
Ecuación 25. <i>Distancia al punto de salida a la cámara de quietamiento</i>	78
Ecuación 26. <i>Distancia al punto de salida al vertedero de salida</i>	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Nube de puntos levantados en campo</i>	73
Figura 2. <i>Número de Hazen</i> (López , 2003)	74
Figura 3. <i>Ubicación del sitio seleccionado por la EMAPAAC EP</i>	79
Figura 4. <i>Caja de válvulas ingreso al proyecto</i>	83
Figura 5. <i>Caja de válvulas salida del proyecto</i>	84
Figura 6. <i>Caja de válvulas vaciado tanque reservorio</i>	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Ubicación georreferenciada posibles terrenos para el reservorio	72
Tabla 2.	<i>Resumen de evaluación hidráulica de las alternativas</i>	78
Tabla 3.	Dimencionamiento del tanque reservorio	81
Tabla 4.	Cantidades de obra	85
Tabla 5.	Presupuesto reservorio planta Huayco – Machay	86

1 INTRODUCCIÓN

El sistema de conducción, tratamiento y abastecimiento de agua potable para el cantón Cayambe actualmente se encuentra a cargo del proyecto emblemático Huayco-Machay de jurisdicción de la Empresa Municipal de Agua Potable, Alcantarillado y Aseo Cayambe (EMAPAAC-EP) y posee una planta de tratamiento de agua que está ubicada en el sector Loma Larga perteneciente a la parroquia Juan Montalvo del cantón Cayambe (EMAPAAC, 2023).

La Empresa Municipal de Agua Potable, Alcantarillado y Aseo Cayambe (EMAPAAC-EP) preocupada por el derecho al agua presente en la constitución de la república del 2008 que rige al Ecuador se plantea mejorar la calidad del servicio a la continuidad implementando un nuevo reservorio para el proyecto emblemático Huayco-Machay con la finalidad de asegurar la continuidad del servicio prestado.

El presente proyecto busca contribuir con planos y presupuesto referencial de un tanque reservorio y desarenador para el abastecimiento continuo de agua para la planta Huayco-Machay, de tal manera que se logre asegurar un flujo constante hacia la planta de tratamiento, incluso en casos de emergencia en los cuales se corte el flujo de agua hacia la planta de tratamiento.

El cálculo implementado para el diseño del tanque reservorio fue definido por el volumen demandado para el almacenamiento provisional previsto por la EMAPAAC EP y las dimensiones que existe en el terreno en el cual se va a implantar la obra. El caudal tomado como referencia para el diseño del reservorio fue el caudal medio diario para el cual fue diseñado el sistema Huayco-Machay.

Por otro lado, el presupuesto se creó a partir de las cantidades de obra necesarios para la implantación en el terreno seleccionado por la EMAPAAC EP haciendo referencia a los precios referenciales con los cuales trabaja la EMAAP-Q.

1.1 Objetivo general

Diseñar un reservorio para el sistema Huayco – Machay.

1.2 Objetivos específicos

1. Determinar la ubicación adecuada para la implementación de un reservorio en el sistema Huayco – Machay.

2. Dimensionar el reservorio considerando el caudal de captación y los caudales de consumo de la población.
3. Elaborar planos y presupuestos de implementación del reservorio.

2 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN Y DEFINICIÓN DE PARÁMETROS DE DISEÑO

2.1 Levantamiento de información

El levantamiento de información se lo realizó mediante la documentación proporcionada por la EMAPAAC EP y por varias visitas técnicas en las cuales se pudo obtener información necesaria poder generar el diseño del tanque reservorio y desarenador.

Visita técnica 1

De la primera visita técnica se pudo obtener la ubicación georreferenciada de los posibles terrenos de implementación del reservorio que se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 7. Ubicación georreferenciada posibles terrenos para el reservorio

UBICACIÓN GEORREFERENCIADA DE LOS POSIBLES TERRENOS PARA EL RESERVORIO		
TERRENO	COORDENADAS (UTM-WGS84)	COTA (m)
1	17N N799.00 E821270.00	3222
2	17N N835.00 E821300.00	3218
3	17N N1009.00 E821074.00	3225
4	17N N1318 E820823.00	3203

Con la información de la tabla se realizó el análisis hidráulico en EPANET para poder determinar cuanta capacidad de transporte de flujo tiene cada una de los posibles terrenos a implantación en campo del proyecto.

Visita técnica 2

Del levantamiento de puntos georreferenciados se obtuvo 426 puntos georreferenciados a manera de una nube de puntos que dio una noción de la topografía del terreno donde será implementado el tanque reservorio para el sistema Huayco-Machay y son representados en la siguiente figura:

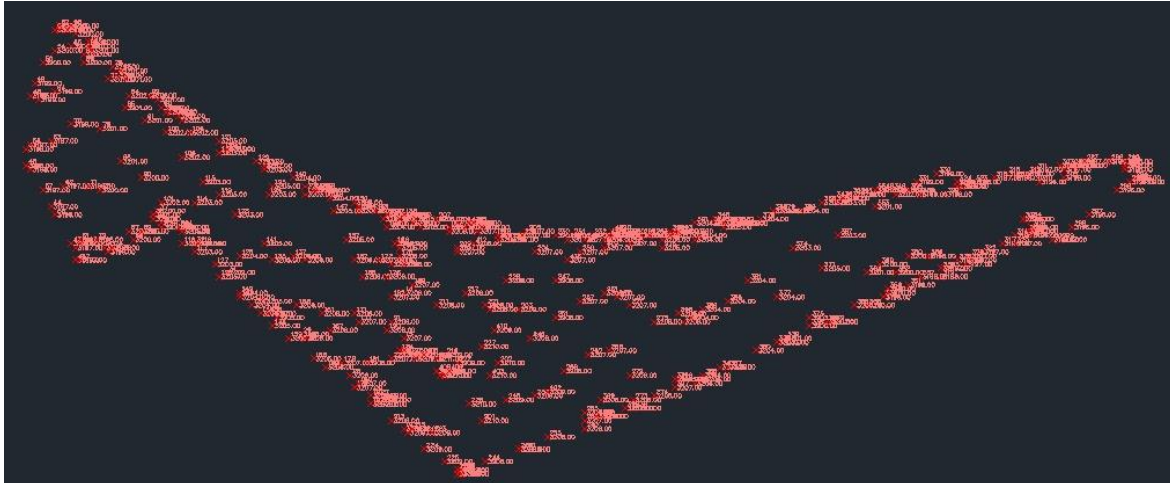


Figura 16. Nube de puntos levantados en campo

2.2 Definición de parámetros de diseño

Para la definición de los parámetros de diseño del tanque reservorio y desarenador se hizo uso de un caudal de 150 [l/s], del volumen de almacenamiento solicitado por la EMAPAAC EP que correspondió de dos días de almacenamiento de agua y la metodología necesaria para el diseño e implantación de la obra en el programa de modelación AutoCAD Civil 3D.

Metodología utilizada para el dimensionamiento del tanque reservorio

Para el dimensionamiento de un tanque de almacenamiento se necesita conocer el porcentaje de déficit que se tendrá para el periodo de diseño para poder determinar el volumen necesario para el dimensionamiento del tanque de almacenamiento. Adicionalmente en este volumen calculado se le debe considerar un volumen de emergencia para casos tales como de incendios y de adversidades en las tuberías de conducción que dotan de agua cruda a la planta de tratamiento. (Cisneros Reinoso & Molina Molina, 2022). A continuación, se presentarán las ecuaciones necesarias para la determinación de los parámetros necesarios para el dimensionamiento del tanque de almacenamiento.

Determinación del porcentaje de déficit:

$$V\% = (\text{déficit mayor} + \text{déficit menor})$$

Ecuación 27. Porcentaje de déficit

Determinación del volumen del tanque de almacenamiento

$$V = 1.2QMD * V\%$$

Ecuación 28. Volumen de tanque de almacenamiento

Donde:

QMD: Caudal Máximo Diario.

V%: Porcentaje de déficit.

Metodología utilizada para el dimensionamiento del desarenador

Para el diseño del desarenador previo al tanque reservorio se utilizó como datos iniciales el caudal máximo diario, el valor de la gravedad, el peso específico de la arena y del agua, la tabla de la viscosidad cinemática del agua, el diámetro de ingreso de la tubería, el diámetro de la partícula de arena, una altura impuesta del tanque, el periodo de diseño, número de módulos necesarios para la operación y el mantenimiento y la relación ancho largo.

Cálculo de parámetros de sedimentación

El cálculo de la velocidad de sedimentación efectiva se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$V_s = \frac{g}{18} \frac{(\rho_s - \rho)}{\mu} d^2$$

Ecuación 29. Velocidad de sedimentación efectiva

Condiciones	Número de Hazen (V_s/V_o)							
	Remoción (%)							
	87,5	80	15	70	65	60	55	50
n = 1	7,00	4,00	3,00	2,30	1,80	1,50	1,30	1,00
n = 3	2,75		1,66					0,76
n = 4	2,37		1,52					0,73
Máximo teórico	0,88		0,75					0,50

Figura 17. Número de Hazen (López, 2003)

De la Figura 1, asumiendo una remoción del 75% y un n=1 se dedujo el Número de Hazen, luego para la determinación del tiempo de sedimentación se utilizó la siguiente ecuación:

$$t = \frac{H}{V_s}$$

Ecuación 30. Tiempo de sedimentación

El periodo de retención hidráulico se lo determinó mediante la siguiente ecuación:

$$\theta = NH * t$$

Ecuación 31. Periodo de retención hidráulico

Donde:

NH: Número de Hazen.

t: Tiempo de sedimentación.

Y se verificó si cumplía con la condición $0.5h \leq \theta \leq 4h$.

El volumen del tanque se lo definió mediante la ecuación:

$$V = \theta * Q$$

Ecuación 32. Volumen del tanque

El área superficial se la definió de la siguiente manera:

$$A_s = \frac{V}{H}$$

Ecuación 33. Área superficial

De donde conjuntamente con la relación establecida L:B se dedujo las dimensiones de ancho y largo del tanque con las siguientes ecuaciones:

$$B = \sqrt{\frac{A_s}{4}}$$

Ecuación 34. Ancho del tanque

$$L = 4 * B$$

Ecuación 35. Largo del tanque

La carga hidráulica superficial se la calculó mediante la siguiente ecuación:

$$q = \frac{Q}{A_s}$$

Ecuación 36. Carga hidráulica superficial

Y se verificó se cumplía con $15 \frac{m^3}{m^2 d} \leq q \leq 80 \frac{m^3}{m^2 d}$ y luego sabiendo que:

$$V_o = q$$

Ecuación 37. Velocidad de sedimentación

Siendo V_o la velocidad de sedimentación de la partícula crítica en condiciones teóricas (López , 2003) y se verificó si esta describe un diámetro de partícula menor mediante el uso de la siguiente ecuación:

$$d = \sqrt{\frac{V_o * 18 * \mu}{g(\rho_s - \rho)}}$$

Ecuación 38. Diámetro de la partícula crítica

Luego se comprobó el número de Hazen mediante la siguiente ecuación:

$$\frac{\theta}{t} = \frac{V_s}{V_o}$$

Ecuación 39. Relación de tiempos y velocidades

Y se definió el diámetro real admisible de las partículas que serán removidas por el desarenador.

La velocidad horizontal máxima y la velocidad de resuspensión máxima se utilizó las siguientes ecuaciones:

$$V_{h_{m\acute{a}x}} = 20V_s$$

Ecuación 40. Velocidad horizontal máxima

$$V_r = \sqrt{\frac{8k}{f} g(\rho_s - \rho)d}$$

Ecuación 41. Velocidad de resuspensión máxima

Cálculo de los elementos del desarenador

La altura y velocidad en el vertedero de salida se utilizó las siguientes ecuaciones:

$$H_v = \left(\frac{Q}{1.84B}\right)^{\frac{2}{3}}$$

Ecuación 42. Altura del vertedero de salida

$$V_v = \frac{Q}{BH_v}$$

Ecuación 43. Velocidad en el vertedero de salida

Para determinar el alcance horizontal, longitud del colchón de agua, la profundidad y la distancia al vertedero de salida se utilizó las siguientes ecuaciones:

$$X_s = 0.36(V_v)^{\frac{2}{3}} + 0.60(H_v)^{\frac{4}{7}}$$

Ecuación 44. Alcance horizontal

$$L_v = X_s + 0.16[m]$$

Ecuación 45. Longitud del colchón de agua

$$P_{v_s} = \frac{H}{2}$$

Ecuación 46. Profundidad

$$D_{v_s} = 15H_v$$

Ecuación 47. Distancia al vertedero de salida

En la pantalla de entrada de definió la profundidad y la distancia a la cámara de quietamiento con las siguientes ecuaciones:

$$P_{v_e} = \frac{H}{2}$$

Ecuación 48. Profundidad

$$D_{v_e} = \frac{L}{4}$$

Ecuación 49. Distancia a la cámara de quietamiento

En el diseño del almacenamiento de los lodos se verificó la relación longitud-profundidad de lodos (L:PI) y se estableció la profundidad máxima con la siguiente ecuación:

$$P_{Ml} = \frac{L}{(Ll/P_l)}$$

Ecuación 50. Profundidad máxima de lodos

Con la cual se definió una profundidad máxima adoptada y la profundidad mínima adoptada y para definir las distancias a los puntos de salida a la cámara de quietamiento y al vertedero de salida se aplicó las siguientes ecuaciones:

$$X_{v_s} = \frac{L}{3}$$

Ecuación 51. Distancia al punto de salida a la cámara de quietamiento

$$X_{v_s} = \frac{2L}{3}$$

Ecuación 52. Distancia al punto de salida al vertedero de salida

Con los datos calculados en la sección de lodos se estableció las respectivas pendientes para que se pueda drenar los lodos acumulados en el fondo del tanque.

3 RESULTADOS

3.1 Determinación de la ubicación adecuada para el reservorio

Análisis hidráulico de los posibles terrenos a implementar el nuevo reservorio

El resumen de los resultados de la simulación se los presenta en la siguiente tabla:

Tabla 8. Resumen de evaluación hidráulica de las alternativas

RESUMEN EVALUACIÓN HIDRÁULICA DE LAS ALTERNATIVAS						
ALTERNATIVA	COTA (m)	COORDENADAS (UTM-WGS84)	COTA ENTRADA PTAP (m)	CAUDAL (l/s)	VELOCIDAD (m/s)	LONGITUD (m)
1	3222	17N N799.00 E821270.00	3193	533.59	7.55	850.40
2	3218	17N N835.00 E821300.00	3193	227.83	3.22	880.70
3	3225	17N N1009.00 E821074.00	3193	325.34	4.60	559.90

4	3203	17N N1318 E820823.00	3193	311.97	4.41	170.70
---	------	-------------------------	------	--------	------	--------

Los resultados del análisis hidráulico de las posibles alternativas mostraron que tres de las cuatro alternativas estudiadas eran viables debido que cumplen con las velocidades y caudales necesarios para el correcto funcionamiento del sistema. Las mejores opciones obtenidas de la evaluación hidráulica es por un lado la alternativa 4 debido a que cumple con la demanda del caudal de diseño y adicional ya existe una excavación previa lo cual facilitaría los trabajos de implantación y por otro lado la alternativa 1 que cumple con la demanda del caudal de diseño y existen diálogos favorables de negociaciones con los propietarios del inmueble.

Selección del sitio idóneo

Como resultado de la selección del sitio idóneo la EMAPAAC EP decidió seleccionar como opción viable a la alternativa planteada como Alternativa 1, presente en este documento en el Anexo II debido a que esta alternativa presenta una capacidad de transporte de flujo de 533.59 [l/s] lo cual supera ampliamente al caudal de diseño de la planta de tratamiento Huayco-Machay y de además las negociaciones con los dueños del inmueble ya se encuentran encaminadas y por ende se posesiona como la alternativa más viable para la ejecución del proyecto.

A continuación, se presenta la ubicación del sitio seleccionado por la EMAPAAC EP

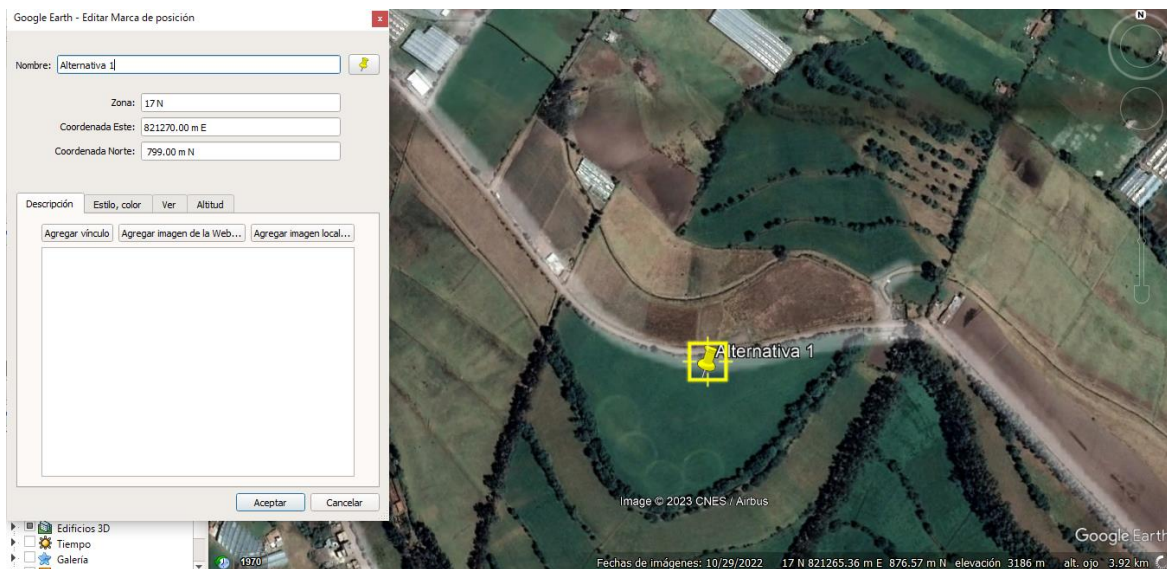


Figura 18. Ubicación del sitio seleccionado por la EMAPAAC EP

3.2 Dimensionamiento del tanque reservorio

Establecimiento del caudal

La EMAPAAC EP designó que para el establecimiento del caudal necesario para el dimensionamiento del tanque reservorio se tomase el caudal de diseño correspondiente a 300 [l/s] durante un periodo de 48 horas de dotación continua para la planta de tratamiento Huayco-Machay, pero en el dimensionamiento e implantación del desarenador y tanque reservorio se decidió tomar en cuenta un caudal del 150 [l/s] debido a que para el tiempo establecido de 48 horas el volumen almacenado del tanque reservorio sería demasiado grande y no sería viable en proyecto.

Selección de la forma del reservorio

Como resultado de la selección del terreno se obtuvo una figura prismática con pendientes en las paredes semiverticales de 1:4 para la limpieza de estas y en el fondo del tanque reservorio para el desalojo de los lodos almacenados producto del tiempo de retención del agua en el tanque. Un área superficial rectangular que facilite la implantación del tanque reservorio en campo, una fácil operación y mantenimiento de la obra.

Dimensionamiento tanque reservorio

El tanque reservorio el agua es alimentado por medio de canal abierto de 60 [cm] de ancho con un calado de 15 [cm] de agua y una velocidad de 1.66 [m/s]. Una vez culminado el tiempo de retención en el tanque a un metro de la tubería de vaciado, una tubería de 400 [mm] transporta el agua hacia una caja de válvulas conectada al sistema de conducción existente que desemboca en la entrada de la planta de tratamiento Huayco-Machay.

Con el caudal establecido de 150 [l/s] para un periodo de almacenamiento de 48 horas se estimó que el volumen almacenado en el tanque reservorio sería de 25920 [m^3] con lo cual manejando una relación largo-ancho de 2:1 las dimensiones adoptadas deberían ser de 93 [m] por 48 [m] adoptando una profundidad útil de 6 [m] y paredes semiverticales con pendientes 1:4 [m/m].

El resultado del dimensionamiento del tanque reservorio según los criterios adoptados, se presenta a continuación:

Tabla 9. Dimencionamiento del tanque reservorio

DIMENSIONAMIENTO TANQUE RESERVORIO		
PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
LARGO CALCULADO	92.29	M
ANCHO CALCULADO	46.14	M
RELACIÓN (L:B)	2:1	U
LARGO ADOPTADO	93	M
ANCHO ADOPTADO	48	M
PROFUNDIDAD ADOPTADA	6	m
PENDIENTE PAREDES SEMIVERTICALES	1:4	m/m

Desarenador previo al tanque

El agua ingresa al desarenador mediante una derivación en la tubería de conducción actual, la cual cuenta con una tubería de 400 [mm] de diámetro, esta derivación es posible mediante el apoyo de dos válvulas de compuerta que permiten esta derivación. El agua derivada ingresa a una de las cámaras de aquietamiento mediante la activación de una válvula de compuerta, para luego pasar a la cámara de sedimentación donde se retienen y almacenan las partículas en la zona de lodos, El agua con menos carga de arena suspendida pasa hacia un vertedero que desemboca a un colchón de agua que permite el paso hacia un canal que conduce las aguas hacia el tanque reservorio.

De los cálculos del diseño del desarenador se obtuvo un desarenador de doble cámara que retenga partículas superiores a 0.05 [mm], con eficiencia del 75% manejando un caudal de 150 [l/s]. Una velocidad de sedimentación efectiva de 0.17 [cm/s] que se traduce a un tiempo de sedimentación de 0.4 [h], un periodo de retención hidráulico de 1.2 [h], velocidad horizontal de 0.74 [cm/s] y una velocidad horizontal máxima de 3.44 [cm/s] que ocasionaría una resuspensión de las partículas de arena sedimentadas. Las dimensiones adoptadas de cada cámara que se obtuvieron fueron 33 [m] de largo por 8 [m] de ancho con una profundidad útil de sedimentación de 2.5 [m] y pendientes verticales en las paredes del desarenador.

En la zona de entrada al desarenador se calculó que la distancia a la pantalla de aquietamiento sería de 8.1 [m] y una profundidad de 1.3 [m]. Mientras que en la zona de salida el alcance horizontal a la pantalla de salida sería de 0.3 [m], longitud del colchón de agua de 0.45 [m], una distancia al vertedero de salida de 0.70 [m] y una velocidad en el vertedero de salida de 39.7 [cm/s] Por otro lado, para el caso del almacenamiento de lodos en la zona de lodos se obtuvo

que la profundidad adoptada debería ser de 1.5 [m], la distancia al punto del vertedero de salida sería de 22 [m], la distancia al punto de salida de la cámara de quietamiento sería 11 [m] y que las pendientes transversales, longitudinal 1 y longitudinal 2 serían del 2.5%, 1.85% y 0.93% respectivamente.

3.3 Elaboración de planos del nuevo reservorio para la planta Huayco-Machay

Planos desarenador

La escala utilizada en el plano del desarenador fue de 1:1500 y de 1:2000 debido a que se ubicó tanto la vista del desarenador en la implantación en la plataforma de obras, como las vistas en perfil y en planta. Adicionalmente en el plano se colocó escalas referenciales para comprobación en el plano de las dimensiones establecidas y el texto se ajustó en 4.0 y en 5.0 para el caso respectivo de cada escala con el objetivo de que sea legible el texto en el plano. El diámetro de tubería para el desarenador es de 400 mm tanto en el ingreso y purga de lodos. Para revisar los planos del desarenador revisar el anexo II del presente documento.

Planos implantación del tanque reservorio y desarenador

La escala utilizada en el plano implantación del desarenador y tanque reservorio fue de 1:750 debido a que se ubicó en formato A3 todo el plano de implantación del desarenador y tanque reservorio. Adicionalmente en el plano se colocó escalas referenciales en la parte inferior de la ventana para que se pueda comprobar en el plano de las dimensiones establecidas. El tamaño de la letra se ajustó en 2.0 para que se pueda apreciar el texto de manera clara y se ubique fácilmente cada componente del sistema en el plano. Para revisar los planos de implantación del tanque reservorio y desarenador revisar el anexo III del presente documento.

Planos perfiles tanque reservorio y desarenador

La escala utilizada en el plano de perfiles del desarenador y tanque reservorio fue de 1:1000 debido a que fue la escala más apropiada para poder visualizar el perfil longitudinal del tanque reservorio y desarenador y los cortes transversales de los mismos. La escala de laminación fue preparada para un formato A3, en el plano se colocó escalas referenciales en la parte inferior de la ventana para que se pueda comprobar en el plano de las dimensiones escaladas y el tamaño de la letra se ajustó en 2.0 para que se pueda apreciar el texto fácilmente se visualice en el plano.

Para revisar los planos de los perfiles del tanque reservorio y desarenador revisar el anexo IV del presente documento.

Vistas en planta de cajas de válvulas

Las vistas en planta de las cajas de válvulas para el ingreso y salida al sistema de desarenación y reservorio se presentan a continuación:

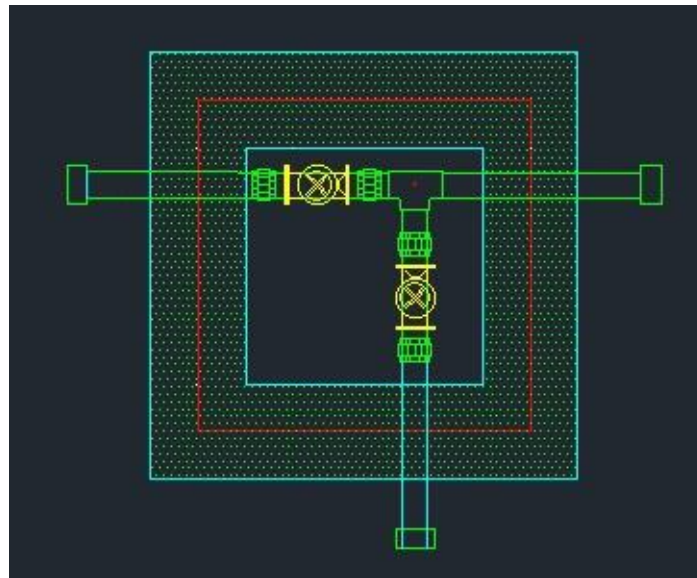


Figura 19. Caja de válvulas ingreso al proyecto

Para el caso de la entrada al sistema de desarenación y reservorio se diseñó una desviación de la conducción del agua que permita controlar el paso de agua con el apoyo de válvulas de compuerta.

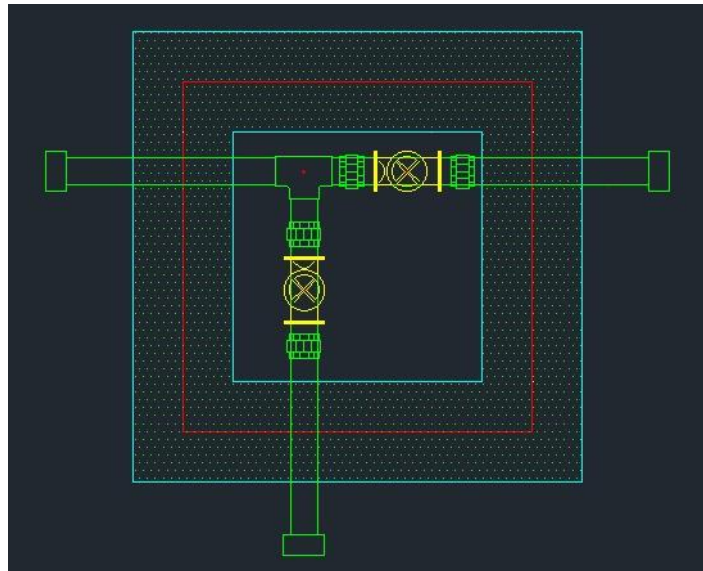


Figura 20. Caja de válvulas salida del proyecto

Para el caso de la salida del sistema de desarenación y reservorio se diseñó una incorporación al sistema de conducción del agua que permita controlar el paso de agua con el apoyo de válvulas de compuerta.

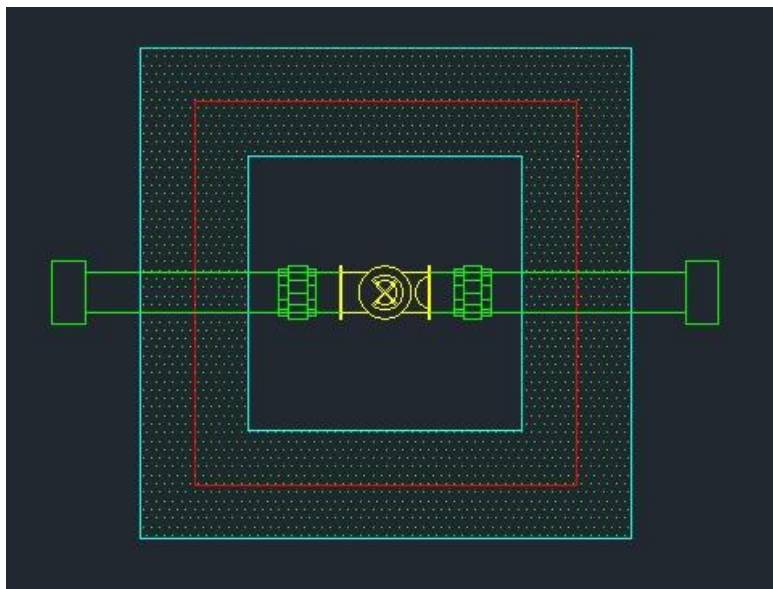


Figura 21. Caja de válvulas vaciado tanque reservorio

Para el caso del desalajo de agua en el reservorio se diseñó una caja de válvulas que corte y active el paso del agua mediante el uso de una válvula de compuerta.

Cálculo cantidades de obra

Con el resultado de la implementación y la elaboración de los planos se determinó las respectivas cantidades de obra que son producto del movimiento de tierras y para ello se consideró la cantidad de obra que se necesita para la creación de una plataforma en la cual se hará la implantación de proyecto, la excavación y concreto necesarios para la implantación del reservorio y desarenador a partir del nivel de la plataforma. A continuación, se presentan las cantidades de obra en la siguiente tabla:

Tabla 10. Cantidades de obra

CANTICADES DE OBRA		
RUBRO	CANTIDAD	UNIDADES
Plataforma de implementación de obras		
Limpieza y desbroce	7424	m2
Replanteo y nivelación	7424	m2
Excavación a máquina cielo abierto (en tierra)	21145.28	m3
Relleno compactado al 95%	4575	m3
Reservorio		
Replanteo y nivelación	4974.16	m2
Excavación a máquina cielo abierto (en tierra)	34253.58	m3
Hormigón estructural apoyo, F'C =300 kg/cm2	1574.25	m3
Caja de válvula 12" (mat/trans/inst)	2	U
Desarenador		
Replanteo y nivelación	628.08	m2
Excavación a máquina cielo abierto (en tierra)	3358.16	m3
Hormigón estructural apoyo, F'C =300 kg/cm2	196.20	m3
Caja de válvula 12" (mat/trans/inst)	1	U

Presupuestos

En el presupuesto se utilizó un Hormigón armado de 300 kg/cm^2 y un acero de refuerzo para el hormigón armado de 75 kg por cada m^3 de hormigón, pero es solamente un supuesto y se tiene que realizar un análisis estructural o un estudio de las estructuras del hormigón que va a conformar tanto el tanque de reserva como el desarenador.

El presupuesto cuenta con todos los rubros, precios unitarios, cantidad de obra y precio total de cada componente necesario en la implantación del proyecto en el terreno seleccionado.

Tabla 11. Presupuesto reservorio planta Huayco – Machay

Presupuesto Reservorio Planta Huayco-Machay					
N	Rubro	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
1	Plataforma de implementación de obras				
1.1	Limpieza y desbroce	m2	7424	\$ 0.28	\$ 2,078.72
1.2	Replanteo y nivelación	m2	7424	\$ 1.90	\$ 14,105.60
1.3	Excavación a máquina cielo abierto (en tierra)	m3	21145.28	\$ 1.97	\$ 41,656.20
1.4	Relleno compactado al 95%	m3	4575	\$ 4.55	\$ 20,816.25
2	Reservorio				
2.1	Replanteo y nivelación	m2	4974.16	\$ 1.90	\$ 9,450.90
2.2	Excavación a máquina cielo abierto (en tierra)	m3	34253.58	\$ 1.97	\$ 67,479.55
2.3	Geomembrana polietileno 1.00mm	m2	6297	\$ 5.71	\$ 35,955.87
2.4	Hormigón estructural apoyo, F'C = 300 kg/cm2	m3	1574.25	\$ 307.96	\$ 484,806.03
2.5	Acero de refuerzo FY=4200 kg/cm2 (mat/tran/inst)	kg	118068.8	\$ 2.31	\$ 272,738.81
2.6	Caja de válvula 32" (mat/tran/inst)	u	1	\$ 60.19	\$ 60.19
2.6.1	Válvula compuerta 32" (mat/tran/inst)	u	1	\$ 4,141.58	\$ 4,141.58
3	Desarenador				
3.1	Replanteo y nivelación	m2	628.08	\$ 1.90	\$ 1,193.35
3.2	Excavación a máquina cielo abierto (en tierra)	m3	3358.16	\$ 1.97	\$ 6,615.58
3.3	Hormigón estructural apoyo, F'C = 300 kg/cm2	m3	196.2	\$ 307.96	\$ 60,421.75
3.4	Acero de refuerzo FY=4200 kg/cm2 (mat/tran/inst)	kg	14715	\$ 2.31	\$ 33,991.65
3.6	Válvula compuerta 16" (mat/tran/inst)	u	4	\$ 2,070.79	\$ 8,283.16
4	Conexiones				
4.1	Caja de válvula 12" (mat/trans/inst) ingreso a proyecto	u	1	\$ 34.43	\$ 34.43
4.1.1	Tee acero 16X16X16" (mat/rec/tran/inst)	u	1	\$ 734.97	\$ 734.97
4.1.2	Válvula compuerta 16" (mat/tran/inst)	u	2	\$ 2,070.79	\$ 4,141.58
4.2	Tubería PVC 400 mm desagüe (mat/tran/inst)	m	267	\$ 57.99	\$ 15,483.33
4.3	Caja de válvula 16" (mat/trans/inst) a conducción planta de tratamiento	u	1	\$ 34.43	\$ 34.43

4.3.1	Tee acero 16X16X16" (mat/rec/tran/inst)	u	1	\$ 734.97	\$ 734.97
4.3.2	Válvula compuerta 16" (mat/tran/inst)	U	2	\$ 2,070.79	\$ 4,141.58
4.4	Tee acero 16X16X16" (mat/rec/tran/inst) ingreso a desarenador	u	1	\$ 734.97	\$ 734.97
TOTAL					\$ 1,089,835.46

Se realizó el presupuesto con el uso de los rubros establecidos por la EPMAPS que consideran costos indirectos del 20% y para el movimiento, desalojo y compactación de tierras en la obra se consideró que todo se debe realizar mediante el apoyo de maquinaria pesada, para optimizar y reducir la cantidad de presupuesto necesario para la elaboración de la obra en campo.

4 CONCLUSIONES

- Se determinó la ubicación adecuada para el nuevo reservorio para la planta Huayco-Machay usando como criterios de selección los resultados obtenidos de la simulación hidráulica en EPANET y la factibilidad en la negociación con los propietarios de los terrenos.
- La toma de puntos georreferenciados en campo permitió dimensionar de mejor manera el reservorio y a pesar de no ser utilizados para la implantación final estos fueron útiles para complementarla topografía del utilizada.
- Para el dimensionamiento del reservorio se tomó en cuenta el caudal de captación y un tiempo de dos días de dotación del servicio para un caudal de 150 [l/s] del sistema de la planta de tratamiento de agua potable Huayco-Machay, razón por la cual no se tomó en cuenta los caudales de consumo de la población.
- Los planos fueron generados a partir de topografía de restitución obtenida de ortofotografías de Google Earth y elaborados en AutoCAD Civil 3D para una mejor obtención de resultados en tres dimensiones.
- Con respecto a los presupuestos se obtuvieron por medio de los resultados sacados de la elaboración de los planos en AutoCAD Civil 3D y de los rubros establecidos por la EPMAPS.

- Para la alternativa planteada se logró estimar un presupuesto referencial de 1'089835.46 USD considerando el uso de maquinaria pesada en todo el proceso de implantación de la obra en campo.
- Este proyecto no debe ser tomado como proyecto definitivo debido a que por factores externos suscitados durante el desarrollo de su elaboración quedó solo como una alternativa pese a cumplir con el dimensionamiento de 25000 [m³] solicitados por la EMAPAAC EP.

5 RECOMENDACIONES

- Se debe hacer topografía en campo en el terreno seleccionado para establecer las cotas reales que servirán para el proyecto, debido a que por inconvenientes con la logística para poder realizar el levantamiento topográfico en campo no se lo pudo realizar.
- Se recomienda realizar geotecnia para establecer las pendientes reales de los taludes que demanda el proyecto, ya que se supuso pendientes de ¼ en la elaboración del presente proyecto.
- Se recomienda realizar un estudio estructural del hormigón armado ya que se supuso uno de 300 kg/cm² y un acero de refuerzo para el hormigón armado de 75 kg por cada m³ de hormigón.
- Es necesario ajustar el presupuesto con valores propios actuales de proyectos implementados por el municipio de Cayambe para que este no varíe de manera considerable al momento de su implementación.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ávila, A., & Pavlova, L. (2013). *Proyectos de abastecimiento de agua potable con enfoque de género para Zonas Rurales*. Obtenido de VAPSB: https://www.bivica.org/files/6005_M%C3%B3dulo2_C3%20Tema4%20Tanque%20de%20almacenamiento.pdf
- Cisneros Reinoso, K. E., & Molina Molina, L. F. (2022). *Diseño de un sistema de abastecimiento en las comunidades el Churo y el Aguacate en Cojimíes - Manabí*. Obtenido de Repositorio Digital EPN: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/22231>
- EMAAP. (2008). *Normas de Diseño de Sistemas de Agua Potable para la EMAAP-Q*. Quito: V&M Gráficas.
- Lagrava, E. (2020). *Tanque de Almacenamiento*. Obtenido de SCRIBD: <https://www.scribd.com/document/445511070/Tanques>

- López , R. (2003). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- López, M., & Morales, Á. (2021). *Diseño de un sistema de abastecimiento y distribución de agua potable para el recinto El Tigre de la parroquia Tachina en la provincia de Esmeraldas* . Obtenido de Repositorio EPN: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/21673/1/CD%2011152.pdf>
- Lozada Saltos, G. (2017). *Seguimiento de una Estrategia Ecoproductiva Diseñada para la Administración Eficiente de Recursos Materiales y Energéticos en los Procesos que se Aplican en la Captación y Conducción de Agua Cruda para su Potabilización en la EPMAPS*. Obtenido de Repositorio Dlgital EPN: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/17332/1/CD-7828.pdf>
- Ludwigson, M. (2020). *Tanques de Almacenamiento de Agua*. Obtenido de Suncam: <https://www.suncam.com/miva/downloads/docs/379.pdf>
- Mena, M. (2016). *“DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DE LA*. Obtenido de Repositorio Universidad Técnica de Ambato: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24186/1/Tesis%201065%20-%20Mena%20C%C3%A9spedes%20Mar%C3%ADa%20Jos%C3%A9.pdf>
- Ordinola, E. (2019). *Diseño de la Planta de Tratamiento de Agua Potable para*. Obtenido de Repositorio Universidad de Piura: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4337/ICI_295.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Organización Panamericana de la Salud. (2004). *PROCEDIMIENTOS PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE CAPTACIONES Y RESERVORIOS DE ALMACENAMIENTO* . Obtenido de Docplayer: <https://docplayer.es/21216369-Procedimientos-para-la-operacion-y-mantenimiento-de-captaciones-y-reservorios-de-almacenamiento.html>
- Real Academia Española. (2022). *Diccionario de la Lengua Española, 23 edición*. Madrid: Real Academia Española.
- Reboreda Morillo, S., Gonzáles Soutelo, S., Souto Castro, I., & Silvares de Dios , J. (2019). *Modelos de captación de la Prehistoria al Medioevo*. España: REBIUN.
- Roberti, L. (2018). *Tanque de Almacenamiento*. Obtenido de SSWM: <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de-agua-y-saneamiento/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/tanque-de-almacenamiento>

7 ANEXOS

ANEXO I

Informe N.-1

Quito, 31 de mayo del 2023

Asunto: Evaluación de ubicación del posible nuevo reservorio para almacenamiento de agua cruda para el proyecto “Huayco-Machay”.

Para: Ing. Mauricio Realpe

GERENTE GENERAL EMAPAAC-EP

Contenido

7. Antecedentes
8. Objetivo
9. Contenido
10. Conclusiones
11. Recomendaciones
12. Solicitud

7. ANTECEDENTES

Mediante una reunión de socialización con autoridades de la EMAPAC-EP y representantes de la ESFOT de la EPN, se estableció que existe la necesidad de realizar un estudio de prefactibilidad para que se pueda establecer un lugar idóneo para la construcción de un reservorio de almacenamiento de agua cruda para el proyecto “Huayco-Machay”.

Posteriormente se realizó una visita técnica que se llevó a cabo con representantes de la EMAPAC-EP, se visitó las distintas propiedades que fueron seleccionadas por la EMAPAC-EP como posibles lugares para la implementación del reservorio y se tomó puntos georreferenciados en estos lugares.

8. OBJETIVO

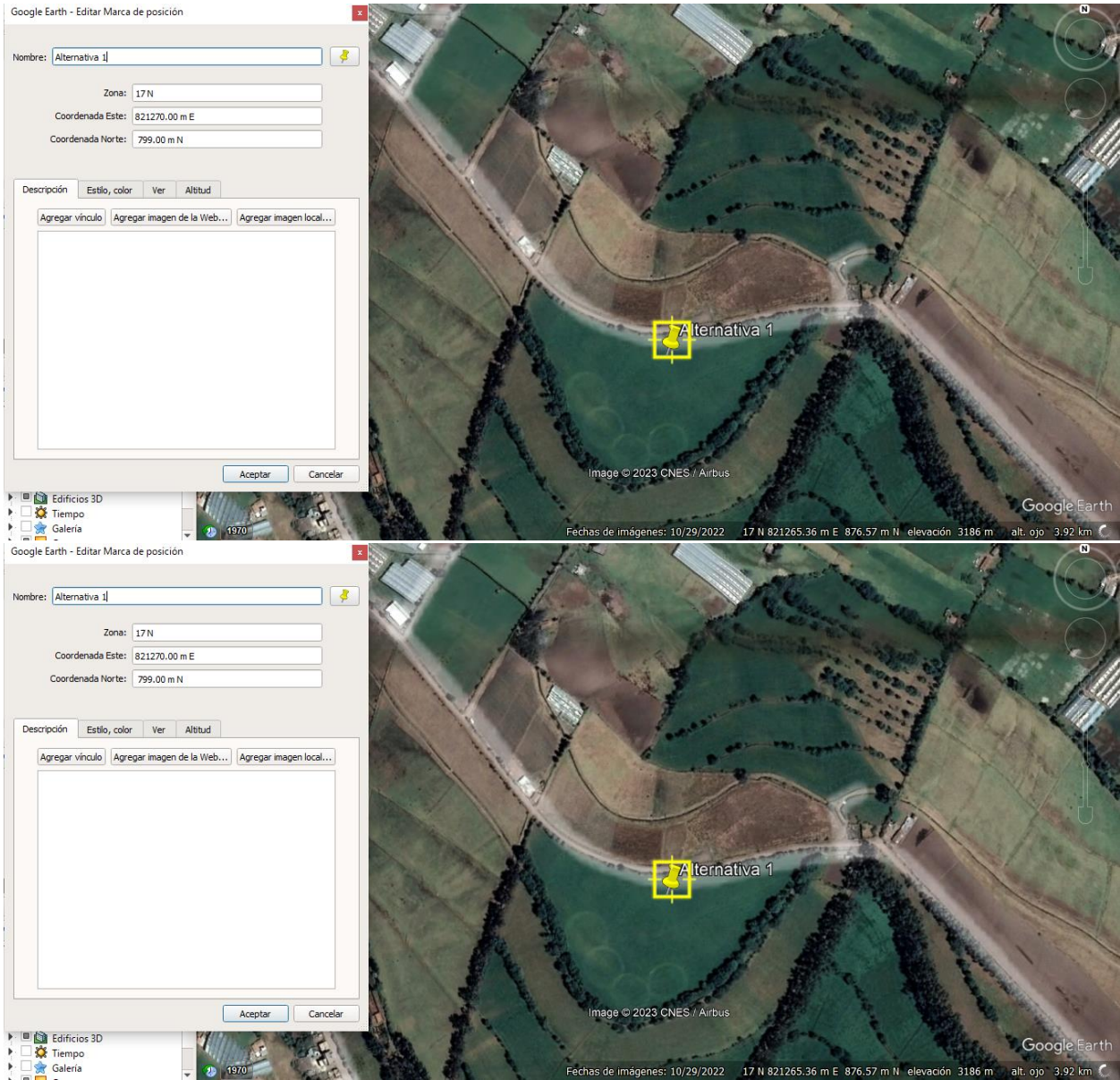
Evaluar la posible ubicación del terreno idóneo para la construcción de un reservorio de almacenamiento de agua cruda para el proyecto “Huayco-Machay” mediante el uso de EPANET.

9. CONTENIDO

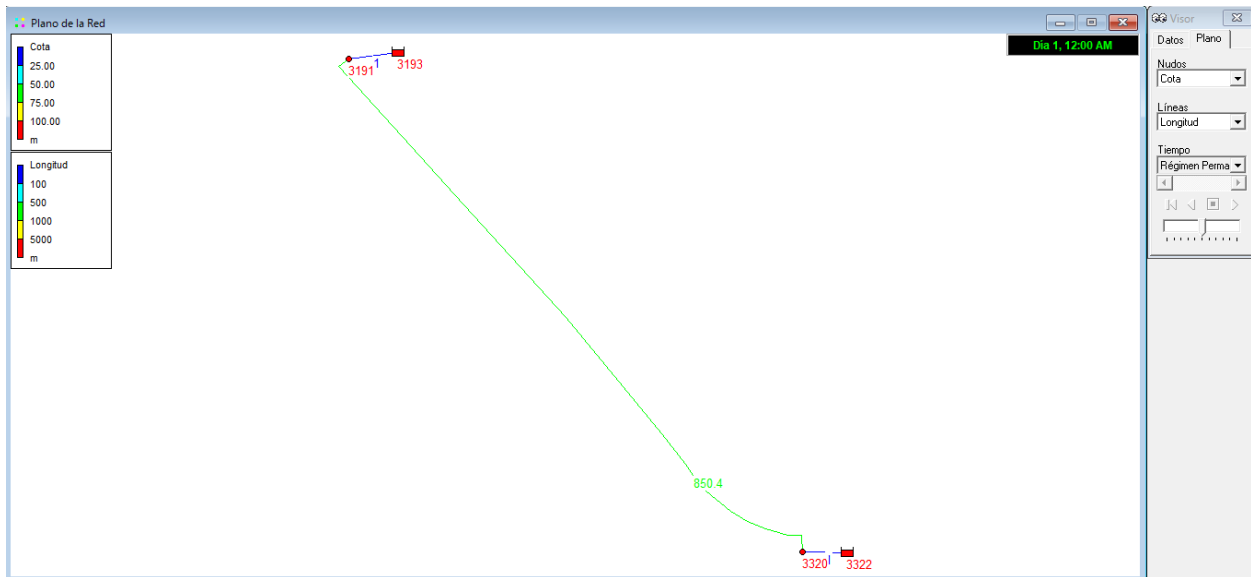
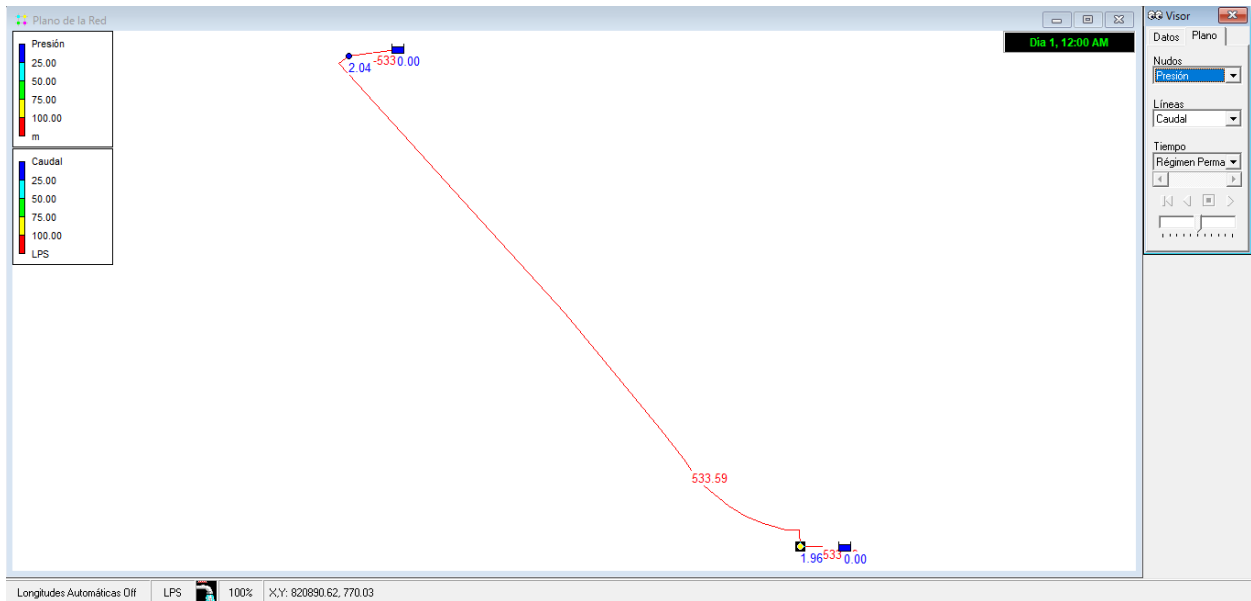
A continuación, se plantea las posibles alternativas para la selección del terreno idóneo para la implementación del reservorio del proyecto “Huayco- Machay”.

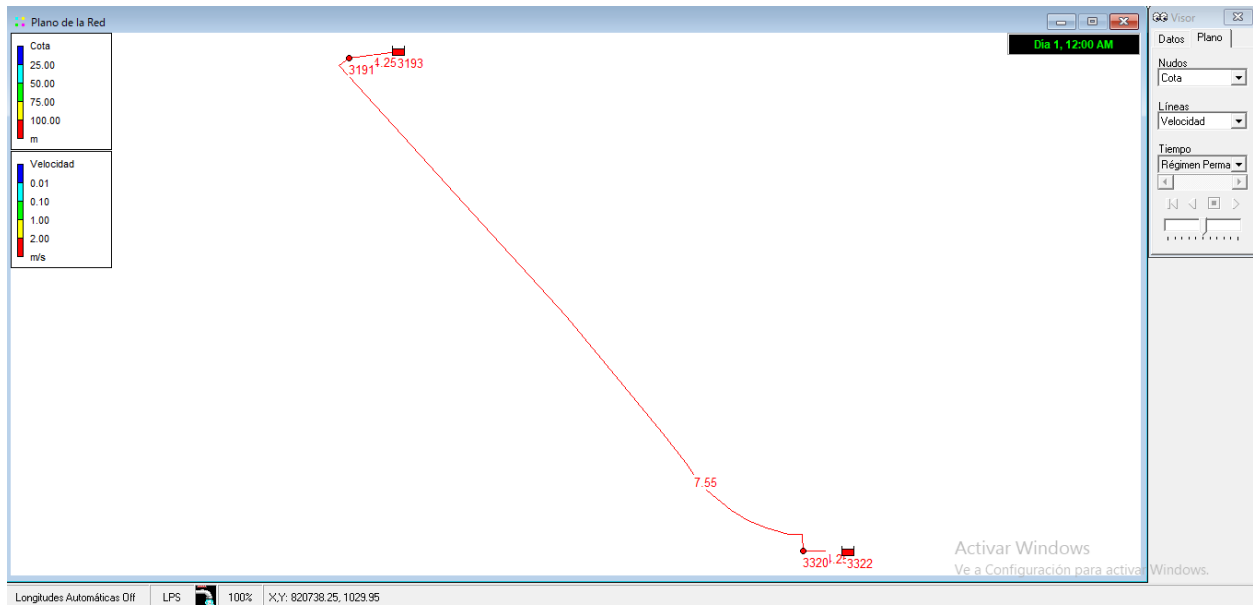
ALTERNATIVA 1:

Propiedad de la Sra. Ana Burneo, se encuentra a una distancia aproximada de 850.40 metros de la PTAP Huayco – Machay, con un área de 10,537m².



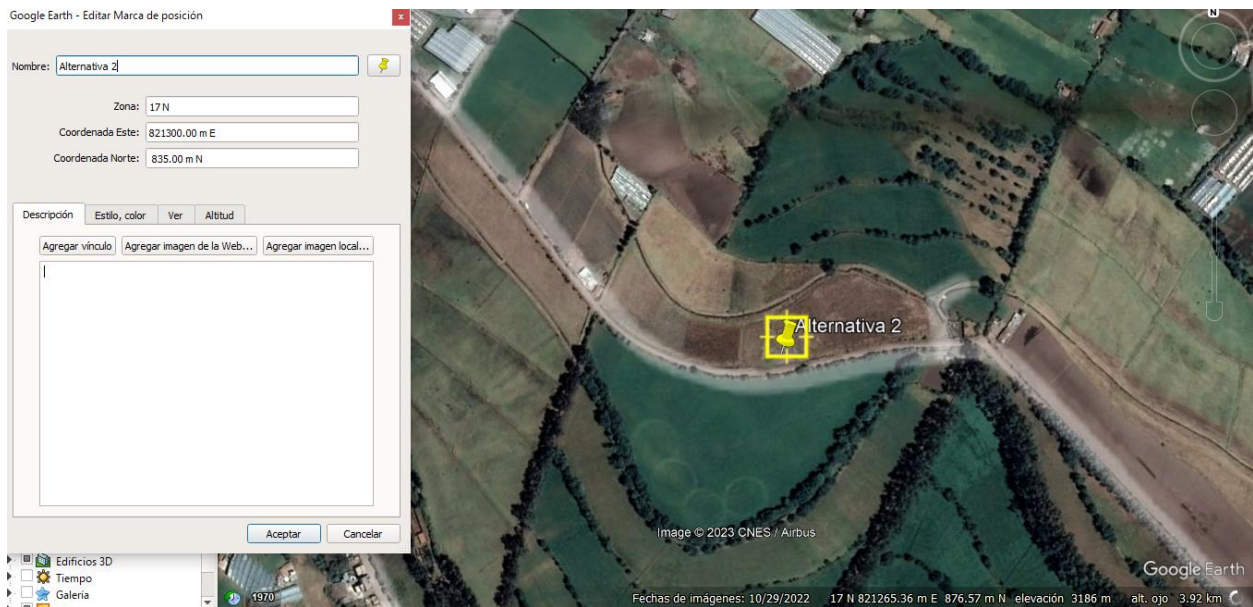
Para esta alternativa se realizó la evaluación hidráulica en EPANET obteniendo los siguientes resultados de cota, longitud, presión, velocidad y caudal:



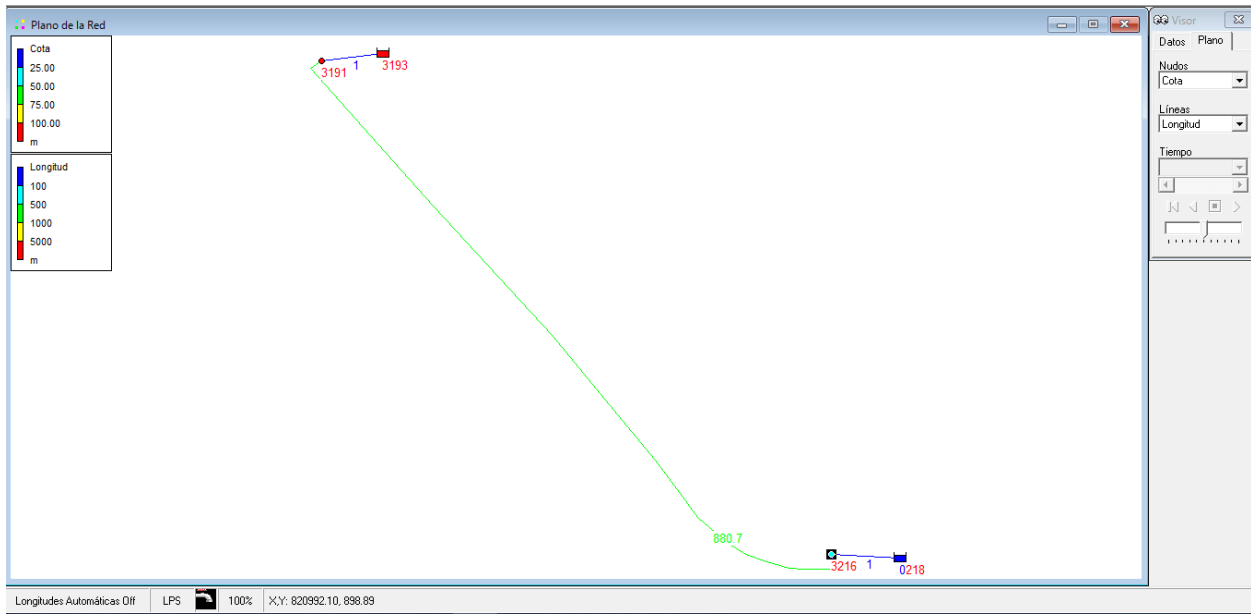
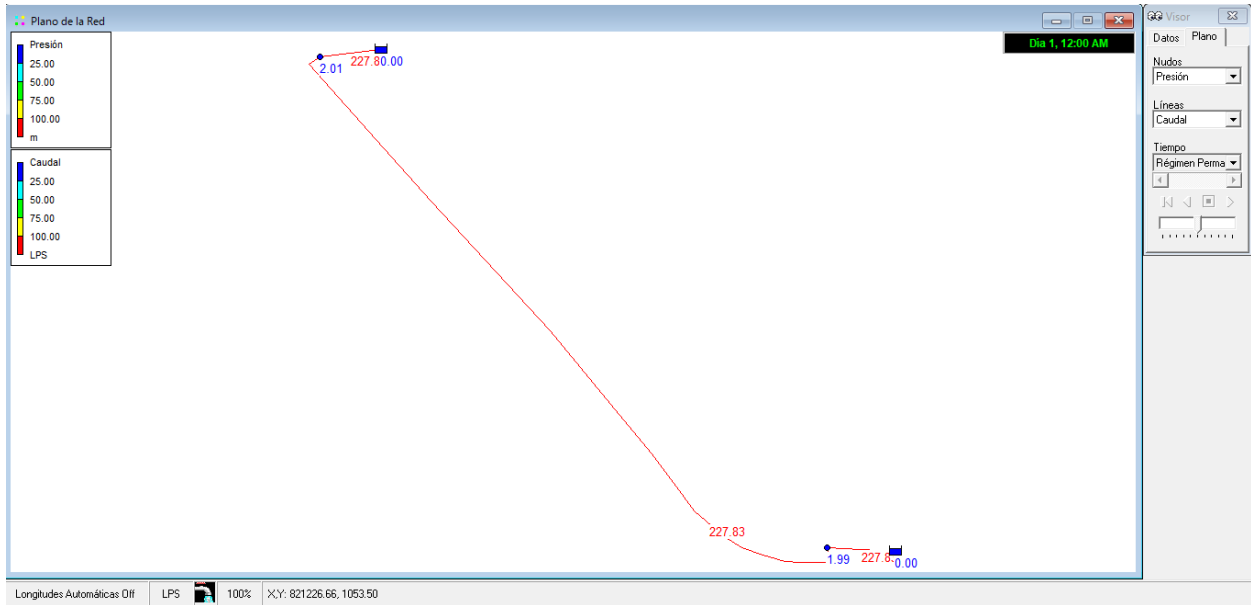


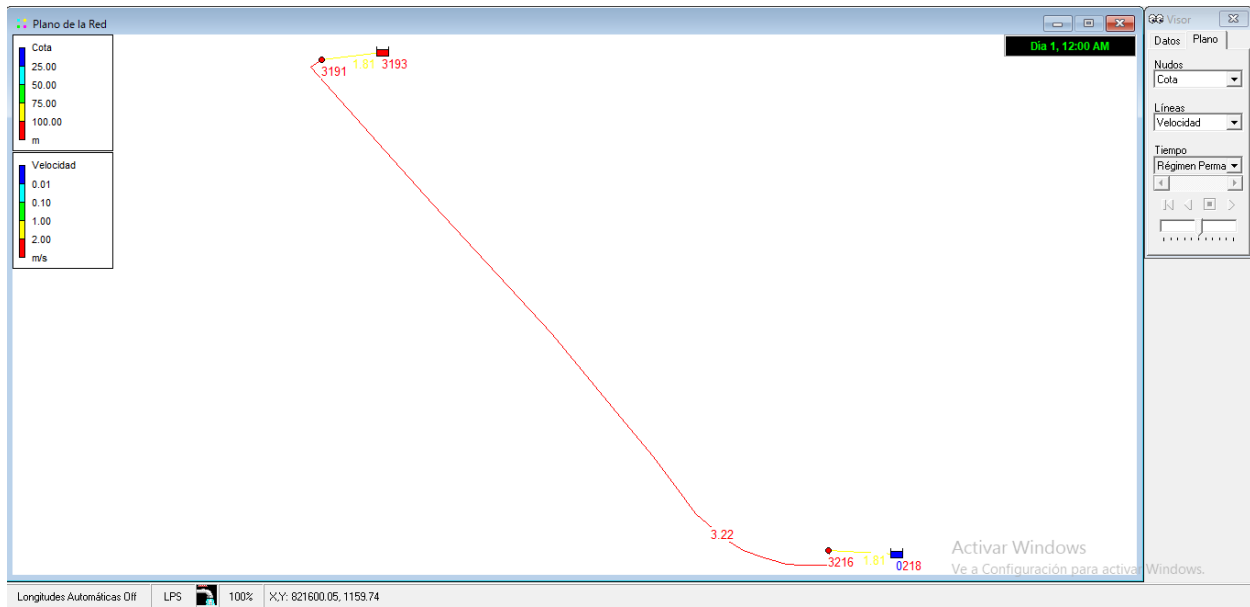
ALTERNATIVA 2:

Propiedad al frente del terreno de la Sra. Ana Burneo, se encuentra a una distancia aproximada de 880.70 metros de la PTAP Huayco – Machay



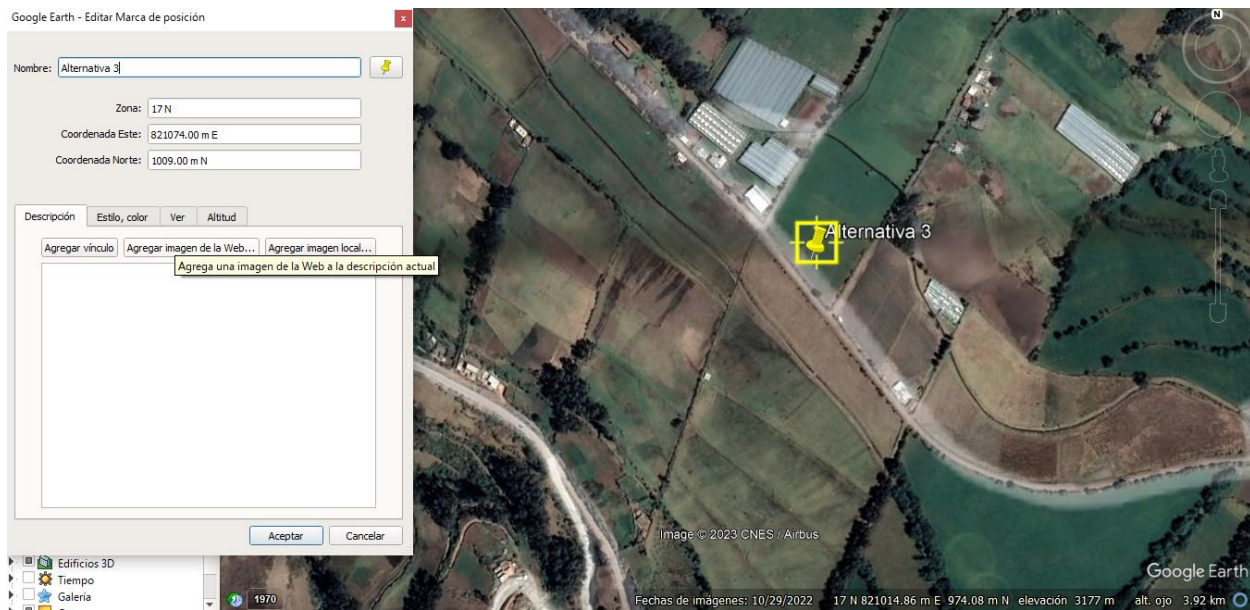
Para esta alternativa se realizó la evaluación hidráulica en EPANET obteniendo los siguientes resultados de cota, longitud, presión y caudal:



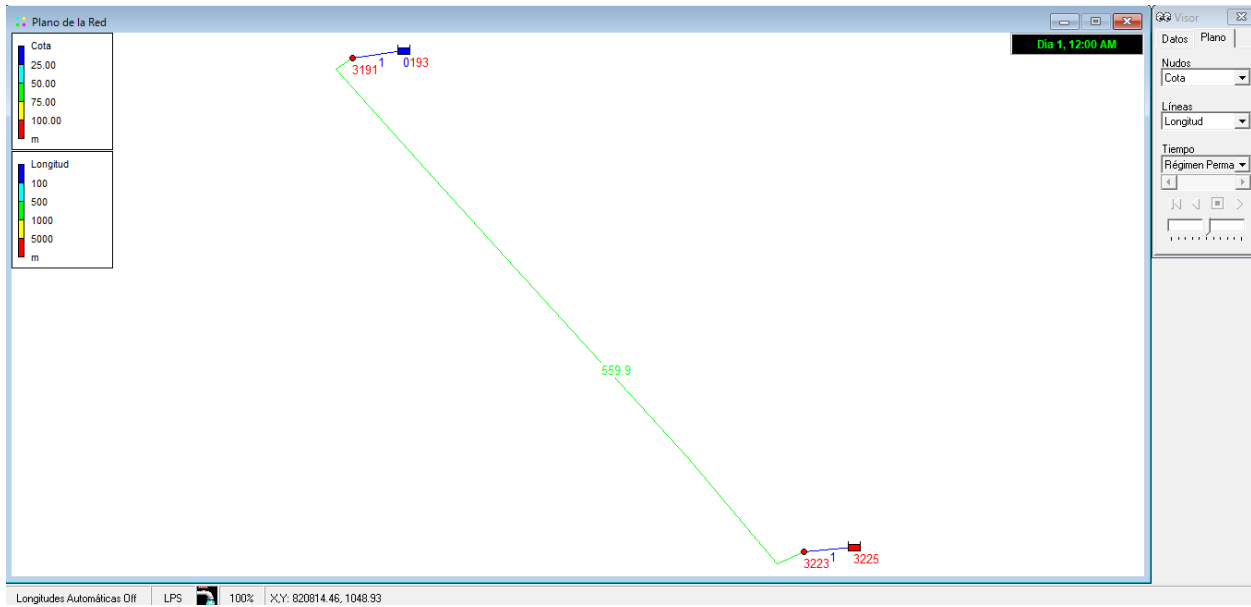
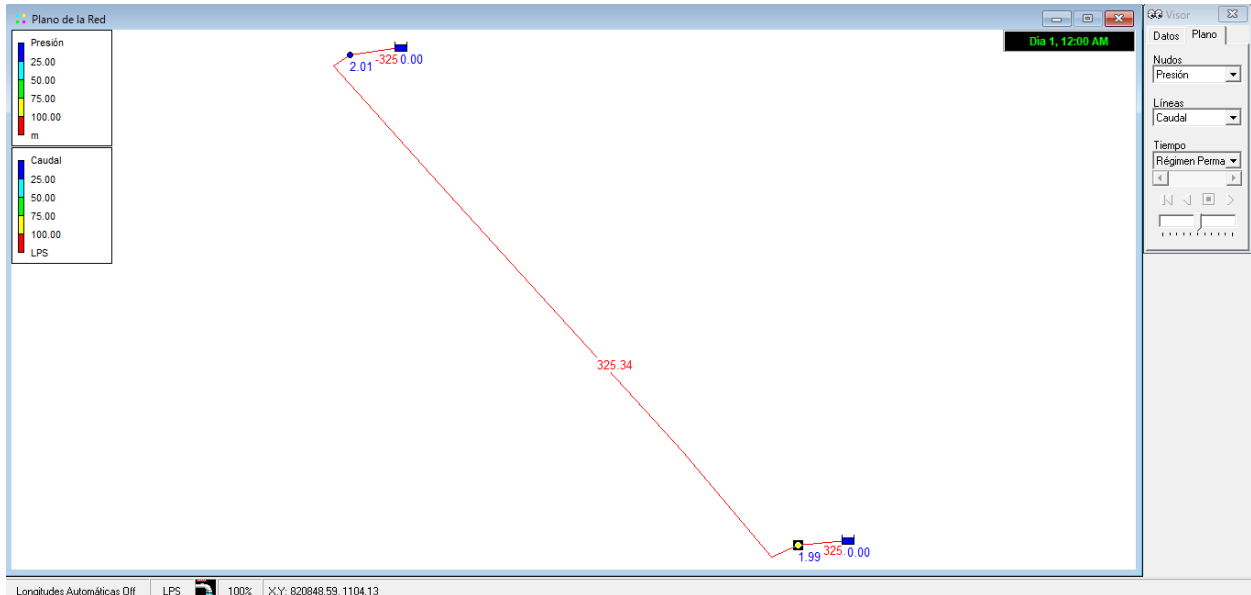


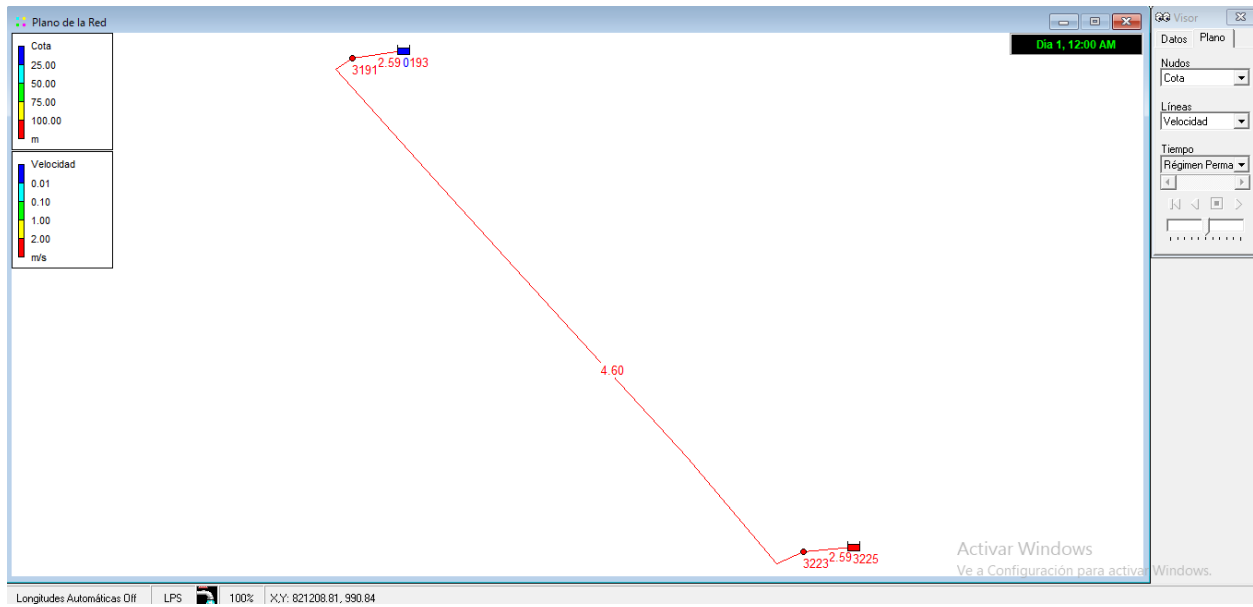
ALTERNATIVA 3:

Propiedad de la Sra. Paulina Méndez se encuentra a una distancia aproximada de 559.90 metros de la PTAP Huayco – Machay, con un área de 10,839m².



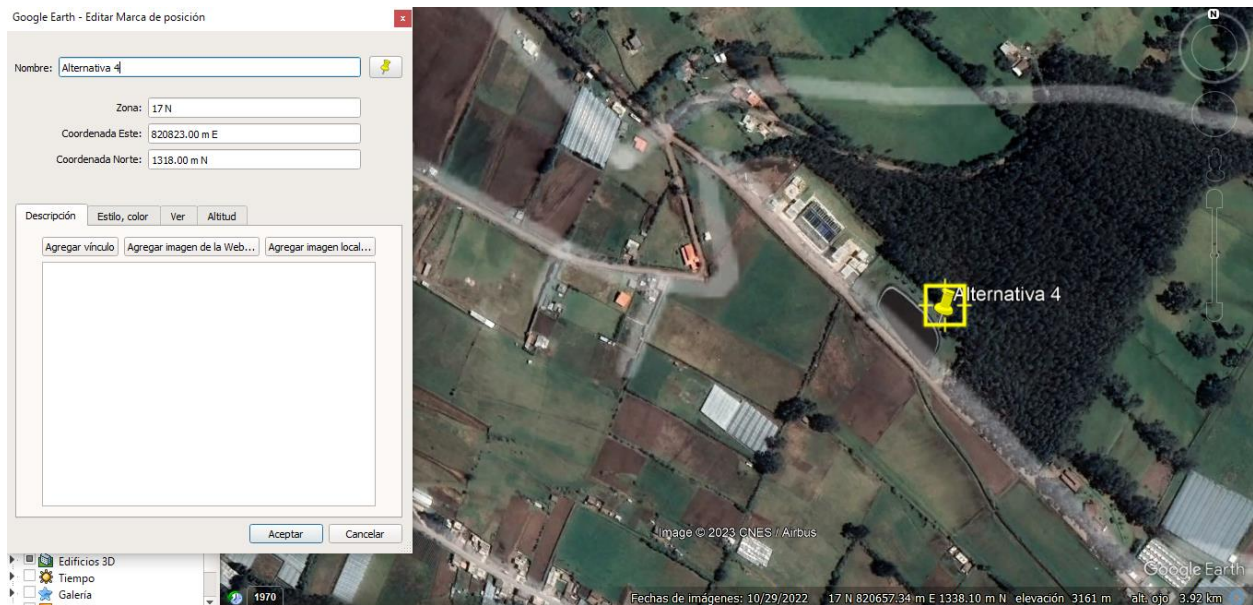
Para esta alternativa se realizó la evaluación hidráulica en EPANET obteniendo los siguientes resultados de cota, longitud, presión y caudal:



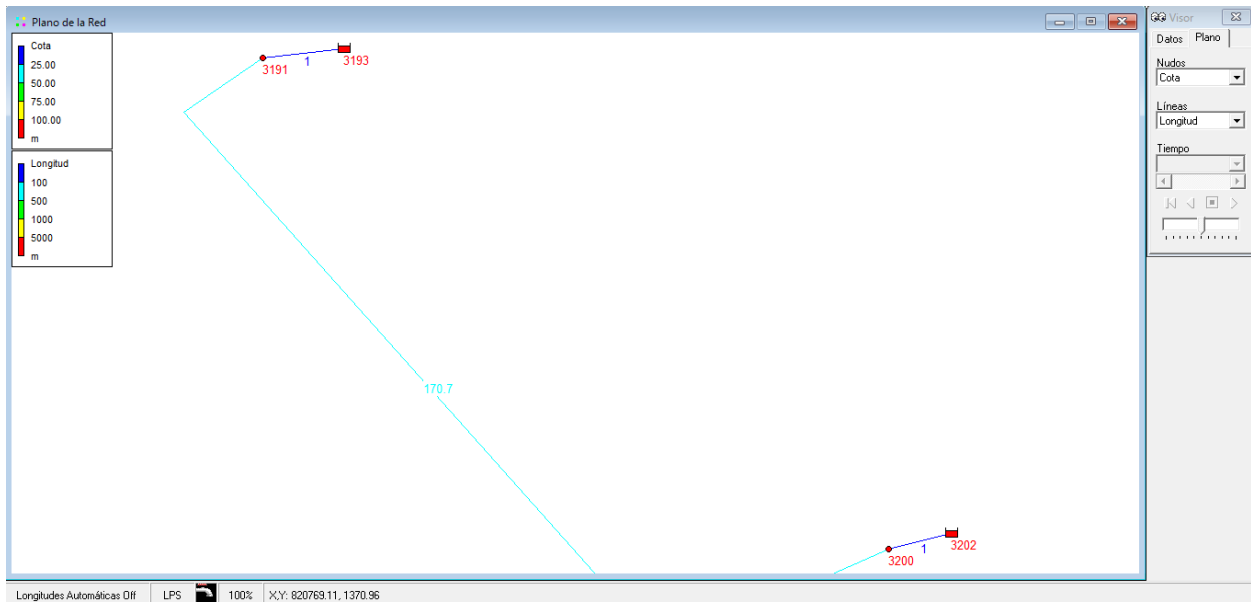
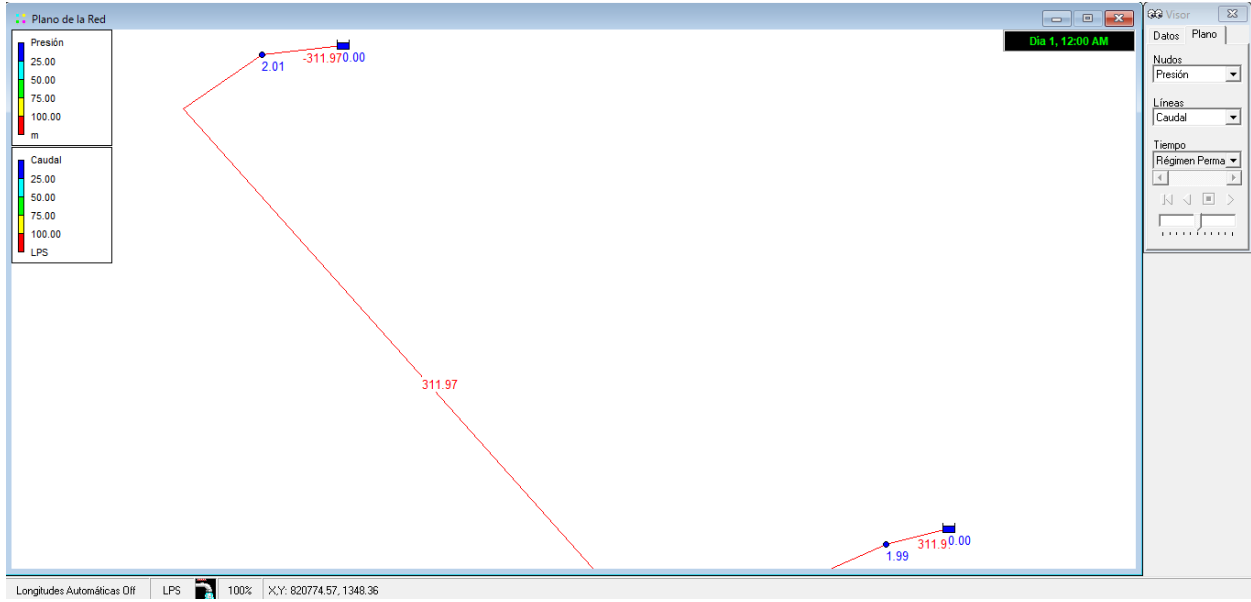


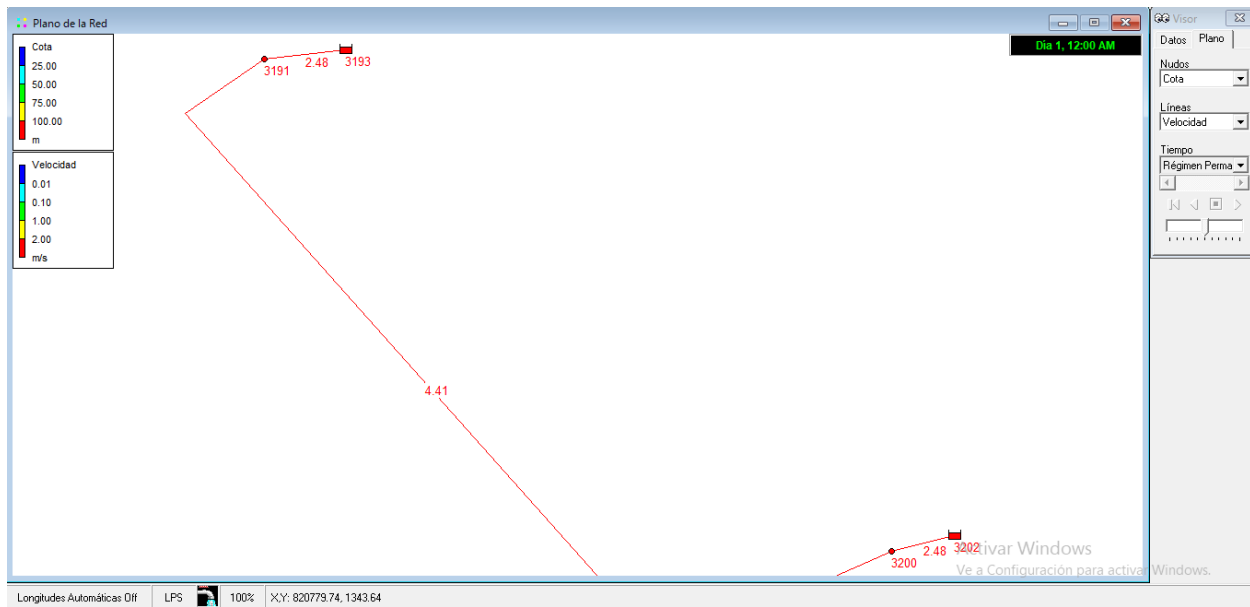
ALTERNATIVA 4:

Propiedad de la Junta de Agua de Riego Raso Chupa, se encuentra en la propiedad colindante a la PTAP Huayco – Machay, con un área de 10,099 m².



Para esta alternativa se realizó la evaluación hidráulica en EPANET obteniendo los siguientes resultados de cota, longitud, presión y caudal:





Resumen de la evaluación hidráulica de las alternativas

RESUMEN EVALUACIÓN HIDRÁULICA DE LAS ALTERNATIVAS						
ALTERNATIVA	COTA (m)	COORDENADAS (UTM-WGS84)	COTA ENTRADA PTAP (m)	CAUDAL (l/s)	VELOCIDAD (m/s)	LONGITUD (m)
1	3222	17N N799.00 E821270.00	3193	533.59	7.55	850.40
2	3218	17N N835.00 E821300.00	3193	227.83	3.22	880.70
3	3225	17N N1009.00 E821074.00	3193	325.34	4.60	559.90
4	3203	17N N1318 E820823.00	3193	311.97	4.41	170.70

Vista general de las alternativas



10. CONCLUSIONES

Se logró obtener las evaluaciones hidráulicas en el programa de simulación EPANET con lo cual se visualizan que tres de las cuatro alternativas son viables para la elección del terreno.

11. RECOMENDACIONES

Se recomienda tomar en consideración como alternativa viable a la Alternativa 4 debido a que además de cumplir con el caudal de diseño que es de 300 l/s, este terreno ya tiene una excavación previa que facilitaría el trabajo de implementación del reservorio debido a que los costos de implementación serían menores con respecto al resto de alternativas planteadas.

Se recomienda no tomar como opción viable la Alternativa 2 debido a que en la simulación en EPANET el caudal que se obtuvo es de 227.87 l/s que es menor al caudal de diseño de la planta de tratamiento de agua potable "Huayco-Machay".

12. SOLICITUD

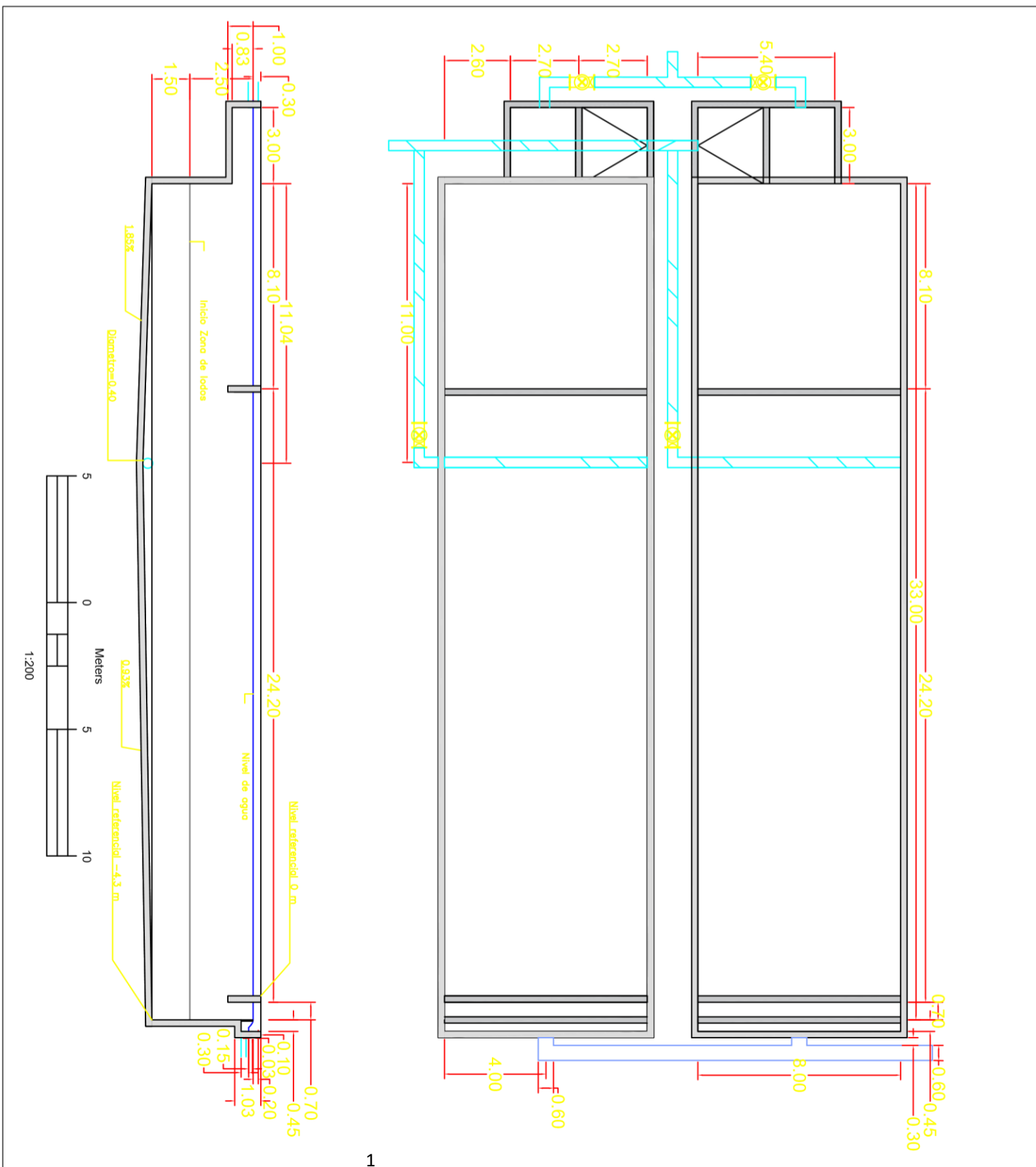
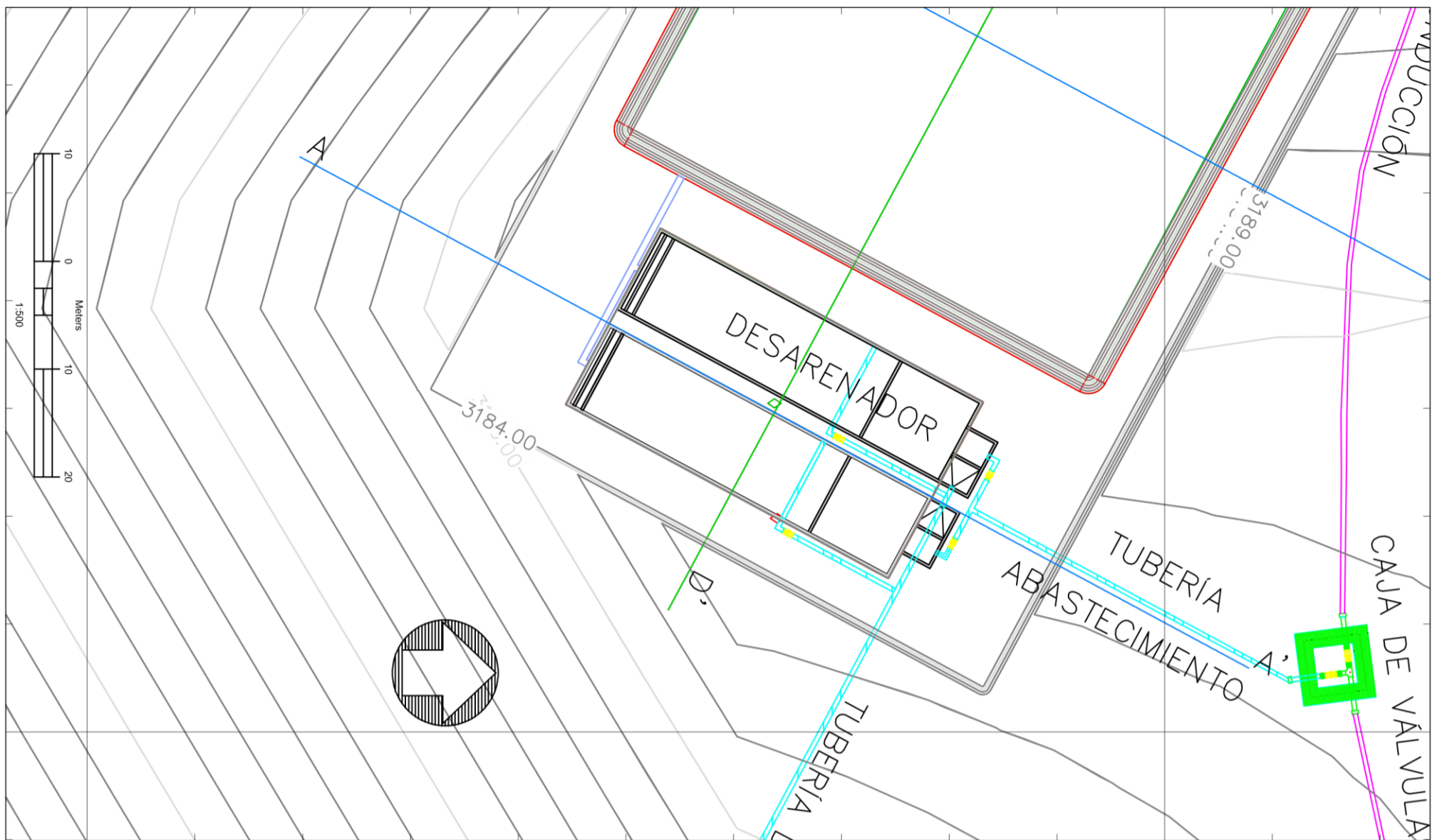
Se solicita la revisión de los resultados de la evaluación hidráulica anteriormente expuesta, la designación de una de las alternativas planteadas para continuar con el respectivo proceso y la autorización para poder realizar el levantamiento topográfico de la alternativa que usted decida más viable.

Elaborado por:

Quinga Chungandro Jorge Luis

Con CI: 172396080-1

Estudiante de la ESFOT de la EPN.



		<p>ESCEULA POLITECNICA NACIONAL</p>	
<p>TITULO: Desarenador</p>		<p>FECHA: 20 de agosto 2023</p>	
<p>OBSERVACION: Ninguna</p>		<p>ELABORADO POR: Jorge Quinga</p>	
		<p>ESCALA 1: 1:1500</p>	
		<p>ESCALA 2: 1:2000</p>	
		<p>LAMINA: 3</p>	

ANEXO III

800.000

821100.000

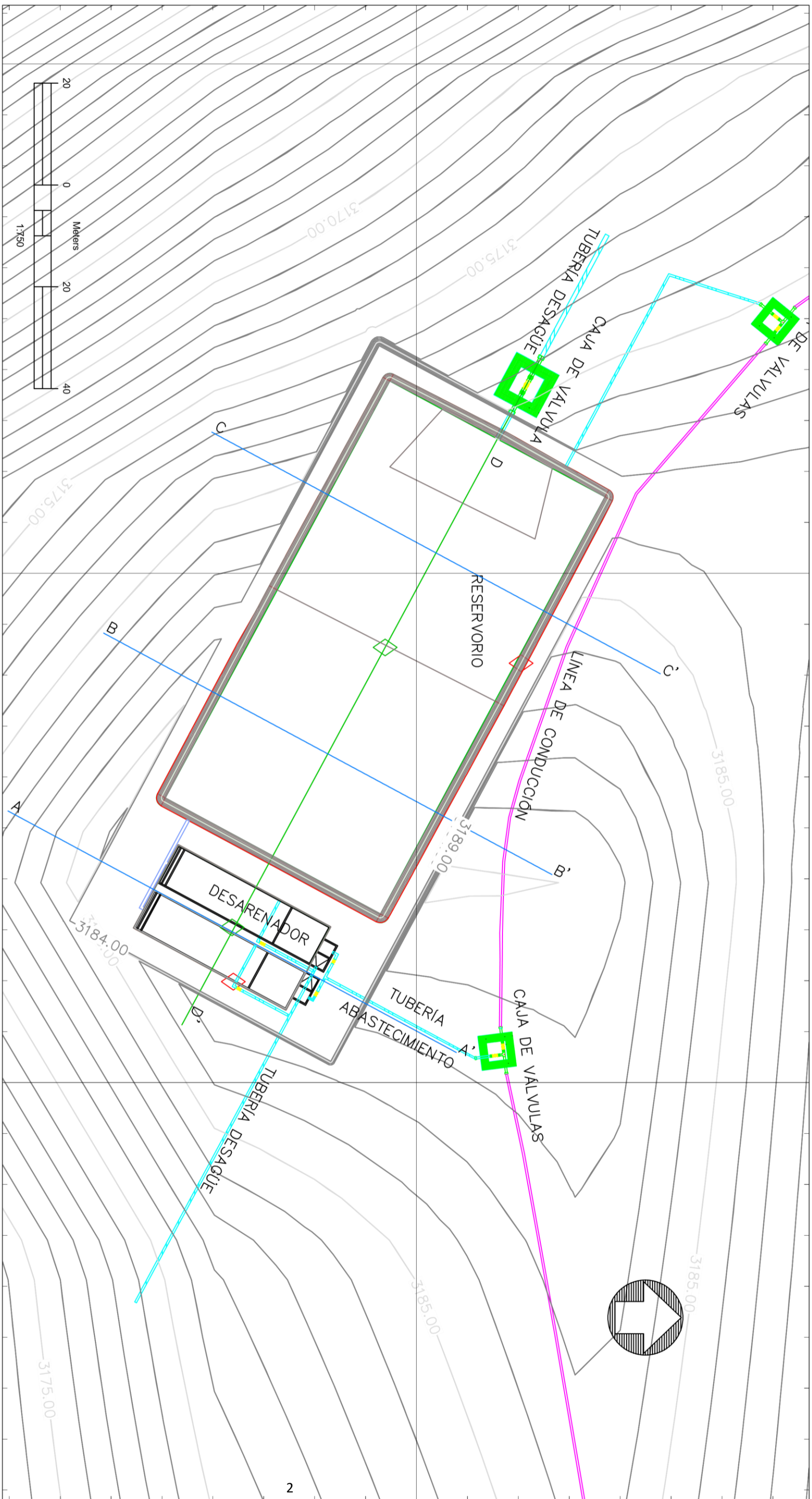
821200.000


821300.000

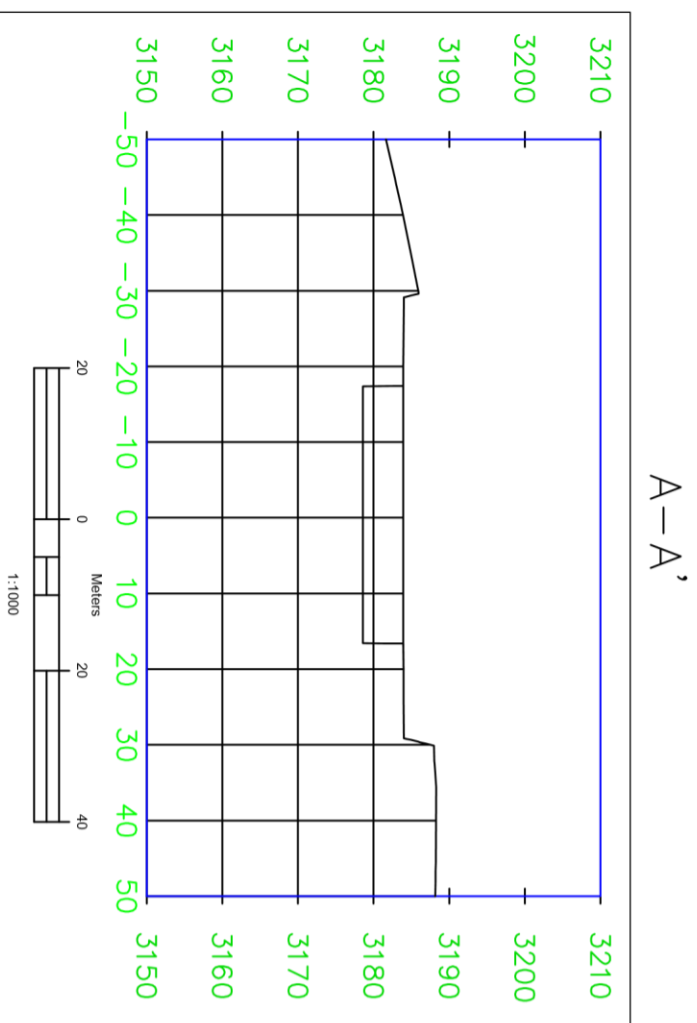
821100.000

821200.000

821300.000

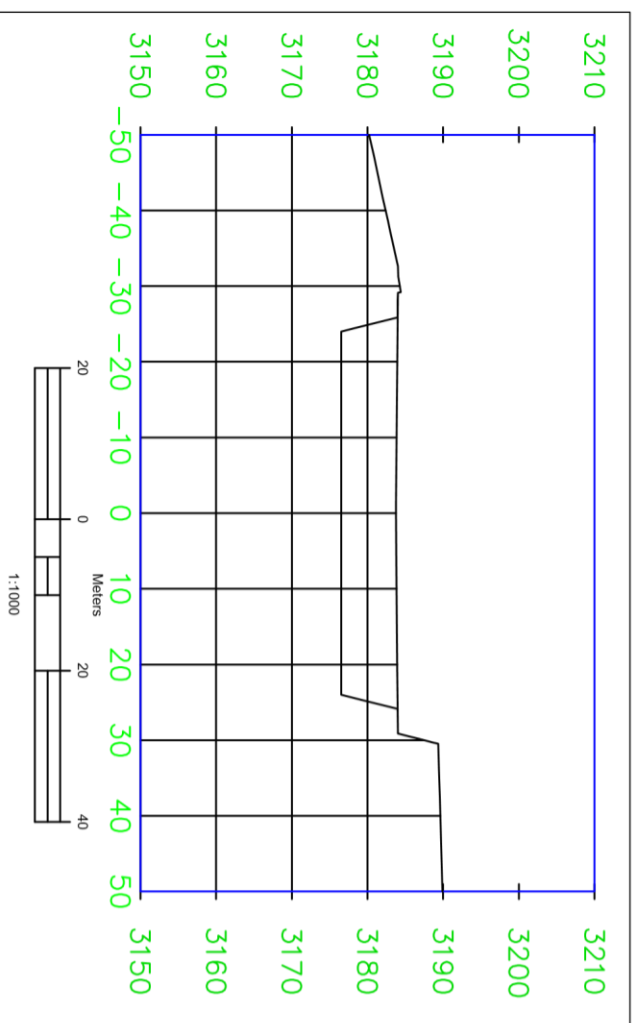


		ESCEULA POLITECNICA NACIONAL	
		FECHA: 20 de agosto 2023	
TITULO:		ELABORADO POR: Jorge Quinga	
Implantación proyecto reservorio Huayco–Machay		ESCALA 1: 1: 750	
OBSERVACION:		ESCALA 2: 1: 750	
Ninguna		LAMINA: 1	



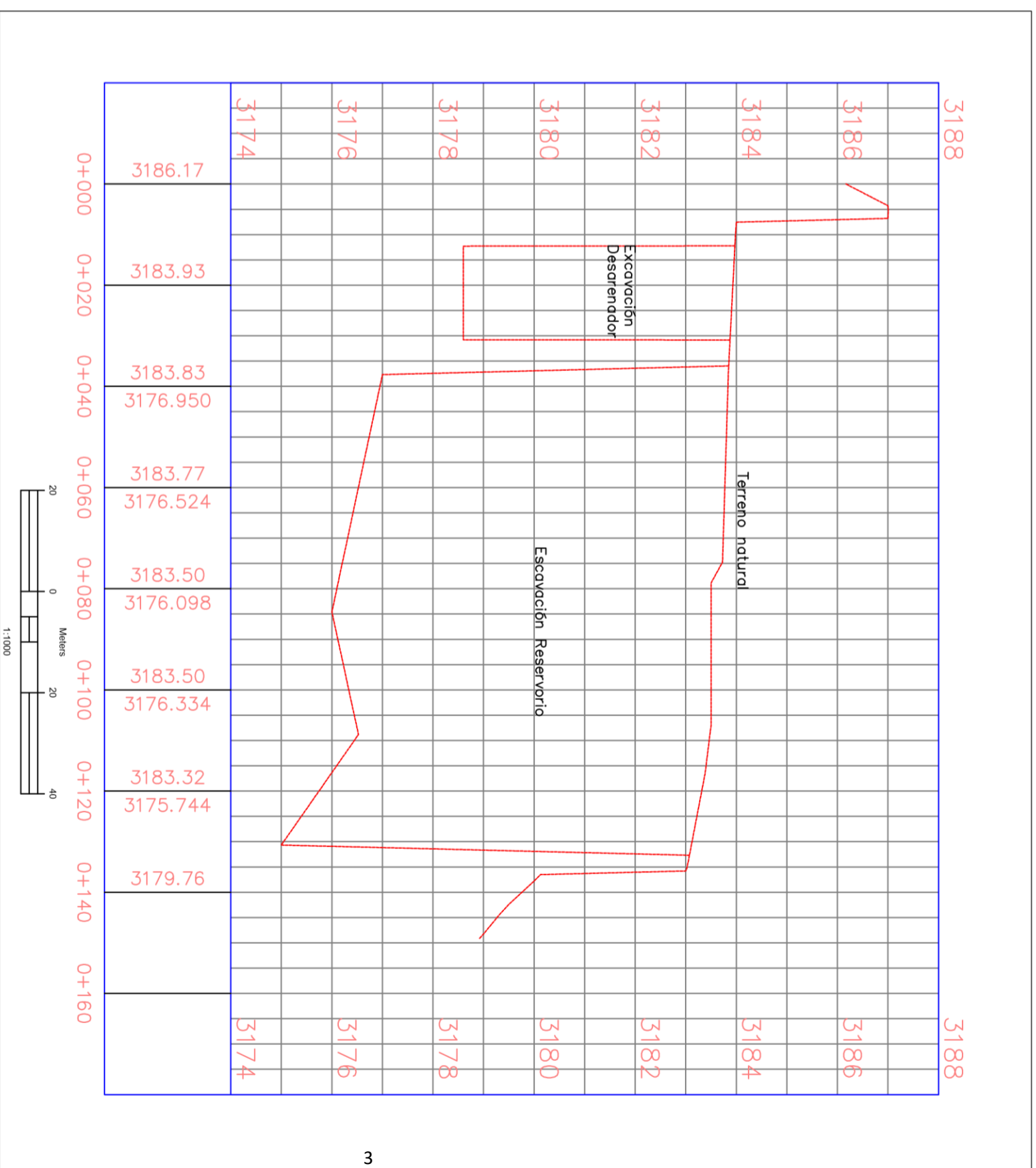
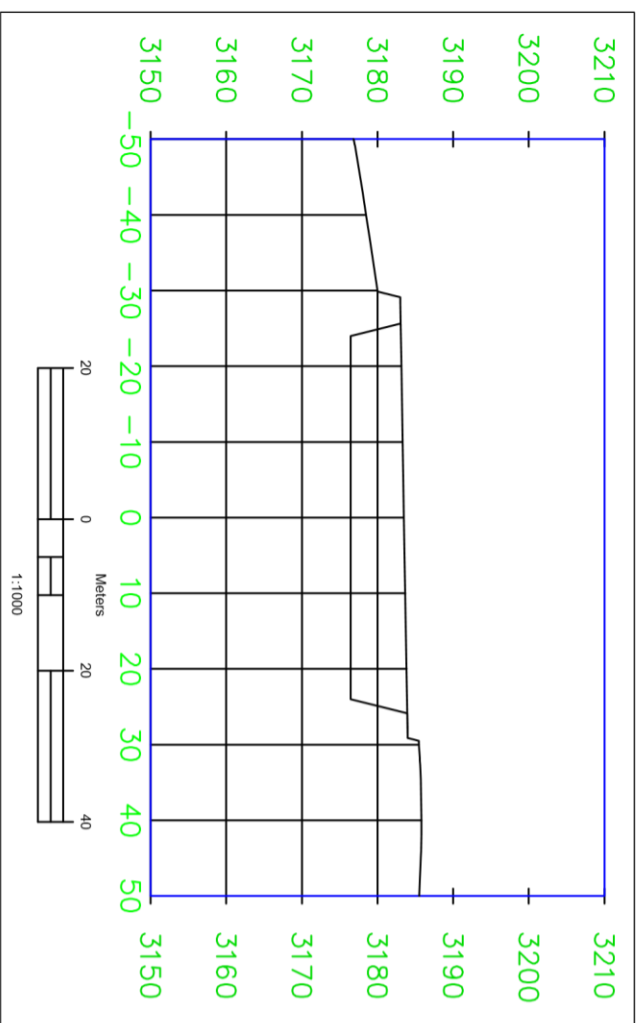
A-A'


D-D'



B-B'

C-C'



		ESCEULA POLITECNICA NACIONAL	
TITULO: Perfiles y secciones proyecto reservorio Huayco-Machay		FECHA: 20 de agosto 2023	
OBSERVACION: Ninguna		ELABORADO POR: Jorge Quinga	
		ESCALA 1: 1:1000	
		ESCALA 2: 1:1000	
		LAMINA: 2	